

**PROYECTO: “IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN MEDIANTE TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA Y NANOFILTRACIÓN EN LA MESA CENTRAL DE MÉXICO”.**

**CLAVE**

**RD1915.5**

COORDINACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE  
SUBCOORDINACIÓN DE CONSERVACIÓN DE CUENCAS Y  
SERVICIOS AMBIENTALES

**México, 2020**



## DIRECTORIO

### FONDO INSTITUCIONAL DE FOMENTO REGIONAL PARA EL DESARROLLO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN

**Director General**

Dra. María Elena Álvarez Buylla Rocés

**Dirección Adjunta De Desarrollo Tecnológico E Innovación**

Dra. Delia Aideé Orozco Hernández

**Dirección Adjunta De Desarrollo Regional**

**Secretario Administrativo**

Ing. Iván Alejandro Zamora Velasco

### INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

**Director General**

Dr. Adrián Pedrozo Acuña

**Encargado de la Coordinador de Riego y Drenaje**

Dr. José Antonio Quevedo Tiznado

**Subcoordinador de Conservación de Cuencas y Servicios Ambientales**

Dr. Ulises Dehesa Carrasco

**Jefe de Proyecto**

Dr. Eduardo Venegas Reyes

**Participantes del IMTA por orden alfabético**

M.C. Emir Delgado Quezada

M.C. José Alfredo Díaz Magaña

Dr. José Javier Ramírez Luna

M.C. Marcia Adriana Yañez Kernke



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



## **AGRADECIMIENTOS**

El Dr. Eduardo Venegas Reyes Agradece la participación técnica y ejecutiva dentro del proyecto; al Dr. Jonathan Ibarra Bahena y a la Lic. Olga García Villa.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.1. Generalidades .....	2
1.2. Sistemas de desalinización .....	2
1.3. Impacto ambiental de sistemas de desalinización .....	4
1.4. Manejo Integral del Agua con sistemas de desalinización en ámbitos urbanos y agropecuarios .....	5
<b>2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADO A SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN</b> .....	<b>6</b>
2.1. Definiciones de Sistemas de Información Geográfica .....	6
2.2. Uso de sistemas geográficos para identificar zonas potenciales de aprovechamiento de sistemas de desalinización .....	6
<b>3. REQUERIMIENTO DE AGUA DE LOS CULTIVO</b> .....	<b>8</b>
3.1. Determinación de la evapotranspiración de referencia FAO – Teoría .....	9
3.1.1. Radiación solar .....	10
3.1.2. Flujo de calor .....	10
3.1.3. Constante Psicrométrica .....	11
3.1.4. Temperatura la temperatura media del aire a 2 m de altura .....	11
3.1.5. Velocidad del viento a 2 m de altura .....	11
3.1.5. Presión de vapor .....	12
3.2. Programa CROPWAT© 8.0 .....	13
3.2.1. Clima .....	14
3.2.2. Precipitación efectiva .....	15
3.2.3. Datos del cultivo y fecha de siembra .....	16
3.3. Parámetros del suelo .....	20
<b>4. CASO DE ESTUDIO: SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN EN LOS ESTADOS DE SAN LUIS POTOSÍ, ZACATECAS Y QUERÉTARO</b> .....	<b>22</b>
4.1. Sistemas de tratamiento de agua salobre .....	22
4.2. Sistema de información geográfica y zonas de aplicación .....	23
4.2.1. Estado de Querétaro .....	24
4.2.1.1. Aguas Superficiales .....	24
4.2.1.2. Aguas Subterráneas .....	25
4.2.2. Estado de San Luis Potosí .....	25
4.2.2.1. Aguas Superficiales .....	25
4.2.2.1. Aguas Subterráneas .....	25
4.2.3. Estado de Zacatecas .....	27
4.2.3.1. Aguas Superficiales .....	27
4.2.3.2. Aguas Subterráneas .....	27
4.3. Demanda de riego para cultivos del Estado de San Luis Potosí .....	29



4.3.1. Datos climáticos de la Estación climática El Mezquite, San Luis Potosí.....	29
4.3.2. Determinación de la Evapotranspiración de referencia en el Mezquite, SLP. ....	30
4.3.3. Consideraciones de las características del suelo.....	31
4.3.4. Datos del cultivo Arándano en El Mezquite, San Luis Potosí.....	32
4.3.5.1. Requerimiento de agua del cultivo Arándano en el Mezquite, SLP .....	33
4.3.5.2. Programación de riego para el cultivo Arándano en el Mezquite, SLP .....	34
4.3.6. Aproveccionamiento del sistema en el Mezquite, SLP .....	35
4.3.5. Datos del cultivo Jitomate en El Mezquite, San Luis Potosí.....	35
4.3.5.1. Requerimiento de agua del cultivo jitomate en el Mezquite, SLP .....	35
4.3.5.2. Programación de riego en el cultivo jitomate en el Mezquite, SLP .....	36
4.3.6. Aproveccionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para el cultivo de jitomate .....	37
4.3.6. Datos del cultivo Fresa en El Mezquite, San Luis Potosí.....	38
4.3.5.1. Requerimiento de agua del cultivo fresa en el Mezquite, SLP .....	38
4.3.5.2. Programación de riego para el cultivo fresa en el Mezquite, SLP .....	38
4.3.6. Aproveccionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para el cultivo de fresa .....	39
4.3.7. Datos del cultivo cereza en El Mezquite, San Luis Potosí.....	40
4.3.5.1. Requerimiento de agua del cultivo cereza en el Mezquite, SLP .....	40
4.3.5.2. Programación de riego para el cultivo cereza en el Mezquite, SLP .....	41
4.3.6. Aproveccionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para el cultivo de cereza.....	42
4.4. Demanda de riego para cultivos del Estado de Zacatecas .....	42
4.4.1. Datos climáticos de la Estación climática .....	43
4.4.2. Determinación de la Evapotranspiración de referencia.....	43
4.4.3. Consideraciones de las características del suelo.....	45
4.4.4. Datos del cultivo Arándano en Trancoso, Zacatecas.....	45
4.4.4.1. Requerimiento de agua del cultivo Arándano en Trancoso, Zacatecas.....	46
4.4.4.2. Programación de riego en el cultivo Arándano en Trancoso, Zacatecas.....	46
4.4.4.3. Aproveccionamiento del sistema en el cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas.....	47
4.4.5. Datos del cultivo Jitomate en Trancoso, Zacatecas.....	48
4.4.5.1. Requerimiento de agua del cultivo jitomate en Trancoso, Zacatecas .....	48
4.4.5.2. Programación de riego en el cultivo jitomate en Trancoso, Zacatecas .....	49
4.4.5.3. Aproveccionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de jitomate .....	50
4.4.6. Datos del cultivo Fresa en Trancoso, Zacatecas.....	50
4.4.6.1. Requerimiento de agua del cultivo fresa en Trancoso, Zacatecas.....	51
4.4.6.2. Programación de riego para el cultivo fresa en Trancoso, Zacatecas.....	51
4.4.6.3. Aproveccionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de fresa.....	52
4.4.7. Datos del cultivo cereza en Trancoso, Zacatecas.....	53
4.4.7.1. Requerimiento de agua del cultivo cereza en Trancoso, Zacatecas .....	53
4.4.7.2. Programación de riego para el cultivo cereza en Trancoso, Zacatecas .....	54
4.4.7.3. Aproveccionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de cereza .....	55
4.5. Demanda de riego para cultivos del Estado de Querétaro.....	55
4.5.1. Datos climáticos de la Estación climática .....	56
4.5.2. Determinación de la Evapotranspiración de referencia.....	56
4.5.3. Consideraciones de las características del suelo.....	57
4.5.4. Datos del cultivo Arándano en Peñamiller, Querétaro .....	58
4.4.4.1. Requerimiento de agua del cultivo Arándano en Peñamiller, Querétaro .....	58
4.4.4.2. Programación de riego en el cultivo Arándano en Peñamiller, Querétaro .....	59
4.4.4.3. Aproveccionamiento del sistema en el cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro .....	60
4.5.5. Datos del cultivo Jitomate en Peñamiller, Querétaro .....	60
4.4.5.1. Requerimiento de agua del cultivo jitomate en Peñamiller, Querétaro .....	61
4.4.5.2. Programación de riego en el cultivo jitomate en Peñamiller, Querétaro.....	61
4.4.5.3. Aproveccionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de jitomate.....	62
4.5.6. Datos del cultivo Fresa en Peñamiller, Querétaro .....	63
4.4.6.1. Requerimiento de agua del cultivo fresa en Peñamiller, Querétaro .....	63



**MEDIO AMBIENTE**

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**IMTA**

INSTITUTO MEXICANO



**CONACYT**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

4.4.6.2. Programación de riego para el cultivo fresa en Peñamiller, Querétaro .....	64
4.4.6.3. Aprovisionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de fresa .....	65
<b>4.4.7. Datos del cultivo cereza en Peñamiller, Querétaro .....</b>	<b>65</b>
4.4.7.1. Requerimiento de agua del cultivo cereza en Peñamiller, Querétaro .....	66
4.4.7.2. Programación de riego para el cultivo cereza en Peñamiller, Querétaro .....	66
4.4.7.3. Aprovisionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para la cereza .....	67
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo A. Datos de calidad de agua en sitios referenciados .....</b>	<b>76</b>

## FIGURAS

Figura 3. 1. Presión de saturación de vapor ( $e^{\circ}$ ) en función de la temperatura: Curva de $e^{\circ}$ (T) ...	13
Figura 3. 2 Carátula de la obtención de la radiación y la evapotranspiración de referencia. ....	14
Figura 3. 3 Carátula con opciones de cálculo de $ET_0$ y unidades de humedad, velocidad del viento, insolación y $ET_0$ .....	15
Figura 3. 4 Carátula de entrada de datos de precipitación para la obtención de precipitación efectiva .....	16
Figura 3. 5 Carátula con opciones de cálculo de precipitación efectiva .....	16
Figura 3. 6 Carátula de entrada de datos de cultivo .....	17
Figura 3. 7 Rangos típicos esperados del valor $K_c$ para las cuatro etapas del cultivo. Fuente Allen, <i>et al</i> , .....	20
Figura 4. 1 Diagrama de un sistema de NF-PV .....	23
Figura 4. 2. Acuíferos identificados en los Estados de Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (Google) .....	23
Figura 4. 3. Red Nacional de la calidad del agua en sistemas de información geográfica para los Estados de Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.....	24
Figura 4. 4. Cobertura de información para sitios del Estado de Querétaro.....	25
Figura 4. 5. Cobertura de sitios con información disponible de agua subterránea en el Estado de San Luis Potosí .....	27
Figura 4. 6. Sitios con información de análisis de agua localizados en el Estado de zacatecas .....	29
Figura 4. 7 Municipios Villa de Arista, San Luis Potosí .....	29
Figura 4. 8 Red de estaciones climáticas y estaciones meteorológicas automatizadas en el Estado de San Luis Potosí.....	30
Figura 4. 9 Unidades taxonómicas de suelo en San Luis Potosí .....	32
Figura 4. 10 Municipios Trancoso, Zacatecas .....	43
Figura 4. 11 Estaciones meteorológicas automatizadas en el Estado de Zacatecas.....	43
Figura 4. 12 Regiones, Cuencas y Subcuencas hidrológicas en Zacatecas .....	45
Figura 4. 10 Ubicación del municipio de Peñamiller, Querétaro .....	56
Figura 4. 11 Estaciones meteorológicas automatizadas en el Estado de Querétaro .....	56

## TABLAS

Tabla 3. 1 Factores de conversión para expresar evapotranspiración .....	9
Tabla 4. 1. Datos de clima y ETo para la estación climática El Mezquite, SLP .....	30
Tabla 4. 2. Datos de precipitación efectiva obtenidos con el programa CROPWAT© 8.0 para la estación climática El Mezquite, SLP .....	31
Tabla 4. 3 Características de suelo FAO empleado para Arándano en El Mezquite, SLP .....	32
Tabla 4. 4 Fecha de siembra, Kc y etapas del Arándano en el Mezquite, SLP .....	32
Tabla 4. 5 Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento del Arándano, en el Mezquite, SLP .....	33
Tabla 4. 6 Requerimiento de agua para el cultivo de Arándano en El Mezquite, SLP .....	33
Tabla 4. 7 Programación del riego de arándano en el Mezquite, SLP .....	34
Tabla 4. 8 Totales de la programación de riego del cultivo de arándano .....	34
Tabla 4. 9. Reducción de rendimiento de arándano en el Mezquite, SLP .....	34
Tabla 4. 10. Aproveccionamiento del sistema en el Mezquite, SLP .....	35
Tabla 4. 11. Fecha de siembra, Kc y etapas del jitomate en el Mezquite, SLP .....	35
Tabla 4. 12. Profundidad de raices, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento de jitomate en el Mezquite, SLP .....	35
Tabla 4. 13. Requerimiento de agua para el cultivo de jitomate en El Mezquite, SLP .....	36
Tabla 4. 14. Programación del riego de jitomate en el Mezquite, SLP para el cultivo de jitomate .	36
Tabla 4. 15. Totales de la programación de riego del cultivo de jitomate .....	37
Tabla 4. 16. Reducción de rendimiento en el Mezquite, SLP para el cultivo de jitomate .....	37
Tabla 4. 17. Aproveccionamiento en el sistema del Mezquite, SLP para el cultivo de jitomate .....	37
Tabla 4. 18. Fecha de siembra, Coeficiente de cultivo y etapas fenológicas del cultivo de fresa para el Mezquite, SLP .....	38
Tabla 4. 19. Profundidad, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento y altura promedio del cultivo de fresa para el Mezquite, SLP .....	38
Tabla 4. 20. Requerimiento de agua para el cultivo de fresa en El Mezquite, SLP .....	38
Tabla 4. 21. Programación del riego de fresa en el Mezquite, SLP .....	39
Tabla 4. 22. Totales de la programación de riego del cultivo de fresa .....	39
Tabla 4. 23. Reducción de rendimiento de la fresa en el Mezquite, SLP .....	39
Tabla 4. 24. Aproveccionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para el cultivo de fresa .....	40
Tabla 4. 25. Fecha de siembra, Kc y etapas de cereza en el Mezquite, SLP .....	40
Tabla 4. 26. Profundidad radical, agotamiento crítico, factor de respuesta del rendimiento de cereza en el Mezquite, SLP .....	40
Tabla 4. 27. Requerimiento de agua para el cultivo de cereza en El Mezquite, SLP .....	40
Tabla 4. 28. Programación del riego de la cereza en el Mezquite, SLP .....	41
Tabla 4. 29. Totales de programación de riego del cultivo cereza en el Mezquite, SLP .....	41
Tabla 4. 30. Reducción de rendimiento de la cereza en el Mezquite, SLP .....	42
Tabla 4. 31. Aproveccionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para la cereza .....	42
Tabla 4. 32. Datos de clima y ET <sub>o</sub> para la estación climática Trancoso, Zacatecas .....	44
Tabla 4. 33. Datos de precipitación efectiva obtenidos con el programa CROPWAT© 8.0 para la estación climática Trancoso, Zacatecas .....	44
Tabla 4. 34 Características de suelo FAO empleado .....	45
Tabla 4. 35 Fecha de siembra, Coeficiente de cultivo y etapas del cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas .....	46
Tabla 4. 36 Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento del Arándano, en Trancoso, Zacatecas .....	46



Tabla 4. 37 Requerimiento de agua para el cultivo de Arándano en Trancoso, Zacatecas .....	46
Tabla 4. 38 Programación del riego de arándano en Trancoso, Zacatecas .....	46
Tabla 4. 39 Totales de la programación de riego del cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas .	47
Tabla 4. 40. Reducción de rendimiento de arándano en Trancoso, Zacatecas .....	47
Tabla 4. 41. Aproveccionamiento del sistema en para el cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas .....	47
Tabla 4. 42. Fecha de siembra, Kc y etapas del jitomate en Trancoso, Zacatecas .....	48
Tabla 4. 43. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de jitomate, en Trancoso, Zacatecas .....	48
Tabla 4. 44. Requerimiento de agua para el cultivo de jitomate en Trancoso, Zacatecas .....	48
Tabla 4. 45. Programación del riego de jitomate en Trancoso, Zacatecas para jitomate.....	49
Tabla 4. 46. Totales de la programación de riego del cultivo de jitomate .....	49
Tabla 4. 47. Reducción de rendimiento en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de jitomate.....	50
Tabla 4. 48. Aproveccionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de jitomate ...	50
Tabla 4. 49. Fecha de siembra, Kc y etapas de fresa en Trancoso, Zacatecas .....	50
Tabla 4. 50. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de fresa en Trancoso, Zacatecas	50
Tabla 4. 51. Requerimiento de agua para el cultivo de fresa en Trancoso, Zacatecas .....	51
Tabla 4. 52. Programación del riego de fresa en Trancoso, Zacatecas.....	51
Tabla 4. 53. Totales de la programación de riego del cultivo de fresa .....	52
Tabla 4. 54. Reducción de rendimiento de la fresa en Trancoso, Zacatecas .....	52
Tabla 4. 55. Aproveccionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de fresa.....	52
Tabla 4. 56. Fecha de siembra, Kc y etapas de cereza en Trancoso, Zacatecas.....	53
Tabla 4. 57. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de cereza, en Trancoso, Zacatecas .....	53
Tabla 4. 58. Requerimiento de agua para el cultivo de cereza en Trancoso, Zacatecas .....	53
Tabla 4. 59. Programación del riego de cereza en Trancoso, Zacatecas .....	54
Tabla 4. 60. Totales de la programación de riego del cultivo de cereza.....	54
Tabla 4. 61. Reducción de rendimiento de la cereza en Trancoso, Zacatecas.....	54
Tabla 4. 62. Aproveccionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para la cereza.....	55
Tabla 4. 63. Datos de clima y ET <sub>0</sub> para la estación climática Peñamiller, Querétaro .....	57
Tabla 4. 64. Datos de precipitación efectiva obtenidos con el programa CROPWAT© 8.0 para la estación climática, Peñamiller, Querétaro .....	57
Tabla 4. 65 Características de suelo FAO empleado para.....	58
Tabla 4. 66 Fecha de siembra, Coeficiente de cultivo y etapas del cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro .....	58
Tabla 4. 67 Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento del Arándano, en Peñamiller, Querétaro .....	58
Tabla 4. 68 Requerimiento de agua para el cultivo de Arándano en Peñamiller, Querétaro .....	58
Tabla 4. 38 Programación del riego de arándano en Peñamiller, Querétaro .....	59
Tabla 4. 39 Totales de la programación de riego del cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro .....	59
Tabla 4. 40. Reducción de rendimiento de arándano en Peñamiller, Querétaro .....	60
Tabla 4. 41. Aproveccionamiento del sistema en para el cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro .....	60
Tabla 4. 42. Fecha de siembra, Kc y etapas del jitomate en Peñamiller, Querétaro .....	61
Tabla 4. 43. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de jitomate, en Peñamiller, Querétaro .....	61
Tabla 4. 44. Requerimiento de agua para el cultivo de jitomate en Peñamiller, Querétaro .....	61
Tabla 4. 45. Programación del riego de jitomate en Peñamiller, Querétaro para jitomate .....	62
Tabla 4. 46. Totales de la programación de riego del cultivo de jitomate .....	62



Tabla 4. 47. Reducción de rendimiento en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de jitomate ..... 62

Tabla 4. 48. Aproveccionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de jitomate. 63

Tabla 4. 49. Fecha de siembra, Kc y etapas de fresa en Peñamiller, Querétaro..... 63

Tabla 4. 50. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de fresa en Peñamiller, Querétaro ..... 63

Tabla 4. 51. Requerimiento de agua para el cultivo de fresa en Peñamiller, Querétaro ..... 63

Tabla 4. 52. Programación del riego de fresa en Peñamiller, Querétaro ..... 64

Tabla 4. 53. Totales de la programación de riego del cultivo de fresa en Peñamiller, Querétaro .... 64

Tabla 4. 54. Reducción de rendimiento de la fresa en Peñamiller, Querétaro ..... 65

Tabla 4. 55. Aproveccionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de fresa ..... 65

Tabla 4. 56. Fecha de siembra, Kc y etapas de cereza en Peñamiller, Querétaro ..... 65

Tabla 4. 57. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de cereza, en Peñamiller, Querétaro ..... 66

Tabla 4. 58. Requerimiento de agua para el cultivo de cereza en Peñamiller, Querétaro ..... 66

Tabla 4. 59. Programación del riego de cereza en Peñamiller, Querétaro ..... 66

Tabla 4. 60. Totales de la programación de riego del cultivo de cereza en Peñamiller, Querétaro.. 67

Tabla 4. 61. Reducción de rendimiento de la cereza en Peñamiller, Querétaro..... 67

Tabla 4. 62. Aproveccionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para la cereza ..... 67

## INTRODUCCIÓN

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, a través de la Coordinación de Riego y Drenaje, se ha dado a la tarea de recopilar información de parámetros de calidad del agua y de efectuar diversos estudios para realizar el proyecto *“Implementación de Sistemas de Desalinización Mediante Tecnología Fotovoltaica y Nanofiltración en la Mesa Central de México”*, la cual es una estrategia de desarrollo de líneas de investigación y proyectos encauzados al tratamiento de agua salobre para su utilización en la agricultura de riego agrícola, riego de pastizales, producción de forraje, producción de agua para consumo humano y consumo animal

En este contexto se plantea el diseño de un sistema de desalinización por nanofiltración compuesto por un filtro, módulos de nanofiltración (NF) y un sistema de bombeo fotovoltaico (PV-B). Cabe mencionar que este sistema bombea agua que se desalinizará hacia las membranas, para obtener un permeado de agua dulce y como residuo un fluido concentrado.

Asimismo, desarrolla un sistema de información geográfica utilizando el programa de licencia libre Google Earth Pro para separar información en carpetas por Estado y por municipios para delimitar áreas de los acuíferos salobres en las colindancias de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas, para después incorporar información de cada estado dada por la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua disponible en el sitio del Sistema Nacional de Información del Agua.

De otra parte, se puede señalar que, entre los objetivos de este trabajo se evalúan, para un municipio por cada Estado de San Luis Potosí, Zacatecas y Querétaro, los requerimientos de agua para los cultivos arándano, jitomate, fresa y cereza por periodos decadiarios con riegos en intervalos fijos de 10 días por etapa y aplicando el riego hasta capacidad de campo, con eficiencia del riego del 95%.

Asimismo, se puede mencionar que se eligieron las estaciones climáticas El Mezquite en el Estado de San Luis Potosí, Trancoso en el Estado de Zacatecas y Peñamiller en el Estado de Querétaro para calcular los requerimientos de riego mediante el software de la FAO, programa CROPWAT© 8.0. para los cultivos de arándano, jitomate, fresa y cereza.



## 1. SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN

### 1.1. Generalidades

El agua es un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud. El agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos. Más de 1.000 millones de personas carecen de un suministro suficiente de agua y varios miles de millones no tienen acceso a servicios adecuados de saneamiento, lo cual constituye la principal causa de contaminación del agua y de las enfermedades relacionadas con el agua.

En este contexto, la desalinización es una alternativa para aumentar la disponibilidad de agua dulce en zonas rurales para consumo humano y para el riego de cultivos de alto valor. Sin embargo, la desalinización en la agricultura no se ha adoptado ampliamente debido a los aspectos económicos. Los costos asociados representan cerca del 40-45% del costo total (Zarzo et al 2013).

No obstante, lo anterior, algunos países como España, Israel y los Emiratos Árabes Unidos han aumentado significativamente el volumen de agua de desalinización para la agricultura (Ghermandi & Messalem 2009, Birnhack et al.2010)

En Este sentido se tienen los sistemas de nanofiltración (NF), que operan con presiones más bajas que los sistemas de osmosis inversa (OI), por lo que el consumo específico de energía es menor en los sistemas de NF. Estas características permiten diseñar y construir sistemas menos robustos donde la energía solar con paneles fotovoltaicos es muy atractiva, especialmente para aplicaciones a pequeña escala en áreas remotas como es el caso de la mesa central de México.

El acoplamiento de sistemas de desalinización NF con sistemas fotovoltaicos (NF-PV), previamente han sido estudiados por Koyuncu et al. 2001; IEA-ETSAP and IRENA 2012; Silva et al. 2013.

La viabilidad de NF-FV en el tratamiento del agua para el consumo humano en lugares aislados fueron comprobados en diversos lugares y se observó que los resultados obtenidos para estos sistemas pueden emplearse en aplicaciones de riego. IEA-ETSAP e IRENA 2012

De otra parte, en un estudio sobre el análisis de la variabilidad de parámetros relacionados con los sistemas de desalinización, se consideró una configuración híbrida compuestas por membrana de NF, ultra filtración y OI y se observó que el consumo específico de energía reportado fue entre 2 a 8 kWh por 1 m<sup>3</sup> de agua potable. Richards & Schafer (2003).

Con respecto a las ventajas de las membranas de NF en lugar de la membrana de OI en la producción de agua para aplicaciones de riego y tomando como referencia una simulación del rendimiento de una planta piloto asistida por energía solar, se obtuvo un consumo energético del sistema propuesto de 40%, que es inferior al de la desalinización por ósmosis inversa convencional, reduciendo en un 34% los volúmenes de agua subterránea extraídos y aumentando 18% la producción de biomasa total en los cultivos irrigados. Ghermandi A. y Massalem R. (2009),

### 1.2. Sistemas de desalinización

Los sistemas de desalinización son dispositivos con mecanismos y equipos para llevar a cabo un proceso de separación de sales disueltas de aguas salobres con el objeto de convertirlas en aguas adecuadas para consumo humano, industrial o de riego.

Estos procesos de desalinización tienen diferencias en los sistemas de separación de sales, los costos de diseño, uso y manejo de sistemas, el riesgo de daño en el entorno e impacto en el ambiente, la calidad del producto y energía consumida.

Los sistemas se empezaron a utilizar desde principios del siglo XX con la construcción de destiladores para ser utilizados en con producciones de agua de 1.0-2.0 m<sup>3</sup>/día, para mediados del siglo XX se construyen grandes instalaciones de producción de agua dulce y en la década de los 60's del siglo XX se construye la primera planta comercial, teniéndose a la actualidad agua desalinizada que se usa para consumo humano, en procesos industriales y en forma muy limitada por sus altos costos, para riego agrícola. Custodio, 1976, Dévora *et al*, 2013.

A manera de resumen se puede señalar que en la tecnología de desalinización se tiene que los sistemas de desalinización se incluye la alimentación de agua salobre o marina a una planta desaladora, la cual tiene como función acondicionar y eliminar sales al agua para obtener un producto, y un rechazo o salmuera y que esta desalinización de agua se realiza con dos sistemas principalmente, los que utilizan el uso de combustibles fósiles, como los sistemas térmicos, y los que utilizan membranas y alta presión. Dévora *et al*, 2013.

En estos sistemas los costos de desalinización por unidad de agua producida varían ampliamente, y obedecen al tipo de agua salobre o de mar de alimentación, y a la cantidad de energía necesaria en el sistema de desalinización elegido, ya que, por ejemplo los costos para acondicionar el agua en un sistema tradicional van de 3.18 a 8.01 pesos/m<sup>3</sup> y cuando se utiliza la desalación y la alimentación es agua salobre, el costo va de 5.31 a 10.62 pesos/m<sup>3</sup>; cuando la alimentación es de agua de mar, el costo varía de 10.62 a 24 pesos/m<sup>3</sup>. Por otra parte, cuando se combina el sistema tradicional con agua salobre, el costo es de 4.24 a 9.73 pesos/m<sup>3</sup>; cuando se trata de agua de mar con el sistema tradicional, el costo es de 3.92 a 10.79 pesos/m<sup>3</sup>. Al-Sahali 2007 y AMTA, 2012, mencionados por Dévora *et al*, 2013.

Con respecto a los sistemas térmicos, los procesos de destilación necesitan calor para provocar el cambio de estado del líquido a vapor, que prácticamente es independiente de la salinidad que tenga el agua y es el proceso en el cual el agua de mar se calienta hasta evaporarla, después el vapor se condensa formando agua dulce y el agua sobrante se desecha como salmuera concentrada, observándose una producción de agua con sólidos disueltos totales de 1.0-50 miligramos/litro. Porta *et al.*, 2002, Hiriart, 2007, mencionados por Dévora *et al*, 2013.

Entre los principales procesos de destilación se cuentan la destilación por compresión mecánica de vapor (MVC), que comprime el vapor de agua y causa condensación sobre una superficie de transferencia de calor, permitiendo que calor de la condensación sea transferido a la salmuera del otro lado de la superficie, resultando en la vaporización de ésta, la destilación relámpago *flash* multi-etapa (MSF), caracterizada por requerir altos volúmenes y flujo de agua disponible para tratar problemas de corrosión y mineralización en la planta, y altas tasas de uso de químicos en el tratamiento del agua, donde el agua es calentada en un tanque por medio de un serpentín o tubos en paralelo que contienen algún fluido caliente y después se pasa a otro tanque, llamado etapa, donde la presión reducida permite que el agua hierva. El agua vaporizada es enfriada y condensada para obtener el producto y, la *Destilación multiefecto (MED)*, que se configuran con base en tubos verticales u horizontales para

que el vapor se condense en un lado de un tubo y ocasiona la evaporación de agua salada en el otro lado teniendo una configuración común, ya el agua salina al evaporarse se distribuye sobre la superficie exterior de tubos calentados. Cipollina, 2005, Khawaji, 2008, Valero, 2001, WHO, 2007, mencionados por Dévora *et al*, 2013

Con respecto a la desalinización solar, se observa que estos sistemas con energía solar son una alternativa viable y probada en México y el resto del mundo, Conae, 2007, ya que las plantas desalinizadoras con energía solar como fuente energética con el dispositivo de destilación por medio de placa plana es el más utilizado en México cuando se pretende utilizar al Sol como fuente de calentamiento.

Otro sistema de desalinización es el sistema por membranas que se caracterizan por tener un proceso de separación del agua salina en dos vertientes: una corriente de agua potable con baja concentración de sales disueltas y una corriente de salmuera concentrada. Los sistemas más utilizados son ósmosis inversa y electrodiálisis.

La ósmosis inversa se diferencia de otras por tener un sistema donde se aplica presión para superar la presión osmótica del agua a tratar. El proceso de ósmosis inversa es quizá el método más sencillo para desalar y el que parece acercarse a los mejores rendimientos energéticos. El sistema toma su nombre por realizarse el paso de las soluciones en forma contraria a los procesos osmóticos normales. Es decir, las soluciones menos concentradas se desplazan, por diferencia de energía potencial, hacia las más concentradas, a través de una membrana semipermeable, con la necesidad de aplicar una fuerza externa para lograr la separación del agua de las sales. Arreguín, 2000.

La Electrodiálisis es otro sistema de desalinización en el cual se tiene un proceso de separación electroquímico, donde los iones son transferidos a través de membranas de intercambio iónico por medio de un campo de corriente continua (Belfort, 1984; Mani, 1991, mencionado por Arreguín, 2000. Aunque cabe mencionar la modalidad reversible que permite obtener elevadas recuperaciones de agua respecto a la ED, gracias a su cambio de polaridad, lo que permite la auto limpieza de los compartimentos de producto y rechazo, disminuyendo la polarización e incrustación.

### 1.3. Impacto ambiental de sistemas de desalinización

La correspondiente existencia entre el impacto ambiental y sistemas de desalinización se relacionan por el efecto que produce el establecimiento de dichos sistemas en la alteración de la línea de base del ambiente con respecto a la acción del hombre.

El establecer un sistema de desalinización implica de una parte utilizar recursos naturales de poca utilidad que se potencializa al emplearlo en procesos productivos urbano y agrícolas, pero, por otra parte, es generar residuos que generan diversos impactos ambientales, desde el impacto visual hasta impactos directos al ambiente, como es la acumulación de salmuera en un solo sitio.

En el proceso de separación de las sales disueltas de aguas salobres o de mar para que sean adecuadas al consumo humano, industrial o de riego, se observan diversas tecnologías desarrolladas en la actualidad para desalinizar el agua de mar y aunque tienen características distintas de acuerdo con el tipo de energía, diseño y producción que requiere cada una, todas tienen el mismo objetivo, el cual es la reducción de la concentración de sales en los procesos que separan el agua de las sales y los que realmente efectúan la separación de las sales de la solución. Medina, 2000.



No obstante, lo anterior, la desalinización se considera un evento cultural adecuado para el desarrollo del hombre, esto es, desde el derecho del agua para consumo humano hasta la aplicación de agua en actividades agrícolas, que al final beneficia al hombre para obtener sustento alimentario y generar ingresos económicos.

Y aunque las plantas de desalinización producen grandes volúmenes de desechos en forma de salmuera, ocasionando un efecto ambiental indeseado al verter dicha salmuera sin tratamiento al medio y contaminando el suelo y acuíferos con altas concentraciones de salinidad y de productos químicos residuales del pretratamiento y de metales pesados provenientes de las tuberías, la propuesta de este trabajo contempla la destilación por membrana que incluye procesos térmicos para el tratamiento de las salmueras residuales, con lo que se garantiza la producción de agua de calidad con bajo impacto ambiental.

#### 1.4. Manejo Integral del Agua con sistemas de desalinización en ámbitos urbanos y agropecuarios

Para el manejo integral del agua con sistemas de desalinización en ámbitos urbanos y agropecuarios, se parte de la identificación, desarrollo y de las principales características del agua desalinizada con respecto a las características tecnológicas y económicas.

En este contexto, se pueden identificar modelos de gestión integral considerando el análisis del agua desalinizada en el modelo de gestión cómo un producto de comercialización.

Esto nos lleva a un aspecto básico, que es considerar la calidad del agua en sistemas de desalinización ya que debe ser salubre y no debe constituir una amenaza para la salud, además que el agua debe tener un color, un olor y un sabor aceptables. Uribe 2010.

Otro aspecto básico, sobre en ámbitos urbanos y rurales para consumo humano, es la accesibilidad física del agua, la cual debe estar al alcance físico de todos los sectores de la población y que deben estar en una ubicación segura. También se puede mencionar la accesibilidad económica, que deben estar al alcance económico de todas las personas involucradas en los servicios de los sistemas. Uribe 2010

El manejo integral de los sistemas permite identificar y corregir mal manejo y uso a fin de tomar medidas preventivas que minimicen efectos negativos de la ejecución de los procesos de desalinización, analizando y describiendo las condiciones de identificando y evaluando los impactos potenciales que la construcción y operación de dichas obras o la realización de las actividades podría causar al ambiente, así proponer medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar esas alteraciones.

La disponibilidad de agua no implica que su calidad permita el uso, ya que la contaminación natural y por el hombre han provocado que sea necesario tratarla antes de destinarla a consumo humano, agrícola o industrial. La calidad del agua varía de acuerdo con la región y el tipo de subsuelo de los contaminantes, por ello los procesos de la desalinización del agua apta para consumo humano presentan varias estrategias que estudian este proceso. Devóra, *et al.*, 2013.

## **2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADO A SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN**

### **2.1. Definiciones de Sistemas de Información Geográfica**

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) define un Sistema de Información Geográfica como el conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real cuyos datos son un conjunto de mapas, de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas y resulta posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas, para obtener un mejor conocimiento de esa zona con herramientas informáticas, es decir, con programas informáticos o software. INEGI, 2014.

De esta manera, se puede entender que el Sistemas de Información Geográfica es un conjunto de componentes específicos que permiten a los usuarios finales crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio y esta información geográfica va a ser aquella información que tiene algún componente espacial, es decir, una ubicación, y además, una información atributiva que nos detalle más sobre ese elemento en cuestión. Esa ubicación se podrá definir con un nombre de una calle, por ejemplo, o con coordenadas espaciales. Geoinnova, 2020.

### **2.2. Uso de sistemas geográficos para identificar zonas potenciales de aprovechamiento de sistemas de desalinización**

Uso de sistemas geográficos para identificar zonas potenciales de aprovechamiento de sistemas de desalinización puede incluir el uso de sensores digitales con medidores eléctricos, sensores interconectados en distintos sectores como automotriz, transportación, industrial, servicios, comercial, etc.

La información obtenida podrá ser muy variada, pero toda comparte una cualidad espacial y el análisis del espacio de toda esa información permite saber y ver qué, dónde y por qué está sucediendo en nuestro entorno. Es aquí donde juega un papel fundamental la geografía que permite describir las características de la superficie de la Tierra.

Con ello tenemos una cantidad de datos para analizar y describir las zonas de estudio que se unen para llevar a cabo el análisis de la información en un sistema geográfico, esto es, un sistema de Información Geográfica (SIG), que conjunta datos relacionados con el espacio físico con herramientas informáticas, es decir, con programas informáticos o software, cuyos resultados permiten crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio.

Esto permite señalar que la información geográfica obtenida tiene componentes espaciales con ubicación e información atributiva con detalles de cada elemento en cuestión, donde la ubicación se podrá definir con un nombre de una calle, un rancho, una zona de riego, un sistema de desalinización en zona rural, entre otros con coordenadas geográficas.



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Como se observa, estos sistemas facilitan la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad de población y además, permiten realizar las consultas y representar los resultados en entornos web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión, conformándose como un valioso apoyo en la toma de decisiones.

### 3. REQUERIMIENTO DE AGUA DE LOS CULTIVO

#### 3.1. Antecedentes

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo y la evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Allen *et al.*, 2006.

El concepto de evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones:

- Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>).
- Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>)
- evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET<sub>c</sub> aj).

En este contexto, la ET<sub>o</sub> es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera, ET<sub>c</sub> se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas y ET<sub>c</sub> requiere generalmente una corrección, cuando no existe un manejo óptimo y se presentan limitantes ambientales que afectan el crecimiento del cultivo y que restringen la evapotranspiración, es decir, bajo condiciones no estándar de cultivo. Allen *et al.*, 2006.

Para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) se utiliza el método de Penman-Monteith.

Para la relación de ET<sub>c</sub>/ET<sub>o</sub>, conocida como coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), se relaciona la ET<sub>c</sub> con ET<sub>o</sub> y entonces la evapotranspiración del cultivo se puede expresar de acuerdo con la ecuación 1.1.

$$ET_c = K_c * ET_o. \quad \text{Ecuación (1.1)}$$

Esto se conoce como el coeficiente de cultivo, necesario para calcular la evapotranspiración del cultivo. Allen *et al.*, 2006.

Las diferencias en la anatomía de la hoja, características estomáticas, propiedades aerodinámicas e incluso el albedo causan que la ET<sub>c</sub> difiera de la ET<sub>o</sub>, en las mismas condiciones climáticas y debido a las variaciones en las características de los cultivos en su ciclo de cultivo, el valor de K<sub>c</sub> para un determinado cultivo cambia desde la siembra hasta la cosecha. Siendo el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos un elemento fundamental para el manejo del agua, la FAO ha prestado atención a la estandarización y difusión de la forma más precisa y aceptada para calcularla. Swennenhuis, J. (2009).

De otra parte, la evaluación de las necesidades hídricas de cultivo se realiza utilizando la metodología de mencionada en los libros Estudio FAO – Riego y Drenaje Número 56, “Evapotranspiración del Cultivo – Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”, en el libro Número 66 “Respuesta del rendimiento de los cultivos”, así como el uso del programa CROPWAT© 8.0.

Se requiere considerar que la evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, 10 días, mes o incluso un completo período de cultivo o un año. Asimismo, una hectárea tiene una superficie de 10 000 m<sup>2</sup> y 1 milímetro es igual a 0,001 m, por lo que una pérdida de 1 mm de agua corresponde a una pérdida de 10 m<sup>3</sup> de agua por hectárea. Es decir 1 mm día<sup>-1</sup> es equivalente 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

Además, la altura del agua se puede también expresar en términos de la energía recibida por unidad de área. Esto último se refiere a la energía o al calor requerido para vaporizar el agua. Esta energía, conocida como el calor latente de vaporización ( $\lambda$ ), es una función de la temperatura del agua. Por ejemplo, a 20°C,  $\lambda$  tiene un valor de cerca de 2,45 MJ Kg<sup>-1</sup>. Es decir 2,45 MJ son necesarios para vaporizar 1 kilogramo ó 0,001 m<sup>3</sup> de agua, Por lo tanto, un aporte de energía de 2,45 MJ por m<sup>2</sup> puede vaporizar 0,001 m ó 1 milímetro de agua, y entonces 1 milímetro de agua es equivalente a 2,45 MJ m<sup>-2</sup>. La evapotranspiración expresada en unidades del MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> se representa por  $\lambda$  ET, el flujo del calor latente. Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Factores de conversión para expresar evapotranspiración

	Altura del agua	Volumen por unidad de área		Energía por unidad de área*
	Mm día <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>
1 mm día <sup>-1</sup>	1	10	0.116	2.45
1 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	0.1	1	0.012	0.245
1 l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	8.640	86.40	1	21.17
1 MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>	0.408	4.082	0.047	1

\* Para el agua con una densidad de 1 000 kilogramos m<sup>-3</sup> y a 20 °C.

Las variables que afectan la evapotranspiración son las variables climáticas la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento, el tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo, salinidad del suelo, fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos, mal manejo del suelo, cubierta del suelo, densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo.

### 3.1. Determinación de la evapotranspiración de referencia FAO – Teoría

La combinación del balance energético con el método de la transferencia de masa deriva en una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de horas sol, temperatura, humedad atmosférica y velocidad de viento.

Esto fue considerado por Penman en 1948 y a partir de ello se generó a nivel mundial un análisis del funcionamiento y dispersión de resultados obtenidos por varios métodos de cálculo observándose la necesidad de formular un método único estándar para el cálculo de la ETo y, dado que el de mejor comportamiento y mayor consistencia fue el método FAO Penman-Monteith para un ámbito global, este es el único que se recomienda como método estándar de cálculo de ETo. Allen *et al.*, 2006

El método Penman-Monteith fue desarrollado considerando en su definición un cultivo de referencia que es un cultivo hipotético de altura de 0.12 m, con una resistencia superficial de 70 s m<sup>-1</sup> y un albedo de 0.23 y que representa la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado.

Este método incluye datos de radiación solar diaria, temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima y velocidad de viento, para estimar la evapotranspiración de referencia, ecuación 2.1, la cual fue revisada por el ASCE (American Society of Civil Engineers). Walter *et al.*, 2005. Ecuación 3.1.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad \text{Ecuación 3.1.}$$

Donde:

- $ET_0$  es la evapotranspiración de referencia ( $\text{mm día}^{-1}$ )
- $R_n$  es la radiación neta en la superficie del cultivo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )
- $R_a$  es la radiación extraterrestre ( $\text{mm día}^{-1}$ )
- $G$  es el flujo del calor de suelo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )
- $T$  es la temperatura media del aire a 2 m de altura ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $u_2$ : velocidad del viento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ )
- $e_s$  es la presión de vapor de saturación (kPa)
- $e_a$ : presión real de vapor (kPa)
- $e_s - e_a$  es el déficit de presión de vapor (kPa)
- $\Delta$  es la pendiente de la curva de presión de vapor ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
- $\gamma$ : constante psicrométrica ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

### 3.1.1. Radiación solar

El proceso de la evapotranspiración está determinado por la cantidad de energía disponible para evaporar el agua.

Cuando se determina el efecto de la radiación solar en la evapotranspiración, se debe también considerar que no toda la energía disponible se utiliza para evaporar el agua. Parte de la energía solar se utiliza también para calentar la atmósfera y el suelo

La radiación neta ( $R_n$ ) [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ] es la diferencia entre la radiación neta de onda corta ( $R_{ns}$ ) [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ] y la radiación neta de onda larga ( $R_{nl}$ ) [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ]. Ecuación 3.2.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde  $R_{ns}$  es la radiación neta de onda corta resultante del equilibrio entre la radiación solar entrante y la reflejada está dada por la multiplicación de la radiación solar entrante multiplicada por la diferencia de 1 menos el albedo o coeficiente de reflexión del cultivo y la  $R_{nl}$  es la cantidad de emisión de energía de onda larga proporcional a la temperatura absoluta de la superficie elevada a la cuarta potencia

### 3.1.2. Flujo de calor

El flujo del calor del suelo es la energía que se utiliza para calentar el suelo, siendo positivo cuando el suelo se calienta y negativo cuando el suelo se enfría. La ecuación para evaluar el flujo de calor se muestra en la ecuación 3.3.

$$G = c_s \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 3.3.}$$

Donde G es el flujo de calor del suelo [MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>], c<sub>s</sub> la capacidad calorífica del suelo [MJ m<sup>-3</sup> °C<sup>-1</sup>], T<sub>i</sub> temperatura del aire en el tiempo i [°C], T<sub>i-1</sub> temperatura del aire en el tiempo i-1 [°C], Δt intervalo de tiempo considerado [días], Δz la profundidad efectiva del suelo [m].

### 3.1.3. Constante Psicrométrica

La constante psicrométrica se calcula mediante la ecuación 3.4

$$\gamma = \frac{c_p P}{\varepsilon h} = 0.665 * 10^{-3} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

donde γ es la constante psicrométrica [kPa °C<sup>-1</sup>], P la presión atmosférica [kPa], h calor latente de vaporización, 2,45 [MJ kg<sup>-1</sup>], c<sub>p</sub> calor específico a presión constante, 1,013 x 10<sup>-3</sup> [MJ kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>], ε cociente del peso molecular de vapor de agua /aire seco = 0,622.

### 3.1.4. Temperatura la temperatura media del aire a 2 m de altura

La temperatura media del aire a 2 m de altura es la temperatura del aire al nivel del cultivo

Debido a la relación no lineal de la humedad con la temperatura, ambas incluidas en la ecuación FAO Penman-Monteith, la presión de vapor para cierto período se debe calcular como la media entre la presión de vapor bajo la temperatura máxima y la presión de vapor bajo la temperatura mínima del aire en ese periodo. La temperatura máxima diaria del aire (T<sub>max</sub>) y la temperatura mínima diaria del aire (T<sub>min</sub>) son, respectivamente, la máxima y la mínima temperatura del aire observadas durante un período de 24 horas, desde la medianoche. T<sub>max</sub> y T<sub>min</sub> por períodos más largos tales como semanas, diez días o meses se obtienen dividiendo la suma de los valores diarios respectivos por el número de días del período. Ecuación 3.5.

$$T_{media} = \frac{T_{máx} + T_{min}}{2} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

La temperatura se expresa en grados centígrados (°C) o Fahrenheit (°F). En algunos procedimientos del cálculo, la temperatura se debe expresar en grados Kelvin (K), los que se obtienen agregando 273,16 a la temperatura expresada en grados centígrados (en la práctica K = °C + 273,16). La escala centígrada y la Kelvin tienen la misma escala de intervalo.

### 3.1.5. Velocidad del viento a 2 m de altura

El viento se caracteriza por su dirección y su velocidad. La dirección del viento se refiere a la dirección de la cual el viento está soplando. Para el cómputo de la evapotranspiración, la velocidad del viento es una variable importante. Como la velocidad del viento en una localidad dada varía con el tiempo, es necesario expresarla como el promedio sobre un intervalo determinado de tiempo. La velocidad del viento se mide en metros por segundo ( $m s^{-1}$ ) o kilómetros por día ( $km día^{-1}$ ). El cálculo se presenta en la ecuación 3.6.

$$u_2 = u_z \frac{4.87}{\ln(67.8 z - 5.42)} \quad \text{Ecuación 3.6.}$$

Donde  $u_2$  es la velocidad del viento a 2 m sobre la superficie [ $m s^{-1}$ ],  $u_z$  es la velocidad del viento medida a  $z$  m sobre la superficie [ $m s^{-1}$ ],  $z$  altura de medición sobre la superficie [m].

### 3.1.5. Presión de vapor

La presión de vapor incluye la presión de vapor a saturación y la presión real de vapor (kPa), considerando que la diferencia de  $e_s - e_a$  es el déficit de presión de vapor y  $\Delta$  es la pendiente de la curva de presión de vapor.

#### *Presión de real de vapor*

La presión real de vapor se puede calcular considerando la temperatura del punto de rocío o mediante los datos psicrométricos.

a) Presión real de vapor ( $e_a$ ) derivada de la temperatura del punto de rocío

Como la temperatura del punto de rocío es la temperatura a la cual el aire necesita ser enfriado para saturarlo, la presión real de vapor ( $e_a$ ) es la presión de saturación de vapor a la temperatura del punto de rocío ( $T_{\text{rocío}}$ ) [ $^{\circ}C$ ] Ecuación 3.7.

$$e_a = e^0 \exp\left(\frac{17.27 T_{\text{Rocío}}}{T_{\text{Rocío}} + 237.3}\right) \quad \text{Ecuación 3.7.}$$

b) Presión real de vapor ( $e_a$ ) derivada de datos psicrométricos

La presión real de vapor puede determinarse de la diferencia entre las temperaturas de bulbo seco y húmedo conocida como la depresión del bulbo húmedo. La relación se expresa por la ecuación 3.8.

$$e_a = e^0(T_{\text{húmedo}}) - \gamma_{\text{psi}}(T_{\text{seco}} - T_{\text{húmedo}}) \quad \text{Ecuación 3.8.}$$

donde  $e_a$  presión real de vapor [kPa]  $e^0(T_{\text{húmedo}})$  presión de saturación de vapor a la temperatura del bulbo húmedo [kPa]  $\gamma_{\text{psi}}$  la constante psicrométrica [kPa  $^{\circ}C^{-1}$ ]  $T_{\text{seco}} - T_{\text{húmedo}}$  depresión del bulbo húmedo, con  $T_{\text{seco}}$  la temperatura del termómetro de bulbo seco y  $T_{\text{húmedo}}$  la temperatura del termómetro de bulbo húmedo [ $^{\circ}C$ ].

### *Pendiente de la curva de presión de saturación de vapor*

Para el cálculo de evapotranspiración, se requiere calcular la pendiente de la relación entre la presión de saturación de vapor y la temperatura, 6. La pendiente de la curva, Figura 2.1, a una temperatura dada, calculándose con la ecuación 3.9.

$$\Delta = \frac{4098 (0.6108 * \exp(\frac{17.27 * T}{T + 237.3}))}{(T + 237.3)^2} \quad \text{Ecuación 3.9}$$

Donde  $\Delta$  es la pendiente de la curva de la presión de saturación de vapor a la temperatura del aire T [kPa °C<sup>-1</sup>] T temperatura del aire [°C] exp[.] es 2,7183 (base del logaritmo natural) elevado a la potencia [..]. Figura 3.1.

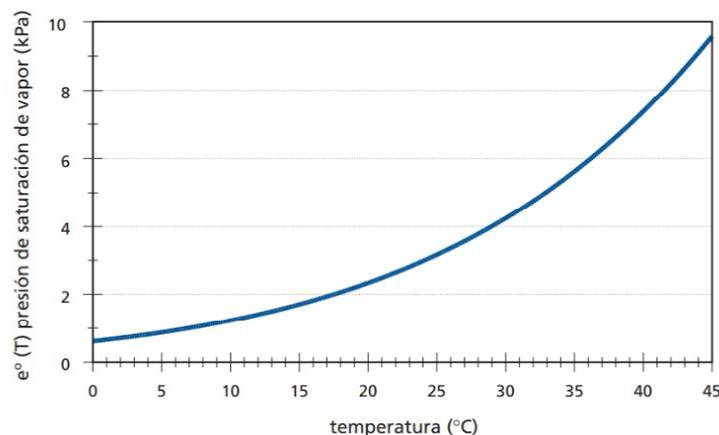


Figura 3. 1. Presión de saturación de vapor ((e°) en función de la temperatura: Curva de e° (T)

### 3.2. Programa CROPWAT© 8.0

El CROPWAT 8.0 es un programa de computación utilizado para el cálculo de requerimientos de agua en cultivos y requerimientos de riego basados en datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos.

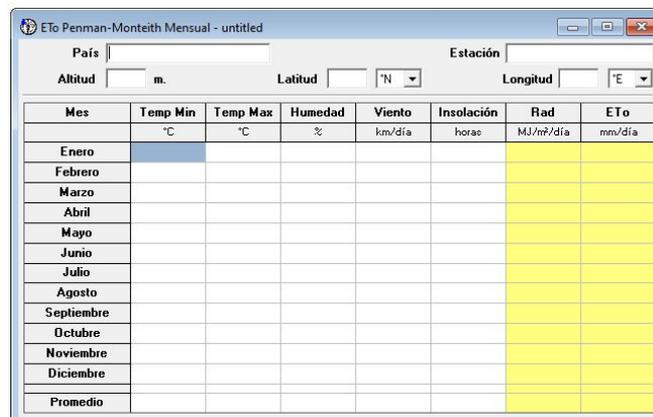
Además, el programa permite la elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos.

Cabe aclarar que todos los procedimientos de cálculo se basan en las directrices de la FAO tal como se establece en la publicación No 56 de la Serie Riego y Drenaje de la FAO "Evapotranspiración del Cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos".

Entre las características principales de este programa se consideran la entrada de datos climáticos en versión mensual, decadiaria y diaria para el cálculo de la  $ET_0$ , la posibilidad de estimar los datos climáticos en caso de no contar con los valores medidos, cálculos diarios y decadiarios de los requerimientos de agua del cultivo basados en algoritmos de cálculo actualizados incluido el ajuste de los valores del coeficiente de cultivos, cálculo de las necesidades de agua de cultivos y la programación de riego para los cultivos y para arrozales, programaciones de riego ajustables e interactivas con el usuario, tablas de balances diarios de agua en el suelo y presentaciones gráficas de los datos de entrada, requerimientos de agua de los cultivos y programaciones de riego, entre otros más

### 3.2.1. Clima

Para el programa CROPWAT© 8.0 se requieren datos climáticos de temperatura mínima promedio, temperatura máxima promedio, humedad ambiental, velocidad del viento e insolación. Figura 3.2.



Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero							
Febrero							
Marzo							
Abril							
Mayo							
Junio							
Julio							
Agosto							
Septiembre							
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							
Promedio							

Figura 3. 2 Carátula de la obtención de la radiación y la evapotranspiración de referencia.

En la Figura 3.2. se observa un conjunto de datos de entrada que incluyen nombre del país, estación climática, altitud sobre el nivel del mar, coordenadas geográficas de latitud y longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich, temperatura mínima mensual, temperatura máxima mensual, humedad relativa, velocidad del viento, insolación y con estos datos se obtiene la radiación y la evapotranspiración de referencia.

Los datos requeridos para obtener la  $ET_0$  permite calcularse con datos climáticos o estimarse con datos de temperatura mínima-máxima o temperatura media. Figura 3.3.

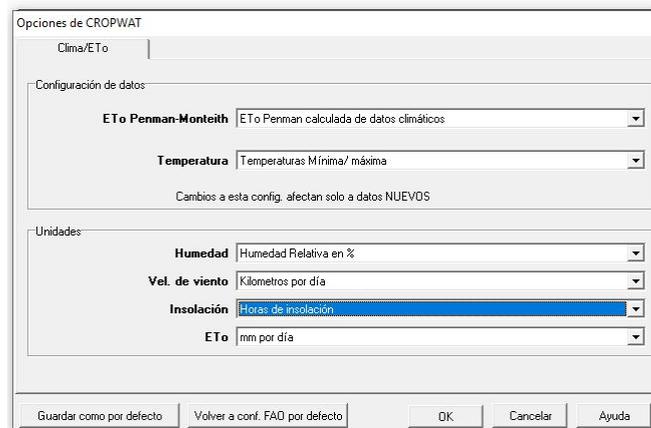


Figura 3. 3 Carátula con opciones de cálculo de  $ET_0$  y unidades de humedad, velocidad del viento, insolación y  $ET_0$

### 3.2.2. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es la fracción de la precipitación que se almacena en la zona de raíces, la cual no incluye el agua percolada, interceptada, escurrida o evaporada que al precipitarse no llega a la zona radical.

Existen diversos métodos dentro del programa CROPWAT© 8.0 para estimar la precipitación efectiva ( $p_p$ ), como son el porcentaje fijo, la ecuación de precipitación confiable FAO/AGLW, fórmulas empíricas, las ecuaciones USDA o un dato de precipitación no considerada en los cálculos de riego. Para el caso de este estudio se considera la ecuación USDA.

De estos métodos se tiene que el método de AGLW-FAO fue desarrollado para climas de áridos a subhúmedos y las ecuaciones empíricas para estimar la precipitación efectiva ( $P_e$ ) Ecuaciones 3.10 – 3.11, que tienen en cuenta las pérdidas de agua por escorrentía y percolación, son:

$$p_e = 0.6 * p_p - 10 \quad \text{para } p_p \leq 70 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 3.10.}$$

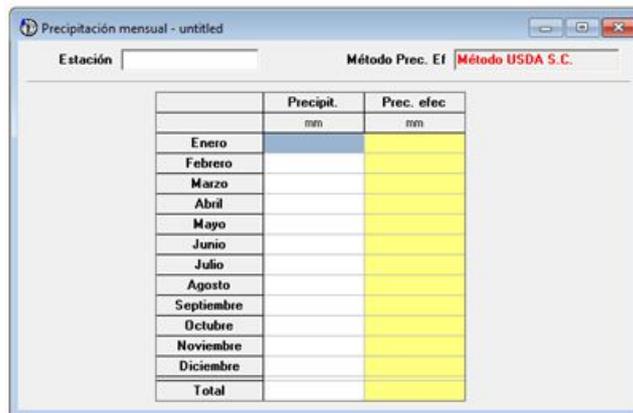
$$p_e = 0.8 * p_p - 24 \quad \text{para } p_p > 70 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 3.11.}$$

El método USDA fue desarrollado a partir de balances hídricos, relacionándose los ingresos de agua por precipitación con las salidas por escurrimiento superficial y percolación, así como el agua retenida en la zona radicular para varios cultivos. Ecuaciones 3.12. – 3.13.

$$p_p = \frac{p_p * (125 - 0.2 * p_p)}{125} \quad \text{para } p_p \leq 250 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 3.12.}$$

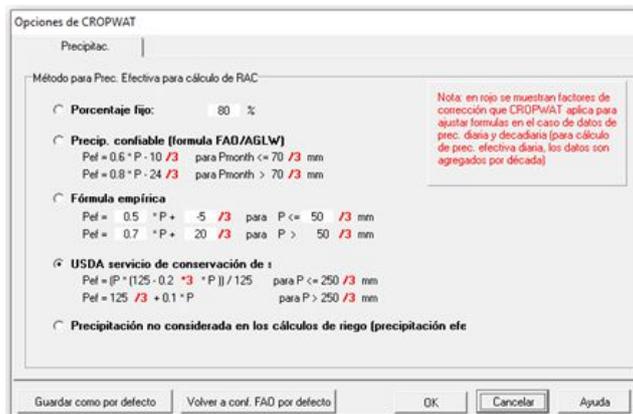
$$p_p = 125 + 0.1 p_p \quad \text{para } p_p > 250 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 3.13.}$$

En la Figura 3.4, se muestra la carátula de entrada de datos de precipitación y en la Figura 3.5 se observan las opciones de cálculo del programa CROPWAT© 8.0. para la obtención de precipitación efectiva.



	Precipit. mm	Prec. efec. mm
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Total		

Figura 3. 4 Carátula de entrada de datos de precipitación para la obtención de precipitación efectiva



Método para Prec. Efectiva para cálculo de RAC:

- Porcentaje fijo: 80 %
- Precip. confiable (formula FAD/AGLW)
  - $P_{ef} = 0.6 * P - 10$  /3 para  $P_{month} \leq 70$  /3 mm
  - $P_{ef} = 0.8 * P - 24$  /3 para  $P_{month} > 70$  /3 mm
- Fórmula empírica
  - $P_{ef} = 0.5 * P + -5$  /3 para  $P \leq 50$  /3 mm
  - $P_{ef} = 0.7 * P + 20$  /3 para  $P > 50$  /3 mm
- USDA servicio de conservación de :
  - $P_{ef} = (P * (125 - 0.2 * P)) / 125$  para  $P \leq 250$  /3 mm
  - $P_{ef} = 125 /3 + 0.1 * P$  para  $P > 250$  /3 mm
- Precipitación no considerada en los cálculos de riego [precipitación efe]

Nota: en rojo se muestran factores de corrección que CROPWAT aplica para ajustar formulas: en el caso de datos de prec. diaria y decadal (para cálculo de prec. efectiva diaria, los datos son agregados por década)

Figura 3. 5 Carátula con opciones de cálculo de precipitación efectiva

### 3.2.3. Datos del cultivo y fecha de siembra

Los datos de cultivo se obtienen de los paquetes tecnológicos emitidos por Inifap con respecto a la aplicación de riego adecuada, cantidad de agua requerida para el cultivo, fecha de siembra y fecha de cosecha.

Con respecto al coeficiente del cultivo ( $K_c$ ), etapa fenológica (días), profundidad radicular, agotamiento crítico (fracción), factor de respuesta al rendimiento, altura del cultivo (m) se obtiene con datos de Inifap, documentos FAO No. 56, No. 66., entre otros más.

Cabe mencionar que los valores de estos parámetros vienen dispuestos en el programa CROPWAT© 8.0., los cuales se despliegan de forma automática una vez se haya seleccionado el tipo de cultivo y la fecha de siembra.

En las pestañas del programa piden el nombre del cultivo, la fecha de siembra, la fecha de cosecha, las etapas iniciales, desarrollo, media y fin de temporada, la profundidad radical, la fracción del agotamiento crítico, las respuestas de rendimiento y la altura del cultivo. Figura 3.6.

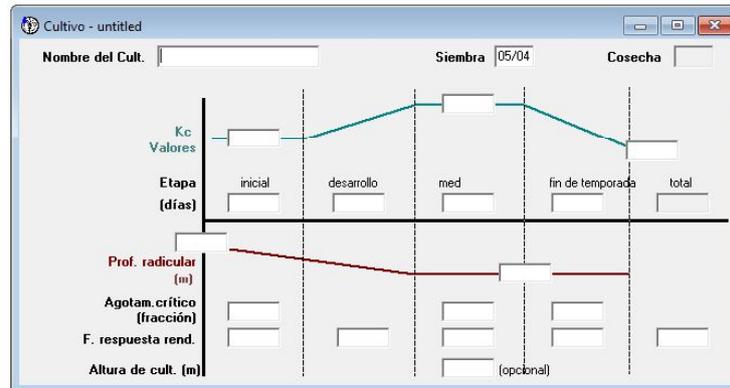


Figura 3. 6 Carátula de entrada de datos de cultivo

Con respecto a la obtención del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), se consideran los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de  $E_{To}$ , por lo tanto, mientras  $E_{To}$  representa un indicador de la demanda climática, el valor de  $K_c$  varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima.

Esto permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas. Este hecho constituye la razón principal de la aceptación general y utilidad de la metodología del coeficiente del cultivo, así como de los valores de  $K_c$  desarrollados en estudios anteriores.

A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar varían progresivamente. Debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo, el valor de  $K_c$  correspondiente a un cultivo determinado, también varía a lo largo del periodo de crecimiento del mismo.

Este periodo de crecimiento puede ser dividido en cuatro fases, que son la fase inicial considerada desde la siembra hasta que se tiene una cobertura del 10% de suelo sombreado (SS); la fase de desarrollo incluye desde el 10% hasta el 70% de SS; la fase de pleno crecimiento o mediados que es hasta el comienzo de la senescencia de las hojas y la fase de finales que es hasta la maduración o recolección.

La curva de  $K_c$  para un cultivo cosechado en verde incluye las fases Inicial y desarrollo mediados para los tiempos desde la siembra y para cultivos perennes, como la alfalfa se consideran de acuerdo al tiempo de corte.

#### Etapas del crecimiento del cultivo

Cabe mencionar que la etapa inicial está comprendida entre la fecha de siembra y el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo. La longitud de la etapa inicial depende en gran medida del tipo de cultivo, la variedad del mismo, la fecha de siembra y del clima. El final de la etapa inicial ocurre cuando la vegetación verde cubre aproximadamente un 10% de la superficie del suelo. Para cultivos permanentes, la fecha de siembra es reemplazada por el momento en que aparecen las primeras hojas.

Durante el periodo inicial el área foliar es pequeña y la evapotranspiración ocurre principalmente como evaporación en el suelo. Por lo tanto, el valor de  $K_c$  durante el periodo inicial ( $K_{c\ ini}$ ) es alto cuando el suelo se encuentra húmedo debido al riego o lluvia, y es bajo cuando la superficie del suelo se encuentra seca. El tiempo que tardara el suelo en secarse dependerá del intervalo de tiempo entre eventos que humedezcan al suelo, del poder evaporante de la atmósfera ( $ETo$ ) y de la magnitud del evento de humedecimiento.

#### *Etapa inicial*

La etapa inicial está comprendida entre la fecha de siembra y el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo. La longitud de la etapa inicial depende en gran medida del tipo de cultivo, la variedad del mismo, la fecha de siembra y del clima. El final de la etapa inicial ocurre cuando la vegetación verde cubre aproximadamente un 10% de la superficie del suelo. Para cultivos permanentes, la fecha de siembra es reemplazada por el momento en que aparecen las primeras hojas.

Durante el periodo inicial el área foliar es pequeña y la evapotranspiración ocurre principalmente como evaporación en el suelo. Por lo tanto, el valor de  $K_c$  durante el periodo inicial ( $K_{c\ ini}$ ) es alto cuando el suelo se encuentra húmedo debido al riego o lluvia, y es bajo cuando la superficie del suelo se encuentra seca.

#### *Etapa de desarrollo del cultivo*

La etapa de desarrollo del cultivo está comprendida desde el momento en que la cobertura del suelo es de un 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa. Para una gran variedad de cultivos, el estado de cobertura completa ocurre al inicio de la floración. Para cultivos en hileras, donde en las hileras se presenta comúnmente el solape entre las hojas, tales como los frijoles, remolacha azucarera, papas y el maíz, la cobertura efectiva completa puede ser definida como el momento cuando algunas hojas de las plantas en hileras adyacentes comienzan a solaparse, lo que produce un sombreado casi completo del suelo, o cuando las plantas casi alcanzan su tamaño máximo, en el caso que no ocurra el solape entre las hojas. Para algunos cultivos, principalmente aquellos de más de 0,5 m. de altura, al inicio de la cobertura efectiva completa la fracción promedio de la superficie del suelo cubierta por la vegetación ( $f_c$ ) es alrededor 0,7-0,8. Tanto la fracción de suelo expuesta al sol como la fracción sombreada de suelo no varían significativamente cuando el cultivo tenga un crecimiento más allá del correspondiente a una  $f_c$  0,7 a 0,8. Se sobreentiende que el cultivo o la planta puede continuar su crecimiento, tanto en altura como en área foliar, después de alcanzar el estado de cobertura efectiva completa. Debido a que es difícil determinar visualmente cuando algunos tipos de vegetación densa y diseminada alcanzan la cobertura completa, tal como en los casos de los cereales de invierno y primavera y algunos pastos, se utiliza la etapa de floración como un indicativo más simple para determinar la presencia de la cobertura completa en este tipo de cultivos.

Para pastos densos, la cobertura completa puede ocurrir cuando la altura del cultivo es de alrededor 0,10 a 0,15 m. Para áreas reducidas de pastos (pastizales secos), la altura del pasto puede llegar a 0,3-0,5 m antes de alcanzar la cobertura completa. En el caso de forrajes cultivados densamente, tal como la alfalfa y el clavel, la cobertura completa se alcanza alrededor de los 0,3-0,4 m de altura.

Otra manera de definir la ocurrencia de la cobertura completa es cuando el índice del área foliar (IAF) alcanza un valor de tres. Se define como IAF al promedio de la suma del área total de las hojas (un solo lado), por unidad de área de la superficie del suelo.

A medida que el cultivo se desarrolla y sombrea cada vez más el suelo, la evaporación se verá cada vez más restringida y la transpiración gradualmente se convertirá en el proceso más importante. Durante la etapa de desarrollo del cultivo, el valor de  $K_c$  se corresponderá con la cantidad de la cobertura del suelo y el desarrollo de la planta. En general, si la superficie del suelo se encuentra seca, un valor de  $K_c = 0,5$  se corresponderá con un valor de 25-40% de cobertura del suelo debido a los efectos del sombreado y debido al transporte en escala microscópica del calor sensible desde el suelo hacia la vegetación. Un valor de  $K_c = 0,7$  generalmente se corresponderá con una cobertura del suelo de alrededor de 40-60%. Estos valores variaran dependiendo del cultivo, la frecuencia del humedecimiento y de si el cultivo utiliza más agua que el cultivo de referencia del pasto, cuando se encuentra en condiciones de cobertura completa (o sea, dependiendo de la arquitectura de la vegetación y la altura del cultivo en relación con el pasto de referencia).

#### *Etapa de mediados de temporada*

La etapa de mediados de temporada comprende el periodo de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarillamiento o senescencia de las hojas, caída de las hojas, o la aparición del color marrón en el fruto, hasta el grado de reducir la evapotranspiración del cultivo en relación con la  $E_{To}$  de referencia. La etapa de mediados de temporada representa la etapa más larga para los cultivos permanentes y para una gran variedad de cultivos anuales, siendo relativamente corta para los cultivos hortícolas que son cosechados frescos para aprovechar su vegetación verde.

Durante la etapa de mediados de temporada, el coeficiente  $K_c$  alcanza su valor máximo. El valor de  $K_c$  en esta etapa ( $K_c$  med) es relativamente constante para la mayoría de los cultivos y prácticas culturales. La diferencia entre el valor de  $K_c$  med con respecto al valor de referencia '1', son debidas principalmente a las diferencias en la altura del cultivo y la resistencia, entre la superficie del pasto de referencia y el cultivo agrícola, además de diferencias en las condiciones climáticas. Figura 3.7.

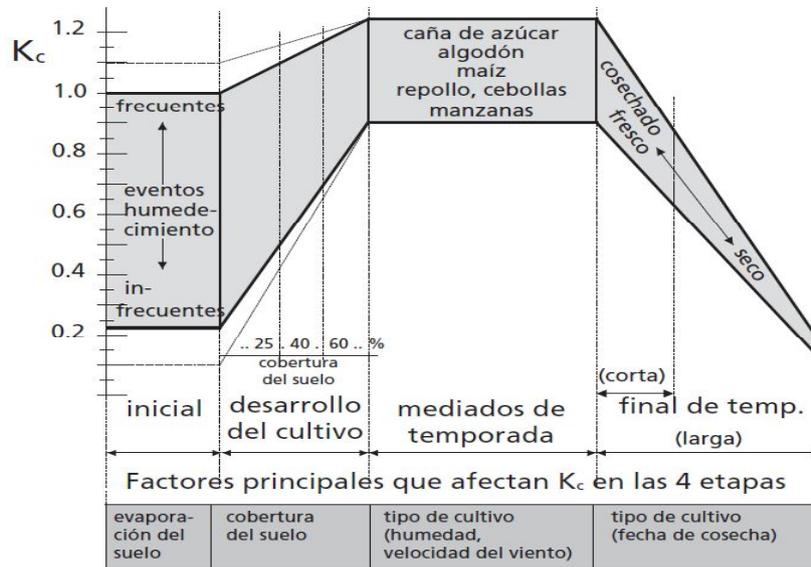


Figura 3. 7 Rangos típicos esperados del valor  $K_c$  para las cuatro etapas del cultivo. Fuente Allen, *et al*,

### *Etapas de finales de temporada*

La etapa final o tardía de crecimiento comprende el periodo entre el comienzo de la madurez hasta el momento de la cosecha o la completa senescencia. Se asume que el cálculo de los valores de  $K_c$  y  $ET_c$  finaliza cuando el cultivo es cosechado, secado al natural, alcanza la completa senescencia o experimenta la caída de las hojas.

Para algunos tipos de vegetación perenne en climas libres de heladas, los cultivos pueden desarrollarse durante todo el año, por lo que podría tomarse la fecha de termino de la etapa final como la misma fecha de ‘siembra’.

El valor de  $K_c$  al finalizar la etapa final ( $K_c$  fin) refleja el efecto de las prácticas de cultivo y el manejo del agua. Si el cultivo es regado frecuentemente hasta el momento de su cosecha en fresco, el valor de  $K_c$  fin será alto. Si se permite la senescencia y secado del cultivo en el campo antes de la cosecha, el valor de  $K_c$  fin será bajo. El estado de senescencia es generalmente asociado a una conductancia menos eficiente de las estomas debido a los efectos del envejecimiento, lo que causa una reducción en el valor de  $K_c$ .

### **3.3. Parámetros del suelo**

Los parámetros del suelo que se consideran en el programa CROPWAT© 8.0 considera la unidad taxonómica del suelo y con la cual puede estimarse los datos generales del suelo.

Los datos generales del suelo necesarios para utilizarse en el programa son:

- Humedad del suelo disponible total, que básicamente es la diferencia entre los valores de capacidad de campo menos el punto de marchitamiento permanente



- Tasa máxima de infiltración de la precipitación, que es el flujo máximo de agua que penetra en el suelo por unidad de tiempo, donde este concepto puede diferenciarse de la capacidad máxima de infiltración del suelo, ya que este último representa la tasa de infiltración que podría darse si no existiera limitación de aporte de agua superficial, por tal motivo si el aporte es mayor que la capacidad de infiltración, la tasa de infiltración sería igual a la capacidad de infiltración y se producirá una acumulación de agua en la superficie que daría lugar a la escorrentía superficial y se mide por la altura de agua que se infiltra, expresada en mm/hora. Existe diversos métodos de valoración de excelentes para estimar el volumen y/o la tasa de infiltración del agua en un suelo, como el método Verde-Ampt, el método de SCS, el método de Horton y la ley de Darcy.

- Profundidad radicular o radical máxima, que en el ámbito agrícola se emplea indistintamente los términos sistema radical y sistema radicular para hacer referencia al conjunto de raíces de las plantas, pero si la raíz es el órgano vegetativo de las plantas que crece en dirección inversa a la del tallo e introducido en suelo, la radícula es la raíz que tiene el embrión y que da lugar a la raíz primaria después de la germinación y a partir de este tejido se desarrollarán raíces radicales (secundarias y pelos absorbentes), observándose que en plantas monocotiledóneas la radícula cumple una función esencial solo en el desarrollo de las primeras hojas de la planta, después estas dejan de crecer y van perdiendo gradualmente su importancia hasta abortar, pues rápidamente son remplazados por raíces adventicias originadas en la base del tallo, mientras las raíces radicales son raíces secundarias que emergen de la radícula (dicotiledóneas) o desde el tallo (monocotiledóneas), y cumplen una función central en la absorción de agua y nutrientes, así como en el anclaje de las plantas, por lo cual es necesario tomar esto en cuenta para determinar el dato de profundidad radicular máxima. En el programa se tienen datos de FAO que pueden ser utilizados.



## **4. CASO DE ESTUDIO: SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN EN LOS ESTADOS DE SAN LUIS POTOSÍ, ZACATECAS Y QUERÉTARO**

### **4.1. Sistemas de tratamiento de agua salobre**

Los estudios para identificar zonas susceptibles de construcción y desarrollo de unidades demostrativas de desalinización de agua para uso urbano y agrícola en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Querétaro incluyen la recopilación de información en oficinas federales, estatales, municipales y privadas que tengan resultados de análisis de calidad del agua superficial y subterránea con datos de clasificación de niveles de salinidad y sodicidad.

Estos resultados se presentan tanto en el capítulo 4.2, sistemas de información geográfica y zonas de aplicación, como en el anexo A, Datos de calidad del agua en sitios referenciados.

Para los sitios Identificados se verifican las condiciones físicas, geográficas y ambientales, ya que con base en ello se decide la implementación de los sistemas de desalinización por nanofiltración con energías renovables.

Con respecto a la identificación cultivos de alta productividad del agua, se revisan las agendas técnicas de Inifap y de otras instancias para determinar que cultivos se analizaran empleando el software Cropwat 8.0. y con base en ello determinar los requerimientos de agua, Capítulos 4.3, 4.4 y 4.5.

Finalmente se puede mencionar con esta información se diseña, construye, utiliza y evalúa el posible funcionamiento de un sistema de desalinización por nanofiltración, esto es, de un equipo que aplique presión a un arreglo de membranas mediante una bomba alimentada mediante un influente con una cierta concentración de sales para después ser filtrada por las membranas, la Figura muestra un diagrama conceptual de un sistema de desalinización de agua salobre NF-PV.

Este sistema se compone por un filtro, módulos de nanofiltración (NF) y un sistema de bombeo fotovoltaico (PV-B). Cabe mencionar que este sistema bombea agua que se desalinizará hacia las membranas, obteniéndose un permeado (agua dulce), como residuo se obtiene un fluido concentrado.

El modelo conceptual de una planta de desalinización de nanofiltración alimentada por energía fotovoltaica se presenta en la Figura 4.1.

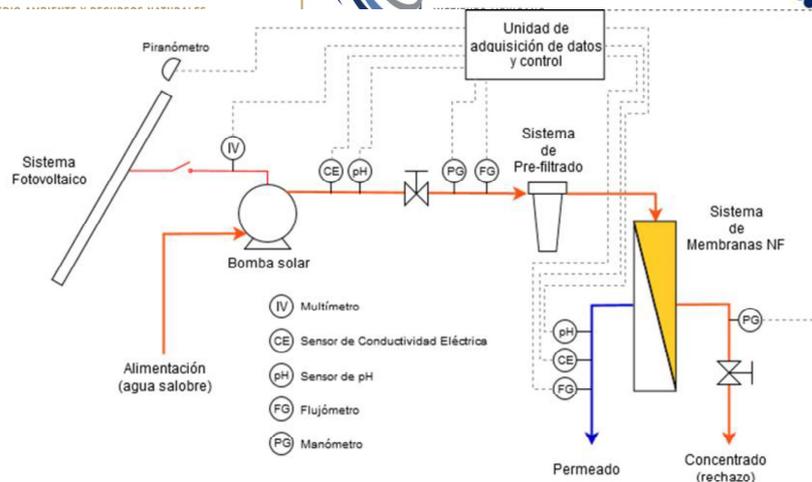


Figura 4. 1 Diagrama de un sistema de NF-PV

#### 4.2. Sistema de información geográfica y zonas de aplicación

El sistema de información geográfica se desarrolla utilizando el programa de licencia libre Google Earth Pro. Asimismo, se separa la información en carpetas para cada estado, obteniéndose primeramente los límites de los estados de Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas y, posteriormente los municipios.

La información obtenida fue de acuíferos por estado, particularmente de acuíferos salobres ubicados en las colindancias de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas a través del Sistema Nacional de Información del Agua de la CONAGUA (<http://sina.conagua.gob.mx/>). Figura. 4.2.

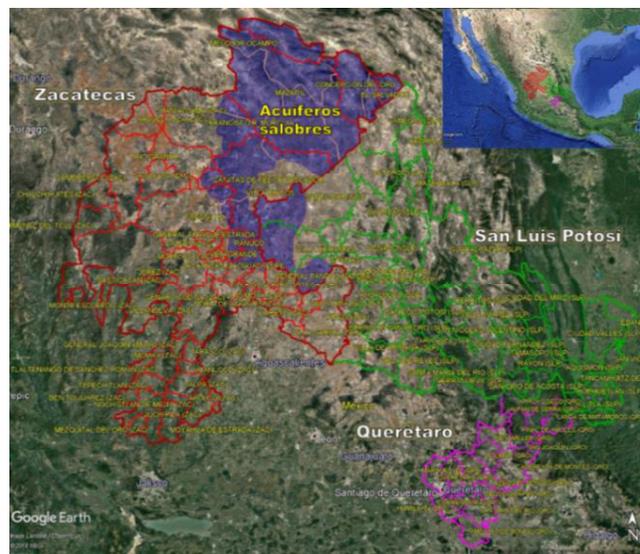


Figura 4. 2. Acuíferos identificados en los Estados de Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (Google)

Realizado lo anterior, se incorpora la información de cada estado dada por la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua, disponible en el sitio del Sistema Nacional de Información del Agua (<http://sina.conagua.gob.mx/>) a nivel nacional, en el que se distinguen los indicadores de las



calidades del agua superficial y subterránea. Los iconos de diferenciación son un círculo para las aguas superficiales y un triángulo invertido para las aguas subterráneas. Figura 4.3.

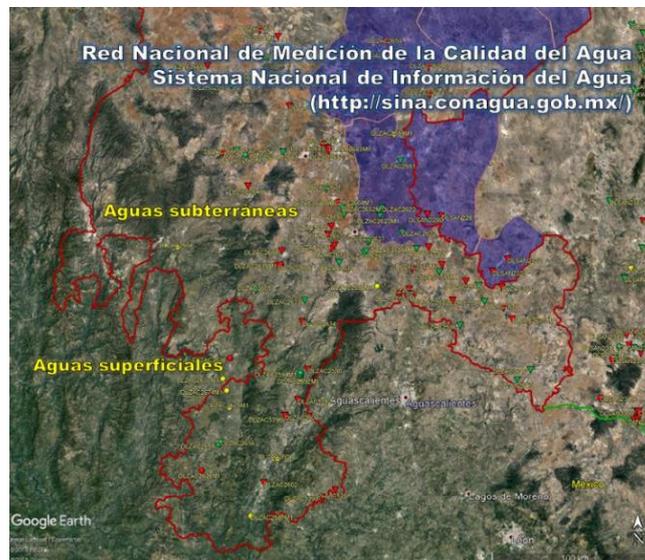


Figura 4. 3. Red Nacional de la calidad del agua en sistemas de información geográfica para los Estados de Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas

Posteriormente, se identifican las fuentes de información y se ordenan los datos en cada uno de los archivos capturados y/o recolectados como tales, de acuerdo a los estados a que pertenecen, así como al tipo de fuentes de agua subterráneas o superficiales dentro de cada estado. En todos los casos las coordenadas de los puntos se homogenizan en formato UTM cuidando que los parámetros registrados presentaran sus respectivas unidades de medida.

Los datos se ordenan en tablas, identificados con una clave asociada a la fuente de información más un número secuencial. A partir de cada tabla de las diversas fuentes obtenidas, se formulan tablas en forma individual para cada punto a fin de poder acceder a la información directamente en la captura en Google Earth Pro.

#### 4.2.1. Estado de Querétaro

##### 4.2.1.1. Aguas Superficiales

La información de sitios seleccionados de agua superficial en el Estado de Querétaro considera información digital en Excel de 530 puntos, obtenida de Universidad Autónoma de Querétaro (2019) Arroyo Seco: ASE\_xx, Landa de Matamoros: LDM\_xx, Jalpan de Serra: JAL\_xx, Pinal de Amoles: PDA\_xx. En el anexo A Datos de calidad del agua en sitios referenciados, se encuentra a detalle la información obtenida.

También se obtiene información del Comité Técnico de Aguas Subterráneas Valle San Juan del Río (COTAS-VSJR, 2017) de 20 puntos, la información proveniente del Reporte Técnico de Manantiales y se ordenaron los datos en una tabla general. Posteriormente se asignaron las claves para cada punto y se generaron las tablas individuales correspondientes, que fueron capturadas en el Google Earth Pro. Información para 16 puntos se obtiene en el Artículo técnico de Ledesma, 2011. Información de 4 puntos la proporcionó el IMTA, 2019.

#### 4.2.1.2. Aguas Subterráneas

Con respecto a las aguas subterráneas en el Estado de Querétaro, el Comité Técnico de Aguas Subterráneas Valle San Juan del Río (COTAS-VSJR, 2012) proporcionó información de 20 puntos. Información de 10 puntos fueron proporcionados por Ledesma, 2009.

El Gobierno del estado de Querétaro, a través de la Comisión Estatal del Agua, Laboratorio Central de Calidad del Agua en 2019, proporcionó resultados de la evaluación de la calidad del agua en los municipios del estado de Querétaro para 17 puntos asociados a cabeceras municipales. Con base en la información obtenida se genera un plano en Google Earth Pro del estado de Querétaro con la cobertura alcanzada. Figura 4.4

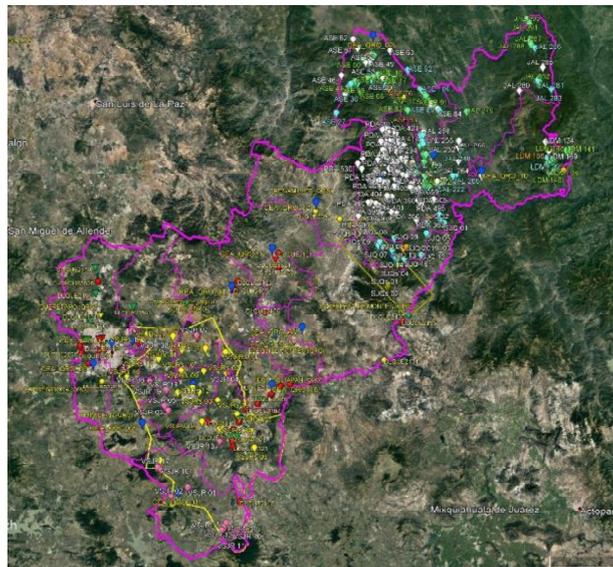


Figura 4. 4. Cobertura de información para sitios del Estado de Querétaro.

#### 4.2.2. Estado de San Luis Potosí

##### 4.2.2.1. Aguas Superficiales

La información de análisis de la dinámica espacio-temporal y distribución potencial de los manantiales en el Valle de Río Verde para 27 sitios de aguas superficiales en el Estado de San Luis Potosí es dada por Díaz et al, 2018. Asimismo, información de 38 puntos es dada por la Comisión Nacional del Agua. Dirección Local San Luis Potosí 2019.

##### 4.2.2.1. Aguas Subterráneas

Información de calidad de aguas subterráneas para 8 puntos fue obtenida del Comité Técnico de Aguas Subterráneas Villa de Arista – Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2016. Y de 14 puntos fue entregada por el Comité Técnico de Aguas Subterráneas Villa de Arista – COEPRIS, 2017.



Información de calidad de agua en 44 puntos para la zona de acuíferos de Cerritos-Villa Juárez y Río Verde en la Zona Media de San Luis Potosí fue obtenida de Urbano, 2017. Asimismo, información de 39 puntos de calidad del agua Subterránea del Valle de Río Verde fue obtenida de Cardona *et al.*, 2017-2018.

En un estudio en diversas partes del Estado de San Luis Potosí, se consigue información de 18 puntos, la que fue generada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, Campo Experimental Bajío. 2016.

Resultados del análisis sobre el origen de la calidad del agua del acuífero colgado y su relación con los cambios de uso de suelo en el Valle de San Luis Potosí para 47 puntos fueron obtenidos de López *et al.* 2013.

Información de calidad de agua proporciona para de 33 sitios sobre el comportamiento hidrogeoquímico de flujos subterráneos en acuíferos cársticos fracturados, aplicando modelación inversa: Caso Huasteca Potosina fue rescatada de Morán *et al.*, 2013.

En el reporte de calidad de agua para el proyecto de Identificación, propuesta de manejo y evaluación de sostenibilidad de zonas y obras factibles para el abastecimiento de agua potable en áreas rurales de la región del Altiplano Potosino dan información de 77 puntos. Medellín y Alfaro, 2013-2014.

La Comisión Nacional del Agua. Dirección Local San Luis Potosí en su base de datos de muestreo anual 2019 de aguas superficiales y subterráneas en el estado proporciona información de 6 puntos.

Se obtiene información de 67 punto en el estudio de interpretación hidrogeoquímica de los sistemas de flujo de la parte norte del Altiplano Potosino. Bueno, 2005.

La oficina de Servicios de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Matehuala, SLP, 2018, presentan resultados de análisis químicos de agua de pozos localizados en 15 puntos del acuífero de Cedral-Matehuala. Asimismo, se obtiene información de 3 sitios de la oficina de Servicios de Salud del Estado de San Luis Potosí-COTAS Villa de Reyes, 2016.

Con la información obtenida, anexo A, se genera una imagen google Earth. Figura 4.5.

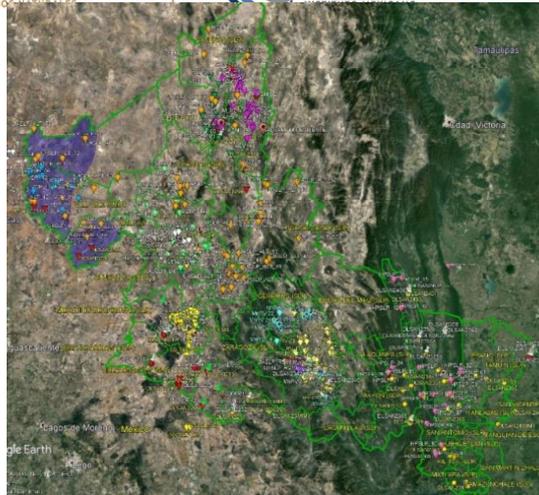


Figura 4. 5. Cobertura de sitios con información disponible de agua subterránea en el Estado de San Luis Potosí

#### 4.2.3. Estado de Zacatecas

##### 4.2.3.1. Aguas Superficiales

Para este Estado se consideraron aguas superficiales del Distrito de Riego 034, Estado de Zacatecas en el vaso de la presa El Chique.

##### 4.2.3.2. Aguas Subterráneas

Información de calidad del agua en 7 siete sitios se obtuvieron en el estudio sobre caracterización hidrogeológica del acuífero El Palmar, Zacatecas. Rangel, 2015. Asimismo, resultados de calidad de agua en 29 sitios fueron obtenidos de la caracterización hidrogeoquímica del acuífero Jerez, estado de Zacatecas. Núñez *et al.*, 2015.

Datos de calidad de agua para 14 sitios fueron extraídos del artículo de calidad del agua del acuífero Guadalupe-Bañuelos, Estado de Zacatecas. Padilla *et al.*, 2012, e información de 99 sitios se obtuvieron de un estudio de datos de las aguas subterráneas e interpretación de las zonas de recarga de la cuenca hidrológica de Calera. Navarro, 2007.

La Universidad Autónoma de Zacatecas, 2014-2016, en su base de datos proporciona archivos electrónicos en Excel de 167 puntos de sitios.

La Comisión Nacional del Agua-Gerencia Estatal Zacatecas-Sistema de Información Geográfica de Manejo de Aguas Subterráneas (SIGMAS), 1974-2000, da información de 327 puntos localizados en diversos acuíferos, mientras que su área de Calidad del Agua Zacatecas Subterránea, 2019, proporciona una base de datos en archivo electrónico para 75 sitios y, la Dirección Local Zacatecas, 2013-2018, proporciona información de 123 sitios.

Con respecto a la información dada por CONAGUA, las oficinas de Servicios de Salud de Zacatecas. 2019, Jurisdicción Sanitaria No. 3 Fresnillo y la Dirección Local Zacatecas dieron datos de 11 sitios de interés y la Unión Agrícola Regional de Productores de Fríjol y Granos Básicos, 2000, en su



actualización de estudios geohidrológicos de la porción noreste del Estado de Zacatecas, acuífero Puerto Madero, da información de 20 sitios.

Información de 20 sitios fue obtenida de un modelo de simulación hidrodinámica del acuífero Chupaderos, Zacatecas. La Comisión Nacional del Agua, 2001.

Asimismo, fue rescatada información de 48 puntos del estudio para la reactivación de redes de monitoreo piezométrico y de calidad del agua de los acuíferos Hidalgo y Sabinas, en el estado de Zacatecas dio información de 48 puntos. Comisión Nacional del Agua en 2006.

Datos de 427 sitios se extrajeron del estudio de reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y de calidad del Agua en los Acuíferos Villa García, El Salvador, Guadalupe Garzarón, Camacho y El Cardito, estado de Zacatecas. Comisión Nacional del Agua, 2007.

La información de 91 sitios fue obtenida de la evaluación Geohidrológica de los Acuíferos García de la Cadena, Pino Suárez y Corrales, Zacatecas, realizado por la empresa Ingeniería y Gestión Hídrica, S. C. Comisión Nacional del Agua, 2008.

Información de 10 puntos se obtuvo de la reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y Calidad del Agua de los Acuíferos de Nochistlán y Tlaltenango-Tepechtlán, en el estado de Zacatecas, elaborado por la empresa GEOPSA, S.A. de C.V. Comisión Nacional del Agua. 2008 b.

También se obtiene información de 48 puntos en la reactivación de las Redes de Monitoreo Piezométrico y de Calidad del Agua de los Acuíferos: El Palmar, Sain Alto y Abrego, Estado de Zacatecas. Comisión Nacional del Agua, 2009.

Información de 50 sitios fue dada en la reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y de Calidad del Agua en los Acuíferos de Guadalupe de las Corrientes, Puerto Madero, Villa Hidalgo, Pinos y Espíritu Santo, realizado por Ingeniería y Gestión Hídrica S.C dio. Comisión Nacional del Agua, 2010.

Asimismo, información de 26 sitios se presentan en el estudio geohidrológico para actualizar la disponibilidad media anual de aguas subterráneas de los acuíferos Villanueva y Jerez, Estado de Zacatecas. Comisión Nacional del Agua. 2013.

Información de 1 sitio, Pozo del Predio San Sabas. La Comisión Nacional del Agua en 2010b. También información de un sitio, pozo El Hundido del Municipio de Chalchihuites, fue entregado por la Secretaría del Agua y Medio Ambiente-Gobierno del Estado de Zacatecas. 2018.

Lo mismo, datos de un sitio, Pozo Los Llamas del municipio Monte Escobedo, fue dado por La compañía Microlab Industrial, 2018.

Mientras información para dos puntos, mina San Pedro Resources, fue proporcionada por la empresa San Pedro Resources S.A., 2006.

También, información de 25 sitios se obtienen de la evaluación hidrogeológica del acuífero Cedros, en el municipio de Mazapi. Universidad de Sonora, 2004.

La información obtenida se observa en la imagen en google Earth para el estado de Zacatecas en la figura 4.6.

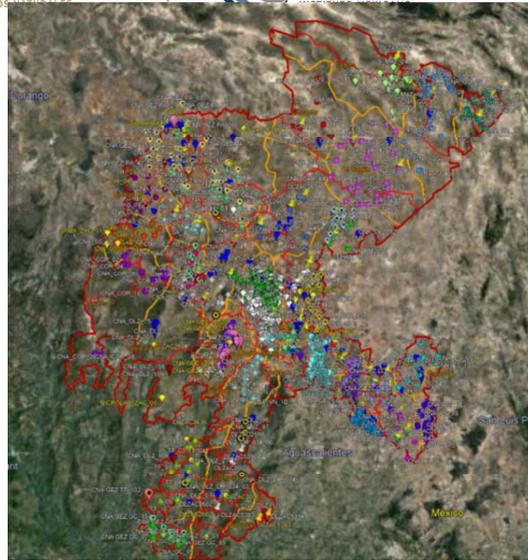


Figura 4. 6. Sitios con información de análisis de agua localizados en el Estado de zacatecas

#### 4.3. Demanda de riego para cultivos del Estado de San Luis Potosí

La parcela demostrativa se ubicará en el municipio de Villa de Arista, Figura 4.7. En este municipio se considera establecer los cultivos Arándano, Jitomate, fresa y cereza. Para determinar la demanda de riego se emplea el software desarrollado por técnicos de la FAO llamado CROPWAT© versión 8.0. Swennenhuis, J. (2009).

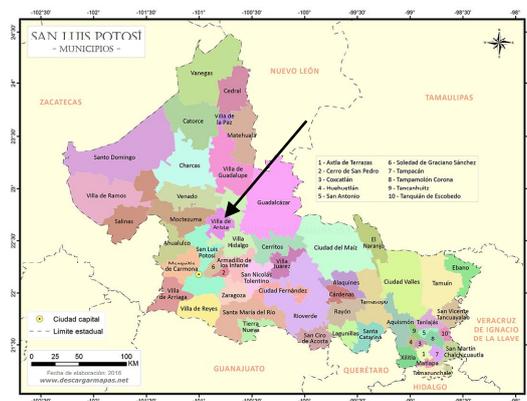


Figura 4. 7 Municipios Villa de Arista, San Luis Potosí

##### 4.3.1. Datos climáticos de la Estación climática El Mezquite, San Luis Potosí

Existen diversas fuentes de información donde se pueden obtener los datos climáticos, para este estudio se consideró la información mencionada en la red de estaciones climatológicas de la Conagua, en las Normales climatológicas por estado dadas por la Presidencia de la República y las observadas en las estadísticas climatológicas normales por estación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Para el Estado de

San Luis Potosí se consideró como representativa la estación climática El Mezquite. Figura 4.7.

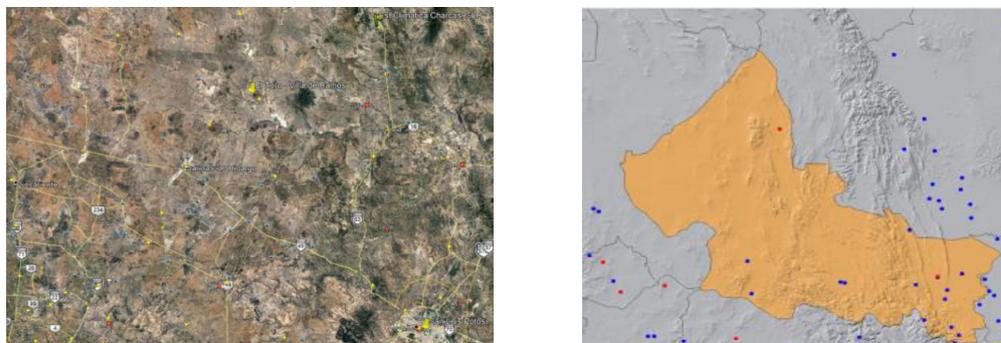


Figura 4. 8 Red de estaciones climáticas y estaciones meteorológicas automatizadas en el Estado de San Luis Potosí

La Estación El Mezquite está inscrita en las estaciones climáticas con el número de registro 24098, localizada en las coordenadas geográficas 22°40'18" de latitud norte, 100°54'56" de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich, a una altitud de 2,956 msnm en la Cuenca Presa San José de los Pilares, en el municipio de Villa de Arista, San Luis Potosí, cuyo registro de operación son de 1981-2010 y cuya situación es que está Operando en la actualidad.

#### 4.3.2. Determinación de la Evapotranspiración de referencia en el Mezquite, SLP.

Con los datos de esta estación se obtuvieron las variables climáticas y se calculó la radiación y la evapotranspiración de referencia. En la Tabla 4.1 se presenta el valor promedio de la Evapotranspiración de referencia anual, la que es de 3.72 mm/día. Cuyo valor más alto se observa en el mes de mayo con 5.18 mm/día.

Tabla 4. 1. Datos de clima y ETo para la estación climática El Mezquite, SLP

Mes	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Radiación MJ/m <sup>2</sup> /día	ETo mm/día
Enero	4.0	22.0	11	12.0	8.3	16.2	1.82
Febrero	4.9	23.7	13	12.7	12.6	23.8	2.71
Marzo	7.3	26.9	14	14.0	13.3	27.5	3.69
Abril	10.4	29.0	16	11.6	13.9	30.3	4.51
Mayo	12.9	30.4	17	10.5	15.4	33.2	5.18
Junio	14.6	29.7	18	10.7	14.1	31.1	5.07
Julio	14.3	28.2	20	8.9	11.7	27.4	4.57
Agosto	14.2	28.3	20	9.7	9.5	23.8	4.01
Septiembre	13.8	27.2	21	10.4	17.3	33.8	4.88
Octubre	10.9	25.7	20	9.1	15.9	28.8	3.70
Noviembre	6.8	24.4	17	9.8	13.5	22.8	2.51
Diciembre	4.4	22.3	14	9.8	14.0	22.0	1.99

<b>Promedio</b>	<b>9.9</b>	<b>26.5</b>	<b>16.8</b>	<b>10.7</b>	<b>13.3</b>	<b>26.7</b>	<b>3.72</b>
-----------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Fuente: Gobierno de México a, 2020.

#### 4.3.3. Determinación de la Precipitación efectiva

Los datos registrados de precipitación promedio mensual se introdujeron en la hoja de cálculo del programa para obtener la precipitación efectiva, cabe mencionar que el programa analiza los datos con el método USDA.

Los datos de precipitación de la estación climática El Mezquite, SLP. y su respectivo valor de precipitación efectiva se muestran en la Tabla 3.2, donde se muestra que el valor mas alto de precipitación promedio mensual es para julio con 61.2 mm.

Tabla 4. 2. Datos de precipitación efectiva obtenidos con el programa CROPWAT© 8.0 para la estación climática El Mezquite, SLP

Mes	Precipitación promedio mensual	Precipitación efectiva promedio mensual
	mm	mm
Enero	16.5	16.1
Febrero	12.9	12.6
Marzo	8.6	8.5
Abril	17.1	16.6
Mayo	42.6	39.7
Junio	58.4	52.9
Julio	61.2	55.2

Mes	Precipitación promedio mensual	Precipitación efectiva promedio mensual
	mm	mm
Agosto	51.8	47.5
Septiembre	58.0	52.6
Octubre	31.3	29.7
Noviembre	9.1	9.0
Diciembre	15.0	14.6
<b>Total</b>	<b>382.5</b>	<b>355.1</b>

Fuente: Gobierno de México a, 2020.

#### 4.3.3. Consideraciones de las características del suelo

La zona de estudio se ubica en la región hidrológica El Salado, que se localiza en la altiplanicie septentrional. Las unidades taxonómicas de suelo principales son “xerosoles, litosoles y rendzinas. El suelo puede contener materia orgánica con capas superficiales claras y debajo de ésta puede haber acumulación de minerales arcillosos y/o sales, como carbonatos y sulfatos, o pueden ser suelos muy delgados, su espesor es menor de 10 cm, descansando sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche o pueden ser suelos poco profundos (10 - 15 cm) que sobreyacen directamente a material carbonatado, por lo que se consideran para el proyecto suelos medios. Figura 4.9.

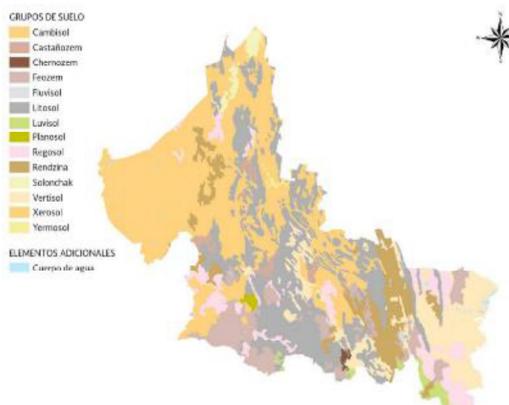


Figura 4. 9 Unidades taxonómicas de suelo en San Luis Potosí

Bajo estas consideraciones, y como una evaluación preliminar de las potencialidades y limitaciones de los suelos y del ambiente que lo rodea, se tomó la decisión de seleccionar en los datos que muestra el programa, los suelos FAO como suelo medio. Tabla 4.3.

Tabla 4. 3 Características de suelo FAO empleado para Arándano en El Mezquite, SLP

Nombre del suelo	Medium loam	Unidades
Humedad del suelo disponible total (CC-PMP)	290.0	mm/m
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	90	centímetros
Agotamiento inicial de humedad del suelo (%ADT)	0	%
Humedad del suelo inicialmente disponible	290.0	mm/m

Los rangos de profundidad máxima efectiva de las raíces y las fracciones de agotamiento de la humedad en el suelo para condiciones sin estrés hídrico, así como Ks, etapas del cultivo, además de datos de cultivo se obtienen de Allen, 1998.

#### 4.3.4. Datos del cultivo Arándano en El Mezquite, San Luis Potosí

Los datos del cultivo de arándano empleados en el programa CROPWAT© 8.0. se muestran en la Tabla 4.4, donde se observa que la siembra de arándano es el 15 de diciembre, sus valores del coeficiente del cultivo son de 0.3, 1.05 y 0.5 y que tiene un período de 148 días.

Tabla 4. 4 Fecha de siembra, Kc y etapas del Arándano en el Mezquite, SLP

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Arándano	15-dic	0.30	1.05	0.50	30	45	42	31	148

Asimismo, se muestra en la Tabla 4.5 se presentan los valores de la profundidad de raíz de al inicio de 0.20 cm y en la etapa final de 0.55 cm, el agotamiento crítico considerado fue de 0.25, el factor de respuesta al rendimiento de 1.0 y la altura del cultivo de 1.5 m.



Tabla 4. 5 Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento del Arándano, en el Mezquite, SLP

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (fracc)			Factor respuesta rendimiento				Altura de cultivo (m)
	0.20	0.55	0.25	0.25	0.25	1.0	1.0	1.0	1.0	
Arándano	0.20	0.55	0.25	0.25	0.25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5

#### 4.3.5.1. Requerimiento de agua del cultivo Arándano en el Mezquite, SLP

Los cálculos de requerimiento de agua del cultivo Arándano en el Mezquite, SLP, se efectúan para conocer la cantidad de agua necesaria para compensar la pérdida de evapotranspiración del campo

Cabe mencionar que los requerimientos de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que debe suministrarse, mientras que la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua que se pierde a través de la evapotranspiración, por lo cual los valores de la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) y los requerimientos de agua del cultivo de arándano son idénticos.

Con la utilización del programa CROPWAT© 8.0, los cálculos del requerimiento de agua se efectúan por periodos de 10 días (decadarios) y se observa que el valor del requerimiento de riego para el cultivo del Arándano es en la tercera década del mes de marzo con 42.0 mm/dec y un requerimiento de riego total de 296.9 mm. Tabla 4.7.

Tabla 4. 6 Requerimiento de agua para el cultivo de Arándano en El Mezquite, SLP

Mes	Década	Etapa	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Etc mm/dec	Precipitación Efectiva mm/dec	Requerimiento de riego mm/dec
Dic	2	Inic	0.30	0.60	3.6	3.0	1.1
Dic	3	Inic	0.30	0.58	6.4	5.1	1.3
Ene	1	Inic	0.30	0.54	5.4	5.3	0.1
Ene	2	Des	0.35	0.60	6.0	5.6	0.4
Ene	3	Des	0.51	1.06	11.6	5.1	6.5
Feb	1	Des	0.69	1.66	16.6	4.6	12.0
Feb	2	Des	0.85	2.31	23.1	4.2	18.9
Feb	3	Med	1.00	3.03	24.3	3.7	20.5
Mar	1	Med	1.04	3.50	35.0	2.9	32.1
Mar	2	Med	1.04	3.84	38.4	2.3	36.1
Mar	3	Med	1.04	4.13	45.4	3.4	42.0
Abr	1	Med	1.04	4.41	44.1	4.2	39.9
Abr	2	Fin	0.94	4.24	42.4	4.9	37.5
Abr	3	Fin	0.76	3.60	36.0	7.7	28.3
May	1	Fin	0.58	2.87	28.7	11.0	17.7
May	2	Fin	0.48	2.48	2.5	1.4	2.5
					<b>369.4</b>	<b>74.4</b>	<b>296.9</b>

#### 4.3.5.2. Programación de riego para el cultivo Arándano en el Mezquite, SLP

La programación del riego para el cultivo de arándano empleando el software CROPWAT© 8.0, incluye el uso del formato “momento del riego para regar a intervalo fijo por etapa de diez días” y “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4. 8.–4.10.

Tabla 4. 7 Programación del riego de arándano en el Mezquite, SLP

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
24-dic	10	Ini	0.0	1.00	100	3	2.1	0.0	0.0	2.2	0.03
3-ene	20	Ini	2.7	1.00	100	2	1.8	0.0	0.0	1.9	0.02
13-ene	30	Ini	2.8	1.00	100	1	1.1	0.0	0.0	1.2	0.01
23-ene	40	Des	2.6	1.00	100	3	2.9	0.0	0.0	3.1	0.04
2-feb	50	Des	0.0	1.00	100	7	9.1	0.0	0.0	9.6	0.11
12-feb	60	Des	0.0	1.00	100	11	15.5	0.0	0.0	16.4	0.19
22-feb	70	Des	0.0	1.00	100	15	22.4	0.0	0.0	23.6	0.27
4-mar	80	Med	0.0	1.00	100	18	28.8	0.0	0.0	30.3	0.35
14-mar	90	Med	0.0	1.00	100	21	33.7	0.0	0.0	35.5	0.41
24-mar	100	Med	0.0	1.00	100	23	36.7	0.0	0.0	38.6	0.45
3-abr	110	Med	2.1	1.00	100	24	38.3	0.0	0.0	40.3	0.47
13-abr	120	Fin	2.5	1.00	100	24	39.0	0.0	0.0	41.0	0.48
23-abr	130	Fin	4.0	1.00	100	21	34.0	0.0	0.0	35.8	0.41
3-may	140	Fin	5.8	1.00	100	15	24.0	0.0	0.0	25.2	0.29
11-may	fin	Fin	0.0	1.00	0	9					

Tabla 4. 8 Totales de la programación de riego del cultivo de arándano

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	304.7	mm	Precipitación total	74.7	mm
Lámina neta total	289.4	mm	Precipitación efectiva	63.3	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	11.4	mm
Uso real de agua del cultivo	366.9	mm	Deficiencia humedad en cosecha	14.3	mm
Uso potencial de agua del cultivo	366.9	mm	Requerimientos reales de riego	303.7	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	84.7	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 9. Reducción de rendimiento de arándano en el Mezquite, SLP

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

#### 4.3.6. Aprovechamiento del sistema en el Mezquite, SLP

El provechamiento al sistema de entrada de agua para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de arándano, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada se muestra en la Tabla 4.11.

Tabla 4. 10. Aprovechamiento del sistema en el Mezquite, SLP

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. Arándano	7.0	51.4	110.2	110.8	27.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.2	1.8	3.6	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
en mm/mes	7.0	51.4	110.2	110.8	27.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
en l/s/h	0.03	0.21	0.41	0.43	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.01
<b>Área regada</b>												
% del área total	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.03	0.21	0.41	0.43	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01

#### 4.3.5. Datos del cultivo Jitomate en El Mezquite, San Luis Potosí

Los datos del cultivo de jitomate obtenidos con el software CROPWAT© 8.0. se muestran en la Tablas 4.12. - 4.13, donde se observan los diversos valores Fecha de siembra, Kc y etapas del cultivo, profundidad de raíces, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento de jitomate en el Mezquite, SLP.

Tabla 4. 11. Fecha de siembra, Kc y etapas del jitomate en el Mezquite, SLP

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
jitomate	01-agos	0.49	1.19	0.69	28	45	35	20	128

Tabla 4. 12. Profundidad de raíces, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento de jitomate en el Mezquite, SLP

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (frac)			Factor respuesta rendimiento					Altura de cultivo (m)
jitomate	0.25	1.0	0.30	0.40	0.50	0.50	0.60	1.10	0.80	1.05	0.60

##### 4.3.5.1. Requerimiento de agua del cultivo jitomate en el Mezquite, SLP

Los requerimientos de agua del cultivo jitomate en el Mezquite, SLP se calcularon con el programa CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadarios), observándose que un mayor valor en la 3

década del mes de octubre con 34.7 mm/dec y un requerimiento de riego total de 254.8 mm. Tabla 4.14.

Tabla 4. 13. Requerimiento de agua para el cultivo de jitomate en El Mezquite, SLP

Mes	Decada	Etapas	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Etc mm/dec	Precipitación Efectiva mm/dec	Requerimiento de riego mm/dec
Agos	1	Inc	0.49	2.03	20.3	16.3	3.9
Agos	2	Inc	0.49	1.92	19.2	15.3	3.9
Agos	3	Des	0.50	2.11	23.2	16.0	7.2
Sep	1	Des	0.62	2.92	29.2	17.8	11.4
Sep	2	Des	0.77	3.90	39.0	18.8	20.2
Sep	3	Des	0.92	4.24	42.4	15.9	26.6
Oct	1	Des	1.07	4.37	43.7	12.4	31.3
Oct	2	Med	1.16	4.30	43.0	9.9	33.2
Oct	3	Med	1.17	3.85	42.3	7.6	34.7
Nov	1	Med	1.17	3.38	33.8	4.5	29.3
Nov	2	Fin	1.14	2.86	28.6	1.8	26.8
Nov	3	Fin	0.93	2.18	21.8	2.8	19.0
Dic	1	Fin	0.74	1.59	9.6	2.6	7.4
					396.1	141.8	254.8

#### 4.3.5.2. Programación de riego en el cultivo jitomate en el Mezquite, SLP

La programación del riego en CROPWAT© 8.0 se realizó configurando las opciones del momento del riego, que están relacionadas a cuando se aplicará el riego, de la aplicación de riego, relacionadas con la cantidad de agua que se entregará en cada riego, y la eficiencia de riego y para este contexto, el formato considera la programación de riego “momento del riego para regar a intervalo fijo por etapa de diez días”, “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.15 – 4.17.

Tabla 4. 14. Programación del riego de jitomate en el Mezquite, SLP para el cultivo de jitomate

Fecha	Día	Etapas	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
10-ago	10	Ini	0.0	1.00	100	8	8.1	0.0	0.0	8.5	0.10
20-ago	20	Ini	0.0	1.00	100	6	7.7	0.0	0.0	8.1	0.09
30-ago	30	Des	0.0	1.00	100	5	8.4	0.0	0.0	8.9	0.10
09-sep	40	Des	0.0	1.00	100	6	10.6	0.0	0.0	11.2	0.13
19-sep	50	Des	0.0	1.00	100	8	17.2	0.0	0.0	18.1	0.21
29-sep	60	Des	0.0	1.00	100	10	24.7	0.0	0.0	26.0	0.30
09-oct	70	Des	0.0	1.00	100	11	30.3	0.0	0.0	31.9	0.37
19-oct	80	Med	0.0	1.00	100	11	32.8	0.0	0.0	34.5	0.40
29-oct	90	Med	0.0	1.00	100	11	31.1	0.0	0.0	32.7	0.38



Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
08-nov	100	Med	0.0	1.00	100	10	30.1	0.0	0.0	31.7	0.37
18-nov	110	Fin	0.0	1.00	100	10	27.9	0.0	0.0	29.4	0.34
28-nov	120	Fin	0.0	1.00	100	7	20.3	0.0	0.0	21.4	0.25
06-dic	130	Fin	0.0	1.00	100	3					

Tabla 4. 15. Totales de la programación de riego del cultivo de jitomate

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	262.3	mm	Precipitación total	152.7	mm
Lámina neta total	249.2	mm	Precipitación efectiva	135.3	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	17.5	mm
Uso real de agua del cultivo	394.5	mm	Deficiencia humedad en cosecha	10.1	mm
Uso potencial de agua del cultivo	394.5	mm	Requerimientos reales de riego	259.3	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	88.6	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 16. Reducción de rendimiento en el Mezquite, SLP para el cultivo de jitomate

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	0.50	0.60	1.10	0.80	1.05	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

#### 4.3.6. Aprovisionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para el cultivo de jitomate

El aprovisionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de jitomate, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4. 18.

Tabla 4. 17. Aprovisionamiento en el sistema del Mezquite, SLP para el cultivo de jitomate

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. jitomate	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	58.1	99.2	75.1	7.4
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.9	3.2	2.5	0.2
en mm/mes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	58.1	99.2	75.1	7.4
en l/s/h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.22	0.37	0.29	0.03
<b>Área regada</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	100	100	100	100
% del área total												
<b>Req. riego área real</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.22	0.37	0.29	0.03

#### 4.3.6. Datos del cultivo Fresa en El Mezquite, San Luis Potosí

Los datos utilizados se recabaron de agendas técnicas agrícolas del Estado de San Luis Potosí editadas por la Sagarpa y el Inifapel en el software CROPWAT© 8.0 en el cultivo de fresa, se. Los datos empleados se muestran en las tablas 4.18 – 4.19.

Tabla 4. 18. Fecha de siembra, Coeficiente de cultivo y etapas fenológicas del cultivo de fresa para el Mezquite, SLP

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Fresa	01-nov	0.3	0.85	0.75	30	44	47	31	152

Tabla 4. 19. Profundidad, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento y altura promedio del cultivo de fresa para el Mezquite, SLP

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (fracc)			Factor respuesta rendimiento				Altura de cultivo (m)
Fresa	0.15	0.30	0.30	0.30	0.30	1.0	1.0	1.0	1.0	0.20

#### 4.3.5.1. Requerimiento de agua del cultivo fresa en el Mezquite, SLP

El requerimiento de agua del cultivo fresa para el Mezquite, SLP se calculó con el software CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadiarios), observándose que el valor más elevado es en la 3 década del mes de marzo con 30.0 mm/dec y un valor total de 198.4 mm. Tabla 4.20.

Tabla 4. 20. Requerimiento de agua para el cultivo de fresa en El Mezquite, SLP

Mes	Década	Etapa	Kc	Etc	Etc	Precip. Efectiva	Req. de riego
			Coeficiente	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	1	Ini	0.30	0.87	8.7	4.5	4.2
Nov	2	Ini	0.30	0.75	7.5	1.8	5.7
Nov	3	Ini	0.30	0.70	7.0	2.8	4.2
Dic	1	Des	0.37	0.80	8.0	4.3	3.6
Dic	2	Des	0.49	0.98	9.8	5.0	4.8
Dic	3	Des	0.62	1.20	13.2	5.1	8.1
Ene	1	Des	0.75	1.36	13.6	5.3	8.3
Ene	2	Des	0.84	1.45	14.5	5.6	8.9
Ene	3	Med	0.84	1.73	19.1	5.1	14.0
Feb	1	Med	0.84	2.04	20.4	4.6	15.8
Feb	2	Med	0.84	2.29	22.9	4.2	18.7
Feb	3	Med	0.84	2.57	20.5	3.7	16.8
Mar	1	Fin	0.83	2.79	27.9	2.9	25.0
Mar	2	Fin	0.80	2.95	29.5	2.3	27.2
Mar	3	Fin	0.76	3.03	33.4	3.4	30.0
Abr	1	Fin	0.75	3.16	3.2	0.4	3.2
					<b>259.1</b>	<b>61.2</b>	<b>198.4</b>

#### 4.3.5.2. Programación de riego para el cultivo fresa en el Mezquite, SLP

Para llevar a cabo la programación del riego para el cultivo de fresa en el Mezquite, SLP, se usó el software CROPWAT© 8.0 configurando las opciones “momento del riego para regar a intervalo fijo

por etapa de diez días” y “aplicación del riego hasta capacidad de campo”, con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.21 – 4.23.

Tabla 4. 21. Programación del riego de fresa en el Mezquite, SLP

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
10-nov	10	Ini	0.0	1.00	100	9	4.7	0.0	0.0	6.6	0.08
20-nov	20	Ini	0.0	1.00	100	10	5.8	0.0	0.0	8.3	0.10
30-nov	30	Ini	0.0	1.00	100	7	4.2	0.0	0.0	6.0	0.07
10-dic	40	Des	0.0	1.00	100	6	4.1	0.0	0.0	5.9	0.07
20-dic	50	Des	0.0	1.00	100	7	5.3	0.0	0.0	7.5	0.09
30-dic	60	Des	0.0	1.00	100	9	7.0	0.0	0.0	10.0	0.12
09-ene	70	Des	0.0	1.00	100	9	8.0	0.0	0.0	11.4	0.13
19-ene	80	Med	0.0	1.00	100	10	8.7	0.0	0.0	12.4	0.14
29-ene	90	Med	0.0	1.00	100	14	11.8	0.0	0.0	16.9	0.20
08-feb	100	Med	0.0	1.00	100	17	15.1	0.0	0.0	21.5	0.25
18-feb	110	Med	0.0	1.00	100	21	18.1	0.0	0.0	25.9	0.30
28-feb	120	Fin	0.0	0.98	100	24	21.2	0.0	0.0	30.3	0.35
10-mar	130	Fin	0.0	0.93	99	28	24.7	0.0	0.0	35.3	0.41
20-mar	140	Fin	0.0	0.91	98	31	26.7	0.0	0.0	38.1	0.44
30-mar	150	fin	0.0	0.91	99	30	26.4	0.0	0.0	37.8	0.44
	Fin	Fin	0.0			3					

Tabla 4. 22. Totales de la programación de riego del cultivo de fresa

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	273.9	mm	Precipitación total	62.0	mm
Lámina neta total	191.7	mm	Precipitación efectiva	60.0	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	2.1	mm
Uso real de agua del cultivo	254.7	mm	Deficiencia humedad en cosecha	3.0	mm
Uso potencial de agua del cultivo	255.9	mm	Requerimientos reales de riego	196.0	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	96.7	%
Deficiencia de programación de riego	0.5	%			

Tabla 4. 23. Reducción de rendimiento de la fresa en el Mezquite, SLP

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.1	1.3	0.5	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.1	1.3		%
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.1	1.4	0.5	%

#### 4.3.6. Aprovisionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para el cultivo de fresa

El aprovisionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de fresa, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.24.

Tabla 4. 24. Aprovisionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para el cultivo de fresa

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. jitomate	0.0	10.3	42.4	88.9	93.7	68.9	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.4	1.4	3.0	3.0	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	10.3	42.4	88.9	93.7	68.9	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.04	0.16	0.34	0.35	0.27	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Área regada</b>	0.0	100	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% del área total												
<b>Req. riego área real</b>	0.0	0.04	0.16	0.34	0.35	0.27	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
l/s/h												

#### 4.3.7. Datos del cultivo cereza en El Mezquite, San Luis Potosí

Los datos del cultivo de cereza utilizados en el programa CROPWAT© 8.0. para el cultivo de cereza se muestran en las tablas 4.25. – 4.26

Tabla 4. 25. Fecha de siembra, Kc y etapas de cereza en el Mezquite, SLP

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Cereza	15-oct	0.45	1.15	0.85	30	45	45	32	152

Tabla 4. 26. Profundidad radical, agotamiento crítico, factor de respuesta del rendimiento de cereza en el Mezquite, SLP

Profundidad (m)		Agotamiento crítico (fracc)			F respuesta rendimiento				Altura de cultivo (m)
0.35	1.40	0.50	0.50	0.50	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7

#### 4.3.5.1. Requerimiento de agua del cultivo cereza en el Mezquite, SLP

El requerimiento de agua del cultivo de la cereza en el Mezquite, SLP se calcula con el programa CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadarios), observándose que un mayor valor en la 1 década del mes de marzo con 28.4 mm/dec. Para un total de 252.8 mm. Tabla 4.27.

Tabla 4. 27. Requerimiento de agua para el cultivo de cereza en El Mezquite, SLP

Mes	Década	Etapas	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Etc mm/dec	Prec. Efectiva mm/dec	Req. de riego mm/dec
Oct	2	Ini	0.45	1.66	10.0	5.9	5.1
Oct	3	Ini	0.45	1.49	16.3	7.6	8.8
Nov	1	Ini	0.45	1.31	13.1	4.5	8.6
Nov	2	Des	0.49	1.24	12.4	1.8	10.6
Nov	3	Des	0.64	1.50	15.0	2.8	12.2

Mes	Década	Etapas	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Etc mm/dec	Prec. Efectiva mm/dec	Req. de riego mm/dec
Dic	1	Des	0.79	1.72	17.2	4.3	12.8
Dic	2	Des	0.95	1.89	18.9	5.0	13.9
Dic	3	Med	1.10	2.13	23.4	5.1	18.3
Ene	1	Med	1.14	2.07	20.7	5.3	15.3
Ene	2	Med	1.14	1.96	19.6	5.6	14.1
Ene	3	Med	1.14	2.34	25.7	5.1	20.6
Feb	1	Med	1.14	2.75	27.5	4.6	23.0
Feb	2	Fin	1.10	2.98	29.8	4.2	25.6
Feb	3	Fin	1.01	3.08	24.7	3.7	20.9
Mar	1	Fin	0.93	3.13	31.3	2.9	28.4
Mar	2	Fin	0.93	3.18	15.9	1.1	14.8
					<b>321.5</b>	<b>69.7</b>	<b>252.8</b>

#### 4.3.5.2. Programación de riego para el cultivo cereza en el Mezquite, SLP

Para programar el riego con el software CROPWAT© 8.0 se configura el momento del riego para intervalo fijo por etapa de diez días” y, “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.28 – 4.30.

Tabla 4. 28. Programación del riego de la cereza en el Mezquite, SLP

Fecha	Día	Etapas	Precipita. mm	Ks fracción	Eta %	Agot. %	Lám. neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lám. Bruta mm	Caudal l/s/ha
24-oct	10	Ini	0.0	1.00	100	6	8.7	0.0	0.0	12.4	0.14
03-nov	20	Ini	2.3	1.00	100	5	9.0	0.0	0.0	12.9	0.15
13-nov	30	Ini	0.9	1.00	100	4	9.7	0.0	0.0	13.8	0.16
23-nov	40	Des	1.4	1.00	100	4	10.9	0.0	0.0	15.5	0.18
03-dic	50	Des	2.2	1.00	100	4	12.0	0.0	0.0	17.2	0.20
13-dic	60	Des	2.6	1.00	100	4	12.9	0.0	0.0	18.4	0.21
23-dic	70	Des	2.6	1.00	100	4	14.4	0.0	0.0	20.6	0.24
02-ene	80	Med	0.0	1.00	100	5	18.5	0.0	0.0	26.5	0.31
12-ene	90	Med	0.0	1.00	100	4	17.7	0.0	0.0	25.3	0.29
22-ene	100	Med	0.0	1.00	100	4	17.5	0.0	0.0	25.1	0.29
01-feb	110	Med	0.0	0.99	100	5	21.2	0.0	0.0	30.3	0.35
11-feb	120	Med	0.0	0.96	100	6	23.1	0.0	0.0	33.0	0.38
21-feb	130	Med	0.0	0.94	100	6	25.6	0.0	0.0	36.6	0.42
3-mar	140	Fin	1.5	0.93	100	6	25.7	0.0	0.0	36.7	0.42
13-mar	150	Fin	12.0	1.00	100	7	28.8	0.0	0.0	41.2	0.48
15-mar	Fin	Fin	0.0	100	00	1					

Tabla 4. 29. Totales de programación de riego del cultivo cereza en el Mezquite, SLP

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	365.3	mm	Precipitación total	70.4	mm
Lámina neta total	255.7	mm	Precipitación efectiva	59.4	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	11.0	mm
Uso real de agua del cultivo	318.4	mm	Deficiencia humedad en cosecha	3.2	mm



Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Uso potencial de agua del cultivo	318.4	mm	Requerimientos reales de riego	258.9	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	84.4	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 30. Reducción de rendimiento de la cereza en el Mezquite, SLP

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

#### 4.3.6. Aprovisionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para el cultivo de cereza

El aprovisionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de cereza, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada, observándose el requerimiento de riego mas alto para el mes de mayo con 0.52 l/s/h Tabla 4.31.

Tabla 4. 31. Aprovisionamiento del sistema en el Mezquite, SLP para la cereza

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. jitomate	0.0	18.3	60.6	123.0	140.0	104.1	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.7	2.0	4.1	4.5	3.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	18.3	60.6	123.0	140.4	104.1	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.08	0.23	0.47	0.52	0.40	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Área regada</b>	0.0							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% del área total												
<b>Req. riego área real</b>	0.0	0.08	0.23	0.47	0.52	0.40	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
l/s/h												

#### 4.4. Demanda de riego para cultivos del Estado de Zacatecas

La construcción y desarrollo de una unidad demostrativa de desalinización de agua para uso agrícola en los estados de Zacatecas se establecerá en el municipio Trancoso, Zacatecas, Figura 4.10, donde en dicha parcela se establecerán los cultivos Arándano, Jitomate, fresa y cereza. Asimismo, para determinación de la programación de riego y desarrollo del sistema se empleará el software desarrollado por técnicos de la FAO llamado CROPWAT© versión 8.0. Swennenhuis, J. (2009).



Figura 4. 10 Municipios Trancoso, Zacatecas

#### 4.4.1. Datos climáticos de la Estación climática

Los datos climáticos se revisaron de publicaciones diversas, como la red de estaciones climatológicas de la Conagua, en las Normales climatológicas por estado dadas por la Presidencia de la República y las observadas en las estadísticas climatológicas normales por estación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y de estas redes de estaciones se selecciona la estación climática Trancoso. Figura 4.11.

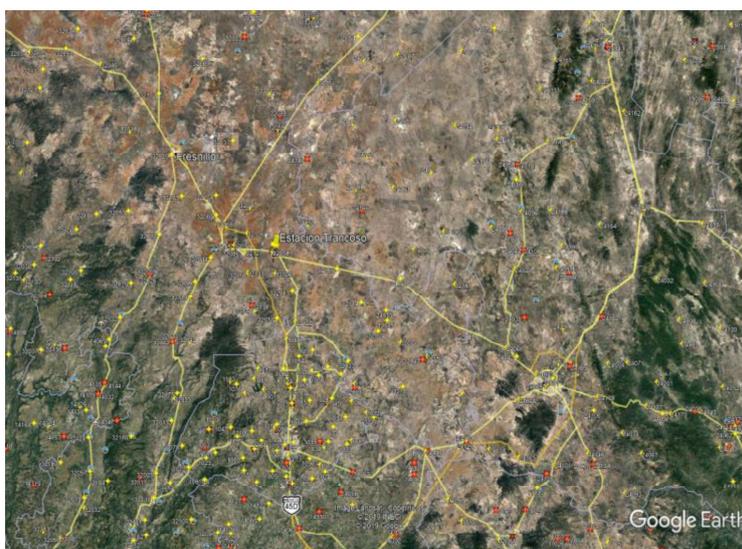


Figura 4. 11 Estaciones meteorológicas automatizadas en el Estado de Zacatecas

Esta estación está inscrita en las estaciones climáticas del Gobierno de la República con el número de registro 32058, localizada en las coordenadas geográficas  $22.7456^{\circ}$  de latitud norte,  $102.3694^{\circ}$  de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich, a una altitud de 2,200 msnm, en el municipio de Trancoso, Zacatecas, cuyo registro de datos de operación son desde 01 de enero de 1961 hasta el 31 de diciembre del 2016 y cuya situación es que está Operando en la actualidad.

#### 4.4.2. Determinación de la Evapotranspiración de referencia.

Se extrajeron datos de las normales climatológicas del estado de Zacatecas, de la Estación Trancoso, se calculó la radiación y la evapotranspiración de referencia observándose valores promedio de la Evapotranspiración de referencia mayor mensual den el mes de junio con 3.90 mm/día y evapotranspiración de referencia promedio mensual de 2.83 mm. Tabla 4.32

Tabla 4. 32. Datos de clima y ET<sub>0</sub> para la estación climática Trancoso, Zacatecas

Mes	Temp. mínima °C	Temp. máxima °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Radiación MJ/m <sup>2</sup> /día	ET <sub>0</sub> mm/día
Enero	4.0	18.8	11	12.0	7.3	15.0	1.63
Febrero	4.6	20.4	13	12.7	8.2	18.0	2.16
Marzo	7.0	23.1	14	14.0	8.6	20.8	2.85
Abril	9.2	25.5	16	11.6	9.2	23.3	3.49
Mayo	11.3	27.1	17	10.5	9.5	24.2	3.88
Junio	12.0	26.0	18	10.7	9.1	23.6	3.90
Julio	11.3	24.2	20	8.9	8.2	22.2	3.63
Agosto	11.1	23.8	20	9.7	7.9	21.4	3.43
Septiembre	10.7	23.1	21	10.4	7.0	18.9	2.97
Octubre	8.8	22.5	20	9.1	7.6	17.8	2.49
Noviembre	6.2	21.6	17	9.8	8.0	16.2	1.95
Diciembre	4.7	19.3	14	9.8	7.2	14.2	1.56
<b>Promedio</b>	<b>8.4</b>	<b>22.9</b>	<b>16.7</b>	<b>10.7</b>	<b>8.1</b>	<b>19.6</b>	<b>2.83</b>

Fuente: Gobierno de la República, 2020

#### 4.3.3. Determinación de la Precipitación efectiva

La determinación de la precipitación efectiva fue considerando los datos registrados de precipitación promedio mensual para la estación Trancoso calculándola con el software CROPWAT© 8.0, que evalúa los datos con el método USDA. Los datos de precipitación de la estación climática Trancoso y su respectivo valor de precipitación efectiva se muestra en la Tabla 4.33.

Tabla 4. 33. Datos de precipitación efectiva obtenidos con el programa CROPWAT© 8.0 para la estación climática Trancoso, Zacatecas

Mes	Precipitación promedio mensual	Precipitación efectiva promedio mensual	Mes	Precipitación promedio mensual	Precipitación efectiva promedio mensual
	mm	mm		mm	mm
Enero	17.5	17.0	Agosto	80.5	70.1
Febrero	8.7	8.6	Septiembre	75.1	66.1
Marzo	5.9	5.8	Octubre	33.4	31.6
Abril	8.2	8.1	Noviembre	11.9	11.7
Mayo	24.8	23.8	Diciembre	17.1	16.6
Junio	70.6	62.6	<b>Total</b>	<b>437.3</b>	<b>394.5</b>
Julio	83.6	72.4			

Fuente: Gobierno de la República, 2020

#### 4.4.3. Consideraciones de las características del suelo

La ubicación del municipio Trancoso es en la región hidrológica 37 El Salado, cuyas unidades taxonómicas de suelo principales son “xerosoles, litosoles y rendzinas. El suelo puede contener materia orgánica con capas superficiales claras y debajo de ésta puede haber acumulación de minerales arcillosos y/o sales, como carbonatos y sulfatos, o pueden ser suelos muy delgados, su espesor es menor de 10 cm, descansando sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche o pueden ser suelos poco profundos (10 - 15 cm) que sobreyacen directamente a material carbonatado, por lo que se consideran para el proyecto suelos medios. Figura 4.12.

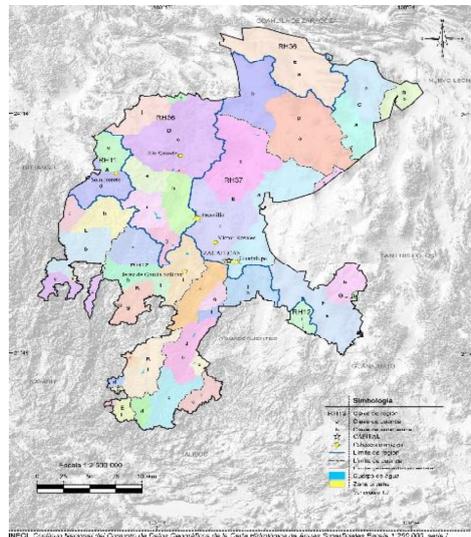


Figura 4. 12 Regiones, Cuencas y Subcuencas hidrológicas en Zacatecas

Bajo estas consideraciones, y como una evaluación preliminar de las potencialidades y limitaciones de los suelos y del ambiente que lo rodea, se tomó la decisión de seleccionar en los datos que muestra el programa, los suelos FAO Medium loam (Migajón). Tabla 4.34.

Tabla 4. 34 Características de suelo FAO empleado

Nombre del suelo	Medium loam	Unidades
Humedad del suelo disponible total (CC-PMP)	290	mm/m
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de humedad del suelo (%ADT)	0	%
Humedad del suelo inicialmente disponible	290	mm/m

Fuente: Allen, 1998

#### 4.4.4. Datos del cultivo Arándano en Trancoso, Zacatecas.

Los datos del cultivo de arándano empleados en el programa CROPWAT© 8.0. se muestran en la Tabla 4.4, donde se observa que la siembra de arándano es el 15 de diciembre, sus valores del coeficiente del cultivo son de 0.3, 1.05 y 0.5 y que tiene un período de 150 días. Tablas 4.35 – 4.36.

Tabla 4. 35 Fecha de siembra, Coeficiente de cultivo y etapas del cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Arándano	15-dic	0.30	1.05	0.50	30	43	45	32	150

Tabla 4. 36 Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento del Arándano, en Trancoso, Zacatecas

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (fracc)			Factor respuesta rendimiento				Altura de cultivo (m)
Arándano	0.20	0.55	0.25	0.25	0.25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5

#### 4.4.4.1. Requerimiento de agua del cultivo Arándano en Trancoso, Zacatecas

Para estimar la cantidad de agua para compensar la pérdida de evapotranspiración en campo del cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas, se realizan cálculos con el software CROPWAT© 8.0. Los resultados son para periodos de 10 días (décadas), observándose el valor más alto en la tercera década del mes de marzo con 32.2 mm/dec y un requerimiento total de 237.0 mm. Tabla 4.7.

Tabla 4. 37 Requerimiento de agua para el cultivo de Arándano en Trancoso, Zacatecas

Mes	Década	Etapa	Kc	Etc	Etc	Precipitación Efectiva	Requerimiento de riego
			Coficiente	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dic	2	Inc	0.30	0.47	2.8	3.4	0.0
Dic	3	Inc	0.30	0.48	5.2	5.7	0.0
Ene	1	Inc	0.30	0.48	4.8	5.9	0.0
Ene	2	Des	0.35	0.57	5.7	6.1	0.0
Ene	3	Des	0.52	0.94	10.3	5.0	5.3
Feb	1	Des	0.69	1.37	13.7	3.6	10.1
Feb	2	Des	0.86	1.85	18.5	2.6	15.9
Feb	3	Med	1.00	2.38	19.0	2.4	16.7
Mar	1	Med	1.02	2.66	26.6	2.1	24.5
Mar	2	Med	1.02	2.90	29.0	1.7	27.2
Mar	3	Med	1.02	3.12	34.3	2.1	32.2
Abr	1	Med	1.02	3.34	33.4	2.0	31.3
Abr	2	Fin	0.94	3.29	32.9	2.1	30.8
Abr	3	Fin	0.77	2.79	27.9	4.0	23.8
May	1	Fin	0.60	2.24	22.4	5.5	16.9
May	2	Fin	0.48	1.88	5.6	2.1	2.2
						<b>56.4</b>	<b>237.0</b>

#### 4.4.4.2. Programación de riego en el cultivo Arándano en Trancoso, Zacatecas

Se configuraron las opciones “momento del riego para riego a intervalo fijo de diez días” y aplicación del riego a capacidad de campo con eficiencia 95%. Tablas 4. 38.– 4.40.

Tabla 4. 38 Programación del riego de arándano en Trancoso, Zacatecas

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
24-dic	10	Ini	0.0	1.00	100	1	1.0	0.0	0.0	1.0	0.01

Fecha	Día	Etapas	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
03-ene	20	Ini	3.0	1.00	100	1	0.8	0.0	0.0	0.8	0.01
13-dic	30	Ini	3.1	1.00	100	1	0.6	0.0	0.0	0.6	0.01
23-dic	40	Des	2.6	1.00	100	2	2.5	0.0	0.0	2.6	0.03
02-feb	50	Des	0.0	1.00	100	6	7.7	0.0	0.0	8.1	0.09
12-feb	60	Des	0.0	1.00	100	9	12.8	0.0	0.0	13.5	0.16
22-feb	70	Des	0.0	1.00	100	12	18.3	0.0	0.0	19.2	0.22
04-mar	80	Med	0.0	1.00	100	14	22.7	0.0	0.0	23.8	0.28
14-mar	90	Med	0.0	1.00	100	16	25.6	0.0	0.0	27.0	0.31
24-mar	100	Med	0.0	1.00	100	18	27.9	0.0	0.0	29.4	0.34
03-abr	110	Med	0.0	1.00	100	19	29.8	0.0	0.0	31.3	0.36
13-abr	120	Fin	1.0	1.00	100	20	31.2	0.0	0.0	32.8	0.38
23-abr	130	Fin	2.1	1.00	100	18	28.3	0.0	0.0	29.7	0.34
03-may	140	Fin	2.8	1.00	100	13	21.4	0.0	0.0	22.5	0.26
13-may	fin	Fin	0.0	1.00	0	8					

Tabla 4. 39 Totales de la programación de riego del cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas

Totales	Cant.	Unidad	Totales	Cant.	Unidad
Lámina bruta total	242.5	mm	Precipitación total	58.3	mm
Lámina neta total	230.4	mm	Precipitación efectiva	46.7	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	11.6	mm
Uso real de agua del cultivo	290.3	mm	Deficiencia humedad cosecha	13.2	mm
Uso potencial de agua del cultivo	290.3	mm	Requerimientos reales de riego	243.6	mm
Eficiencia de programación rgo.	100.0	%	Eficiencia de precipitación	80.2	%
Deficiencia de programación rgo.	0.0	%			

Tabla 4. 40. Reducción de rendimiento de arándano en Trancoso, Zacatecas

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

#### 4.4.4.3. Aprovisionamiento del sistema en el cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas

El aprovisionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de arándano, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.11.

Tabla 4. 41. Aprovisionamiento del sistema en para el cultivo de arándano en Trancoso, Zacatecas

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. Arándano	0.0	7.8	33.8	85.4	97.5	29.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.3	1.1	2.8	3.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	7.8	33.8	85.4	97.5	29.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.03	0.13	0.33	0.36	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
<b>Área regada</b>												
% del área total	0.0	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.0	0.03	0.13	0.33	0.36	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### 4.4.5. Datos del cultivo Jitomate en Trancoso, Zacatecas.

Los datos del cultivo de jitomate obtenidos con el software CROPWAT© 8.0. se muestran en la Tablas 4.42. - 4.43, donde se observan los diversos valores Fecha de siembra, Kc y etapas del cultivo, profundidad de raíces, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento de jitomate en Trancoso, Zacatecas.

Tabla 4. 42. Fecha de siembra, Kc y etapas del jitomate en Trancoso, Zacatecas

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
jitomate	01-agos	0.60	1.15	0.80	30	40	45	30	145

Tabla 4. 43. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de jitomate, en Trancoso, Zacatecas

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (fracc)			Factor respuesta rendimiento					Altura de cultivo (m)
jitomate	0.25	1.0	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	1.1	0.8	1.05	0.60

#### 4.4.5.1. Requerimiento de agua del cultivo jitomate en Trancoso, Zacatecas

Los requerimientos de agua del cultivo jitomate en Trancoso, Zacatecas se calcularon con el programa CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadarios), observándose que un mayor valor en la 3 década del mes de octubre con 20.5 mm/dec y un total de 134.2 mm. Tabla 4.14.

Tabla 4. 44. Requerimiento de agua para el cultivo de jitomate en Trancoso, Zacatecas

Mes	Decada	Etapas	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Etc mm/dec	Precipitación Efectiva mm/dec	Requerimiento de riego mm/dec
Agos	1	Inc	0.60	2.10	21.0	23.7	0.0
Agos	2	Inc	0.60	2.06	20.6	23.4	0.0
Ago	3	Des	0.60	1.97	21.7	23.0	0.0
Sep	1	Des	0.68	2.14	21.4	23.4	0.0
Sep	2	Des	0.81	2.41	24.1	23.4	0.7
Sep	3	Des	0.94	2.65	26.5	19.1	7.3
Oct	1	Med	1.07	2.84	28.4	13.9	14.4
Oct	2	Med	1.12	2.78	27.8	9.9	18.0
Oct	3	Med	1.12	2.58	28.4	7.9	20.5

Nov	1	Med	1.12	2.38	23.8	5.3	18.5
Nov	2	Med	1.12	2.18	21.8	2.7	19.0
Nov	3	Fin	1.08	1.97	19.7	3.7	16.0
Dic	1	Fin	0.97	1.64	16.4	5.1	11.3
Dic	2	Fin	0.86	1.33	13.3	5.7	7.6
Dic	3	Fin	0.78	1.24	3.7	1.6	0.9
					318.6	191.9	134.2

#### 4.4.5.2. Programación de riego en el cultivo jitomate en Trancoso, Zacatecas

La programación del riego en CROPWAT© 8.0 se realizó con la programación de riego “momento del riego para regar a intervalo fijo por etapa de diez días” y “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.45 – 4.47.

Tabla 4. 45. Programación del riego de jitomate en Trancoso, Zacatecas para jitomate

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
10-ago	10	Ini	0.0	1.00	100	8	8.4	0.0	0.0	8.8	0.10
20-ago	20	Ini	0.0	1.00	100	6	8.2	0.0	0.0	8.7	0.10
30-ago	30	Ini	0.0	1.00	100	5	7.9	0.0	0.0	8.3	0.10
09-sep	40	Des	0.0	1.00	100	3	6.4	0.0	0.0	6.7	0.08
19-sep	50	Des	0.0	1.00	100	3	7.2	0.0	0.0	7.6	0.09
29-sep	60	Des	0.0	1.00	100	3	7.9	0.0	0.0	8.4	0.10
09-oct	70	Des	0.0	1.00	100	4	13.0	0.0	0.0	13.7	0.16
19-oct	80	Med	0.0	1.00	100	6	17.7	0.0	0.0	18.6	0.22
29-oct	90	Med	0.0	1.00	100	6	17.9	0.0	0.0	18.8	0.22
08-nov	100	Med	0.0	1.00	100	6	18.7	0.0	0.0	19.7	0.23
18-nov	110	Med	0.0	1.00	100	7	19.5	0.0	0.0	20.5	0.24
28-nov	120	Fin	0.0	1.00	100	6	16.4	0.0	0.0	17.3	0.20
08-dic	130	Fin	0.0	1.00	100	4	11.8	0.0	0.0	12.4	0.14
18-dic	140	Fin	0.0	1.00	100	3	8.1	0.0	0.0	8.5	0.10
23-dic	Fin	Fin	0.0	1.00	0						

Tabla 4. 46. Totales de la programación de riego del cultivo de jitomate

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	178.0	mm	Precipitación total	215.0	mm
Lámina neta total	169.1	mm	Precipitación efectiva	146.1	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	68.9	mm
Uso real de agua del cultivo	317.4	mm	Deficiencia humedad en cosecha	2.2	mm
Uso potencial de agua del cultivo	317.4	mm	Requerimientos reales de riego	171.3	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	67.9	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 47. Reducción de rendimiento en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de jitomate

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	0.5	0.6	1.10	0.8	1.05	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

#### 4.4.5.3. Aprovevisionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de jitomate

El proveccionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de jitomate, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.48, observándose que en el mes de mayo es mayor el déficit de precipitación y por ello se requieren mayores volúmenes de agua de riego en este mes con 109.2 mm/mes

Tabla 4. 48. Aproveccionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de jitomate

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. jitomate	0.0	19.4	54.5	98.8	109.2	52.6	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.7	1.8	3.3	3.5	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	19.4	54.5	98.8	109.2	52.6	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.08	0.20	0.38	0.41	0.20	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Área regada</b>								0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% del área total	0.0	100	100	100	100	100	100					
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.0	0.08	0.20	0.38	0.41	0.2	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### 4.4.6. Datos del cultivo Fresa en Trancoso, Zacatecas.

Los datos del cultivo de fresa utilizados en el software CROPWAT© 8.0, se presentan en las tablas 4.49 - 4.50.

Tabla 4. 49. Fecha de siembra, Kc y etapas de fresa en Trancoso, Zacatecas

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Fresa	15-oct	0.3	0.85	0.75	30	44	47	31	152

Tabla 4. 50. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de fresa en Trancoso, Zacatecas

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (frac)			Factor respuesta rendimiento					Altura de cultivo (m)
Fresa	0.15	0.30	0.20	0.20	0.20	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.20

#### 4.4.6.1. Requerimiento de agua del cultivo fresa en Trancoso, Zacatecas

El requerimiento de agua del cultivo fresa en Trancoso, Zacatecas se calculó con el programa CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadarios), observándose que un mayor valor en la 1 década del mes de marzo con 17.8 mm/dec y un requerimiento total de 121.6 mm. Tabla 4.21.

Tabla 4. 51. Requerimiento de agua para el cultivo de fresa en Trancoso, Zacatecas

Mes	Decada	Etapa	Kc Coeficiente	Etc	Etc	Prec. Efectiva mm/dec	Req. de riego mm/dec
				mm/día	mm/dec		
Oct	2	Ini	0.30	0.75	4.5	5.9	0.0
Oct	3	Ini	0.30	0.69	7.6	7.9	0.0
Nov	1	Ini	0.30	0.64	6.4	5.3	1.1
Nov	2	Des	0.33	0.65	6.5	2.7	3.8
Nov	3	Des	0.45	0.82	8.2	3.7	4.5
Dic	1	Des	0.57	0.96	9.6	5.1	4.5
Dic	2	Des	0.69	1.08	10.8	5.7	5.0
Dic	3	Med	0.81	1.28	14.0	5.7	8.3
Ene	1	Med	0.83	1.33	13.3	5.9	7.4
Ene	2	Med	0.83	1.35	13.5	6.1	7.5
Ene	3	Med	0.83	1.50	16.5	5.0	11.5
Feb	1	Med	0.83	1.64	16.4	3.6	12.8
Feb	2	Fin	0.82	1.76	17.6	2.6	15.0
Feb	3	Fin	0.79	1.88	15.1	2.4	12.7
Mar	1	Fin	0.76	1.99	19.9	2.1	17.8
Mar	2	Fin	0.74	2.10	10.5	0.9	9.6
					<b>190.6</b>	<b>70.8</b>	<b>121.6</b>

#### 4.4.6.2. Programación de riego para el cultivo fresa en Trancoso, Zacatecas

La programación del riego en CROPWAT© 8. considera la programación de riego “momento del riego para regar a intervalo fijo por etapa de diez días”, “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.52 – 4.54.

Tabla 4. 52. Programación del riego de fresa en Trancoso, Zacatecas

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
24-oct	10	Ini	0.0	1.00	100	3	1.7	0.0	0.0	2.4	0.03
03-nov	20	Ini	2.8	1.00	100	5	2.6	0.0	0.0	3.8	0.04
13-nov	30	Ini	1.4	1.00	100	5	3.1	0.0	0.0	4.5	0.05
23-nov	40	Des	1.9	1.00	100	6	3.8	0.0	0.0	5.4	0.06
03-dic	50	Des	2.6	1.00	100	6	4.1	0.0	0.0	5.9	0.07
13-dic	60	Des	2.9	1.00	100	6	4.4	0.0	0.0	6.3	0.07
23-dic	70	Des	2.9	1.00	100	6	5.5	0.0	0.0	7.8	0.09
02-ene	80	Med	0.0	1.00	100	11	9.9	0.0	0.0	14.2	0.16
12-ene	90	Med	0.0	1.00	100	12	10.4	0.0	0.0	14.8	0.17
22-ene	100	Med	0.0	1.00	100	12	10.7	0.0	0.0	15.3	0.18
01-feb	110	Med	0.0	1.00	100	14	12.6	0.0	0.0	18.0	0.21
11-feb	120	Fin	0.0	1.00	100	15	13.1	0.0	0.0	18.6	0.22
21-feb	130	Fin	0.0	1.00	100	17	15.1	0.0	0.0	21.6	0.25
03-mar	140	Fin	1.1	1.00	100	18	15.7	0.0	0.0	22.4	0.26



Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
13-mar	150	Fin	0.9	0.99	100	21	18.3	0.0	0.0	26.1	0.30
15-mar	Fin	Fin	0.0	1.00	0	2					

Tabla 4. 53. Totales de la programación de riego del cultivo de fresa

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	187.2	mm	Precipitación total	71.5	mm
Lámina neta total	131.0	mm	Precipitación efectiva	55.4	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	16.1	mm
Uso real de agua del cultivo	188.5	mm	Deficiencia humedad en cosecha	2.1	mm
Uso potencial de agua del cultivo	188.5	mm	Requerimientos reales de riego	133.1	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	77.5	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 54. Reducción de rendimiento de la fresa en Trancoso, Zacatecas

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		%
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	%

4.4.6.3. Aprovisionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de fresa

El aprovisionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de arándano, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.55.

Tabla 4. 55. Aprovisionamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de fresa

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. jitomate	0.0	6.6	26.8	64.8	74.9	31.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.2	0.9	2.2	2.4	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	6.6	26.8	64.8	74.9	31.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.03	0.10	0.25	0.28	0.12	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Área regada</b>												
% del área total	0.0	100	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.0	0.03	0.10	0.25	0.28	0.12	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### 4.4.7. Datos del cultivo cereza en Trancoso, Zacatecas.

Los datos del cultivo de cereza obtenidos con el software CROPWAT© 8.0. se muestran en la Tablas 4.56. - 4.57, donde se observan los diversos valores Fecha de siembra, Kc y etapas del cultivo, profundidad de raíces, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento de jitomate en Trancoso, Zacatecas.

Tabla 4. 56. Fecha de siembra, Kc y etapas de cereza en Trancoso, Zacatecas

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Cereza	01-oct	0.45	1.15	0.85	30	45	45	32	152

Tabla 4. 57. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de cereza, en Trancoso, Zacatecas

Profundidad (m)		Agotamiento crítico (fracc)			F respuesta rendimiento				Altura de cultivo (m)
0.35	1.40	0.50	0.50	0.50	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7

#### 4.4.7.1. Requerimiento de agua del cultivo cereza en Trancoso, Zacatecas

El requerimiento de agua del cultivo cereza en Trancoso, Zacatecas se calculó con el programa CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadarios), observándose que un mayor valor en la 3 década del mes de marzo con 27.3 mm/dec. Tabla 4.21.

Tabla 4. 58. Requerimiento de agua para el cultivo de cereza en Trancoso, Zacatecas

Mes	Década	Etapas	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Etc mm/dec	Precipitación Efectiva mm/dec	Requerimiento de riego mm/dec
Oct	1	Ini	0.45	1.19	11.9	13.9	0.0
Oct	2	Ini	0.45	1.12	11.2	9.9	1.3
Oct	3	Des	0.45	1.04	11.5	7.9	3.6
Nov	1	Des	0.55	1.16	11.6	5.3	6.3
Nov	2	Des	0.69	1.35	13.5	2.7	10.8
Nov	3	Des	0.84	1.53	15.3	3.7	11.7
Dic	1	Des	0.99	1.67	16.7	5.1	11.6
Dic	2	Med	1.11	1.73	17.3	5.7	11.5
Dic	3	Med	1.12	1.77	19.5	5.7	13.8
Ene	1	Med	1.12	1.80	18.0	5.9	12.1
Ene	2	Med	1.12	1.83	18.3	6.1	12.2
Ene	3	Fin	1.11	2.01	22.1	5.0	17.1
Feb	1	Fin	1.04	2.06	20.6	3.6	17.0
Feb	2	Fin	0.95	2.04	20.4	2.6	17.8
Feb	3	Fin	0.86	2.06	16.5	2.4	14.1
Mar	1	Fin	0.82	2.15	2.2	0.2	2.2
					<b>246.7</b>	<b>85.9</b>	<b>163.1</b>

#### 4.4.7.2. Programación de riego para el cultivo cereza en Trancoso, Zacatecas

La programación del riego en CROPWAT© 8.0 se realizó configurando las opciones “momento del riego para regar a intervalo fijo por etapa de diez días” y “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.59 – 4.61.

Tabla 4. 59. Programación del riego de cereza en Trancoso, Zacatecas

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
10-oct	10	Ini	0.0	1.00	100	3	4.8	0.0	0.0	6.8	0.08
20-oct	20	Ini	0.0	1.00	100	2	4.5	0.0	0.0	6.4	0.07
30-oct	30	Ini	0.0	1.00	100	2	4.3	0.0	0.0	6.1	0.07
09-nov	40	Des	0.0	1.00	100	2	6.0	0.0	0.0	8.6	0.10
19-nov	50	Des	0.0	1.00	100	3	10.6	0.0	0.0	15.2	0.18
29-nov	60	Des	0.0	1.00	100	3	11.4	0.0	0.0	16.4	0.19
09-dic	70	Des	0.0	1.00	100	3	11.4	0.0	0.0	16.2	0.19
19-dic	80	Med	0.0	1.00	100	3	11.3	0.0	0.0	16.2	0.19
29-dic	90	Med	0.0	1.00	100	3	11.8	0.0	0.0	16.8	0.19
08-ene	100	Med	0.0	1.00	100	3	11.9	0.0	0.0	17.0	0.20
18-ene	110	Med	0.0	1.00	100	3	12.0	0.0	0.0	17.1	0.20
28-ene	120	Med	0.0	1.00	100	4	14.6	0.0	0.0	20.9	0.24
07-feb	130	Fin	1.9	1.00	100	4	16.7	0.0	0.0	23.9	0.28
17-feb	140	Fin	1.3	1.00	100	4	17.8	0.0	0.0	25.5	0.29
27-feb	150	Fin	1.2	1.00	100	4	18.1	0.0	0.0	25.9	0.30
01-mar	Fin	Fin	0.0	100	0	1					

Tabla 4. 60. Totales de la programación de riego del cultivo de cereza

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	239.0	mm	Precipitación total	88.7	mm
Lámina neta total	167.3	mm	Precipitación efectiva	75.2	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	13.5	mm
Uso real de agua del cultivo	244.6	mm	Deficiencia humedad en cosecha	2.1	mm
Uso potencial de agua del cultivo	244.6	mm	Requerimientos reales de riego	169.4	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	84.8	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 61. Reducción de rendimiento de la cereza en Trancoso, Zacatecas

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
-----------------------	---	---	---	---	----------	--------

Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		%
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

#### 4.4.7.3. Aprovechamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para el cultivo de cereza

El aprovechamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de cereza, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.62, donde se observa el mayor requerimiento en mayo con 109.3 mm/mes.

Tabla 4. 62. Aprovechamiento del sistema en Trancoso, Zacatecas para la cereza

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. cereza	0.0	15.9	47.1	97.6	109.3	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.6	1.5	3.3	3.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	15.9	47.1	97.6	109.3	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.07	0.18	0.38	0.41	0.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Área regada</b>												
% del área total	0.0	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.0	0.07	0.18	0.38	0.41	0.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### 4.5. Demanda de riego para cultivos del Estado de Querétaro

El municipio de Peñamiller es el municipio donde se ubicará la parcela demostrativa, Figura 4.10, y en ese municipio se consideran La construcción y desarrollo de una unidad demostrativa de desalinización de agua para establecer los cultivos Arándano, Jitomate, fresa y cereza en el Estado de Querétaro. Asimismo, para determinación de la programación de riego y desarrollo del sistema se empleará el software desarrollado por técnicos de la FAO llamado CROPWAT© versión 8.0. Swennenhuis, J. (2009).



Figura 4. 13 Ubicación del municipio de Peñamiller, Querétaro

#### 4.5.1. Datos climáticos de la Estación climática

Se realizó una búsqueda en la red de estaciones climáticas y estaciones meteorológicas automatizadas en el Estado de Querétaro, Figura 4.11, seleccionándose la estación climática Peñamiller (DGE), ubicada en el municipio del mismo nombre.



Figura 4. 14 Estaciones meteorológicas automatizadas en el Estado de Querétaro

Esta estación está inscrita en las estaciones climáticas de la Conagua con el número de registro 22057, localizada en las coordenadas geográficas 21.0500 de latitud norte, 99.8000° de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich, a una altitud de 1,341 msnm, en el municipio de Peñamiller, Querétaro, cuyo registro de datos de operación son desde 01 de diciembre de 1982 hasta el 31 de diciembre del 2011 y cuya situación es que está Operando en la actualidad.

#### 4.5.2. Determinación de la Evapotranspiración de referencia.

Con los datos de esta estación se obtuvieron las variables climáticas y se calculó la radiación y la evapotranspiración de referencia. En la Tabla 4.63 se presenta el valor promedio de la Evapotranspiración de referencia anual, la que es de 3.34 mm/día



**Tabla 4. 63.** Datos de clima y ET<sub>0</sub> para la estación climática Peñamiller, Querétaro

Mes	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Radiación MJ/m <sup>2</sup> /día	ET <sub>0</sub> mm/día
Enero	7.7	26.8	1.0	9	10.0	18.7	1.47
Febrero	9.2	29.2	1.5	12	11.0	22.1	2.07
Marzo	11.6	31.8	1.8	11	11.5	25.3	2.78
Abril	14.1	33.6	2.1	11	12.1	27.8	3.49
Mayo	16.6	34.5	5.0	12	13.0	29.5	4.14
Junio	17.5	32.7	19	12	14.0	30.9	4.94
Julio	17.0	31.1	31	13	14.0	30.9	5.15
Agosto	16.7	31.3	25	10	13.0	29.1	4.63
Septiembre	16.3	30.1	32	10	12.5	27.1	4.28
Octubre	13.6	29.5	21	10	12.0	24.1	3.22
Noviembre	10.7	28.7	20	9	11.0	20.3	2.38
Diciembre	8.2	27.3	5	9	10.5	18.6	1.57
<b>Promedio</b>	<b>13.3</b>	<b>30.6</b>	<b>13.6</b>	<b>10.7</b>	<b>12.1</b>	<b>25.4</b>	<b>3.34</b>

Fuente:

#### 4.3.3. Determinación de la Precipitación efectiva

De otra parte, los datos registrados de precipitación promedio mensual se introdujeron en la hoja de cálculo del programa para obtener la precipitación efectiva, cabe mencionar que el programa analiza los datos con el método USDA. Los datos de precipitación de la estación climática Peñamiller y su respectivo valor de precipitación efectiva se muestra en la Tabla 3.2.

**Tabla 4. 64.** Datos de precipitación efectiva obtenidos con el programa CROPWAT© 8.0 para la estación climática, Peñamiller, Querétaro

Mes	Precipitación promedio mensual	Precipitación efectiva promedio mensual
	mm	mm
Enero	11.0	10.8
Febrero	10.4	10.2
Marzo	5.6	5.5
Abril	26.8	25.7
Mayo	42.9	40.0
Junio	61.8	55.7
Julio	67.8	60.4

Mes	Precipitación promedio mensual	Precipitación efectiva promedio mensual
	mm	mm
Agosto	60.3	54.5
Septiembre	64.4	57.8
Octubre	32.7	31.0
Noviembre	6.3	6.2
Diciembre	3.1	3.1
<b>Total</b>	<b>360.9</b>	<b>360.9</b>

Fuente:

#### 4.5.3. Consideraciones de las características del suelo

El municipio de ubica en la Región hidrológica Panuco, subcuenca del Río Extóraz (86.1%). En este municipio se observan como suelos dominantes al Regosol (47.9%), Leptosol (39.3%), Phaeozem (9.1%), Luvisol (3.3%) y Calcisol (0.3%).

Bajo estas consideraciones, y como una evaluación preliminar de las potencialidades y limitaciones de los suelos y del ambiente que lo rodea, se tomó la decisión de seleccionar en los datos que muestra el programa, los suelos FAO Medium loam (Migajón). Tabla 4.3.

Tabla 4. 65 Características de suelo FAO empleado para

Nombre del suelo	Medium loam	Unidades
Humedad del suelo disponible total (CC-PMP)	290	mm/m
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de humedad del suelo (%ADT)	0	%
Humedad del suelo inicialmente disponible	290	mm/m

Los rangos de profundidad máxima efectiva de las raíces y las fracciones de agotamiento de la humedad en el suelo para condiciones sin estrés hídrico, así como Ks, etapas del cultivo, además de datos de cultivo se obtienen de Allen, 1998.

#### 4.5.4. Datos del cultivo Arándano en Peñamiller, Querétaro

Los datos del cultivo de arándano que se utilizan en el software CROPWAT© 8.0. se muestran en la Tabla 4.66, donde se observa que la siembra de arándano es el 15 de diciembre, sus valores del coeficiente del cultivo son de 0.3, 1.05 y 0.5 y que tiene un período de 150 días. Tablas 4.67.

Tabla 4. 66 Fecha de siembra, Coeficiente de cultivo y etapas del cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Arándano	01-dic	0.30	1.05	0.50	30	43	45	32	150

Tabla 4. 67 Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento del Arándano, en Peñamiller, Querétaro

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (frac)			Factor respuesta rendimiento				Altura de cultivo (m)
Arándano	0.20	0.55	0.25	0.25	0.25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5

#### 4.4.4.1. Requerimiento de agua del cultivo Arándano en Peñamiller, Querétaro

Para estimar la cantidad de agua para compensar la pérdida de evapotranspiración en campo del cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro, se realizan cálculos con el software CROPWAT© 8.0. Los resultados son para periodos de 10 días (décadas), observándose el valor más alto en la tercera década del mes de marzo con 30.8 mm/dec y un requerimiento total de 209.9 mm. Tabla 4.68.

Tabla 4. 68 Requerimiento de agua para el cultivo de Arándano en Peñamiller, Querétaro

Mes	Década	Etapas	Kc	Etc	Etc	Precipitación Efectiva	Requerimiento de riego
-----	--------	--------	----	-----	-----	------------------------	------------------------



			Coefficiente	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dic	1		0.30	0.55	5.5	1.0	4.5
Dic	2	Inc	0.30	0.47	4.7	0.5	4.2
Dic	3	Inc	0.30	0.46	5.1	1.6	3.5
Ene	1	Inc	0.41	0.62	6.2	3.0	3.2
Ene	2	Des	0.58	0.86	8.6	4.0	4.6
Ene	3	Des	0.77	1.28	14.1	3.8	10.3
Feb	1	Des	0.95	1.77	17.7	3.6	14.1
Feb	2	Med	1.04	2.16	21.6	3.6	18.0
Feb	3	Med	1.04	2.40	19.2	3.0	16.2
Mar	1	Med	1.04	2.65	26.5	1.6	24.9
Mar	2	Med	1.04	2.89	28.9	0.7	28.2
Mar	3	Fin	1.03	3.11	34.2	3.3	30.8
Abr	1	Fin	0.89	2.91	29.1	6.5	22.6
Abr	2	Fin	0.72	2.52	25.2	8.8	16.4
Abr	3	Fin	0.56	2.06	18.5	9.3	8.2
					265.1	54.1	209.9

#### 4.4.4.2. Programación de riego en el cultivo Arándano en Peñamiller, Querétaro

Se configuraron las opciones “momento del riego para riego a intervalo fijo de diez días” y aplicación del riego a capacidad de campo con eficiencia 95%. Tablas 4. 38.– 4.40.

Tabla 4. 69 Programación del riego de arándano en Peñamiller, Querétaro

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
10-dic	10	Ini	0.0	1.00	100	6	4.5	0.0	0.0	4.7	0.05
20-dic	20	Ini	0.0	1.00	100	5	4.2	0.0	0.0	4.4	0.05
30-dic	30	Ini	0.0	1.00	100	3	3.1	0.0	0.0	3.2	0.04
09-ene	40	Des	0.0	1.00	100	3	3.0	0.0	0.0	3.2	0.04
19-ene	50	Des	0.0	1.00	100	3	4.3	0.0	0.0	4.6	0.05
29-ene	60	Des	0.0	1.00	100	6	8.5	0.0	0.0	9.0	0.10
08-feb	70	Des	0.0	1.00	100	8	13.1	0.0	0.0	13.8	0.16
18-feb	80	Med	0.0	1.00	100	11	17.2	0.0	0.0	18.1	0.21
28-feb	90	Med	0.0	1.00	100	13	20.5	0.0	0.0	21.6	0.25
10-mar	100	Med	0.0	1.00	100	16	24.9	0.0	0.0	26.2	0.30
20-mar	110	Med	0.0	1.00	100	18	28.2	0.0	0.0	29.7	0.34
30-mar	120	Fin	0.0	1.00	100	17	27.7	0.0	0.0	29.2	0.34
09-abr	130	Fin	0.0	1.00	100	14	22.6	0.0	0.0	23.8	0.28
	140	Fin	0.0	1.00	100	10	16.4	0.0	0.0	17.3	0.2
	fin	Fin	0.0	1.00	0	5					

Tabla 4. 70 Totales de la programación de riego del cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro

Totales	Cant.	Unidad	Totales	Cant.	Unidad
Lámina bruta total	208.6	mm	Precipitación total	56.7	mm
Lámina neta total	198.2	mm	Precipitación efectiva	56.7	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	0.0	mm



Totales	Cant.	Unidad	Totales	Cant.	Unidad
Uso real de agua del cultivo	263.0	mm	Deficiencia humedad cosecha	8.1	mm
Uso potencial de agua del cultivo	263.0	mm	Requerimientos reales de riego	206.3	mm
Eficiencia de programación rgo.	100.0	%	Eficiencia de precipitación	100	%
Deficiencia de programación rgo.	0.0	%			

Tabla 4. 71. Reducción de rendimiento de arándano en Peñamiller, Querétaro

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

#### 4.4.4.3. Aprovisionamiento del sistema en el cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro

El aprovisionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de arándano, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.41.

Tabla 4. 72. Aprovisionamiento del sistema en para el cultivo de arándano en Peñamiller, Querétaro

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. Arándano	0.0	7.2	42.0	78.2	94.4	51.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.3	1.4	2.6	3.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	7.2	42.0	78.2	94.4	51.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.03	0.16	0.30	0.35	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
<b>Área regada</b>												
% del área total	0.0	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.0	0.03	0.16	0.30	0.35	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### 4.4.5. Datos del cultivo Jitomate en Peñamiller, Querétaro

Los datos del cultivo de jitomate obtenidos con el software CROPWAT© 8.0. se muestran en la Tablas 4.42. - 4.43, donde se observan los diversos valores Fecha de siembra, Kc y etapas del cultivo, profundidad de raíces, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento de jitomate en Peñamiller, Querétaro.



Tabla 4. 73. Fecha de siembra, Kc y etapas del jitomate en Peñamiller, Querétaro

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
jitomate	01-agos	0.60	1.15	0.80	30	42	45	30	147

Tabla 4. 74. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de jitomate, en Peñamiller, Querétaro

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (fracc)			Factor respuesta rendimiento					Altura de cultivo (m)
jitomate	0.20	1.10	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	1.1	0.8	1.05	0.60

## 4.4.5.1. Requerimiento de agua del cultivo jitomate en Peñamiller, Querétaro.

Los requerimientos de agua del cultivo jitomate en Peñamiller, Querétaro se calcularon con el programa CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadarios), observándose que un mayor valor en la 3 década del mes de octubre con 29.0 mm/dec y un total de 265.8 mm. Tabla 4.14.

Tabla 4. 75. Requerimiento de agua para el cultivo de jitomate en Peñamiller, Querétaro

Mes	Decada	Etapas	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Etc mm/dec	Precipitación Efectiva mm/dec	Requerimiento de riego mm/dec
Agos	1	Inc	0.60	2.88	28.8	18.6	10.3
Agos	2	Inc	0.60	2.78	27.8	17.8	<b>10.0</b>
Ago	3	Des	0.60	2.71	29.9	18.3	<b>11.6</b>
Sep	1	Des	0.68	3.00	30.0	19.8	<b>10.2</b>
Sep	2	Des	0.81	3.46	34.6	20.7	13.9
Sep	3	Des	0.93	3.67	36.7	17.2	19.5
Oct	1	Med	1.06	3.79	37.9	13.3	24.6
Oct	2	Med	1.13	3.64	36.4	10.3	26.1
Oct	3	Med	1.13	3.32	36.5	7.5	29.0
Nov	1	Med	1.13	3.01	30.1	4.2	25.9
Nov	2	Med	1.13	2.69	26.9	1.1	25.8
Nov	3	Fin	1.11	2.35	23.5	1.1	22.4
Dic	1	Fin	1.01	1.86	18.6	1.0	17.5
Dic	2	Fin	0.90	1.41	14.1	0.5	13.5
Dic	3	Fin	0.81	1.25	6.2	0.7	5.5
					<b>417.8</b>	<b>151.9</b>	<b>265.8</b>

## 4.4.5.2. Programación de riego en el cultivo jitomate en Peñamiller, Querétaro

La programación del riego en CROPWAT© 8.0 se realizó con la programación de riego “momento del riego para regar a intervalo fijo por etapa de diez días” y “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.45 – 4.47.



Tabla 4. 76. Programación del riego de jitomate en Peñamiller, Querétaro para jitomate

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
10-ago	10	Ini	0.0	1.00	100	14	12.8	0.0	0.0	13.4	0.16
20-ago	20	Ini	0.0	1.00	100	10	12.4	0.0	0.0	13.1	0.15
30-ago	30	Ini	0.0	1.00	100	7	11.6	0.0	0.0	12.2	0.14
09-sep	40	Des	0.0	1.00	100	5	9.9	0.0	0.0	10.5	0.12
19-sep	50	Des	0.0	1.00	100	5	12.6	0.0	0.0	13.3	0.15
29-sep	60	Des	0.0	1.00	100	6	17.4	0.0	0.0	18.3	0.21
09-oct	70	Des	0.0	1.00	100	8	23.5	0.0	0.0	24.7	0.29
19-oct	80	Med	0.0	1.00	100	8	25.8	0.0	0.0	27.2	0.31
29-oct	90	Med	0.0	1.00	100	8	25.7	0.0	0.0	27.1	0.31
08-nov	100	Med	0.0	1.00	100	8	26.4	0.0	0.0	27.7	0.32
18-nov	110	Med	0.0	1.00	100	8	26.5	0.0	0.0	27.9	0.32
28-nov	120	Fin	0.0	1.00	100	7	23.1	0.0	0.0	24.3	0.28
08-dic	130	Fin	0.0	1.00	100	6	18.1	0.0	0.0	19.5	0.23
18-dic	140	Fin	0.0	1.00	100	5	14.4	0.0	0.0	15.2	0.18
23-dic	Fin	Fin		1.00	0	2					

Tabla 4. 77. Totales de la programación de riego del cultivo de jitomate

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	274.4	mm	Precipitación total	166.3	mm
Lámina neta total	260.7	mm	Precipitación efectiva	148.9	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	17.4	mm
Uso real de agua del cultivo	416.6	mm	Deficiencia humedad en cosecha	7.0	mm
Uso potencial de agua del cultivo	416.6	mm	Requerimientos reales de riego	267.7	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	89.5	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 78. Reducción de rendimiento en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de jitomate

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	0.5	0.6	1.10	0.8	1.05	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

## 4.4.5.3. Aprovisionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de jitomate

El aprovisionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de jitomate, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.48, observándose que

en el mes de junio es mayor el déficit de precipitación y por ello se requieren mayores volúmenes de agua de riego en este mes con 106.3 mm/mes

Tabla 4. 79. Aprovechamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de jitomate

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. jitomate	0.0	5.4	47.0	66.0	104.9	106.3	51.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.2	1.5	2.2	3.4	3.5	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	5.4	47.0	66.0	104.9	106.3	51.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.02	0.18	0.25	0.39	0.41	0.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Área regada</b>												
% del área total	0.0	100	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.0	0.02	0.18	0.25	0.39	0.41	0.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### 4.4.6. Datos del cultivo Fresa en Peñamiller, Querétaro

Los datos del cultivo de fresa utilizados en el software CROPWAT© 8.0, se presentan en las tablas 4.49 - 4.50.

Tabla 4. 80. Fecha de siembra, Kc y etapas de fresa en Peñamiller, Querétaro

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Fresa	15-oct	0.3	0.85	0.75	30	44	47	31	152

Tabla 4. 81. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de fresa en Peñamiller, Querétaro

Nombre cultivo	Profundidad (m)		Agotamiento crítico (frac)			Factor respuesta rendimiento					Altura de cultivo (m)
Fresa	0.15	0.30	0.20	0.20	0.20	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.20

#### 4.4.6.1. Requerimiento de agua del cultivo fresa en Peñamiller, Querétaro

El requerimiento de agua del cultivo fresa en Peñamiller, Querétaro se calculó con el programa CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadarios), observándose que un mayor valor en la 3 década del mes de marzo con 22.0 mm/dec y un requerimiento total de 169.7 mm. Tabla 4.21.

Tabla 4. 82. Requerimiento de agua para el cultivo de fresa en Peñamiller, Querétaro.

Mes	Década	Etapa	Kc Coeficiente	Etc	Etc	Prec. Efectiva mm/dec	Req. de riego mm/dec
				mm/día	mm/dec		
Nov	1	Ini	0.30	0.80	8.0	4.2	3.8
Nov	2	Ini	0.30	0.72	7.2	1.1	6.1
Nov	3	Ini	0.30	0.63	6.3	1.1	5.3
Dic	1	Des	0.37	0.68	6.8	1.0	5.7
Dic	2	Des	0.49	0.77	7.7	0.5	7.2
Dic	3	Des	0.62	0.95	10.5	1.6	8.9
Ene	1	Des	0.75	1.13	11.3	3.0	8.3



Mes	Década	Etapa	Kc Coeficiente	Etc	Etc	Prec. Efectiva mm/dec	Req. de riego mm/dec
				mm/día	mm/dec		
Ene	2	Med	0.84	1.23	12.3	4.0	8.4
Ene	3	Med	0.84	1.41	15.5	3.8	11.7
Feb	1	Med	0.84	1.58	15.8	3.6	12.2
Feb	2	Med	0.84	1.75	17.5	3.6	13.9
Feb	3	Med	0.84	1.95	15.6	3.0	12.6
Mar	1	Fin	0.83	2.11	21.1	1.6	19.5
Mar	2	Fin	0.80	2.22	22.2	0.7	21.5
Mar	3	Fin	0.76	2.31	25.4	3.3	22.0
Abr	1	Fin	0.74	2.42	2.4	0.6	2.4
					<b>205.6</b>	<b>36.5</b>	<b>169.7</b>

#### 4.4.6.2. Programación de riego para el cultivo fresa en Peñamiller, Querétaro

La programación del riego en CROPWAT© 8. considera la programación de riego “momento del riego para regar a intervalo fijo por etapa de diez días”, “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.52 – 4.54.

Tabla 4. 83. Programación del riego de fresa en Peñamiller, Querétaro

Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
10-nov	10	Ini	0.0	1.00	100	9	4.2	0.0	0.0	4.4	0.05
20-nov	20	Ini	0.0	1.00	100	11	6.1	0.0	0.0	6.4	0.07
30-nov	30	Ini	0.0	1.00	100	9	5.3	0.0	0.0	5.6	0.06
10-dic	40	Des	0.0	1.00	100	9	5.7	0.0	0.0	6.0	0.07
20-dic	50	Des	0.0	1.00	100	10	7.2	0.0	0.0	7.6	0.09
30-dic	60	Des	0.0	1.00	100	10	8.0	0.0	0.0	8.4	0.10
09-ene	70	Des	0.0	1.00	100	10	8.1	0.0	0.0	8.5	0.10
19-ene	80	Med	0.0	1.00	100	9	8.2	0.0	0.0	8.7	0.10
29-ene	90	Med	0.0	1.00	100	12	10.1	0.0	0.0	10.6	0.12
08-feb	100	Med	0.0	1.00	100	14	11.8	0.0	0.0	12.4	0.14
18-feb	110	Med	0.0	1.00	100	16	13.5	0.0	0.0	14.3	0.17
28-feb	120	Fin	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	16.9	0.20
10-mar	130	Fin	0.0	1.00	100	22	19.5	0.0	0.0	20.5	0.24
20-mar	140	Fin	0.0	1.00	100	25	21.4	0.0	0.0	22.6	0.26
30-mar	150	Fin	0.0	0.99	100	23	19.6	0.0	0.0	20.7	0.24
01-abr	Fin	Fin	0.0	1.00	0	3					

Tabla 4. 84. Totales de la programación de riego del cultivo de fresa en Peñamiller, Querétaro

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	173.6	mm	Precipitación total	36.4	mm
Lámina neta total	164.9	mm	Precipitación efectiva	35.9	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	0.6	mm



Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Uso real de agua del cultivo	203.1	mm	Deficiencia humedad en cosecha	2.3	mm
Uso potencial de agua del cultivo	203.1	mm	Requerimientos reales de riego	167.3	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	98.4	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 85. Reducción de rendimiento de la fresa en Peñamiller, Querétaro

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		%
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	%

4.4.6.3. Aprovisionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de fresa

El aprovisionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de arándano, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.55.

Tabla 4. 86. Aprovisionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para el cultivo de fresa

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
1. jitomate	0.0	20	21.1	34.2	67.7	67.6	49.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.1	0.7	1.1	2.2	2.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	20	21.1	34.2	67.7	67.6	49.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.01	0.08	0.13	0.25	0.26	0.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Área regada</b>												
% del área total	0.0	100	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.0	0.1	0.7	1.1	2.2	2.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4.4.7. Datos del cultivo cereza en Peñamiller, Querétaro

Los datos del cultivo de cereza obtenidos con el software CROPWAT© 8.0. se muestran en la Tablas 4.56. - 4.57, donde se observan los diversos valores Fecha de siembra, Kc y etapas del cultivo, profundidad de raíces, agotamiento crítico, factor de respuesta de rendimiento de jitomate en Peñamiller, Querétaro.

Tabla 4. 87. Fecha de siembra, Kc y etapas de cereza en Peñamiller, Querétaro

Nombre del cultivo	Siembra	Kc Valores			Etapas (días)				TOTAL
					Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Cereza	01-oct	0.45	1.15	0.85	30	45	45	32	152

Tabla 4. 88. Profundidad, agotamiento, respuesta de rendimiento de cereza, en Peñamiller, Querétaro

Profundidad (m)		Agotamiento crítico (frac)			F respuesta rendimiento				Altura de cultivo (m)
0.35	1.40	0.50	0.50	0.50	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7

#### 4.4.7.1. Requerimiento de agua del cultivo cereza en Peñamiller, Querétaro

El requerimiento de agua del cultivo cereza en Peñamiller, Querétaro se calculó con el programa CROPWAT© 8.0 para periodos de 10 días (decadarios), observándose que un mayor valor en la 3 década del mes de enero con 17.1 mm/dec y un total de 202.6 mm. Tabla 4.21.

Tabla 4. 89. Requerimiento de agua para el cultivo de cereza en Peñamiller, Querétaro

Mes	Década	Etap	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Etc mm/dec	Precipitación Efectiva mm/dec	Requerimiento de riego mm/dec
Oct	1	Ini	0.45	1.61	16.1	13.3	2.8
Oct	2	Ini	0.45	1.45	14.5	10.3	4.2
Oct	3	Des	0.45	1.33	14.6	7.5	7.1
Nov	1	Des	0.55	1.46	14.6	4.2	10.5
Nov	2	Des	0.70	1.68	16.8	1.1	15.7
Nov	3	Des	0.86	1.81	18.1	1.1	17.0
Dic	1	Des	1.01	1.86	18.6	1.0	17.5
Dic	2	Med	1.13	1.77	17.7	0.5	17.2
Dic	3	Med	1.14	1.75	19.2	1.6	17.7
Ene	1	Med	1.14	1.71	17.1	3.0	14.1
Ene	2	Med	1.14	1.67	16.7	4.0	12.8
Ene	3	Fin	1.14	1.90	20.9	3.8	17.1
Feb	1	Fin	1.08	2.01	20.1	3.6	16.5
Feb	2	Fin	0.98	2.02	20.2	3.6	16.7
Feb	3	Fin	0.89	2.05	16.4	3.0	13.4
Mar	1	Fin	0.84	2.14	2.1	0.2	2.1
					<b>263.9</b>	<b>61.5</b>	<b>202.6</b>

#### 4.4.7.2. Programación de riego para el cultivo cereza en Peñamiller, Querétaro

La programación del riego en CROPWAT© 8.0 se realizó configurando las opciones “momento del riego para regar a intervalo fijo por etapa de diez días” y “aplicación del riego hasta capacidad de campo” con eficiencia de campo de 95%. Tablas 4.59 – 4.61.

Tabla 4. 90. Programación del riego de cereza en Peñamiller, Querétaro

Fecha	Día	Etap	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
10-oct	10	Ini	0.0	1.00	100	5	6.4	0.0	0.0	6.8	0.08
20-oct	20	Ini	0.0	1.00	100	3	6.3	0.0	0.0	6.6	0.08
30-oct	30	Ini	0.0	1.00	100	3	6.7	0.0	0.0	7.1	0.08
09-nov	40	Des	0.0	1.00	100	4	10.2	0.0	0.0	10.7	0.12
19-nov	50	Des	0.0	1.00	100	5	15.5	0.0	0.0	16.3	0.19
29-nov	60	Des	0.0	1.00	100	5	16.9	0.0	0.0	17.8	0.21
09-dic	70	Des	0.0	1.00	100	5	17.5	0.0	0.0	18.4	0.21



Fecha	Día	Etapa	Precipita.	Ks	Eta	Agot.	Lám. neta	Déficit	Pérdida	Lám. Bruta	Caudal
			mm	fracción	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
19-dic	80	Med	0.0	1.00	100	4	17.3	0.0	0.0	18.2	0.21
29-dic	90	Med	0.0	1.00	100	4	15.9	0.0	0.0	16.8	0.19
08-ene	100	Med	0.0	1.00	100	3	14.2	0.0	0.0	14.9	0.17
18-ene	110	Med	0.0	1.00	100	3	12.8	0.0	0.0	13.5	0.16
28-ene	120	Med	0.0	1.00	100	4	17.7	0.0	0.0	15.5	0.18
07-feb	130	Fin	0.0	1.00	100	4	16.2	0.0	0.0	17.0	0.20
17-feb	140	Fin	0.0	1.00	100	4	16.6	0.0	0.0	17.5	0.20
27-feb	150	Fin	0.0	1.00	100	4	17.4	0.0	0.0	18.3	0.21
01-mar	Fin	Fin	0.0	100	0	1					

Tabla 4. 91. Totales de la programación de riego del cultivo de cereza en Peñamiller, Querétaro

Totales	Cantidad	Unidad	Totales	Cantidad	Unidad
Lámina bruta total	215.3	mm	Precipitación total	63.6	mm
Lámina neta total	204.5	mm	Precipitación efectiva	55.2	mm
Pérdida total del riego	0.0	mm	Pérdida total precipitación	8.3	mm
Uso real de agua del cultivo	261.8	mm	Deficiencia humedad en cosecha	2.0	mm
Uso potencial de agua del cultivo	261.8	mm	Requerimientos reales de riego	206.6	mm
Eficiencia de programación de riego	100.0	%	Eficiencia de precipitación	86.9	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Tabla 4. 92. Reducción de rendimiento de la cereza en Peñamiller, Querétaro

Etiqueta de escenario	A	B	C	D	Estación	Unidad
Reducción en Etc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Factor respuesta de rendimiento	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	%
Reducción de rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0		%
Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%

4.4.7.3. Aproveccionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para la cereza

El proveccionamiento del sistema incluye conceptos de entrada de agua al sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de cereza, esto es, el déficit de precipitación para el cultivo, los requerimientos netos del sistema y, la superficie de riego y la irrigada. Tabla 4.62, donde se observa el mayor requerimiento en junio con 110.9 mm/mes.

Tabla 4. 93. Aproveccionamiento del sistema en Peñamiller, Querétaro para la cereza

Deficit de precipitación	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic



l. cereza	0.0	1.6	33.7	53.4	103.9	110.9	73.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. neto sistema</b>												
en mm/día	0.0	0.1	1.1	1.8	3.4	3.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	1.6	33.7	53.4	103.9	110.9	73.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.0	0.01	0.13	0.21	0.39	0.43	0.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Área regada</b>												
% del área total	0.0	100	100	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. riego área real</b>												
l/s/h	0.0	0.01	0.13	0.21	0.39	0.43	0.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## 6. CONCLUSIONES

Se diseñó un posible sistema de desalinización por nanofiltración compuesto por un filtro, módulos de nanofiltración (NF) y un sistema de bombeo fotovoltaico (PV-B). Cabe mencionar que este sistema bombea agua que se desalinizará hacia las membranas, para obtener un permeado de agua dulce y como residuo un fluido concentrado.

Se desarrolló un sistema de información geográfica utilizando el programa de licencia libre Google Earth Pro para separar información en carpetas por Estado, obteniéndose primeramente los límites de los estados de Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas y, posteriormente de municipios para definir áreas de acuíferos salobres en las colindancias de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas a través del Sistema Nacional de Información del Agua de la CONAGUA.

Asimismo, se incorporó la información de cada estado dada por la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua disponible en el sitio del Sistema Nacional de Información del Agua con indicadores de las calidades del agua superficial y subterránea teniendo información de 570 sitios en Querétaro, 436 sitios en San Luis Potosí y 1539 en Zacatecas.

Se eligieron las estaciones climáticas El Mezquite en el Estado de San Luis Potosí, Trancoso en el Estado de Zacatecas y Peñamiller en el Estado de Querétaro para calcular los requerimientos de riego mediante el software de la FAO, programa CROPWAT© 8.0. para los cultivos de arándano, jitomate, fresa y cereza.

Se calculó los requerimientos de agua del cultivo para periodos decadiarios, configurando para la opción del momento de riego a “regar en intervalos fijos de 10 días por etapa” y, para la opción aplicación del riego se consideró “llevar el suelo a capacidad de campo (CC)” y, la eficiencia del riego en 95%.

El requerimiento de riego para el cultivo de arándano por estado fue de 296.9 mm en San Luis Potosí, 237.0 mm en el Estado de Zacatecas y de 209.9 mm en Querétaro, el requerimiento de riego para el cultivo de Jitomate por estado fue de 254.8 mm en San Luis Potosí, 134.2 mm en el Estado de Zacatecas y de 265.8 mm en Querétaro, el requerimiento de riego para el cultivo de fresa por estado fue de 198.4 mm en San Luis Potosí, 121.6 mm en el Estado de Zacatecas y de 169.7 mm en Querétaro y el requerimiento de riego para el cultivo de cereza por estado fue de 252.8 mm en San Luis Potosí, 163.1 mm en el Estado de Zacatecas y de 202.6 mm en Querétaro.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Allen, R., G., L.S. Pereira, D. Raes y M. Smith. 1998. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje No. 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- 2) Alvarado, M., P. Situación actual de los recursos hidráulicos en el Estado de Zacatecas. Foro Binacional México – USA sobre Desertificación y Sequía en relación con el cambio climático. Comisión Nacional Forestal, Gobierno del Estado de Zacatecas, USDA-CONAGUA-SEMARNAT.
- 3) Alvarado I., 2016. Detectan concentración alta de mercurio en la Sierra Gorda de Querétaro. Gaceta Digital UNAM. <http://www.gaceta.unam.mx/20160602/detectan-concentracion-alta-de-mercurio-en-la-sierra-gorda-de-queretaro/>
- 4) Arreguín, C., F. 2000. Desalinización del agua. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XV, núm. 1, enero-abril, pp. 27-49
- 5) Bascopé, J., A. 2011. Realidad productiva del Arándano en EE. UU: y México. Informe de experto.
- 6) Berries. Agrimundo - Inteligencia competitiva para el Sector Agroalimentario. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. Santiago de Chile.
- 7) Bueno Pedroza, Angélica. 2005. Interpretación hidrogeoquímica de los sistemas de flujo de la parte norte del Altiplano Potosino. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L., México. Febrero de 2005. 142 pág. <http://eprints.uanl.mx/1627/1/1020150567.PDF> [Consultado el 20 de noviembre de 2019]
- 8) Cardona Benavides, Antonio; Giacomán Vallejos, German; Castro Larragoitia, Javier; García Arreola, Ma. Elena; Medellín Castillo, Nahúm Andrés; Aceves de Alba, Jorge; Lorenzo Flores, Alfonso; Alonso Torres, Sócrates; Martínez. Partida, Maribel E.; Correa Tobías, Christian Moisés. 2017-2018. Avance del Proyecto de Investigación Calidad del Agua Subterránea del Valle de Rioverde. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado. San Luis Potosí, México.
- 9) CONAE. Programa de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL). 2012. Secretaría de Energía. México, D.F. 2007 [en línea]. Disponible para *World Wide Web*: [www.conae.gob.mx/.../sp\\_Programa\\_de\\_Calentadores\\_Solares\\_de\\_Agua\\_Mexico.pdf](http://www.conae.gob.mx/.../sp_Programa_de_Calentadores_Solares_de_Agua_Mexico.pdf),
- 10) Comisión Nacional del Agua -Gerencia Estatal Zacatecas. 1974-2000. Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS). Base de datos en archivo electrónico proporcionado por las oficinas estatales de CONAGUA en el estado de Zacatecas en 2019.
- 11) Comisión Nacional del Agua. 2018-2019. CALIDAD DEL AGUA ZACATECAS SUBTERRANEA. Base de datos en archivo electrónico proporcionado por las oficinas estatales de CONAGUA en el estado de Zacatecas en 2019.
- 12) Comisión Nacional del Agua. S/F. Sistema Nacional de Información del Agua. Monitoreo de las Principales Presas de México. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/almacenamientoPresas.php>. [Consultado el 06 de Noviembre de 2019].
- 13) Comisión Nacional del Agua. 1997. Estudio de Simulación Hidrodinámica y Diseño Óptimo de las Redes de Observación de los Acuíferos Calera, San Luis Potosí y Toluca. Comisión Nacional del Agua – Subdirección General Técnica – Gerencia de Aguas Subterráneas. México. (Realizado por Ariel Consultores, S.A., en el año 1996).



- 14) Comisión Nacional del Agua – Unión Agrícola Regional de Productores de Fríjol y Granos Básicos. 2000. Actualización de estudios geohidrológicos de la porción noreste del Estado de Zacatecas (Acuífero Puerto Madero). Contrato UARPF-CNA 2000 – 01. (Realizado por Geofísica de Exploraciones Guysa, S.A. de C.V.)
- 15) Comisión Nacional del Agua. 2001. Modelo de simulación hidrodinámica de los acuíferos Chihuahua-Sacramento, Chih. y Chupaderos, Zac. Tomo II Acuífero Chupaderos, Zac. *Nota: Datos utilizados para el acuífero Chupaderos fueron publicados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en 1996.*
- 16) Comisión Nacional del Agua. 2006. Estudio para la reactivación de redes de monitoreo piezométrico y de calidad del agua de los acuíferos Hidalgo y Sabinas, en el estado de Zacatecas. (CONAGUA-GEZAC. GEOPSA, S.A. nov-2006. SGT-GRPN-ZAC-06-021-RF-LP)
- 17) Comisión Nacional del Agua. 2007. Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y de calidad del Agua en los Acuíferos Villa García, El Salvador, Guadalupe Garzarón, Camacho y El Cardito, estado de Zacatecas
- 18) Comisión Nacional del Agua. 2008. Evaluación Geohidrológica de los Acuíferos García de la Cadena, Pino Suárez y Corrales, Zac. Realizado por la empresa Ingeniería y Gestión Hídrica, S. C.
- 19) Comisión Nacional del Agua 2008b. Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y Calidad del Agua de los Acuíferos de: Nochistlán y Tlaltenango-Tepechtlán, en el estado de Zacatecas. Elaborado por la empresa GEOPSA, S.A. de C.V
- 20) Comisión Nacional del Agua. 2009. Reactivación de las Redes de Monitoreo Piezométrico y de Calidad del Agua de los Acuíferos: El Palmar, Sain Alto y Abrego, Estado de Zacatecas
- 21) Comisión Nacional del Agua. 2010. Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y de Calidad del Agua en los Acuíferos de: Guadalupe de las Corrientes, Puerto Madero, Villa Hidalgo, Pinos y Espíritu Santo. Realizado por Ingeniería y Gestión Hídrica S.C.
- 22) Comisión Nacional del Agua. 2010b. Informe de Análisis Físicoquímicos de Agua para Riego del Pozo del Predio San Sabas, Com. San Pablo de Rancho Grande. Comisión Nacional del Agua-Dirección Local Zacatecas-Coordinación del Area Técnica-Depto. de Saneamiento y Calidad del Agua.
- 23) Comisión Nacional del Agua. 2013. Estudio geohidrológico para actualizar la disponibilidad media anual de aguas subterráneas de los acuíferos Villanueva y Jerez, Estado de Zacatecas.
- 24) COTAS-VSJR. 2017. Monitoreo de caudal y calidad del agua de manantiales. Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero del Valle de San Juan del Río, A.C. Reporte Técnico Manantiales 2017. San Juan del Río, Querétaro. <https://drive.google.com/file/d/1nHgnj4eZgFXoeQqH-Ln5br8EUHAsbmwS/view>. [Consultado el 02 de septiembre de 2019].
- 25) COTAS Villa de Arista – UASLP. 2016. Análisis químicos de agua practicados en pozos de los municipios de Moctezuma, Villa de Arista y San Luis Potosí. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria.
- 26) COTAS Villa de Arista – COEPRIS. 2017. Análisis químicos de agua practicados en pozos del COTAS Villa de Arista en los municipios Villa de Arista, San Luis Potosí, Moctezuma, Charcas y Venado.
- 27) Datos climatológicas básicas del Estado de Queretaro –Normales climáticas por Estado. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=gro>, <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=slp> <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=zac>.



- 28) Dévora-Isiordia G. E., González-Enríquez R., Ruiz-Cruz R. 2013. Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 4. Pág. 27-46.
- 29) Estadísticas climatológicas básicas del Estado de San Luis Potosí. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/167.pdf>.
- 30) Estadísticas climatológicas básicas del Estado del Estado de Zacatecas. <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/climaZacatecas.pdf>
- 31) Díaz Rivera, Juan Carlos. 2018. Análisis de la dinámica espacio-temporal y distribución potencial de los manantiales en el Valle de Rioverde, San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado. UASLP. San Luis Potosí, México.
- 32) Fiedler M., I. 2015. Caracterización físico-química y de sistema de producción del Arándano (*Vaccinium myrtillus L.*) en Jalisco. Tesis profesional. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco.
- 33) Geoinnova, 2020. ¿Qué son los sistemas de información geográfica (SIG). Geoinnova-Formación-SIG y Medio Ambiente. <https://geoinnova.org/cursos/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>
- 34) Gobierno de México a, 2020. Normales Climatológicas por Estado. San Luis Potosí. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=slp>.
- 35) Gobierno de México b, 2020. Normales Climatológicas por Estado. Zacatecas. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=zac>
- 36) Gobierno de México b, 2020. Normales Climatológicas por Estado. Queretaro. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=qro>
- 37) Ghermandi, A. & Messalem, R. 2009 The advantages of NF desalination of brackish water for sustainable irrigation: the case of the Arava Valley in Israel. *Desalination and Water Treatment* 10 (1–3), 101–107.
- 38) Gómez, M., M. G. 2010. La poda en la productividad de Arándano (*Vaccinium spp.*) en Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Departamento de Fitotecnia, Instituto de Horticultura, Coordinación General de Posgrado. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- 39) Hernández, H. D. 2014. Estudio nutrimental de Arándano Azul (*Vaccinium corymbosum L.*) cv. Biloxi en los Reyes, Michoacán. Tesis Doctoral. Postgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillos.
- 40) Hernández-Silva, G., R. García-Martínez, S. Solís-Valdez, S. Martínez Trinidad, T. Mercado Sotelo, M. Ramírez –Islas, P. Scharek y G. Solorio Munguía. 2012. Presencia de Hg total en una relación suelo-planta-atmósfera al sur de la Sierra Gorda de Querétaro, México. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 15(1); 5-15.
- 41) <file:///C:/Users/jmdiaz/Documents/AAA%20Alito%202019/Proyecto%20Lalo/San%20Joaquin%20Queretaro/cqb121a.pdf>.
- 42) Inifap, 2016. Paquete Tecnológico para Maíz de Riego Ciclo Agrícola Primavera Verano 2016. Estado: San Luis Potosí (Altiplano), Nivel De Potencial Productivo: **Alto**. Dirección de Coordinación y Vinculación Estatal en San Luis Potosí. Centro de Investigación Regional del Noreste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP-SAGARPA



- 43) Inifap, 2017. Agenda Técnica Agrícola San Luis Potosí. Sagarpa-cofrupo-inifap. CDMX.
- 44) IEA-ETSAP and IRENA 2012 Water desalination using renewable energy. Technology Brief I12.
- 45) IMTA. 2019. Análisis de la calidad el agua de puntos específicos de la Sierra Gorda de Querétaro. Informe. Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua – Subcoordinación Calidad del Agua. Morelos, México.
- 46) INAFED, 2019. Enciclopedia de municipios y Delegaciones de México. Estado de Querétaro de Arriaga. San Joaquín.
- 47) <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM22queretaro/municipios/22015a.html>
- 48) INEGI, 20.14. Sistema de información Geográfica.
- 49) <https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>
- 50) INIFAP. Campo Experimental Bajío. 2016. Análisis químicos de agua practicados en pozos de los municipios Villa de Ramos.
- 51) Koyuncu, I., Yazgan, M., Topacik, D. & Sarikaya, H. Z. 2001 Evaluation of the low pressure RO and NF membranes for an alternative treatment of Buyukcekmece Lake. Water Science and Technology: Water Supply © IWA Publishing 1 (1), 107–115.
- 52) Ledesma, L., G. 2011. Hidroquímica del Agua de los manantiales de San Joaquín, Querétaro, México. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/04/hidroquimica-del-agua-de-los-manantiales-de-san-joaquin.pdf>.
- 53) Ledesma, L., G. 2009. Precisiones sobre el comportamiento hidroquímico del agua subterránea en los macizos calcáreos. Revista Ciencia Volumen 2, Num. 1, pág. 91-106. [https://www.uaq.mx/investigacion/revista\\_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v2-n1/Precisiones.pdf](https://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v2-n1/Precisiones.pdf).
- 54) LEESEER y Asociados, S.A. de C.V. –COTAS-AVSJR. 2016. Aplicación De Técnicas Isotópicas Para Determinar La Posible Relación Del Acuífero Con Las Fugas De Las Presas Del Valle De San Juan Del Río, Qro. Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero del Valle de San Juan del Río, A.C. Reporte Técnico Manantiales 2017. San Juan del Río, Querétaro.
- 55) López O., R. 2015. Uso racional del recurso hídrico intrapredial en las unidades Cropcheck arándanos y su impacto en la productividad. Seminario Cropcheck Arándanos. INIA. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.
- 56) López-Álvarez, Briseida; Ramos-Leal, José Alfredo; Moran-Ramírez, Janete; Cardona Benavides, Antonio; Hernández García, Guillermo. 2013. Origen de la calidad del agua del acuífero colgado y su relación con los cambios de uso de suelo en el Valle de San Luis Potosí. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 65, Núm. 1, 2013, p.9-26. México.
- 57) MICROLAB INDUSTRIAL. 2018. Informe de Análisis Físicoquímicos de Agua para Riego del Pozo Los Llamas, Municipio Monte Escobedo, Zac. Resultados de laboratorio.
- 58) MAV Ingeniería Integral –COTAS-AVSJR. 2012. Caracterización Del Acuífero Del Valle De San Juan Del Río. Segunda Etapa: Hidrogeoquímica Y Red De Monitoreo. Informe Fina. Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero del Valle de San Juan del Río, A.C. San Juan del Río, Querétaro.
- 59) Medina, J. *Desalinización de aguas salobres y de mar en ósmosis inversa*. Madrid: Editorial Mundi Prensa, 2000, 799 pp.



- 60) Morán-Ramírez, Janete; Ramos-Leal, José Alfredo; López-Alvarez, Briseida; Carranco Lozada, Simón; Santacruz-De León, Germán. 2013. Comportamiento hidrogeoquímico de flujos subterráneos en acuíferos cársticos fracturados, aplicando modelación inversa: Caso Huasteca Potosina. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 65, Núm. 1, 2013, p.71-82. México.
- 61) Núñez-Peña, Ernesto Patricio; Escalona-Alcázar, Felipe de Jesús; Bluhm-Gutiérrez, Jorge; Ramos-De la Cruz, Gustavo Alfonso; De la Torre-Guerrero Alan; Ortega-Martínez, Emmanuel y Cardona-Benavides, Antonio. 2015. Caracterización hidrogeoquímica del acuífero Jerez, estado de Zacatecas, México. Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. VI, núm. 3, mayo-junio de 2015, pp. 105-124. México.
- 62) [https://www.researchgate.net/publication/280054513\\_Caracterizacion\\_hidrogeoquimica\\_del\\_acuifero\\_Jerez\\_estado\\_de\\_Zacatecas\\_Mexico/link/5601641408aeba1d9f8503b8/download](https://www.researchgate.net/publication/280054513_Caracterizacion_hidrogeoquimica_del_acuifero_Jerez_estado_de_Zacatecas_Mexico/link/5601641408aeba1d9f8503b8/download). [Consultado el 30 de septiembre de 2019].
- 63) Ovalles, 2019. Precipitación efectiva-Introducción a la infiltración. Capitulo. Valores de tasas de infiltración para diferentes grupos del suelo. <https://slideplayer.es/slide/3613634/>.
- 64) Padilla-Reyes, Diego Alonso; Núñez-Peña, Ernesto Patricio; Escalona-Alcázar, Felipe de Jesús y Bluhm-Gutiérrez, Jorge. 2012. Calidad del agua del acuífero Guadalupe-Bañuelos, Estado de Zacatecas, México. GEOS, Vol. 32, No. 2 (2012).
- 65) Rangel Medina, M. 2015. Estudio de caracterización hidrogeológica del acuífero El Palmar, Zacatecas.
- 66) Richards, B. S. & Schafer, A. I. 2003 Photovoltaic-powered desalination system for remote Australian communities. Renewable Energy 28 (13), 2013–2022.
- 67) San Pedro Resources S.A. 2006. Estudio para evaluar el efecto por el desagüe de las obras subterráneas que lleva a cabo la Mina San Pedro Resources S.A. en el Municipio de Miguel Auza, Zacatecas. Miguel Auza, Zacatecas. Archivo electrónico.
- 68) Santos-Jallath, J. E., J. Coria-Jaramillo, J.J. Huevo-Casillas y G. Rodríguez Cruz, 2013. Influencia de jales mineros sobre el río Maconí, Querétaro y su evaluación del proceso de atenuación natural por dispersión. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen 65, Núm. 3, pag. 645-660.
- 69) Sargarpa-Cofupro-Inifap. 2017. Agenda Técnica Agrícola de San Luis Potosí. Sargarpa-Inifap-Senasica, SLP.
- 70) Sagarpa, 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Agricultura producción anual. Cierre de la producción por cultivo. (<http://www.siap.gob.mx>).
- 71) Sargarpa-Inifap-Senasica, 2015. Agenda Técnica Agrícola de San Luis Potosí. Sargarpa-Inifap-Senasica, SLP.
- 72) SAP, 2018. Aptitud agroclimática de México. Dirección de Soluciones Geoespaciales. Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera y Sagarpa. Abril 2018
- 73) Shatat M, Worall M, Riffat S. Opportunities for solar water desalination worldwide: review. Sustain Cities Soc; 9 (2015) 67–80.
- 74) Secretaría del Agua y Medio Ambiente-Gobierno del Estado de Zacatecas. 2018. Reporte de análisis fisicoquímico, bacteriológico y de metales pesados, practicados al pozo El Hundido, concesionado al Municipio de Chalchihuites, Zac. Resultados de análisis.
- 75) Semarnat, 2014. Inventario Estatal Forestal y de Suelos. San Luis Potosí. Comisión Nacional Forestal. Sagarpa. Ciudad de México.



- 76) Servicios de Salud de Zacatecas. 2019. Resultados de Análisis Físicoquímico y Bacteriológico de Pozos en el Municipio de Jeréz, Zacatecas. Archivo electrónico. Servicios de Salud de Zacatecas. Jurisdicción Sanitaria No. 3 Fresnillo. Coordinación de Protección Contra Riesgos Sanitarios. Salud Ambiental. Fresnillo, Zacatecas.
- 77) Swennenhuis, J. (2009). CROPWAT, (Versión 8.0). Ed. Unidad de Fomento y Gestión de las Aguas de la FAO. Roma, Italia
- 78) Tabera T., M., Davila, P., S. L., Prado N., A. 2009. Fase V., Estudio para la selección de 10 nuevos productos con potencial exportador, su adaptabilidad al Territorio Nacional, su Viabilidad en Europa e identificar potenciales clientes. Asistencia Técnica para los Planes Operativos (POS). Proyecto Perú/Pens Ala/2004/016-913. Convenio Perú – Unión Europea.
- 79) Trehane, J. 2004. Blueberries, Cranberries and other Vacciniums. Timber Press, Portland y Cambridge. 256p.
- 80) UAQ. 2019. Base de datos de aguas superficiales del estado de Querétaro proporcionada por la Universidad Autónoma de Querétaro.
- 81) Universidad Autónoma de Zacatecas. 2014-2016. Resultados de análisis físicoquímicos de fuentes de agua de riego. Base de datos en formato electrónico. (Dr. Julián xxx)
- 82) Universidad de Sonora – Departamento de Geología. 2004. Estudio regional de evaluación hidrogeológica del acuífero Cedros, en el municipio de Mazapil, en el estado de Zacatecas. Sonora, México.
- 83) Urbano Peña, María de los Ángeles. 2017. Índice de pobreza del agua en los acuíferos de Cerritos-Villa Juárez y Rioverde de la Zona Media de San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Posgrado en Geociencias Aplicadas. San Luis Potosí. México.
- 84) Uribe, H. 2013. Capítulo 5 Riego en Arándano. Manual de Arándano. Páginas 43-53. Boletín INIA No. 263. Editores Pablo Undurraga D y Sigrid Vargas S. Centro Regional de Investigaciones Quilamapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA-Ministerio de Agricultura-Gobierno Regional, Región Biobío. ImaginaChile. 2013. Año de la Innovación. Chillán, Chile
- 85) Wikipedia, 2019. Municipio de San Joaquín, Querétaro. [https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio\\_de\\_San\\_Joaqu%C3%ADn\\_\(Quer%C3%A9taro\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_de_San_Joaqu%C3%ADn_(Quer%C3%A9taro))
- 86) Zarzo D., Campos E., Terrero P. Spanish experience in desalination for agricultura. Desalination and Water Treatment. 51 (2012) 53–66.
- 87) Mapa de San Luis Potosí. <https://www.bing.com/maps?q=plano+de+slp&form=EDGSPH&mkt=es-mx&httpsmsn=1&plvar=0&refig=1f5c6b0c98614ec392fd379b018ed202&sp=-1&pq=plano+de+slp&sc=3-12&qsn=&sk=&cvid=1f5c6b0c98614ec392fd379b018ed202>

## Anexo A. Datos de calidad de agua en sitios referenciados

Para desarrollar un sistema de información geográfica donde se viertan los resultados del estudio de pertinencia y zonas de aplicación, se llevó a cabo un estudio de pertinencia para identificar las zonas susceptibles para desarrollar unidades demostrativas, dicho estudio consiste en usar mapas digitales para identificar las zonas donde se encuentran cuerpos de agua salobre y campos de cultivo y una identificados los sitios se visitan los sitios para verificar que existen las condiciones necesarias para implementar sistemas de desalinización por nanofiltración con energías renovables.

Este contexto, los recorridos de campo a los sitios permiten la colecta de información para integrar el sistema de información geográfica. Se obtendrá la irradiación solar diaria a lo largo del año en el sitio usando el software Meteonorm.

El sistema de información geográfica se desarrolló utilizando el programa de licencia libre Google Earth Pro, separando la información en carpetas para cada estado y obteniendo en un primer momento los límites de los estados de Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas, así como de sus municipios mediante una búsqueda en internet en los sitios que se indican en el anexo presente al final de este apartado.

Así mismo, se obtuvo la información de los acuíferos identificados en cada estado y particularmente de aquellos señalados como acuíferos salobres, que se ubicaron en las colindancias de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas a través del Sistema Nacional de Información del Agua de la CONAGUA (<http://sina.conagua.gob.mx/>),

Una vez realizado lo anterior, se procedió a incorporar la información obtenida para cada uno de los estados, proporcionada por la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua, disponible en el sitio del Sistema Nacional de Información del Agua (<http://sina.conagua.gob.mx/>) a nivel nacional, en el que se distinguen los indicadores de calidad del agua de aguas superficiales y subterráneas. Los íconos de modificaron para lograr la diferenciación, utilizando un círculo para las aguas superficiales y un triángulo invertido para las aguas subterráneas.



Posteriormente, se identificaron las fuentes de información y se ordenaron los datos en cada uno de los archivos capturados y/o recolectados como tales, de acuerdo a los estados que pertenecieran y al tipo de fuentes de agua, subterráneas o superficiales, dentro de cada estado. En todos los casos las coordenadas de los puntos se homogeneizaron en formato UTM y se cuidó que los parámetros registrados presentaran las unidades de medida adecuadas.

Los datos se ordenaron en forma de tablas identificando cada punto con una clave asociada a la fuente de información más un número secuencial. A partir de cada tabla de las diversas fuentes obtenidas, se formularon tablas en forma individual para cada punto, para poder acceder la información directamente en la captura en Google Earth Pro.

El procedimiento para cada una de las fuentes consultadas se describe a continuación:

### QUERÉTARO

#### a) Aguas Superficiales

<b>Fuente:</b>	Universidad Autónoma de Querétaro (2019)
<b>Clave:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arroyo Seco: ASE_xx,</li> <li>• Landa de Matamoros: LDM_xx,</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jalpan de Serra: JAL_xx,</li> <li>Pinal de Amoles: PDA_xx</li> </ul>
<b>Tipo de agua:</b>	Superficiales (manantiales)
<b>Tipo de información:</b>	Archivo digital de Excel ® proporcionado por la UAQ.
<b>Procedimiento:</b>	El archivo original concentra la información de los municipios Arroyo Seco, Landa de Matamoros, Jalpan de Serra y Pinal de Amoles.  Se separaron los municipios en archivos individuales en los que se generaron las tablas para cada punto, considerando la información que se muestra en el siguiente ejemplo.
<b>Total de puntos:</b>	530 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>LDM 175</b>
<b>NOMBRE DEL MANANTIAL:</b>	LAS PILAS
<b>FOTOGRAFÍA:</b>	LM538
<b>COORDX:</b>	466874
<b>COORDY:</b>	2341006
<b>ALTITUD:</b>	1005
<b>CUENCA:</b>	MOCTEZUMA
<b>SUBCUENCA:</b>	MOCTEZUMA
<b>MICROCUENCA:</b>	LAS PILAS
<b>MUNICIPIO:</b>	LANDA DE MATAMOROS
<b>LOCALIDAD:</b>	CABECERA MUNICIPAL LANDA DE MATAMOROS
<b>PARAJE:</b>	LAS PILAS
<b>TIPO DE APROVECHAMIENTO:</b>	MÚLTIPLE: PECUARIO; SERVICIOS
<b>TIPO DE APROVECHAMIENTO2:</b>	MULTIPLE
<b>m3/seg:</b>	ND
<b>m3/día:</b>	ND
<b>AFORO m3/año:</b>	ND
<b>TEMPORALIDAD:</b>	PERMANENTE
<b>TIPO DE MANANTIAL:</b>	REOCRENO
<b>FORMA DE SALIDA:</b>	POR FILTRACIÓN
<b>FORMACIÓN DE CORRIENTES:</b>	NO FORMA CORRIENTE
<b>MODIFICACIÓN DE LA CORRIENTE:</b>	CONSTRUCCIÓN HIDRÁULICA TIPO 3
<b>PRESIÓN POR ACTIVIDADES HUMANAS:</b>	ZONA DE AGOSTADERO (ABREVADERO); TURISMO LOCAL
<b>USO DE SUELO:</b>	PECUARIO
<b>CONCESIONADO:</b>	
<b>No de TITULO:</b>	
<b>TITULAR:</b>	
<b>VOL. CONCESIONADO:</b>	
<b>FECHA DE REGISTRO:</b>	
<b>PLAZO OTORGADO:</b>	
<b>TIPO DE CONCESIÓN:</b>	
<b>pH:</b>	ND
<b>CALIDAD DEL AGUA (con respecto al pH):</b>	ND
<b>OXIGENO DISUELTO ml/l:</b>	ND
<b>CONDUCTIVIDAD mS/cm:</b>	ND
<b>TEMPERATURA °C:</b>	ND



<b>CLAVE:</b>	<b>LDM 175</b>
<b>% DE SALINIDAD:</b>	ND
<b>SUBSTRATO:</b>	ROCOSO-ARCILLOSO
<b>VEGETACIÓN:</b>	REFORESTACIÓN; VEGETACIÓN SECUNDARIA

<b>Fuente:</b>	Comité Técnico de Aguas Subterráneas Valle San Juan del Rio (COTAS-VSJR, 2017)
<b>Clave:</b>	VSJR
<b>Tipo de agua:</b>	Superficiales (manantiales)
<b>Tipo de información:</b>	Reporte técnico
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información proveniente del Reporte Técnico de Manantiales y se ordenaron los datos en una tabla general. Posteriormente se asignaron las claves para cada punto y se generaron las tablas individuales correspondientes, que fueron capturadas en el Google Earth Pro, considerando la información que se muestra en el siguiente ejemplo.
<b>Total de puntos:</b>	20 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>VSJR01</b>
<b>NOMBRE:</b>	Amealco 8
<b>COORD X:</b>	383218
<b>COORD Y:</b>	2234561
<b>ALTITUD:</b>	2602
<b>MUNICIPIO:</b>	Amealco de Bonfil
<b>LOCALIDAD:</b>	San Miguel Dehetí
<b>CAUDAL (L/S):</b>	--
<b>CATEGORÍA:</b>	--
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	--
<b>CATEGORÍA:</b>	--
<b>pH:</b>	--
<b>CATEGORÍA:</b>	--
<b>SST (ppm).</b>	--
<b>CATEGORÍA:</b>	--

<b>Fuente:</b>	Ledesma (2011)
<b>Clave:</b>	SJQ
<b>Tipo de agua:</b>	
<b>Tipo de información:</b>	Artículo técnico
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información proveniente del artículo técnico y se ordenaron los datos en una tabla general. Posteriormente se asignaron las claves para cada punto y se generaron las tablas individuales correspondientes, que fueron capturadas en el Google Earth Pro, considerando la información que se muestra en el siguiente ejemplo.
<b>Total de puntos:</b>	16 puntos capturados



<b>CLAVE:</b>	<b>SJQ 01</b>
<b>NOMBRE:</b>	La Zarsa
<b>COORD Y:</b>	456270.932
<b>COORD X:</b>	2325218.015
<b>ALTITUD (msnm):</b>	1660
<b>GASTO (l/s):</b>	0.702-0.175
<b>PERÍODO:</b>	Nov-Dic 2010
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	15.000
<b>pH:</b>	7.700
<b>Ca<sup>+2</sup> (mg/l):</b>	124.200
<b>Mg<sup>+2</sup> (mg/l):</b>	4.030
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l):</b>	336.600
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l):</b>	63.000
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/l):</b>	2.000
<b>Na+K (mg/l):</b>	0.352
<b>SDT (mg/l):</b>	302.000
<b>DUREZA (mg/l):</b>	326.600
<b>PERÍODO:</b>	Jun-Jul del 2011
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	16.000
<b>pH:</b>	7.000
<b>Ca<sup>+2</sup> (mg/l):</b>	105.500
<b>Mg<sup>+2</sup> (mg/l):</b>	3.240
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l):</b>	333.300
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l):</b>	60.000
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/l):</b>	2.000
<b>Na+K (mg/l):</b>	1.230
<b>SDT (mg/l):</b>	296.000
<b>DUREZA (mg/l):</b>	276.600

<b>Fuente:</b>	IMTA (2019)
<b>Clave:</b>	SJQ 2019
<b>Tipo de agua:</b>	Superficiales (manantiales)
<b>Tipo de información:</b>	Archivo digital de Excel ®
<b>Procedimiento:</b>	Se ordenó la información recolectada en campo y se incorporó al SIG, conforme se muestra en el ejemplo siguiente.
<b>Total de puntos:</b>	4 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>SJQ 2019_01</b>
<b>NOMBRE:</b>	El Sabino
<b>COORD X:</b>	451166
<b>COORD Y:</b>	2326626



<b>pH:</b>	6.09
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	23.9
<b>C.E. (µS/cm):</b>	651
<b>S.D. (mg/l):</b>	325
<b>SALINIDAD (PSU):</b>	0.32

**b) Aguas Subterráneas**

<b>Fuente:</b>	Comité Técnico de Aguas Subterráneas Valle San Juan del Rio (COTAS-VSJR, 2012)
<b>Clave:</b>	VSJRs
<b>Tipo de agua:</b>	Subterráneas
<b>Tipo de información:</b>	Reporte técnico
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información del reporte, se ordenaron los datos y se asignaron las claves para cada punto, generando las tablas individuales correspondientes. Se capturaron en Google Earth Pro, considerando la información que se muestra en el siguiente ejemplo.
	20 puntos capturados

<b>No.:</b>	20
<b>No. COTAS:</b>	CSJR0774
<b>Nombre:</b>	Pozo Alameda del Rincón (CEA)
<b>COORDX:</b>	373618
<b>COORDY:</b>	2242333
<b>ALTITUD:</b>	2432
<b>Uso:</b>	Público-urbano
<b>Fecha:</b>	07/12/2011
<b>Hora:</b>	15:52
<b>pH:</b>	6.5
<b>Cond:</b>	81
<b>T° agua:</b>	21.9
<b>STD:</b>	42
<b>Ca (ppm):</b>	3.488
<b>Mg (ppm):</b>	1.268
<b>K (ppm):</b>	7.431
<b>Na (ppm):</b>	7.661
<b>HCO<sub>3</sub> (ppm):</b>	18.422
<b>Hard:</b>	13.9
<b>Alcalinidad:</b>	30.2
<b>Cl (ppm):</b>	2.552
<b>F (ppm):</b>	0.192
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (ppm):</b>	8.645
<b>NO<sub>3</sub> (ppm):</b>	3.76
<b>Al (ppm):</b>	0.067
<b>As (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>B (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Ba (ppm):</b>	0.026
<b>Be (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación



<b>No.:</b>	20
<b>Bi (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Br (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Cd (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Co (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Cr (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Cu (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Fe (ppm):</b>	0.031
<b>Hg (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Li (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Mn (ppm):</b>	0.003
<b>Mo (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Ni (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>NO<sub>2</sub> (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Pb (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>PO<sub>4</sub> (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>S (ppm):</b>	3.24
<b>Sb (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Se (ppm):</b>	Menor al límite de cuantificación
<b>Si (ppm):</b>	36.06
<b>Sr (ppm):</b>	0.027
<b>Zn (ppm):</b>	0.014

<b>Fuente:</b>	Ledesma (2009)
<b>Clave:</b>	SJQs
<b>Tipo de agua:</b>	Subterráneas
<b>Tipo de información:</b>	Artículo técnico
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información proveniente del artículo técnico y se ordenaron los datos en una tabla general. Posteriormente se asignaron las claves para cada punto y se generaron las tablas individuales correspondientes, que fueron capturadas en el Google Earth Pro, considerando la información que se muestra en el siguiente ejemplo.
<b>Total de puntos:</b>	10 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>SJQs 01</b>
<b>NOMBRE:</b>	El Sarro
<b>COORD X:</b>	440119
<b>COORD Y:</b>	2303298
<b>Altitud (msnm):</b>	2534
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	16
<b>pH:</b>	7.5
<b>Ca<sup>+2</sup> (mg/l):</b>	77.48
<b>Mg<sup>+2</sup> (mg/l):</b>	14.57
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l):</b>	264.96
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l):</b>	59.0
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/l):</b>	2.0
<b>Na+K (meq/l):</b>	0.566



<b>SDT (meq/l):</b>	238
---------------------	-----

<b>Fuente:</b>	Gobierno del estado de Querétaro - Comisión Estatal del Agua. Laboratorio Central de Calidad del Agua. 2019. Resultados de la evaluación de la calidad del agua en los municipios del estado de Querétaro. Resultados de laboratorio. (2019)
<b>Clave:</b>	CEA_QRO_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterráneas
<b>Tipo de información:</b>	Resultados de la evaluación de la calidad del agua en los municipios del estado de Querétaro. Resultados de laboratorio. (2019)
<b>Procedimiento:</b>	<p>Se capturó la información proveniente de los resultados proporcionados en forma impresa por la CEA, en forma de tablas individuales por cada registro. Posteriormente se asignaron las claves para cada punto y se capturaron en el Google Earth Pro, considerando la información que se muestra en el siguiente ejemplo.</p> <p>Los datos en este caso se asociaron a las cabeceras municipales de los 18 municipios del estado, debido a que se desconocen las coordenadas de los sitios de muestreo de agua potable proveniente de pozos.</p>
<b>Total de puntos:</b>	17 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	CEA_QRO_01
<b>MUNICIPIO:</b>	Amealco de Bonfil
<b>ESTADO:</b>	Querétaro
<b>UTM X:</b>	100° 08' 41"
<b>UTM Y:</b>	20° 11' 12"
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Cabecera municipal
<b>AÑO DE MUESTREO:</b>	2019
<b>COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml):</b>	0
<b>COLIFORMES FECALES (UFC/100 ml):</b>	0
<b>COLOR (Unidades Pt-Co):</b>	2.50
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/l):</b>	220.00
<b>TURBIEDAD (UNT)</b>	0.00
<b>CLORO RESIDUAL:</b>	0.2 a 1.5
<b>CLORUROS (mg/l):</b>	Menor a 10
<b>DUREZA TOTAL (mg/l):</b>	109.8
<b>FLUORUROS (mg/l):</b>	0.690
<b>NITRATOS (mg/l):</b>	1.110
<b>NITRITOS (mg/l):</b>	Menor a 0.01
<b>N AMONICAL (mg/l):</b>	0.220
<b>SULFATOS (mg/l):</b>	10.86
<b>ALUMINIO (mg/l):</b>	Menor a 0.10
<b>ARSÉNICO (mg/l):</b>	0.008
<b>BARIO (mg/l):</b>	Menor a 0.10
<b>CADMIO (mg/l):</b>	Menor a 0.0025
<b>COBRE (mg/l):</b>	Menor a 0.0125
<b>CROMO TOTAL (mg/l):</b>	Menor a 0.005
<b>FIERRO (mg/l):</b>	Menor a 0.050
<b>MANGANESO (mg/l):</b>	0.032
<b>MERCURIO (mg/l):</b>	Menor a 0.001



<b>CLAVE:</b>	CEA_QRO_01
<b>PLOMO (mg/l):</b>	Menor a 0.0025
<b>SODIO (mg/l):</b>	34.200
<b>ZINC (mg/l):</b>	1.25
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (micromhos/cm):</b>	417.60
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	29.0

<b>Fuente:</b>	IMTA. 2019. Análisis de la calidad el agua de puntos específicos de la Sierra Gorda de Querétaro. Informe. Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua – Subcoordinación Calidad del Agua. Morelos, México.
<b>Clave:</b>	IMTA_CA_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterráneas
<b>Tipo de información:</b>	Informe en formato PDF de resultados de la evaluación de la calidad del agua en puntos específicos de la Sierra Gorda, Querétaro.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información proveniente del informe, ordenando los resultados en forma de tablas individuales por cada registro. Posteriormente se asignaron las claves para cada punto y se capturaron en el Google Earth Pro, considerando la información que se muestra en el siguiente ejemplo.
<b>Total de puntos:</b>	8 puntos capturados

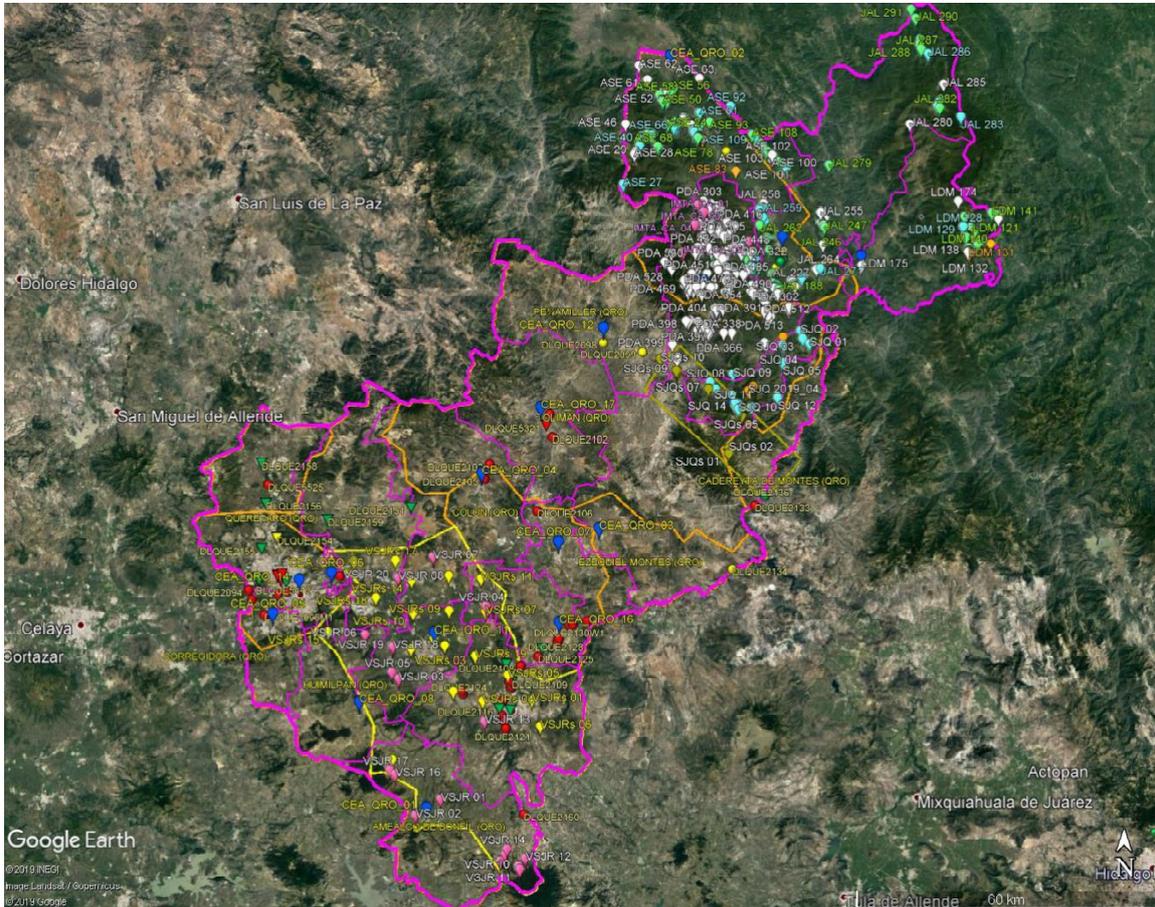
<b>CLAVE:</b>	<b>IMTA_CA_08</b>
<b>LOCALIDAD:</b>	Río Ahuacatlán
<b>MUNICIPIO:</b>	Pinal de Amoles
<b>ESTADO:</b>	Querétaro
<b>LATITUD:</b>	21° 12' 44.34"
<b>LONGITUD:</b>	99° 32' 8.75"
<b>UTM X:</b>	444397.2153
<b>UTM Y:</b>	2345739.654
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	Julio, 2019
<b>ANTIMONIO (mg/L):</b>	0,0136
<b>ARSÉNICO (mg/L):</b>	0,0466
<b>BARIO (mg/L):</b>	Menor a 0,500
<b>CROMO (mg/L):</b>	Menor a 0,005
<b>HIERRO (mg/L):</b>	0,1
<b>MANGANESO (mg/L):</b>	Menor a 0,050
<b>MAGNESIO (mg/L):</b>	1.26
<b>MERCURIO (mg/L):</b>	0,0005
<b>SODIO (mg/L):</b>	Menor a 5
<b>CLORUROS TOTALES (mg/L):</b>	1.93
<b>ION SULFATO (mg/L):</b>	17.7
<b>TURBIEDAD UNT :</b>	0.65



<b>ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO<sub>3</sub>):</b>	152 <sup>a</sup>
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <math>\mu</math>S/cm :</b>	283
<b>pH :</b>	8.2
<b>TEMPERATURA °C :</b>	26.5



Con base a toda la información vertida para el estado de Querétaro, la cobertura alcanzada se muestra en la siguiente figura.



*a) Aguas Superficiales*

<b>Fuente:</b>	Díaz Rivera, Juan Carlos. 2018. Análisis de la dinámica espacio-temporal y distribución potencial de los manantiales en el Valle de Rioverde, San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado. UASLP. San Luis Potosí, México
<b>Clave:</b>	MnRV
<b>Tipo de agua:</b>	Superficiales (manantiales)
<b>Tipo de información:</b>	Tesis de Maestría.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de los manantiales presentes en la zona de Río Verde, S.L.P., ordenándola en forma de tablas individuales para cada punto, considerando la información que se muestra en el siguiente ejemplo.
<b>Total de puntos:</b>	27 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>MnRV 01</b>
<b>MANANTIAL:</b>	Media Luna
<b>MUNICIPIO:</b>	Río Verde
<b>UTM X:</b>	393781.7284
<b>UTM Y:</b>	2417796.564
<b>pH</b>	7.21
<b>CONDUCTIVIDAD (mS/cm)</b>	1752
<b>SDT</b>	859
<b>CLASIFICACIÓN por SDT:</b>	Dulce



<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. Dirección Local San Luis Potosí.
<b>Clave:</b>	DLSANxxxx
<b>Tipo de agua:</b>	Superficiales (manantiales)
<b>Tipo de información:</b>	Base de datos de muestreo anual 2019 de aguas superficiales y subterráneas en el estado.
<b>Procedimiento:</b>	Se discriminó la información por tipo de agua (superficial y subterránea), reordenando la información en tablas individuales por cada registro, quedando identificados quedando con su clave original, conforme a se muestra en el ejemplo siguiente, siendo incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	38 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	DLSAN2291
<b>SITIO:</b>	Afluente Presa La Muñeca
<b>PROGRAMA ANUAL:</b>	2019
<b>TIPO DE CUERPO DE AGUA:</b>	Lótico
<b>ORGANISMO DE CUENCA:</b>	Golfo Norte
<b>ESTADO:</b>	San Luis Potosí
<b>MUNICIPIO:</b>	Tierra Nueva
<b>LOCALIDAD:</b>	San Rafael
<b>CUERPO DE AGUA:</b>	Arroyo Jofre
<b>LATITUD:</b>	340787.78
<b>LONGITUD:</b>	2389019.32
<b>COLIFORMES FECALES (NMP100ml):</b>	86
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A COLIFORMES FECALES:</b>	Excelente
<b>CUMPLE CON CF:</b>	Sí
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO SOLUBLE (DBO_SOL) (mg/L):</b>	Menor al Criterio de Máxima Concentración
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A DBO_SOL:</b>	Excelente
<b>CUMPLE CON DBO_SOL:</b>	Sí
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) TOTAL (mg/L):</b>	Menor al Criterio de Máxima Concentración
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A DBO TOTAL:</b>	Excelente
<b>CUMPLE CON DBO TOTAL:</b>	Sí
<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO SOLUBLE (DQO_SOL) (mg/L):</b>	Menor al Criterio de Máxima Concentración
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A DQO_SOL:</b>	Excelente
<b>CUMPLE CON DQO_SOL:</b>	Sí
<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO TOTAL (mg/L):</b>	28.7
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A DQO TOTAL:</b>	Aceptable
<b>CUMPLE CON DQO:</b>	Sí
<b>E. coli (NMP_100mL):</b>	20
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A E coli TOTAL:</b>	Excelente
<b>CUMPLE CON E. coli:</b>	Sí
<b>% DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELO (OD) , EN CUERPOS LÓTICOS:</b>	125.5
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A OD %:</b>	Aceptable
<b>CUMPLE CON OD %:</b>	Sí



<b>CLAVE:</b>	DLSAN2291
<b>% DE SATURACIÓN DE OD EN FONDO:</b>	
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A OD FONDO:</b>	
<b>CUMPLE CON CALIDAD OD FONDO:</b>	
<b>% DE SATURACIÓN DE OD MEDIO:</b>	
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A OD MEDIO:</b>	
<b>CUMPLE CON CALIDAD OD MEDIO:</b>	
<b>% SATURACIÓN DE OD SUPERFICIAL:</b>	
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A OD SUPERFICIAL:</b>	
<b>CUMPLE CON CALIDAD OD SUPERFICIAL:</b>	
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L):</b>	Menor al Criterio de Máxima Concentración
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A SST:</b>	Excelente
<b>CUMPLE CON CALIDAD SST SUPERFICIAL:</b>	Sí
<b>TOXICIDAD Daphnia magna FONDO 48 HORAS (UNIDADES DE TOXICIDAD UT) (TOX_D_48_FON_UT):</b>	
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A TOX_D_48_FON_UT:</b>	
<b>CUMPLE CON CALIDAD TOX_D_48_FON_UT:</b>	
<b>TOXICIDAD Daphnia magna SUPERFICIAL 48 HORAS (UNIDADES DE TOXICIDAD UT) (TOX_D_48_SUP_UT):</b>	
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A TOX_D_48_SUP_UT:</b>	
<b>CUMPLE CON CALIDAD TOX_D_48_SUP_UT:</b>	
<b>TOXICIDAD Daphnia magna 48 HORAS EN CUERPOS LÓTICOS (UNIDADES DE TOXICIDAD UT) (TOX_D_48_UT):</b>	Menor a 1
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A TOX_D_48_UT:</b>	No tóxico
<b>CUMPLE CON CALIDAD TOX_D_48_UT:</b>	Sí
<b>TOXICIDAD Vibrio Fisheri 15 MINUTOS, EN FONDO (UNIDADES DE TOXICIDAD UT) (TOX_FIS_FON_15_UT):</b>	
<b>TOXICIDAD Vibrio Fisheri 15 MINUTOS, SUPERFICIAL (UNIDADES DE TOXICIDAD UT) (TOX_FIS_SUP_15_UT):</b>	
<b>TOXICIDAD Vibrio Fisheri 15 MINUTOS (UNIDADES DE TOXICIDAD UT) (TOX_V_15_UT):</b>	Menor a 1
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A TOX_FIS_15_UT:</b>	No tóxico
<b>CUMPLE CON CALIDAD TOX_FIS_15_UT:</b>	Sí



b) **Subterráneas**

<b>Fuente:</b>	Comité Técnico de Aguas Subterráneas Villa de Arista – Universidad Autónoma de San Luis Potosí (2016)
<b>Clave:</b>	UASLP xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Análisis químicos de agua practicados en pozos de los municipios de Moctezuma, Villa de Arista y San Luis Potosí. Archivo electrónico Excel ®
<b>Procedimiento:</b>	Se conjuntaron los datos de los análisis químicos con las coordenadas de los pozos proporcionados en dos archivos independientes y se ordenaron en forma de tablas individuales para cada registro, que fueron incorporados en el SIG.
<b>Total de puntos:</b>	8 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>UASLP 01</b>
<b>FECHA:</b>	17/03/2016
<b>INTERESADO:</b>	Raúl Moreno Guerrero
<b>No. DE MUESTRAS:</b>	1
<b>MUESTRA No.:</b>	Pozo 1
<b>USO:</b>	Agrícola
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Agua de pozo
<b>SITIO DE MUESTREO:</b>	Piedra Colorada
<b>MUNICIPIO:</b>	Moctezuma
<b>ESTADO:</b>	San Luis Potosí
<b>COORD X:</b>	296459.3400
<b>COORD Y:</b>	2512674.8418
<b>C.E. dS/m a 25°C:</b>	1,653.00
<b>pH:</b>	7.15
<b>SALES TOTALES (mg/l):</b>	1,057.00
<b>CALCIO (ppm):</b>	128.00
<b>CALCIO (meq/l):</b>	6.40
<b>MAGNESIO (ppm):</b>	28.80
<b>MAGNESIO (meq/l):</b>	2.40
<b>SODIO (ppm):</b>	126.50
<b>SODIO (meq/l):</b>	5.50
<b>POTASIO (ppm):</b>	11.40
<b>POTASIO (meq/l):</b>	0.29
<b>CARBONATOS (ppm):</b>	0.00
<b>CARBONATOS (meq/l):</b>	0.00
<b>BICARBONATOS (ppm) :</b>	439.20
<b>BICARBONATOS (meq/l):</b>	7.20
<b>CLORUROS (ppm):</b>	87.50
<b>CLORUROS (meq/l):</b>	2.50
<b>SULFATOS (ppm):</b>	120.00
<b>SULFATOS (meq/l):</b>	2.51
<b>SDT (mg/l):</b>	No reportado
<b>CSR (meq/l):</b>	0.00
<b>RAS (meq/l):</b>	2.630
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	C3-S1



<b>CLAVE:</b>	<b>UASLP 01</b>
<b>DUREZA (mg/l):</b>	6.12

<b>Fuente:</b>	Comité Técnico de Aguas Subterráneas Villa de Arista – COEPRIS (2017)
<b>Clave:</b>	CVDA xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Análisis químicos de agua practicados en pozos de los municipios de Moctezuma, Villa de Arista y San Luis Potosí. Archivo electrónico Excel ®
<b>Procedimiento:</b>	Se conjuntaron los datos de los análisis químicos con las coordenadas de los pozos proporcionados en dos archivos independientes y se ordenaron en forma de tablas individuales para cada registro, que fueron incorporados en el SIG.
<b>Total de puntos:</b>	14 puntos capturados

<b>No.:</b>	<b>CVDA 02</b>
<b>FECHA:</b>	06/09/2016
<b>LUGAR DE MUESTREO/POZO:</b>	Pozo No.4 El Mezquite
<b>MUNICIPIO:</b>	Villa de Arista
<b>ESTADO:</b>	San Luis Potosí
<b>COORD X:</b>	302431.6153
<b>COORD Y:</b>	2507821.644
<b>COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml:</b>	PRESENTE
<b>COLIFORMES FECALES NMP/100 ml:</b>	AUSENTE
<b>TURBIEDAD INT:</b>	0.12
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES mg/L:</b>	426
<b>CLORUROS mg/L:</b>	33.9
<b>FLUORUROS mg/L:</b>	0.695
<b>DUREZA TOTAL mg/L:</b>	146
<b>ARSENICO mg/L:</b>	0.0106
<b>CADMIO mg/L:</b>	<0.0004
<b>PLOMO mg/L:</b>	<0.005
<b>ALDRIN mg/LCLORDANO mg/L:</b>	0.03
<b>CLORDANO mg/L:</b>	0.094
<b>DDT mg/L:</b>	0.037
<b>LINDANO mg/L:</b>	0.037
<b>HEXACLOROBENCENO mg/L}:</b>	0.063
<b>HEPTACLORO Y EPOXIDO DE HEPTACLORO mg/L:</b>	0.023
<b>METOXICLORO mg/L:</b>	0.011

<b>Fuente:</b>	Urbano Peña, María de los Ángeles. 2017. Índice de pobreza del agua en los acuíferos de Cerritos-Villa Juárez y Rioverde de la Zona Media de San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Posgrado en Geociencias Aplicadas. San Luis Potosí. México.
----------------	---



<b>Clave:</b>	RV-xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Tesis de Maestría. Archivo electrónico en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Los registros fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	44 puntos capturados

<b>MUESTRA No.:</b>	<b>RV-44</b>
<b>MUNICIPIO:</b>	Villa Juárez
<b>UTM X (m):</b>	381626
<b>UTM Y (m):</b>	2464975
<b>TIPO DE APROVECHAMIENTO:</b>	Pozo
<b>FAMILIA DE AGUAS;</b>	Ca-Mg-SO4
<b>INDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA (ICAg):</b>	24.40
<b>CATEGORÍA:</b>	Pésima
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) (<math>\mu\text{s}/\text{cm}</math> a 25°C)</b>	2756.00
<b>CONTENIDO DE SALES TOTALES (g/L):</b>	1.15-2.50
<b>PELIGRO DE SALINIZACIÓN:</b>	Alto
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	C4
<b>ÍNDICE DE RELACIÓN DE ADSORCIÓN SODIO (RAS) (meq/L) :</b>	0.28
<b>PELIGRO POR SODIFICACIÓN:</b>	Bajo
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	S1



<b>Fuente:</b>	Cardona Benavides, Antonio; Giácoman Vallejos, German; Castro Larragoitia, Javier; García Arreola, Ma. Elena; Medellín Castillo, Nahúm Andrés; Aceves de Alba, Jorge; Lorenzo Flores, Alfonso; Alonso Torres, Sócrates; Martínez. Partida, Maribel E.; Correa Tobías, Christian Moisés. 2017-2018. Avance del Proyecto de Investigación Calidad del Agua Subterránea del Valle de Rioverde. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado. San Luis Potosí, México.
<b>Clave:</b>	UASLP_RVxx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Avance del Proyecto de Investigación. Archivo electrónico en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información tomando los datos para los tres muestreos realizados, ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Los registros fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	39 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>UASLP_RV29</b>
<b>ID-CAMPO:</b>	MC28
<b>SITIO:</b>	Presa San Diego
<b>LOCALIDAD :</b>	San Diego
<b>MUNICIPIO:</b>	Río Verde
<b>ZONA:</b>	14Q
<b>X-WGS-84:</b>	386427
<b>Y-WGS-84:</b>	2423316
<b>Z-MSNM-AL BROCAL CON GOOGLE EARTH:</b>	1041
<b>USO:</b>	Agrícola
<b>TIPO DE BOMBA:</b>	No aplica
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	10-nov-17
<b>BROCAL (m):</b>	Al centro de la cortina
<b>N.E. EN (m):</b>	4.8
<b>N.D. EN (m):</b>	No aplica
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	4.8
<b>CAUDAL DE EXTRACCION (LPS):</b>	No aplica
<b>T°C-CAMPO:</b>	22.5
<b>pH-CAMPO:</b>	8.37
<b>Eh-(mV)-CAMPO:</b>	179.5
<b>Eh-CALCULADO-(mV):</b>	410
<b>CE EN CAMPO (µS/cm):</b>	221.7
<b>Ox-(%)-CAMPO:</b>	48.7
<b>Ox-(mg/l)-CAMPO:</b>	4.19
<b>ALCALINIDAD-(CAMPO) EN mg/l CaCO3</b>	116.5
<b>C.E-LABORATORIO-mmhos/cm</b>	220.3
<b>pH-LABORATORIO</b>	7.89
<b>S.T.D. mg/l LABORATORIO-GRAVIMÉTRICO</b>	108
<b>ALCALINIDAD-TOTAL-(mg/l-CaCO3)-LABORATORIO</b>	92.18
<b>DUREZA-TOT.-(mg/l-CaCO3)</b>	111.36
<b>HCO3-(mg/l)</b>	112.46
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	Enero 2018 NO REALIZADO
<b>BROCAL (m):</b>	
<b>N.E. EN (m):</b>	
<b>N.D. EN (m):</b>	



<b>CLAVE:</b>	UASLP_RV29
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	
<b>CAUDAL DE EXTRACCION (LPS):</b>	
<b>T°C-CAMPO:</b>	
<b>pH-CAMPO:</b>	
<b>Eh-(mV)-CAMPO:</b>	
<b>Eh-CALCULADO-(mV):</b>	
<b>CE EN CAMPO (µS/cm):</b>	
<b>Ox--(%)-CAMPO:</b>	
<b>Ox-(mg/l)-CAMPO:</b>	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	Mayo 2018 NO REALIZADO
<b>BROCAL (m):</b>	
<b>N.E. EN (m):</b>	
<b>N.D. EN (m):</b>	
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	
<b>CAUDAL DE EXTRACCION (LPS):</b>	
<b>T°C-CAMPO:</b>	
<b>pH-CAMPO:</b>	
<b>Eh-(mV)-CAMPO:</b>	
<b>Eh-CALCULADO-(mV):</b>	
<b>CE EN CAMPO (µS/cm):</b>	
<b>Ox--(%)-CAMPO:</b>	
<b>Ox-(mg/l)-CAMPO:</b>	

<b>Fuente:</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. Campo Experimental Bajío. Resultados de Análisis de Agua (2016).
<b>Clave:</b>	VDR_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Resultados de Análisis de Agua en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información, ordenándola en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente, fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	18 puntos capturados



<b>CLAVE:</b>	VDR_01
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	13/10/2016
<b>FECHA DE ENTREGA:</b>	20/10/2016
<b>NO. REGISTRO:</b>	AG-4711
<b>LUGAR DE MUESTREO:</b>	Rancho Los Hernández
<b>LOTE:</b>	74
<b>PROPIETARIO / CLIENTE:</b>	Rafael Dueñas
<b>CULTIVOS:</b>	
<b>MUNICIPIO:</b>	Villa de Ramos
<b>ESTADO:</b>	San Luis Potosí
<b>COORD X:</b>	197652.5
<b>COORD Y:</b>	2527467.83
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	0.00
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	0.00
<b>TIPO DE AGUA:</b>	Pozo
<b>pH:</b>	7.81
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Moderadamente Alcalino
<b>CE (d/Sm):</b>	1.17
<b>RASaj:</b>	3.38
<b>CLASIFICACIÓN EN SODICIDAD:</b>	Extremadamente Alto
<b>CLASIFICACIÓN EN SALINIDAD:</b>	Moderado
<b>CALCIO (meq/L):</b>	2.50
<b>CALCIO (ppm):</b>	50.10
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Mediano
<b>MAGNESIO (meq/L):</b>	2.90
<b>MAGNESIO (ppm):</b>	35.26
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Moderadamente Alto
<b>SODIO (meq/L):</b>	6.04
<b>SODIO (ppm):</b>	138.90
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Muy Alto
<b>POTASIO (meq/L):</b>	0.22
<b>POTASIO (ppm):</b>	8.76
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Bajo
<b>CARBONATO (meq/L):</b>	0.10
<b>CARBONATO (ppm):</b>	3.00
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Bajo
<b>BICARBONATO (meq/L):</b>	0.73
<b>BICARBONATO (ppm):</b>	44.60
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Muy Bajo
<b>COLORO (meq/L):</b>	1.68
<b>COLORO (ppm):</b>	59.61



<b>CLAVE:</b>	VDR_01
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Mediano
<b>SULFATO (meq/L):</b>	9.15
<b>SULFATO (ppm):</b>	439.52
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Muy Alto
<b>CE (dS/m)</b>	1.17
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Moderadamente Alto
<b>SE (meq/l)</b>	9.16
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Moderadamente Alto
<b>PSP (%)</b>	65.91
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Mediano
<b>C.S.R. (meq/L)</b>	0.01
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Muy Bajo
<b>RAS</b>	3.68
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Mediano
<b>RASaj</b>	3.38
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Mediano
<b>B (ppm)</b>	0.33
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Bajo
<b>Fe (ppm)</b>	0.03
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Extremadamente Bajo
<b>Mn (ppm)</b>	0.01
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Extremadamente Bajo
<b>N-NO3 (ppm)</b>	0.01
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Muy Bajo
<b>CLASIFICACIÓN DEL AGUA:</b>	C3 S1
<b>SALINIDAD EFECTIVA (S.E.):</b>	3a. Clase
<b>COMENTARIOS:</b>	Puede utilizarse en suelos con buen drenaje



<b>Fuente:</b>	López-Álvarez, Briseida; Ramos-Leal, José Alfredo; Moran-Ramírez, Janete; Cardona Benavides, Antonio; Hernández García, Guillermo. 2013. Origen de la calidad del agua del acuífero colgado y su relación con los cambios de uso de suelo en el Valle de San Luis Potosí. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 65, Núm. 1, 2013, p.9-26. México.
<b>Clave:</b>	VSLP_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Artículo técnico.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información, ordenándola en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente, fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	47 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>VSLP_01</b>
<b>MUNICIPIO:</b>	San Luis Potosí
<b>UTM X:</b>	306326
<b>UTM Y:</b>	2451142
<b>pH:</b>	6.7
<b>Eh (mV):</b>	63
<b>Na (ppm):</b>	89
<b>K (ppm):</b>	40.2
<b>Ca (ppm):</b>	215
<b>Mg (ppm):</b>	25.2
<b>NO3 (ppm):</b>	25
<b>SO4 (ppm):</b>	276
<b>HCO3 (ppm):</b>	270
<b>Cl (ppm):</b>	126
<b>CE (µS/cm):</b>	126000
<b>CT(UFC):</b>	13.08
<b>GA (ppm):</b>	42.93
<b>F (ppb):</b>	0.4
<b>Hg (ppb):</b>	1.28
<b>Ba (ppb):</b>	52.16
<b>Sr (ppb):</b>	1126.66
<b>Cd (ppb):</b>	0.82
<b>Pb (ppb):</b>	2.64
<b>Ag (ppb):</b>	0.13
<b>Rb (ppb):</b>	106.63
<b>Co (ppb):</b>	0.16
<b>Cu (ppb):</b>	0.24
<b>Fe (ppb):</b>	33.37
<b>As (ppb):</b>	12.6
<b>Li (ppb):</b>	6.53
<b>Ni (ppb):</b>	7.55
<b>Mn (ppb):</b>	1.16
<b>Cr (ppb):</b>	0.59
<b>Zn (ppb):</b>	3.34
<b>Al (ppb):</b>	<0.1

<b>Fuente:</b>	Morán-Ramírez, Janete; Ramos-Leal, José Alfredo; López-Álvarez, Briseida; Carranco Lozada, Simón; Santacruz-De León, Germán. 2013. Comportamiento hidrogeoquímico de flujos subterráneos en acuíferos cársticos fracturados, aplicando
----------------	--



	modelación inversa: Caso Huasteca Potosina. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 65, Núm. 1, 2013, p.71-82. México.
<b>Clave:</b>	HPSLP_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Artículo técnico.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información, ordenándola en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente, fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	33 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>HPSLP_01</b>
<b>No.:</b>	1a
<b>MUNICIPIO:</b>	Tamuín
<b>ESTADO:</b>	San Luis Potosí
<b>UTM X:</b>	511489
<b>UTM Y:</b>	2428859
<b>ALTITUD (m):</b>	38
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	36
<b>OXIGENO DISUELTO OD (ppm):</b>	0.33
<b>POTENCIAL DE OXIDO REDUCCIÓN ORP (Mv):</b>	-185
<b>pH:</b>	6.9
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA CE (ms/cm):</b>	1660
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES STD (ppm):</b>	1061
<b>HCO3- (ppm):</b>	360
<b>NO3- (ppm):</b>	8
<b>Cl- (ppm):</b>	78.4
<b>F- (ppm):</b>	0.35
<b>SO4-2 (ppm):</b>	9
<b>Ca+2 (ppm):</b>	146
<b>K+ (ppm):</b>	11.1
<b>Mg+2 (ppm):</b>	19.7
<b>Na+ (ppm):</b>	84.4

<b>Fuente:</b>	Reporte de calidad de agua para el proyecto: Identificación, propuesta de manejo y evaluación de sostenibilidad de zonas y obras factibles para el abastecimiento de agua potable en áreas rurales de la región del Altiplano Potosino.
----------------	---



	Responsable Técnico: Dr Pedro Medellín Milán Responsable del Estudio: Dra. Ma. Catalina Alfaro de la Torre Universidad Autónoma de San Luis Potosí (2013-2014)
<b>Clave:</b>	UASLP_ALT_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Resultados de laboratorio en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información, ordenándola en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente, fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	77 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	UASLP_ALT_01
<b>SITIO:</b>	Salitrillo
<b>MUNICIPIO:</b>	Salinas
<b>FUENTE:</b>	Pozo profundo
<b>UTM X:</b>	218658.21
<b>UTM Y:</b>	2508107.92
<b>TEMPERATURA:</b>	27
<b>pH:</b>	7.16
<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L):</b>	5.8
<b>CONDUCTIVIDAD (mS/cm):</b>	3.9
<b>TURBIDEZ (NTU):</b>	0
<b>COLORO LIBRE RESIDUAL (mg/L):</b>	NC
<b>NITRATOS(mg/L):</b>	3.3
<b>NITRITOS (mg/L):</b>	ND
<b>SULFATOS (mg/L):</b>	506
<b>CLORUROS (mg/L):</b>	822
<b>FLUORUROS (mg/L):</b>	1.3
<b>ALCALINIDAD TOTAL (mg CaCO3/L):</b>	267.8
<b>SODIO (mg/L):</b>	693
<b>POTASIO (mg/L):</b>	3.9
<b>CALCIO (mg/L):</b>	145

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. Dirección Local San Luis Potosí.
<b>Clave:</b>	DLSANxxxx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Base de datos de muestreo anual 2019 de aguas superficiales y subterráneas en el estado.
<b>Procedimiento:</b>	Se discriminó la información por tipo de agua (superficial y subterránea), reordenando la información en tablas individuales por cada registro, quedando identificados



	quedando con su clave original, conforme a se muestra en el ejemplo siguiente, siendo incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	6 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	DLSAN2294
<b>SITIO:</b>	El Fuerte
<b>PROGRAMA ANUAL:</b>	2019
<b>TIPO DE CUERPO DE AGUA:</b>	Subterráneo
<b>ORGANISMO DE CUENCA:</b>	Golfo Norte
<b>ESTADO:</b>	San Luis Potosí
<b>MUNICIPIO:</b>	Santa María del Río
<b>LOCALIDAD:</b>	El Fuerte
<b>CUERPO DE AGUA:</b>	Acuífero Santa María del Río
<b>LATITUD:</b>	327166.38
<b>LONGITUD:</b>	2403034.02
<b>ALCALINIDAD TOTAL (ALC_TOT) (mg/L):</b>	302.165
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A ALC_TOT:</b>	Alta
<b>ARSÉNICO TOTAL (AS_TOT) (mg/L)</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A AS_TOT:</b>	Potable-Excelente
<b>CADMIO TOTAL (CD_TOT) (mg/L)</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A CD_TOT:</b>	Potable-Excelente
<b>COLI_FEC (NMP/100_mL)</b>	Menor a 10
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A COLI_FEC:</b>	Buena Calidad
<b>CONDUCTIVIDAD (CONDUC_CAMPO) (mS/cm):</b>	750
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A CONDUC_CAMPO:</b>	Buena para Riego
<b>CROMO TOTAL (CR_TOT) (mg/L):</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A CR_TOT:</b>	Potable-Excelente
<b>DUREZA TOTAL (DUR_TOT) (mg/L):</b>	123.432
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A DUR_TOT:</b>	Potable-Dura
<b>HIERRO TOTAL (FE_TOT) (mg/L):</b>	0.0736
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A FE_TOT:</b>	Potable-Excelente
<b>FLUORUROS TOTALES (F_TOT) (mg/L):</b>	2.9415
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A F_TOT:</b>	Alta
<b>MERCURIO TOTAL (HG_TOT) (mg/L):</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A HG_TOT:</b>	Potable-Excelente
<b>MANGANESO TOTAL (MN_TOT) (mg/L):</b>	0.0041
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A MN_TOT:</b>	Potable-Excelente
<b>NITRÓGENO DE NITRATOS (N_NO3) (mg/L):</b>	3.19175
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A N_NO3 :</b>	Potable-Excelente
<b>PLOMO TOTAL (PB_TOT) (mg/L):</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A PB:</b>	Potable-Excelente
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES MEDIDOS (SDT_M) (mg/L):</b>	504
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A SDT riego agrícola:</b>	Cultivos Sensibles
<b>CLASIFICACIÓN CONFORME A SDT salinización:</b>	Potable - Dulce

<b>Fuente:</b>	Bueno Pedroza, Angélica. 2005. Interpretación hidrogeoquímica de los sistemas de flujo de la parte norte del Altiplano Potosino. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L., México. Febrero de 2005. 142 pág.
<b>Clave:</b>	ACM_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Tesis de Maestría. Archivo electrónico en formato PDF.



<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Los registros presentaron hasta dos muestreos por punto. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	67 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	ACM_53
<b>MUESTRA:</b>	m53
<b>LOCALIDAD:</b>	Matehuala
<b>MUNICIPIO:</b>	Matehuala
<b>UTM X:</b>	333925
<b>UTM Y:</b>	2616341
<b>CENSO:</b>	105
<b>TIPO:</b>	Noria
<b>USO DEL AGUA:</b>	Agropecuario
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	10
<b>PRIMER MUESTREO:</b>	
<b>FECHA:</b>	26/03/2003
<b>T(°C)</b>	22
<b>pH</b>	6.68
<b>Eh (mV)</b>	103
<b>Eh</b>	304.4
<b>CE (µS/cm)</b>	2100
<b>O.D (%)</b>	2
<b>O mg/l</b>	0.1
<b>HCO3</b>	302.11
<b>STD (mg/l):</b>	1575
<b>HC03 (mg/l):</b>	292.98
<b>ALCALINIDAD (mg/l):</b>	247.63
<b>SO4 (mg/l):</b>	1800
<b>N-NO3 (mg/l):</b>	3
<b>PO4 (mg/l):</b>	1.04
<b>F (mg/l):</b>	1.4
<b>Na (mg/l):</b>	93
<b>K (mg/l):</b>	9
<b>Ca (mg/l):</b>	714
<b>Mg (mg/l):</b>	31
<b>Li (ppb):</b>	39.75
<b>B (ppb):</b>	200.66
<b>Al (ppb):</b>	8.88
<b>Si (ppb):</b>	21566.67
<b>Se (ppb):</b>	5.45
<b>Ti (ppb):</b>	3.14
<b>V (ppb):</b>	14.98
<b>Mn (ppb):</b>	117.54
<b>Fe (ppb):</b>	1033.3
<b>Ni (ppb):</b>	9.13
<b>Cu (ppb):</b>	3.43
<b>Zn (ppb):</b>	5.6
<b>Ge (ppb):</b>	0.3
<b>As (ppb):</b>	849.4
<b>Se (ppb):</b>	0.67
<b>Br (ppb):</b>	631.41



<b>CLAVE:</b>	ACM_53
<b>Rb (ppb):</b>	5.4
<b>Sr (ppb):</b>	11766.67
<b>Y (ppb):</b>	0.15
<b>Mo (ppb):</b>	17.02
<b>Sb (ppb):</b>	0.52
<b>SEGUNDO MUESTREO:</b>	
<b>FECHA:</b>	02/11/2003
.....	

<b>Fuente:</b>	Servicios de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Matehuala, SLP Resultados de análisis químicos de agua de pozos localizados en el acuífero de Cedral-Matehuala. (2018).
<b>Clave:</b>	SAPSAM_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Resultados de análisis de laboratorio. Archivo electrónico en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	15 puntos capturados, 2 de ellos pendientes de aclarar

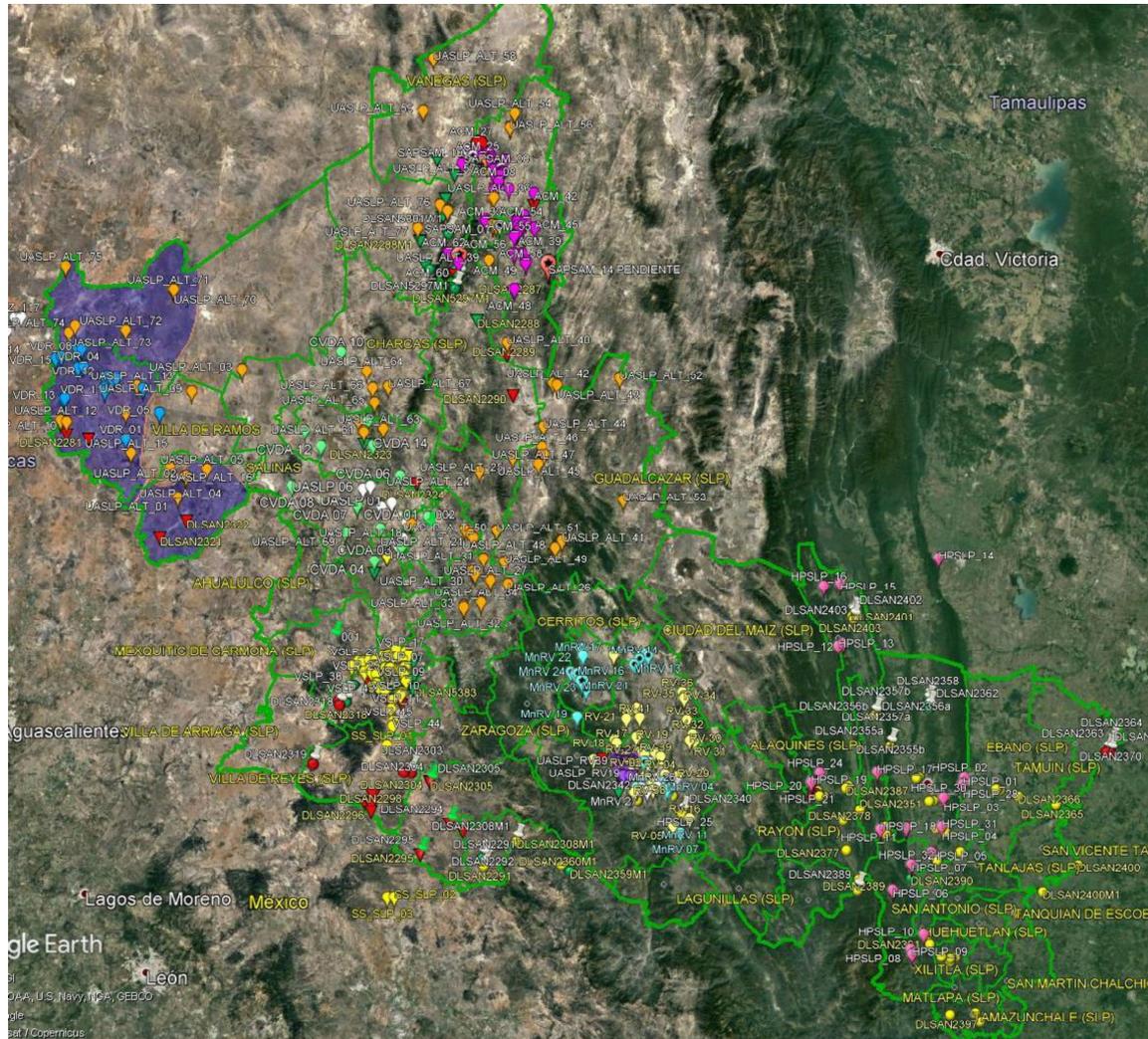
<b>CLAVE:</b>	SAPSAM_12
<b>POZO:</b>	17
<b>UTM X:</b>	312063.1536
<b>UTM Y:</b>	2643074.451
<b>MUNICIPIO:</b>	Vanegas
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	30/04/2018
<b>ORIGEN:</b>	Agua de pozo
<b>CLORO RESIDUAL (mg/L):</b>	Menor a 0.1
<b>COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml):</b>	Ausencia
<b>DUREZA TOTAL (mg/L CaCO3):</b>	502
<b>FLUORURO (mg/L):</b>	0.5

<b>Fuente:</b>	Servicios de Salud del Estado de San Luis Potosí-COTAS Villa de Reyes (2016).
<b>Clave:</b>	SS_SLP_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Resultados de análisis de laboratorio. Archivo en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	3 puntos capturados, 2 más pendientes de aclarar



<b>CLAVE:</b>	SS_SLP_01
<b>LATITUD:</b>	302437.7299
<b>LONGITUD:</b>	2425132.67
<b>LOCALIDAD:</b>	Emiliano Zapata
<b>MUNICIPIO:</b>	Villa de Reyes
<b>ESTADO:</b>	San Luis Potosí
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Pozo Emiliano Zapata
<b>PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:</b>	Dren de descarga
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	30/08/2016
<b>pH CAMPO:</b>	7.2
<b>TEMPERATURA EN CAMPO (°C):</b>	25.8
<b>CE (micromhos/cm):</b>	168.5
<b>RADIATIVIDAD ALFA GLOBAL (Bq/l):</b>	0.56
<b>RADIATIVIDAD BETA GLOBAL (Bq/l):</b>	1.85

Con base a toda la información vertida para el estado de San Luis Potosí, la cobertura alcanzada se muestra en la siguiente figura.



a) *Aguas Subterráneas*

<b>Fuente:</b>	Rangel Medina, M. (2015). Estudio de caracterización hidrogeológica del acuífero El Palmar, Zacatecas.
<b>Clave:</b>	PAL_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Tesis. Archivo en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	7 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	PAL_01
<b>CLAVE DE CENSO:</b>	22-0420
<b>CLAVE DEL ACUÍFERO:</b>	El Palmar
<b>MUNICIPIO:</b>	Miguel Auza
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>UTM X:</b>	659389.9
<b>UTM Y:</b>	2693696
<b>UTM Z:</b>	1918.182
<b>POTENCIAL REDOX (mV):</b>	100
<b>BICARBONATOS (mg/L):</b>	220
<b>CARBONATOS (mg/L):</b>	16
<b>CLORUROS (mg/L):</b>	56
<b>DUREZA TOTAL (mg/L):</b>	49
<b>DUREZA DE Ca (mg/L):</b>	25
<b>NITRATOS (mg/L):</b>	1.23
<b>FLUORUROS (mg/L):</b>	6.7
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L):</b>	1148
<b>SULFATOS (mg/L):</b>	291
<b>CALCIO (mg/L):</b>	menor a 0.06
<b>MAGNESIO (mg/L):</b>	2.36
<b>POTASIO (mg/L):</b>	3.93
<b>SODIO (mg/L):</b>	251.07



<b>Fuente:</b>	Núñez-Peña, Ernesto Patricio; Escalona-Alcázar, Felipe de Jesús; Bluhm-Gutiérrez, Jorge; Ramos-De la Cruz, Gustavo Alfonso; De la Torre-Guerrero Alan; Ortega-Martínez, Emmanuel y Cardona-Benavides, Antonio. 2015. Caracterización hidrogeoquímica del acuífero Jerez, estado de Zacatecas, México. Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. VI, núm. 3, mayo-junio de 2015, pp. 105-124.
<b>Clave:</b>	ACJRZ xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Artículo técnico. Archivo en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	29 puntos capturados

<b>MUESTRA No.:</b>	ACJRZ 29
<b>CLAVE CNA:</b>	
<b>MUNICIPIO:</b>	Jeréz
<b>UTM X (m):</b>	715267
<b>UTM Y (m):</b>	2507179
<b>ALTITUD (m):</b>	2061
<b>FAMILIA AGUA:</b>	HCO <sub>3</sub> -Ca
<b>% ERROR:</b>	3.81
<b>USO:</b>	Potable
<b>PROFUNDIDAD POZO (m):</b>	
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	23.90
<b>pH CAMPO:</b>	7.93
<b>pH LABORATORIO:</b>	7.63
<b>POTENCIAL DE OXIDACIÓN (Eh)(mV):</b>	176.00
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA CAMPO (µmhos):</b>	282.00
<b>STD (mg/l):</b>	195.00
<b>DUREZA TOTAL (mg/l):</b>	125.30
<b>Na (mg/l):</b>	37.00
<b>K (mg/l):</b>	10.60
<b>Ca (mg/l):</b>	45.00
<b>Mg (mg/l):</b>	3.10
<b>Si (mg/l):</b>	37.00
<b>Cl (mg/l):</b>	11.56
<b>SO<sub>4</sub> (mg/l):</b>	5.00
<b>HCO<sub>3</sub> (mg/l):</b>	252.03
<b>CO<sub>3</sub> (mg/l):</b>	0.00
<b>N-NO<sub>3</sub> (mg/l):</b>	2.20
<b>F (mg/l):</b>	0.25
<b>Li (mg/l):</b>	0.0250
<b>B (mg/l):</b>	0.0910
<b>V (mg/l):</b>	0.0077
<b>Mn (mg/l):</b>	0.0008
<b>Fe (mg/l):</b>	5.0000
<b>Zn (mg/l):</b>	0.2075
<b>Ge (mg/l):</b>	0.0001
<b>As (mg/l):</b>	0.0073

<b>Fuente:</b>	Padilla-Reyes, Diego Alonso; Núñez-Peña, Ernesto Patricio; Escalona-Alcázar, Felipe de Jesús y Bluhm-Gutiérrez, Jorge. 2012. Calidad del agua del acuífero Guadalupe-Bañuelos, Estado de Zacatecas, México. GEOS, Vol. 32, No. 2 (2012).
----------------	--



<b>Clave:</b>	GPE-B_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Artículo técnico. Archivo en formato PDF.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	14 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>GPE-B_14</b>
<b>UTM X:</b>	758864.3333
<b>UTM Y:</b>	2516250.333
<b>LOCALIDAD:</b>	La Zacatecana
<b>MUNICIPIO:</b>	Guadalupe
<b>TIPO DE APROVECHAMIENTO:</b>	Canal
<b>CONDUCTIVIDADELÉCTRICA (mmhos/cm):</b>	1035
<b>OXÍGENO DISUELTO ( %):</b>	44
<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L):</b>	4.1
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	19.1
<b>pH</b>	7.2
<b>STD</b>	487
<b>Cl-</b>	110.27
<b>SO4-</b>	150
<b>F-</b>	0.73
<b>HCO<sub>3</sub>-</b>	374.46
<b>As</b>	0.0272
<b>Pb</b>	0.00445
<b>Na+</b>	68.2
<b>K+</b>	26.5
<b>Ca+</b>	143.2
<b>Mg+</b>	105.9
<b>Li</b>	0.063
<b>Hg</b>	0.0005

<b>Fuente:</b>	Navarro Velasco, J. L. 2007. Isotopía de las aguas subterráneas e interpretación de las zonas de recarga de la cuenca hidrológica de Calera, Zac. Universidad Autónoma de Zacatecas. Tesis de licenciatura. Zacatecas, México.
<b>Clave:</b>	CAL_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Tesis de licenciatura.



<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se recuperó la información correspondiente al acuífero Calera, incorporándola al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	99 puntos capturados

CLAVE:	CAL_02
NÚMERO CNA:	CNA 0371
LOCALIDAD:	Las Pampas
MUNICIPIO:	Calera
ESTADO:	Zacatecas
UTM X:	739915
UTM Y:	2544915
TIPO:	Pozo
USO:	Agrícola
FECHA DE MUESTREO:	
TEMPERATURA (°C):	25.6
pH:	6.64
EH (mV):	45
Eh:	243
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mmhos/cm):	393
O2 (%):	62
O2 (mg/L):	4.6
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mh/L):	239
ALCALINIDAD (mg/L CaCO3):	208.9
HCO3 (mg/L):	254.9
CO3 (mg/L):	0
Cl (mg/L):	12.05
SO4 (mg/L):	40
N-NO3 (mg/L):	3
Na (mg/L):	52
K (mg/L):	8.1
Ca (mg/L):	40
Mg (mg/L):	6.4
Li (mg/L):	0.04
FAMILIA DE AGUA:	Bicarbonatada mixta

<b>Fuente:</b>	Universidad Autónoma de Zacatecas (2014-2016)
<b>Clave:</b>	UAZ_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Base de datos proporcionada por la UAZ. Archivo electrónico en Excel ®
<b>Procedimiento:</b>	Se ordenó la información en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.



Total de puntos:

167 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>UAZ_141</b>
<b>CLAVE ORIGINAL:</b>	ABJ020
<b>UTM_X:</b>	732908.00
<b>UTM_Y:</b>	2514807.00
<b>FECHA:</b>	07/08/2015
<b>LOCALIDAD:</b>	Miguel Hidalgo
<b>MUNICIPIO:</b>	Zacatecas
<b>ALTITUD (msnm):</b>	2206
<b>TIPO:</b>	Pozo
<b>PROFUNDIDAD (m):</b>	150
<b>USO:</b>	Potable
<b>pH:</b>	7.9
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	24.6
<b>Ec (µS/cm):</b>	447
<b>SDT (mg/L):</b>	219.0
<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L):</b>	6.59
<b>POTENCIAL DE OXIDACIÓN / REDUCCIÓN (POR) (mV):</b>	272.6
<b>ALCALINIDAD (mg/L):</b>	164.0
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L):</b>	200.1
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/L):</b>	19.8
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/L):</b>	24
<b>N-NO<sub>3</sub> (mg/L):</b>	2.8
<b>F<sup>-</sup> (mg/L):</b>	0.95
<b>Ca<sup>2+</sup> (mg/L):</b>	47.9
<b>Mg<sup>2+</sup> (mg/L):</b>	6.2
<b>Na<sup>+</sup> (mg/L):</b>	35.9
<b>K<sup>+</sup> (mg/L):</b>	21.8
<b>SiO<sub>2</sub> (mg/L):</b>	72
<b>Sr (mg/L):</b>	0.3265
<b>Li (mg/L):</b>	0.0306
<b>As (mg/L):</b>	0.0152
<b>Ba (mg/L):</b>	0.1149
<b>Pb (mg/L):</b>	0.00014
<b>Fe (mg/L):</b>	0.0191
<b>Hg (mg/L):</b>	Menor a 0.00001
<b>Al (mg/L):</b>	0.01771
<b>B (mg/L):</b>	0.050395
<b>Be (mg/L):</b>	Menor a 0.0000035
<b>Cd (mg/L):</b>	0.000751
<b>Co (mg/L):</b>	0.0000425
<b>Cr (mg/L):</b>	0.0007385
<b>Cu (mg/L):</b>	Menor a 0.00002
<b>Mn (mg/L):</b>	0.0004895
<b>Mo (mg/L):</b>	0.000736
<b>Sn (mg/L):</b>	Menor a 0.00002



<b>CLAVE:</b>	<b>UAZ_141</b>
<b>Zn (mg/L):</b>	0.01102
<b>BALANCE IÓNICO:</b>	6.31

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua-Gerencia Estatal Zacatecas-Sistema de Información Geográfica de Manejo de Aguas Subterráneas (SIGMAS 1974-2000)	
<b>Clave:</b>	CNA.GEZ.Acuifero_No	
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea	
<b>Tipo de información:</b>	Base de datos proporcionada por la Comisión Nacional del Agua en Zacatecas. Archivo electrónico en Excel ®	
<b>Procedimiento:</b>	Se ordenó la información en tablas individuales por cada acuífero y registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se detectaron errores en las coordenadas de 21 acuíferos de los que no fue posible recuperar la información recurriendo a los archivos originales de los cuales se concentró la información en la base de datos general. Fueron incorporados solamente los registros correctos al SIG de los acuíferos que se señalan.	
<b>Total de puntos:</b>	Acuífero:	Puntos capturados:
<b>327</b>	Ojocaliente	75
	Loreto	99
	Jerez	28
	Chupaderos	25
	El Palmar	83
	García de la Cadena	17
	Sabinas	0, coordenadas incorrectas
	Villa Hidalgo	0, coordenadas incorrectas
	La Blanca	0, coordenadas incorrectas
	Aguanaval	0, coordenadas incorrectas
	Villa García	0, coordenadas incorrectas
	Guadalupe Bañuelos	0, coordenadas incorrectas
	Valparaiso	0, coordenadas incorrectas
	Benito Juárez	0, coordenadas incorrectas
	Abrego	11 correctos, 9 con coordenadas incorrectas
	Nochistlán	0, coordenadas incorrectas
	Tlaltenango	0, coordenadas incorrectas
	Guadalupe Garzarón	0, coordenadas incorrectas
	El Salvador	0, coordenadas incorrectas
	Corrales	0, coordenadas incorrectas
	El Cardito	0, coordenadas incorrectas
	Pino Suárez	0, coordenadas incorrectas
	Camacho	0, coordenadas incorrectas
	Calera	0, coordenadas incorrectas
	Zacatecas	0, coordenadas incorrectas
	Saín El Alto	0, coordenadas incorrectas
	Guadalupe de las Corrientes	0, coordenadas incorrectas

<b>CLAVE:</b>	<b>CNA.GEZ.OC_01</b>
<b>NUMERO LOCAL:</b>	5



<b>ACUÍFERO:</b>	12 Ojocaliente
<b>UTM X:</b>	774607.8165
<b>UTM Y:</b>	2514538.267
<b>MUNICIPIO:</b>	Ojocaliente
<b>ELEVACIÓN DEL BROCAL (msnm):</b>	2110.00
<b>FECHA DE MEDICIÓN (dd-mm-aaaa):</b>	01-07-1977
<b>pH:</b>	7.52
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	29.00
<b>CONDUCTIVIDAD (micromhos):</b>	530
<b>DUREZA TOTAL (ppm):</b>	150.000
<b>ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3):</b>	237
<b>SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (ppm):</b>	475.00
<b>SO4 (ppm):</b>	15.00
<b>Cl (ppm):</b>	51.00
<b>CO3 (ppm):</b>	9.00
<b>HCO3 (ppm):</b>	270.00
<b>Na (ppm):</b>	80.00
<b>K (ppm):</b>	
<b>Ca (ppm):</b>	36.00
<b>Mg (ppm):</b>	14.00

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. 2018-2019. CALIDAD DEL AGUA ZACATECAS SUBTERRANEA. Base de datos en archivo electrónico proporcionado por las oficinas estatales de CONAGUA en el estado de Zacatecas en 2019.	
<b>Clave:</b>	DLZACxxxx	
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea	
<b>Tipo de información:</b>	Base de datos proporcionada por la Comisión Nacional del Agua en Zacatecas. Archivo electrónico en Excel ®	
<b>Procedimiento:</b>	Se ordenó la información en tablas individuales por cada registro, quedando identificados con sus claves originales conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se agruparon en aquellos pozos que presentaron 1, 2 o 3 muestreos en los años 2019, 2018-2019 y 2018(2)-2019, respectivamente. Fueron incorporados los registros al SIG.	
<b>Total de puntos:</b>	<b>Año de muestreo:</b>	<b>Puntos capturados:</b>
	2019	51
	2018-2019	14
	2018(2)-2019	10

<b>NO.:</b>	73
<b>CLAVE :</b>	DLZAC5394
<b>NOMBRE DEL SITIO:</b>	NOCHISTLAN
<b>MONITOREO:</b>	DLZAC5394-030618
<b>TIPO CUERPO DE AGUA:</b>	SUBTERRANEO



<b>NO.:</b>	73
<b>ORGANISMO CUENCA:</b>	Lerma Santiago Pacífico
<b>DIRECCIÓN LOCAL:</b>	DIRECCIÓN LOCAL ZACATECAS
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>MUNICIPIO:</b>	Apulco
<b>LOCALIDAD:</b>	
<b>CUERPO DE AGUA:</b>	ACUÍFERO NOCHISTLAN
<b>SUBTIPO:</b>	Pozo
<b>LONGITUD:</b>	739103.80
<b>LATITUD:</b>	2366681.22
<b>ALTI_SITIO:</b>	1841
<b>PROGRAMA ANUAL:</b>	2018
<b>FECHA PROGRAMACION:</b>	30/05/2018
<b>FECHA REALIZACION:</b>	17/05/2018
<b>STATUS:</b>	Resultados Aprobados por GCA
<b>DISPONIBLEPARA OC/DL:</b>	1
<b>ABS_UV:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>ACRILONITRILO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>ACROLEINA:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>ALC_FEN:</b>	Menor a la Cantidad Mínima Cuantificable
<b>ALC_TOT:</b>	133.25
<b>AS_TOT:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>BENCENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>BR_CLMET:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>BR_DICLMET:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>BROMOF:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>BROMOMETANO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>BROMURO DE METILO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CA_TOT:</b>	34.88
<b>CD_TOT:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CIS_1_2_DICLETEN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CL_BENC:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CL_DIBRO_ETA_CLO_DBE:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CL_METILENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CLOROFORMO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CLORURO DE VINILO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CLORUROS_TOT:</b>	Menor a la Cantidad Mínima Cuantificable
<b>CO3:</b>	0
<b>COLI FEC:</b>	<10
<b>CONDOC_CAMPO:</b>	433
<b>COT:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>CR_TOT:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>DIBR_CLMET:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>DIBROMOETILENO:</b>	NA
<b>DICLOROBENCENOS:</b>	0
<b>DIG_MET:</b>	REALIZADA
<b>DUR_TOT:</b>	81.9
<b>ESTIRENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>ETILBENCENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>FE_TOT:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>FLUORUROS_TOT:</b>	5.2677
<b>HCO3:</b>	133.25
<b>HG_TOT:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>K_TOT:</b>	4.756



<b>NO.:</b>	73
<b>LAT SITIO:</b>	21.3865
<b>LONG SITIO:</b>	-102.694
<b>M_P_XILENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>METILTERBUTILETER_MTBE :</b>	Menor al Límite de Detección
<b>MG TOT:</b>	0.8886
<b>MN TOT:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>N_NH3:</b>	0.098
<b>N_NO2:</b>	0.0031
<b>N_NO3:</b>	0.4596
<b>N_ORG:</b>	0.34411
<b>N_TOT:</b>	0.904814
<b>N_TOTK:</b>	0.442114
<b>NA TOT:</b>	28.94
<b>O DICLOROBENCENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>O XILENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>OH:</b>	0
<b>P DICLOROBENCENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>P_TOT:</b>	0.0486
<b>PB TOT:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>PH CAMPO:</b>	7.1
<b>PO4 TOT:</b>	0.1489
<b>POT REDOX CAMPO:</b>	218.1
<b>SAAM:</b>	0.01
<b>SALINIDADINICIAL:</b>	0.2
<b>SDT M:</b>	216
<b>SIO2:</b>	60.98
<b>SO4 TOT:</b>	12.9665
<b>TEMP AGUA:</b>	27
<b>TEMP AMB:</b>	28
<b>TETRACL CARB:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>TETRACLOROETILENO :</b>	Menor al Límite de Detección
<b>THMs:</b>	0
<b>TOLUENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>TRANS 1 2 DICLOROETILENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>TRICLOROETILENO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>TRICLOROFLUOROMETANO:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>XILEN ISOMEROS:</b>	0
<b>ZN TOT:</b>	0.0013
<b>1 1 1 2 TTCETA:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 1 2 2 TETRACLETAN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 1 2 TCETA:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 1 DICLETILEN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 2 4 TRICLBENCEN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 2 D C PROPIL:</b>	NA
<b>1 2 DIBR 3 CLPROPAN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 2 DICLBENC:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 2 DICLETAN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 2 DICLPROPAN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 3 DICLBEN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>1 4 DICLBEN:</b>	Menor al Límite de Detección
<b>2 CEVE:</b>	Menor al Límite de Detección



<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua-Dirección Local Zacatecas (2013-2018)	
<b>Clave:</b>	CNA_DLZ_xx	
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea	
<b>Tipo de información:</b>	Base de datos proporcionada por la Comisión Nacional del Agua en Zacatecas. Archivo electrónico en Excel ®	
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información proveniente de formatos en PDF y se identificaron las coordenadas con base al nombre del propietario en el REPGA. Los puntos faltantes se han recuperado acudiendo a los municipios y oficinas locales de la CONAGUA, así como al Distrito de Riego 034. En el caso de DR 034 se conjuntaron los datos por sitio dado que se realizaron muestreos anuales en ellos. Se ordenó la información en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. La información resultante fue incorporada al SIG.	
<b>Total de puntos:</b>	Sitios	Puntos capturados:
	Pozos particulares	112
	Distrito de Riego 034	11

Para el caso de los pozos particulares capturados la información quedó bajo el siguiente formato:

<b>CLAVE:</b>	<b>CNA_DLZ_101</b>
<b>AÑO:</b>	2014
<b>TITULO:</b>	08ZAC150680/12IMDL12
<b>ANEXO(S):</b>	
<b>MUNICIPIO:</b>	Atolinga
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>UTM X:</b>	660935.4316
<b>UTM Y:</b>	2410748.592
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Pozo Rancho Ojo De Agua
<b>PROPIETARIO:</b>	Amador Castañeda C. y Ma. Luz Haro Garcia
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	21/05/2014
<b>TURBIDEZ:</b>	No Hay
<b>OLOR:</b>	Inodora
<b>COLOR:</b>	Incolora
<b>NATURALEZA DEL SDIMENTO:</b>	Inorgánico
<b>pH LABORATORIO:</b>	7.2
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (micromhs/cm a 25°C):</b>	125.7
<b>SÓLIDOS DISUELTOS (ppm):</b>	119.32
<b>% DE SODIO EN EL TOTAL DE LOS CATIONES:</b>	39.16
<b>% DE ADSORCIÓN DE SODIO:</b>	0.98
<b>CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (me/l):</b>	0.67
<b>SODIO (Na+) (me/l):</b>	0.56
<b>SODIO (Na+) (ppm):</b>	12.88
<b>POTASIO (K+) (me/l):</b>	0.2
<b>POTASIO (K+) (ppm):</b>	7.8
<b>CALCIO (Ca++) (me/l):</b>	0.51
<b>CALCIO (Ca++) (ppm):</b>	10.2
<b>MAGNESIO (Mg++) (me/l):</b>	0.16
<b>MAGNESIO (Mg++) (ppm):</b>	1.92
<b>CARBONATOS (CO3-) (me/l):</b>	0



<b>CARBONATOS (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (ppm):</b>	0
<b>BICARBONATOS (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (me/l):</b>	1.34
<b>BICARBONATOS (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (ppm):</b>	82.13
<b>CLORUROS (Cl<sup>-</sup>) (me/l):</b>	0.1
<b>CLORUROS (Cl<sup>-</sup>) (ppm):</b>	3.8
<b>SULFATOS (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>) (me/l):</b>	0.01
<b>SULFATOS (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>) (ppm):</b>	0.59
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	C1-S1



Mientras que para el caso de los muestreos realizados en los vasos y canales de las presas, se presentaron bajo el formato que se muestra a continuación:

CLAVE:	CNA_DLZ_DR_034	09/12/2013	09/06/2014	01/12/2014	01/07/2015	17/11/2015	20/06/2016	18/11/2016	19/06/2017	08/12/2017	28/06/2018	16/11/2018
MUNICIPIO:	Tabasco	POCA	NO HAY	POCA	POCA	SI	SI	POCA	SI	SI	SI	SI
ESTADO:	Zacatecas	INOLORA	INOLORA	INOLORA	INOLORA	INOLORA	INOLORA	INOLORA	INOLORA	INOLORA	INOLORA	INOLORA
PROPIETARIO O REPRESENTANTE:	Distrito de Riego 034	AMARILLO CLARO	AMARILLO CLARO	AMARILLO CLARO	GRISACEO	AMARILLO CLARO	AMARILLO CLARO	AMARILLO CLARO	INCOLORA	AMARILLO CLARO	AMARILLO CLARO	CAFE CLARO
LOCALIZACIÓN:	Vaso Presa El Chique	INORGANICO	INORGANICO	INORGANICO	INORGANICO CO	INORGANICO	INORGANICO	INORGANICO	INORGANICO CO	INORGANICO	INORGANICO	INORGANICO CO
N:	717164	7.60	8.37	7.00	7.50	7.80	7.30	8.20	7.60	7.35	6.82	6.82
UTM X:	2434024											
FECHA DE ANALISIS:	10/05/2013											
TURBIDEZ:	ABUNDANTE											
OLOR:	INOLORA											
COLOR:	GRISACEO											
NATURALEZA DEL SEDIMENTO:	INORGANICO											
pH LABORATORIO :	7.80	7.60	8.37	7.00	7.50	7.80	7.30	8.20	7.60	7.35	6.82	6.82
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (micromhos/cm a 25°C):	357.00	272.00	251.60	263.00	275.90	183.30	198.80	197.50	216.00	224.00	280.00	209.00
SOLIDOS DISUELTOS (ppm):	336.70	248.68	246.20	236.30	237.00	151.80	181.20	177.00	187.70	214.00	218.50	156.30
% DE SODIO EN EL TOTAL DE LOS CATIONES:	34.19	32.14	31.78	29.82	34.45	27.84	27.92	32.73	29.38	32.17	34.47	20.49
% DE ADSORCIÓN DE SODIO:	1.36	1.09	1.05	0.93	1.21	0.76	0.82	1.02	0.92	1.04	1.13	0.51
CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (me/l):	1.07	0.69	0.80	0.60	0.00	0.30	0.40	0.40	0.60	0.50	0.80	0.40
SODIO (Na+) (me/l):	1.58	1.08	1.03	0.89	1.03	0.54	0.64	0.81	0.74	0.85	0.94	0.40
SODIO (Na+) (ppm):	36.34	24.84	23.69	20.47	23.69	12.42	14.72	18.63	17.02	19.55	21.62	9.20
POTASIO (K+) (me/l):	0.34	0.29	0.29	0.26	0.52	0.40	0.42	0.40	0.49	0.45	0.40	0.30
POTASIO (K+) (ppm):	13.26	11.31	11.31	10.14	20.28	15.60	16.38	15.60	19.11	17.55	15.60	11.70
CALCIO (Ca++) (me/l):	1.76	1.44	1.56	1.41	1.20	0.60	0.99	1.02	0.89	1.03	1.02	1.09
CALCIO (Ca++) (ppm):	35.20	28.80	31.15	28.22	24.00	12.00	19.88	20.40	17.72	20.53	20.40	21.82
MAGNESIO (Mg++) (me/l):	0.94	0.55	0.36	0.42	0.24	0.40	0.24	0.24	0.40	0.32	0.37	0.16



MAGNESIO (Mg++) (ppm):	11.28	6.60	4.36	5.08	2.88	4.80	2.86	2.94	4.83	3.79	4.41	1.94
CARBONATOS (CO <sub>3</sub> -) (me/l):	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CARBONATOS (CO <sub>3</sub> -) (ppm):	12.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BICARBONATO S (HCO <sub>3</sub> -) (me/l):	3.52	2.66	2.67	2.45	2.52	1.28	1.65	1.68	1.90	1.84	2.17	1.63
BICARBONATO S (HCO <sub>3</sub> -) (ppm):	203.00	162.40	163.11	149.30	153.90	77.89	100.52	102.52	116.16	112.19	132.54	99.40
CLORUROS (Cl-) (me/l):	0.26	0.14	0.12	0.13	0.11	0.07	0.37	0.10	0.04	0.08	0.11	0.18
CLORUROS (Cl-) (ppm):	9.14	4.75	4.27	4.64	3.80	2.59	13.11	3.51	1.28	2.63	3.77	6.18
SULFATOS (SO <sub>4</sub> -) (me/l):	0.33	0.22	0.17	0.39	0.18	0.55	0.29	0.28	0.24	0.79	0.42	0.13
SULFATOS (SO <sub>4</sub> -) (ppm):	16.00	10.42	8.35	18.48	8.45	26.51	13.70	13.44	11.60	37.72	20.15	6.02
CLASIFICACIÓ N:	C2-S1	C2-S1	C2-S1	C2-S1	C2-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C1-S1	C2-S1	C1-S1

<b>Fuente:</b>	CONAGUA – Servicios de Salud de Zacatecas. 2019. Resultados de Análisis Físicoquímico y Bacteriológico de Pozos en los municipios de Jeréz y Chalchihuites, Zacatecas. Archivo electrónico con registros de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios de Salud de Zacatecas. Jurisdicción Sanitaria No. 3 Fresnillo. Coordinación de Protección Contra Riesgos Sanitarios. Salud Ambiental. Fresnillo, Zacatecas.</li> <li>• CONAGUA-Dirección Local Zacatecas. Subdirección Técnica. Departamento de Calidad del Agua. Laboratorio de Análisis de Aguas.</li> </ul>
<b>Clave:</b>	CNA_SS_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Base de datos proporcionada por la Jurisdicción Sanitaria No. 3 Fresnillo. Archivo electrónico en Excel ®
<b>Procedimiento:</b>	Se ordenó la información en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	11 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>CNA_SS_11</b>
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	24/09/2019
<b>HORA DE MUESTREO:</b>	9:35
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	El Hormiguero, Chalchihuites
<b>UTM X:</b>	611824.40
<b>UTM Y:</b>	2587969.82
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	12.00
<b>COLIFORMES TOTALES:</b>	No detectable
<b>COLIFORMES FECALES:</b>	No detectable
<b>pH:</b>	7.60
<b>FLUORUROS (como F) mg/l:</b>	
***	***
<b>HORA DE MUESTREO:</b>	9:50
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	12.00
<b>COLIFORMES TOTALES:</b>	2.6 N.M.P./100ml
<b>COLIFORMES FECALES:</b>	No detectable
<b>pH:</b>	7.60
<b>FLUORUROS (como F) mg/l:</b>	

<b>Fuente:</b>	Universidad de Sonora – Departamento de Geología. (2004). Estudio regional de evaluación hidrogeológica del acuífero Cedros, en el municipio de Mazapil, en el estado de Zacatecas. Sonora, México.
<b>Clave:</b>	US_MAZ_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información ordenando en tablas individuales por cada registro, quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	25 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>US_MAZ_10</b>
<b>LOCALIDAD:</b>	Rosario
<b>MUNICIPIO:</b>	Mazapil
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>UTM X:</b>	229279
<b>UTM Y:</b>	2700087
<b>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) (mg/L):</b>	860
<b>DUREZA TOTAL EN CaCO<sub>3</sub> (TH) (mg/L):</b>	475.6
<b>BICARBONATOS EN CaCO<sub>3</sub> (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (mg/l):</b>	410.4
<b>SULFATOS (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) (mg/l):</b>	302.9
<b>SÍLICE (SiO<sub>2</sub>) (mg/l):</b>	10
<b>CLORUROS (Cl<sup>-</sup>) (mg/l):</b>	28.1
<b>NITRATOS (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (COMO N):</b>	2.64
<b>CALCIO (Ca<sup>+</sup>) (mg/L):</b>	97.3
<b>MAGNESIO (Mg<sup>+</sup>) (mg/L):</b>	56.7
<b>SODIO (Na<sup>+</sup>) (mg/L):</b>	35.1
<b>POTASIO (K<sup>+</sup>) (mg/L):</b>	4.3
<b>PH (POTENCIAL HIDRÓGENO) (Unidades):</b>	6.84
<b>CONDUCTIVIDAD (microSiemens/cm):</b>	1,183.0
<b>ACIDEZ EN CaCO<sub>3</sub> (mg/l):</b>	
<b>FIERRO (Fe<sup>++</sup>) (mg/l):</b>	
<b>COLORO LIBRE RESIDUAL (Cl<sub>2</sub>)(mg/L):</b>	

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua – Unión Agrícola Regional de Productores de Fríjol y Granos Básicos (2000). Actualización de estudios geohidrológicos de la porción
----------------	--



	noreste del Estado de Zacatecas (Acuífero Puerto Madero). Contrato UARPF-CNA 2000 – 01. (Realizado por Geofísica de Exploraciones Guysa, S.A. de C.V.)
<b>Clave:</b>	UARPF_CNA_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico.
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	20 puntos capturados

CLAVE:	UARPF_CNA_20
No. DE POZO:	814-B
MUNICIPIO:	Villa de Cos
ESTADO:	Zacatecas
UTM X:	792165
UTM Y:	2605362
FECHA DE ESTUDIO:	2000
pH:	7.81
pH (CAMPO):	8
TEMPERATURA (°C):	26.2
COND. ELECTRICA (mmhos/cm2):	2364.7
DUREZA TOTAL (mg/l CaCO3):	463.7
NITRATOS (mg/l):	10.53
HCO3- (mg/l) LAB.:	69.66
CO3-2 (mg/l) LAB.:	0
Cl- (mg/l) LAB.:	67.15
SO4-2 (mg/l) LAB.:	1013.22
HCO3- (meq/l) LAB.:	1.14196721
CO3-2 (meq/l) LAB.:	0
Cl- (meq/l) LAB.:	1.8915493
SO4-2 (meq/l) LAB.:	21.10875
Ca+2 (mg/l) LAB.:	113.499
Mg+2 (mg/l) LAB.:	2.301
Na+ (mg/l) LAB.:	329.521
K+ (mg/l) LAB.:	20.341
Ca+2 (meq/l) LAB.:	5.67495
Mg+2 (meq/l) LAB.:	0.19175
Mn (mg/l) LAB.:	0.01
Na+ (meq/l) LAB.:	14.327
K+ (meq/l) LAB.:	0.5215641

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. (2001). Modelo de simulación hidrodinámica de los acuíferos Chihuahua-Sacramento, Chih. y Chupaderos, Zac. Tomo II Acuífero Chupaderos, Zac.
<b>Clave:</b>	UNAM_CNA_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea



<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico.
<b>Procedimiento:</b>	Los datos utilizados en este documento para el acuífero Chupaderos, fueron publicados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en 1996. Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme en el ejemplo siguiente. Posteriormente fueron incorporados al SIG.
<b>Total de puntos:</b>	20 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	<b>UNAM_CNA_25</b>
<b>POZO No.:</b>	5162
<b>MUNICIPIO:</b>	Villa de Cos
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>UTM X:</b>	774500.0000
<b>UTM Y:</b>	2562700.0000
<b>FECHA DE ESTUDIO:</b>	1996
<b>SO4 (ppm):</b>	141.39
<b>SO4 (meq/l):</b>	2.95
<b>Cl (ppm):</b>	60.47
<b>Cl (meq/l):</b>	1.71
<b>F (ppm):</b>	0.85
<b>PO4 (ppm):</b>	0.16
<b>NO3 (ppm):</b>	12
<b>Na (ppm):</b>	102.4
<b>Na (meq/l):</b>	4.46
<b>K (ppm):</b>	7.52
<b>Ca (ppm):</b>	34.71
<b>Ca (meq/l):</b>	1.73
<b>Mg (ppm):</b>	28.72
<b>Mg (meq/l):</b>	2.30
<b>Fe (ppm):</b>	0.07
<b>HCO3 (ppm):</b>	223.26
<b>HCO3 (meq/l):</b>	3.66
<b>PH:</b>	7.88
<b>ALC.:</b>	183
<b>CE (uS/cm):</b>	672
<b>SDT (ppm):</b>	608
<b>T (°C):</b>	26.1
<b>DUREZA TOTAL:</b>	186.7
<b>CATIONES:</b>	8.49
<b>ANIONES:</b>	8.31
<b>BALANCE-IÓNICO:</b>	1.05

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. 2006. Estudio para la reactivación de redes de monitoreo piezométrico y de calidad del agua de los acuíferos Hidalgo y Sabinas, en el estado de Zacatecas.
<b>Clave:</b>	HI_xx, SAB_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea

<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico	
<b>Procedimiento:</b>	Se recuperó la información de documentos en formato Excel®, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se recuperó la información correspondiente a cada acuífero, incorporándola al SIG.	
<b>Total de puntos:</b>	48 puntos capturados	
<b>Total de puntos:</b>	<b>Acuífero:</b>	<b>Puntos capturados:</b>
48	Hidalgo	14
	Sabinas	17

<b>CLAVE:</b>	<b>HI 14</b>
<b>CLAVE DEL APROVECHAMIENTO:</b>	GH-118
<b>NOMBRE DE PROPIETARIO O LOCALIDAD:</b>	Emiliano Zapata
<b>MUNICIPIO:</b>	Sombrerete
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>LATITUD:</b>	23° 44' 3.83"
<b>LONGITUD:</b>	103° 32' 27.8"
<b>UTM X:</b>	648704.708
<b>UTM Y:</b>	2625583.26
<b>FECHA DE MUESTREO (ddmmaaaa):</b>	16/06/2006
<b>TEMPERATURA EN CAMPO (°C):</b>	39.1
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CAMPO µs:</b>	370
<b>pH:</b>	7.09
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (ppm):</b>	188
<b>Ca (mg/L):</b>	33
<b>Mg (mg/L):</b>	2
<b>K (mg/L):</b>	6
<b>Na (mg/L):</b>	33
<b>F (mg/L):</b>	1.8
<b>Cl- (mg/L):</b>	2.4
<b>Br- (mg/L):</b>	0.1
<b>PO4- (mg/L):</b>	Por debajo del límite de detección
<b>NO3- (mg/L):</b>	1
<b>SO4- (mg/L):</b>	7
<b>As (mg/L):</b>	0.0123
<b>Fe (mg/L):</b>	Menor a 0.2
<b>Mn (mg/L):</b>	Menor a 0.2
<b>Hg (mg/L):</b>	Menor a 0.001
<b>Pb (mg/L):</b>	Menor a 0.005

<b>CLAVE:</b>	<b>HI 14</b>
<b>Cr (mg/L):</b>	Menor a 0.015
<b>Cd (mg/L):</b>	Menor a 0.0005
<b>Ni (mg/L):</b>	Menor a 0.005
<b>Zn (mg/L):</b>	Menor a 0.1

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. 2007. Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y de calidad del Agua en los Acuíferos Villa García, El Salvador, Guadalupe Garzarón, Camacho y El Cardito, estado de Zacatecas	
<b>Clave:</b>	CNA_VG_xx, CNA_SA_xx, CNA_GG_xx, CNA_CA_xx, CNA_CAR_xx	
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea	
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico.	
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se recuperó información para cada uno de los acuíferos mencionados, eliminando aquellos puntos que carecieron de información, como en el caso de Villa García en donde solo se recuperaron 309 puntos de 453 reportados. Finalmente se incorporaron los puntos resultantes en el SIG, conforme se menciona a continuación.	
<b>Total de puntos:</b>	<b>Acuífero:</b>	<b>Puntos capturados:</b>
	Villa García	309 de 453
	El Salvador	23
	Guadalupe Garzarón	39
	Camacho	12
	El Cardito	44

<b>CLAVE:</b>	<b>CNA_CAR_12</b>
<b>NO. LOCAL:</b>	CAR0036
<b>CLAVE DEL ACUÍFERO:</b>	22 El Cardito
<b>LOCALIDAD:</b>	Las Codornices
<b>MUNICIPIO:</b>	Villa de Cos
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>TIPO:</b>	Pozo
<b>USO:</b>	Doméstico-Pecuario
<b>LATITUD:</b>	23 44 36.7
<b>LONGITUD:</b>	101 57 55.6



CLAVE:	CNA_CAR_12
UTM X:	197690
UTM Y:	2628832.000
ELEVACIÓN DE BROCAL (msnm):	2037
FECHA DE MEDICIÓN (dd-mm-aaaa):	11/12/2007
TEMPERATURA AMB. (°C):	24.00
TEMPERATURA (°C):	22.10
pH:	7.92
CONDUCTIVIDAD (µS/cm):	2267.00
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L):	1132.00
DUREZA TOTAL (mg/L):	580.07
ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO <sub>3</sub> ):	
SULFATOS (mg/L):	1180.09
CLORUROS (mg/L):	260.30
CARBONATO (mg/L):	71.02
BICARBONATO (mg/L):	335.66
SODIO (mg/L):	142.58
POTASIO (mg/L):	26.94
CALCIO (mg/L):	175.97
MAGNESIO (mg/L):	34.05
NITRATOS (mg/L):	5.10
FLUOR (mg/L):	0.99



<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. 2008. Evaluación Geohidrológica de los Acuíferos García de la Cadena, Pino Suárez y Corrales, Zac. Realizado por la empresa Ingeniería y Gestión Hídrica, S. C.	
<b>Clave:</b>	CNA_GC_xx, CNA_PS_xx, CNA_COR_xx	
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea	
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico.	
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se recuperó información para cada uno de los acuíferos, eliminando aquellos puntos que carecieron de información, incorporando lo resultante al SIG, conforme se menciona a continuación.	
<b>Total de puntos:</b>	<b>Acuífero:</b>	<b>Puntos capturados:</b>
	García de la Cadena	18
	Pino Suárez	43
	Corrales	30

<b>CLAVE:</b>	CNA_GC_17
<b>NO. LOCAL:</b>	GCAD022
<b>CLAVE DEL ACUÍFERO:</b>	7 García de la Cadena
<b>LOCALIDAD:</b>	García de la Cadena
<b>MUNICIPIO:</b>	Trinidad García de la Cadena
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>TIPO:</b>	Pozo
<b>USO:</b>	Agrícola
<b>LATITUD:</b>	21.20
<b>LONGITUD:</b>	-103.45
<b>UTM X:</b>	660462
<b>UTM Y:</b>	2345472.000
<b>ELEVACIÓN DE BROCAL (msnm):</b>	1733
<b>FECHA DE MEDICIÓN (dd-mm-aaaa):</b>	08/01/2008
<b>TEMPERATURA AMB. (°C):</b>	15.80
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	17.90
<b>pH (CAMPO):</b>	8.03
<b>pH:</b>	7.85
<b>CONDUCTIVIDAD CAMPO (µS/cm):</b>	406.00
<b>CONDUCTIVIDAD (µS/cm):</b>	
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES CAMPO (mg/L):</b>	202.00



<b>CLAVE:</b>	CNA_GC_17
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L):</b>	336.00
<b>DUREZA TOTAL (mg/L):</b>	146.00
<b>ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3):</b>	
<b>SULFATOS (mg/L):</b>	16.00
<b>CLORUROS (mg/L):</b>	10.00
<b>CARBONATO (mg/L):</b>	37.82
<b>BICARBONATO (mg/L):</b>	210.00
<b>SODIO (mg/L):</b>	27.91
<b>POTASIO (mg/L):</b>	3.08
<b>CALCIO (mg/L):</b>	8.16
<b>MAGNESIO (mg/L):</b>	10.92
<b>NITRATOS (mg/L):</b>	2.89

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua 2008b. Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y Calidad del Agua de los Acuíferos de: Nochistlán y Tlaltenango-Tepechitlán, en el estado de Zacatecas. Elaborado por la empresa GEOPSA, S.A. de C.V.
<b>Clave:</b>	TTL_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Solamente se recuperó la información correspondiente al acuífero Tlaltenango-Tepechitlán, incorporándola al SIG, debido a la inexistencia de las coordenadas correspondiente al acuífero Nochistlán.
<b>Total de puntos:</b>	10 puntos capturados

<b>CLAVE:</b>	TT 01
<b>CLAVE LOCAL:</b>	TLAL-002
<b>MUNICIPIO:</b>	Tlaltenango de Sánchez Román
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>X_UTM:</b>	673583



<b>Y UTM:</b>	2405340
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	Diciembre, 2008
<b>CONDUTIVIDAD ELECTRICA (μS/cm):</b>	315
<b>pH:</b>	7.41
<b>TEMP. (°C):</b>	27.6
<b>DUREZA DE CALCIO (mg/l):</b>	62.65
<b>DUREZA TOTAL (mg/l):</b>	107.4
<b>SDT (mg/l):</b>	275
<b>BICARBONATOS (mg/l):</b>	29.87
<b>SULFATOS (mg/l):</b>	2.73
<b>Cl (mg/l):</b>	0.97
<b>NO3 (mg/l):</b>	2.16
<b>Ca (mg/l):</b>	29.44
<b>Mg (mg/l):</b>	6.89
<b>k (mg/l):</b>	7.09
<b>Na (mg/l):</b>	34.38
<b>As (mg/l):</b>	menor a 0.001
<b>Fe (mg/l):</b>	menor a 0.1
<b>Hg (mg/l):</b>	menor a 0.0005
<b>Mn (mg/l):</b>	menor a 0.025

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. 2009. Reactivación de las Redes de Monitoreo Piezométrico y de Calidad del Agua de los Acuíferos: El Palmar, Sain Alto y Abrego, Estado de Zacatecas	
<b>Clave:</b>	PA_xx, SA_xx, AB_xx	
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea	
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico	
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se recuperó la información correspondiente a cada acuífero, incorporándola al SIG.	
<b>Total de puntos:</b>	<b>Acuífero:</b>	<b>Puntos capturados:</b>
<b>48</b>	El Palmar	26
	Sain Alto	11
	Abrego	11

<b>CLAVE:</b>	<b>AB_11</b>
<b>NO. LOCAL:</b>	CNA-011
<b>CLAVE DE ACUÍFERO:</b>	3215



<b>CLAVE:</b>	<b>AB_11</b>
<b>ACUÍFERO:</b>	Abrego
<b>TIPO:</b>	Pozo
<b>LOCALIDAD:</b>	El Porvenir del Centro
<b>MUNICIPIO:</b>	Fresnillo
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>USO:</b>	Potable
<b>LATITUD:</b>	23 12 28.8
<b>LONGITUD:</b>	103 1256.4
<b>X_UTM:</b>	682603
<b>Y_UTM:</b>	2567517
<b>FECHA DE MEDICIÓN (dd-mm-aaaa):</b>	24/09/2009
<b>TEMPERATURA AMBIENTAL (°C):</b>	24.5
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	27.3
<b>pH_CAMPO:</b>	7.63
<b>CONDUCTIVIDAD_CAMPO (µS/cm):</b>	570
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES CAMPO (mg/l):</b>	280
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES LABORATORIO (mg/l):</b>	280
<b>DUREZA TOTAL (mg/L):</b>	178
<b>DUREZA DE CALCIO (mh/L):</b>	132
<b>SULFATOS (mg/L):</b>	69.51
<b>CLORUROS (mg/L):</b>	11
<b>CARBONATO (mg/L):</b>	
<b>BICARBONATO (mg/L):</b>	228
<b>SODIO (mg/L):</b>	49.58
<b>POTASIO (mg/L):</b>	11.27
<b>CALCIO (mg/L):</b>	12.94
<b>MAGNESIO (mg/L):</b>	10.77
<b>NITRATOS (mg/L):</b>	7.2
<b>SILICE (mg/L):</b>	8.33
<b>FLUOR (mg/L):</b>	1.58
<b>HIERRO (mg/L):</b>	0.08
<b>MANGANESO (mg/L):</b>	0.01

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. 2010. Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y de Calidad del Agua en los Acuíferos de: Guadalupe de las Corrientes, Puerto Madero, Villa Hidalgo, Pinos y Espíritu Santo. Realizado por Ingeniería y Gestión Hídrica S.C
----------------	--



<b>Clave:</b>	CNA_GCO_xx, CNA_PM_xx, CNA_VH_xx, CNA_PI_xx, CNA_ES_xx, CNA_CH_xx	
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea	
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico.	
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se recuperó información para cada uno de los acuíferos mencionados, eliminando aquellos puntos que carecieron de información, incorporando lo resultante al SIG, conforme se menciona a continuación.	
<b>Total de puntos:</b>	<b>Acuífero:</b>	<b>Puntos capturados:</b>
	Guadalupe de las Corrientes	11
	Puerto Madero	8
	Villa Hidalgo	12
	Pinos	8
	Espíritu Santo	10
	Chupaderos	1

<b>CLAVE:</b>	<b>CNA_ES_01</b>
<b>NO. LOCAL:</b>	ES80
<b>CLAVE DEL ACUÍFERO:</b>	Espíritu Santo
<b>LOCALIDAD:</b>	Los Arquitos
<b>MUNICIPIO:</b>	Pinos
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>TIPO:</b>	Pozo
<b>USO:</b>	Potable
<b>LATITUD:</b>	22° 31' 58.2"
<b>LONGITUD:</b>	101° 29' 35.5"
<b>UTM X:</b>	243561
<b>UTM Y:</b>	2493800.000
<b>FECHA DE MEDICIÓN (dd-mm-aaaa):</b>	26/08/2010
<b>TEMPERATURA AMB. (°C):</b>	24.6
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	22.40
<b>pH (CAMPO):</b>	7.36
<b>pH:</b>	7.36
<b>CONDUCTIVIDAD CAMPO (µS/cm):</b>	786.00
<b>CONDUCTIVIDAD (µS/cm):</b>	
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES CAMPO (mg/L):</b>	390.00
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L):</b>	390.00
<b>DUREZA TOTAL (mg/L):</b>	295.00
<b>DUREZA CALCIO (mg/L):</b>	201.00
<b>ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3):</b>	



CLAVE:	CNA_ES_01
SULFATOS (mg/L):	78.93
CLORUROS (mg/L):	39.00
CARBONATO (mg/L):	0.23
BICARBONATO (mg/L):	241.00
SODIO (mg/L):	64.46
POTASIO (mg/L):	24.07
CALCIO (mg/L):	36.51
MAGNESIO (mg/L):	7.16
NITRATOS (mg/L):	647.00
NITRATOS (mg/L):	1.30
FLUOR (mg/L):	0.55
HIERRO (mg/L):	0.09
SILICIO (mg/L):	43.22
MANGANESO (mg/L):	0.01

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. 2013. Estudio geohidrológico para actualizar la disponibilidad media anual de aguas subterráneas de los acuíferos Villanueva y Jerez, Estado de Zacatecas.	
<b>Clave:</b>	CNA_VN_xx, CNA_JZ_xx	
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea	
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico.	
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de cada acuífero a partir de documentos en formato PDF, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente. Se eliminaron 14 puntos que no coincidieron en el acuífero de Jerez, incorporando la información resultante al SIG, conforme se menciona a continuación.	
<b>Total de puntos:</b>	<b>Acuífero:</b>	<b>Puntos capturados:</b>
26	Villanueva	19
	Jerez	7, se eliminaron 14

CLAVE:	CNA_VN_01
CLAVE Y/O IDENTIFICACIÓN:	Felipe Ángeles Comunitario
ESTADO:	Zacatecas
MUNICIPIO:	
FECHA DE MUESTREO:	27/8/2013
LONGITUD (W):	102.775650
LATITUD (N):	22.552017
UTM X:	728740.9215



<b>UTM Y:</b>	2495632.9877
<b>ALTITUD (msnm):</b>	2105
<b>TIPO DE APROVECHAMIENTO:</b>	Pozo
<b>USO:</b>	Potable
<b>LUGAR DE TOMA DE LA MUESTRA:</b>	Toma muestra
<b>TIPO DE BOMBA:</b>	Sumergible
<b>TEMPERATURA (°C):</b>	20.6
<b>pH:</b>	8.07
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µS/cm):</b>	609
<b>ALCALINIDAD TOTAL (mg/L) :</b>	153
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L):</b>	298
<b>DUREZA DE CALCIO (mg/L):</b>	36
<b>DUREZA TOTAL (mg/L):</b>	50
<b>SULFATO (mg/L):</b>	47
<b>CLORURO (mg/L):</b>	16.87
<b>BICARBONATO (mg/L):</b>	280.6
<b>NITRATO (mg/L):</b>	1.6
<b>FLUORURO (mg/L):</b>	2.2
<b>SÍLICE (mg/L):</b>	112
<b>CALCIO (mg/L):</b>	45.3501
<b>MAGNESIO (mg/L):</b>	3.0348
<b>SODIO (mg/L):</b>	93.28
<b>POTASIO (mg/L):</b>	8.3651
<b>HIERRO (mg/L):</b>	0
<b>MANGANESO (mg/L):</b>	0.0029
<b>ZINC (mg/L):</b>	0
<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L):</b>	7.1

<b>Fuente:</b>	Secretaría del Agua y Medio Ambiente-Gobierno del Estado de Zacatecas. 2018. Reporte de análisis fisicoquímico, bacteriológico y de metales pesados, practicados al pozo El Hundido, concesionado al Municipio de Chalchihuites, Zac. Resultados de análisis.
<b>Clave:</b>	SAMA_ZAC_01
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Resultados de laboratorio
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tabla individual el registro, quedando conforme se muestra en el ejemplo siguiente.
<b>Total de puntos:</b>	1 punto capturado

<b>CLAVE:</b>	<b>SAMA_ZAC_01</b>
<b>MUNICIPIO:</b>	Chalchihuites
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>UTM X:</b>	603030.1712
<b>UTM Y:</b>	2596733.681
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Pozo El Hundido
<b>pH CAMPO (UNIDAD):</b>	
<b>TEMPERATURA DE CAMPO (°C):</b>	25
<b>pH LABORATORIO:</b>	7.7
<b>TEMPERATURA AMBIENTE (°C):</b>	29
<b>GRASAS Y ACEITES (mg/l):</b>	
<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ml/l):</b>	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	21/03/2018
<b>HORA DE MUESTREO:</b>	13:19
<b>O.D. (mg/l):</b>	
<b>D.B.O. (mg/l):</b>	
<b>D.Q.O. (mg/l):</b>	
<b>N NH3 (mg/l):</b>	
<b>N ORGÁNICO (mg/l):</b>	
<b>N NO2 (mg/l):</b>	Menor a 0.01
<b>N NO3 (mg/l):</b>	2
<b>PO4 TOTAL (mg/l):</b>	Menor a 0.01
<b>PO4 ORTO (mg/l):</b>	Menor a 0.01
<b>SAAM DETERGENETES (mg/l):</b>	
<b>TURBIEDAD (U.T.N.)</b>	0.16
<b>DUREZA Ca (mg/l):</b>	241.74
<b>DUREZA Mg (mg/l):</b>	23.46
<b>DUREZA TOTAL (mg/l):</b>	265.2
<b>COLOR (Pt - Co):</b>	10
<b>FLUORUROS (mg/l):</b>	Menor a 0.05
<b>BORO (mg/l):</b>	
<b>SULFATOS (mg/l):</b>	40
<b>CALCIO ((mg/l):</b>	96.69
<b>MAGNESIO (mg/l):</b>	5.63



<b>CLAVE:</b>	<b>SAMA_ZAC_01</b>
<b>CLORUROS (mg/l):</b>	6.17
<b>ACIDEZ TOTAL CaCO3 (mg/l):</b>	7.92
<b>ALCALINIDAD TOTAL CaCO3 (mg/l):</b>	211.05
<b>SÓLIDOS TOTALES (mg/l):</b>	376
<b>SST (mg/l):</b>	
<b>SDT (mg/l):</b>	376
<b>CONDUCTIVIDAD (micromhs/cm):</b>	502
<b>COLIFORMES TOTALES:</b>	0
<b>COLIFORMES FECALES:</b>	0
<b>SODIO (mg/l):</b>	4.6
<b>POTASIO (mg/l):</b>	0.78
<b>CARBONATOS (mg/l):</b>	0
<b>BICARBONATOS (mg/l):</b>	209.03
<b>ARSÉNICO (mg/l):</b>	0.0192
<b>MERCURIO (mg/l):</b>	Menor a 0.00050
<b>PLOMO (mg/l):</b>	Menor a 0.0050
<b>MANGANESO (mg/l):</b>	Menor a 0.0050
<b>OBSERVACIONES:</b>	Reporte de análisis fisicoquímico, bacteriológico y de metales pesados, practicados al pozo El Hundido, concesionado al Municipio de Chalchihuites, Zac.

<b>Fuente:</b>	Comisión Nacional del Agua. 2010b. Informe de Análisis Fisicoquímicos de Agua para Riego del Pozo del Predio San Sabas, Com. San Pablo de Rancho Grande. Comisión Nacional del Agua-Dirección Local Zacatecas-Coordinación del Area Técnica-Depto. de Saneamiento y Calidad del Agua.
<b>Clave:</b>	San Sabas_01
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Resultados de laboratorio
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tabla individual el registro, quedando conforme se muestra en el ejemplo siguiente.
<b>Total de puntos:</b>	1 punto capturado

<b>NOMBRE:</b>	<b>UA13 JUL</b>
<b>CLAVE:</b>	San_Sabas_01
<b>MUNICIPIO:</b>	Río Grande
<b>ESTADO:</b>	Zacatecas
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Pozo Predio San Sabas, Com. San Pablo De Rancho Grande



<b>UTM X:</b>	707393.83
<b>UTM Y:</b>	2616831.11
<b>PROPIETARIO O REPRESENTANTE:</b>	Ma. Guadalupe Rojas Esparza
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	40366
<b>TURBIDEZ:</b>	NO HAY
<b>OLOR:</b>	INODORA
<b>COLOR:</b>	INCOLORA
<b>NATURALEZA DEL SDIMENTO:</b>	INORGANICO
<b>CONCENTRACIÓN DE IONES HIDRÓGENO (pH):</b>	
<b>TEMPERATURA DE CAMPO (°C):</b>	
<b>pH LABORATORIO:</b>	7.9
<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (micromhs/cm a25°C):</b>	832
<b>SÓLIDOS DISUELTOS (ppm):</b>	729.76
<b>% DE SODIO EN EL TOTAL DE LOS CATIONES:</b>	41.27
<b>% DE ADSORCIÓN DE SODIO:</b>	2.38
<b>CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (me/l):</b>	1.7
<b>BORO (ppm)</b>	
<b>SODIO (Na+) (me/l):</b>	89.24
<b>SODIO (Na+) (ppm):</b>	3.88
<b>POTASIO (K+) (me/l):</b>	7.8
<b>POTASIO (K+) (ppm):</b>	0.2
<b>CALCIO (Ca++) (me/l):</b>	37.8
<b>CALCIO (Ca++) (ppm):</b>	1.89
<b>MAGNESIO (Mg++) (me/l):</b>	41.16
<b>MAGNESIO (Mg++) (ppm):</b>	3.43
<b>CARBONATOS (CO3-) (me/l):</b>	0
<b>CARBONATOS (CO3-) (ppm):</b>	0
<b>BICARBONATOS (HCO3-) (me/l):</b>	428.22
<b>BICARBONATOS (HCO3-) (ppm):</b>	7.02
<b>CLORUROS (Cl-) (me/l):</b>	13.95
<b>CLORUROS (Cl-) (ppm):</b>	0.39
<b>SULFATOS (SO4=) (me/l):</b>	111.59
<b>SULFATOS (SO4=) (ppm):</b>	2.32
<b>CLASIFICACIÓN:</b>	C3-S1

<b>Fuente:</b>	MICROLAB INDUSTRIAL. 2018. Informe de Análisis Físicoquímicos de Agua para Riego del Pozo Los Llamas, Municipio Monte Escobedo, Zac. Resultados de laboratorio.
<b>Clave:</b>	MICROLAB_ZAC_01_Pozo Los Llamas
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea

<b>Tipo de información:</b>	Resultados de laboratorio
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato PDF, ordenando en tabla individual el registro, quedando conforme se muestra en el ejemplo siguiente.
<b>Total de puntos:</b>	1 punto capturado

CLAVE:	MICROLAB_ZAC_01
MUNICIPIO:	Monte Escobedo
ESTADO:	Zacatecas
UTM X:	650714.54
UTM Y:	2460366.16
LOCALIZACIÓN:	Pozo Los Llamas
FECHA DE MUESTREO:	20/09/2018
HORA DE MUESTREO:	--
pH CAMPO (UNIDAD):	
TEMPERATURA DE CAMPO (°C):	
pH LABORATORIO A 25°C:	8.1
COLOR VERDADERO Upt-Co:	Menor a 5
OLOR Y SABOR:	Agradable
TURBIEDAD (U.T.N.):	0.2
ALUMINIO (mg/l):	Menor a 0.0500
ARSÉNICO (mg/l):	Menor a 0.0050
BARIO (mg/l):	Menor a 0.0500
CADMIO (mg/l):	Menor a 0.0020
CIANUROS (mg/l):	Menor a 0.026
CLORO RESIDUAL LIBRE (mg/l):	Menor a 0.06
CLORUROS (mg/l):	Menor a 5.00
COBRE (mg/l):	Menor a 0.0500
CROMO TOTAL (mg/l):	Menor a 0.0100
DUREZA TOTAL (mg/l):	98.09
FENOLES (mg/l):	Menor a 0.1000
FIERRO (mg/l):	Menor a 0.0500
FLUORUROS (mg/l):	0.56
MANGANESO (mg/l):	Menor a 0.0500
MERCURIO (mg/l):	Menor a 0.00050
N NO3 (mg/l):	0.551
N NO2 (mg/l):	Menor a 0.0100
N NH3 (mg/l):	Menor a 0.30
PLOMO (mg/l):	Menor a 0.0050
SODIO (mg/l):	35.44
SDT (mg/l):	225.94
SULFATOS (mg/l):	Menor a 5.00



CLAVE:	MICROLAB_ZAC_01
SAAM DETERGENETES (mg/l):	Menor a 0.1001
ZINC (mg/l):	Menor a 0.0500
COLIFORMES TOTALES:	No detectable
COLIFORMES FECALES:	No detectable
YODO RESIDUAL (mg/l):	Menor a 0.10
RADIATIVIDAD ALFA GLOBAL (Bq/l):	Menor a 0.10
RADIATIVIDAD BETA GLOBAL (Bq/l):	0.54

<b>Fuente:</b>	San Pedro Resources S.A. 2006. Estudio para evaluar el efecto por el desagüe de las obras subterráneas que lleva a cabo la Mina San Pedro Resources S.A. en el Municipio de Miguel Auza, Zacatecas. Miguel Auza, Zacatecas. Archivo electrónico.
<b>Clave:</b>	SPR_xx
<b>Tipo de agua:</b>	Subterránea
<b>Tipo de información:</b>	Estudio técnico
<b>Procedimiento:</b>	Se capturó la información de documentos en formato electrónico, ordenando en tablas individuales por cada registro y quedando identificados conforme se muestra en el ejemplo siguiente.
<b>Total de puntos:</b>	2 puntos capturados

CLAVE:	SPR_02
SITIO:	Tiro de mina Negrillas
MUNICIPIO:	Miguel Auza
ESTADO:	Zacatecas
UTM X:	656746
UTM Y:	2688129
FECHA DE MUESTREO:	Julio, 2006
TEMPERATURA°C:	25.4
pH:	6.97
E (campo) mV:	44
C.E.:	--
OXÍGENO DISUELTO (%):	16
OXÍGENO DISUELTO (mg/l):	0.7
K (mg/L):	19.2
Ca (mg/L):	305
Mg (mg/L):	48



CLAVE:	SPR_02
Na (mg/L):	184
Cl (mg/L):	35.4
SO4 (mg/L):	880
NO3 (N) (mg/L):	3.5
NO2 (N) (mg/L):	Menor a 0.10
PO4 (P) (mg/L):	0.2
CONDUCTIVIDAD (µS/cm):	12900
DUREZA (mg/L CaCO3):	903
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L):	8570
F (mg/L):	1.8
Ba (µg/L):	Menor a 20
B (µg/L):	287
Ag (µg/L):	Menor a 5
As (µg/L):	260
Be (µg/L):	Menor a 2
Bi (µg/L):	Menor a 20
Cd (µg/L):	4
Ce (µg/L):	Menor a 30
Co (µg/L):	2
Cr (µg/L):	Menor a 20
Fe (mg/L):	0.42
Cu (µg/L):	7
Mo (µg/L):	Menor a 5
Ni (µg/L):	7
P (mg/L):	0.06
Pb (µg/L):	Menor a 10
Sb (µg/L):	10
Se (µg/L):	Menor a 20
Sn (µg/L):	Menor a 10
Sr (µg/L):	4010
Te (µg/L):	Menor a 10
Ti (µg/L):	Menor a 10
Tl (µg/L):	Menor a 10
V (µg/L):	Menor a 10
W (µg/L):	20
Y (µg/L):	Menor a 10
Zn (µg/L):	1140
Mn (mg/L):	1.11
Si (mg/L):	12
Fe (mg/L):	0.42
Li (mg/L):	0.34
P (mg/L):	0.06
S (mg/L):	289
U (mg/L):	Menor a 0.05
Br (mg/L):	Menor a 0.3
Al (mg/L):	0.3
U (mg/L):	Menor a 0.05

Con base a toda la información vertida para el estado de Zacatecas, la cobertura alcanzada se muestra en la siguiente figura.

