

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Valle del Guadiana  
(1003), Estado de Durango***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación  
20 de abril de 2015*

## Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
<b>ESTADO DE DURANGO</b>							
1003	VALLE DEL GUADIANA	133.1	6.0	132.455882	148.3	0.000000	-5.355882

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

**ACUIFERO 1003 VALLE DEL GUADIANA**

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	104	55	54.3	23	43	8.0
2	105	0	2.5	23	52	8.6
3	105	4	12.0	24	1	12.0
4	105	7	38.7	24	18	53.3
5	105	0	48.8	24	22	38.1
6	104	55	5.0	24	17	31.7
7	104	58	7.4	24	12	28.4
8	104	52	8.2	24	5	48.8
9	104	42	0.0	24	6	0.0
10	104	30	36.0	24	28	48.0
11	104	19	12.0	24	13	48.0
12	104	24	0.1	24	0	0.0
13	104	22	48.0	23	48	36.0
14	104	28	12.0	23	47	24.0
15	104	30	36.0	23	39	0.0
16	104	36	36.0	23	27	36.0
17	104	41	19.8	23	31	39.0
18	104	48	56.3	23	31	56.3
19	104	54	36.3	23	36	0.2
1	104	55	54.3	23	43	8.0



***Comisión Nacional del Agua***

***Subdirección General Técnica***

***Gerencia de Aguas Subterráneas***

***Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica***

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD  
DE AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DEL GUADIANA,  
ESTADO DE DURANGO***

México, D.F., 30 de abril de 2002

## CONTENIDO

- 1.- Generalidades
  - 1.1.- Localización
    - 1.1.1.- Coordenadas
    - 1.1.2.- Municipios
    - 1.1.3.- Población
  - 1.2.- Situación administrativa del acuífero
    - 1.2.1.- Decretos de veda
    - 1.2.2.- Decretos de reserva o reglamento
    - 1.2.3.- Zonas de disponibilidad
    - 1.2.4.- Organización de usuarios
    - 1.2.5.- Distritos y unidades de riego
    - 1.2.6.- Usuarios mayores de agua subterránea
- 2.- Estudios técnicos realizados con anterioridad
- 3.- Fisiografía
  - 3.1.- Provincia Fisiográfica
  - 3.2.- Clima
    - 3.2.1.- Temperatura media anual
    - 3.2.2.- Precipitación media anual
    - 3.2.3.- Evapotranspiración potencial media anual
  - 3.3.- Hidrografía
    - 3.3.1.- Región hidrológica
    - 3.3.2.- Subregión
    - 3.3.3.- Cuenca
    - 3.3.4.- Subcuenca
    - 3.3.5.- Infraestructura Hidráulica
  - 3.4.- Geomorfología
- 4.- Geología
  - 4.1.- Estratigrafía
  - 4.2.- Geología estructural
  - 4.3.- Geología del subsuelo
- 5.- Hidrogeología
  - 5.1.- Tipo de acuífero
  - 5.2.- Parámetros Hidráulicos
  - 5.3.- Piezometría
  - 5.4.- Comportamiento hidráulico

- 5.4.1.- Profundidad del nivel estático
- 5.4.2.- Elevación del nivel estático
- 5.4.3.- Evolución del nivel estático
- 5.5.- Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea
  
- 6.- Censo de aprovechamientos e hidrometría
  
- 7.- Balance de aguas subterráneas
  - 7.1.- Entradas
    - 7.1.1.- Recarga natural
    - 7.1.2.- Recarga inducida
    - 7.1.3.- Flujo horizontal
  - 7.2.- Salidas
    - 7.2.1.- Evapotranspiración
    - 7.2.2.- Descargas naturales
    - 7.2.3.- Bombeo
    - 7.2.4.- Flujo subterráneo
  - 7.3.- Cambio de almacenamiento
  
- 8.- Disponibilidad
  - 8.1.- Recarga total media anual
  - 8.2.- Descarga natural comprometida
  - 8.3.- Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA
  - 8.4.- Disponibilidad de agua subterránea
  
- 9.- Bibliografía y referencias

## ACUÍFERO: VALLE DE GUADIANA

### 1.- Generalidades

#### 1.1- Localización

La totalidad de la superficie que conforma el acuífero del Guadiana se encuentra emplazado dentro del municipio de Durango, en la parte centro al sur - este del Estado del mismo nombre.

##### 1.1.1.- Coordenadas

El acuífero del Guadiana se encuentra ubicada en la porción noroeste del municipio de Durango, Geográficamente se encuentra demarcado por los siguientes vértices:

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	104	48	28.8	23	22	1.2	
2	104	54	3.6	23	34	33.6	
3	104	52	12.0	23	44	42.0	
4	104	59	27.6	23	54	14.4	
5	105	3	18.0	24	9	43.2	
6	105	1	44.4	24	16	26.4	
7	104	57	46.8	24	16	37.2	
8	104	57	46.8	24	17	20.4	
9	104	57	0.0	24	16	48.0	
10	104	55	1.2	24	18	28.8	
11	104	46	51.6	24	12	21.6	
12	104	27	46.8	24	12	10.8	
13	104	26	34.8	24	5	38.4	
14	104	19	22.8	24	2	27.6	
15	104	15	0.0	23	53	16.8	
16	104	15	3.6	23	42	7.2	
17	104	29	34.8	23	37	12.0	
18	104	31	19.2	23	34	12.0	
19	104	40	4.8	23	32	56.4	
20	104	37	22.8	23	30	10.8	
21	104	41	34.8	23	25	44.4	
22	104	47	45.6	23	27	54.0	
23	104	46	8.4	23	25	30.0	
1	104	48	28.8	23	22	1.2	

La poligonal cubre una zona propuesta para la reserva de agua potable de la ciudad de Durango y la decretada como veda de control.

### **1.1.2.- Municipios**

El acuífero se encuentra emplazado en su totalidad dentro del territorio del municipio de Durango, en la porción oriente que conforma la poligonal de la zona de explotación, se encuentra la ciudad de Durango capital del estado del mismo nombre.

### **1.1.3.- Población**

Las poblaciones más importantes ubicadas dentro de la poligonal, se tienen las siguientes: ciudad de Durango, Colonia Hidalgo, Refugio Salcido, Villa Montemorelos, Gabino Santillán, Pino Suárez. Así como un número considerable de poblaciones de menor densidad.

## **1.2.- Situación administrativa del acuífero**

### **1.2.1.- Decreto de veda**

Se tiene establecida veda de control por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en una superficie de 714 km<sup>2</sup>, la cual cubre en forma parcial la cuenca acuífera del valle del Guadiana, decreto, que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 19 de diciembre de 1956.

### **1.2.2.- Decretos de reserva o reglamento**

En el acuífero no cuenta con ningún decreto de reserva, actualmente se esta proponiendo la reglamentación para la explotación, uso y/o aprovechamiento de las aguas subterráneas, así como zonas de reserva para el abastecimiento de la Ciudad de Durango.

### **1.2.3.- Zonas de disponibilidad**

De acuerdo al decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 31 de diciembre de 1999, en el Artículo Quinto Transitorio establece que para el Municipio de Durango durante el año 2000. Le corresponde la Zona de Disponibilidad No. 5 y del 2001 al 2004 en la Zona No. 4

### **1.2.4.- Organización de Usuarios**

Se encuentra en proceso la propuesta para la conformación e integración del Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), para lo cual se tiene elaborado el anteproyecto de reglamento para la explotación, uso o aprovechamiento de Aguas Subterráneas, para su concertación con los usuarios.

### 1.2.5.- Distritos y Unidades de Riego

Dentro de la poligonal que conforma el acuífero se ubica el D. R. No. 052 creado en la década de 1970 para el aprovechamiento de las aguas de la presa Guadalupe Victoria, Peña del Águila, Francisco Villa, incorporando en 1994 la Santiago Bayacora.

Actualmente en el valle se localizan tres de las cuatro unidades que comprenden el Distrito de Riego 052, estas son:

- unidad: General Guadalupe Victoria.
- unidad: Peña del Águila.
- unidad: Santiago Bayacora.

La suma de las tres unidades comprende un área total beneficiada de 16,237 ha (162.37 km<sup>2</sup>) correspondiendo 18.88 % de la superficie del valle.

Recientemente el Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional del Agua entrego en concesión, la infraestructura hidroagrícola a los usuarios de los distritos de riego, dividiéndolos en tres módulos de riego para su operación y conservación.

### 1.2.6.- Usuarios mayores de agua subterránea

Los usuarios mayores de aguas subterráneas dentro del acuífero son el Público Urbano, y el agrícola, según se describe en el siguiente cuadro.

No.	Uso	Volumen Mm <sup>3</sup>	% Vol.	Obras
1	Público Urbano	52.57	46.45	463
2	Agrícolas	39.43	34.8	161

## 2.- Estudios Técnicos Realizados con anterioridad

Dentro del acuífero denominado Guadiana, se han llevado a cabo diversos estudios, arrojando los resultados que se describen a continuación:

Estudio geohidrológico valle del Guadiana EI-72-8 GZA-117 INGESA. 1972.

$$Eh = 4.9 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$S = 0.13$$

$$Sh = 10.2 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$Dc = 18 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$Rv = -Eh + Sh + Dc + B - \Delta V$$

$$B = 49 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$Rv = -4.9 + 10.2 + 18 + 49 - 16.25$$

$$\Delta V = -16.25 \text{ Mm}^3$$

$$Rv = 39.8 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

$$Rv = ?$$

$$Rt = Rv + Eh$$

$$Rt = 45 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

Estudio geohidrológico valle del Guadiana Contrato OHIADR-E-83-14, PI-694. 1983.

CONTEMPLADO PARA UN PERIODO DE 4 AÑOS

$$\begin{aligned} E_h &= 66.6 \text{ Mm}^3 \\ R_v &= 37.2 \text{ Mm}^3 \\ B &= 272.0 \text{ Mm}^3 \\ S_h &= 7.0 \text{ Mm}^3 \\ D_c &= 72.0 \text{ Mm}^3 \\ \Delta V &= -77 \text{ Mm}^3 \\ R_v &= ? \end{aligned}$$

$$S = 0.13$$

$$\begin{aligned} R_v &= -E_h - R_v + B + S_h + D_c - \Delta V \\ R_v &= -66.6 - 37.2 + 272 + 7 + 72 - 77 \\ R_v &= 170.2 \text{ Mm}^3 / 4 \text{ años} \\ R_v &= 42.5 \text{ Mm}^3 / \text{año} \\ R_t &= R_v + E_h + R_v \end{aligned}$$

$$R_t = 68.5 \text{ Mm}^3/\text{año}$$

### 3.- Fisiografía

#### 3.1.- Provincia Fisiográfica

El acuífero se encuentra emplazado en la provincia fisiográfica de la sierra Madre Occidental, según E. Raisz (1964). Con orientación NNW-SSE, presenta un ancho de 30 km y una longitud de 40 km, aproximadamente. Sus rasgos orográficos más importantes lo constituyen altas montañas piroclásticas disectadas por arroyos. En las postrimerías de la provincia se presentan fallas normales procreando Grabens y montañas semiredondeadas aisladas. Enclavada en la parte sur - este del valle se encuentra la ciudad de Durango, capital del estado y municipio del mismo nombre. Por lo que en ella se concentran las actividades político - administrativas en los niveles federal, estatal y municipal.

#### 3.2.- Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por E. García (1964), el estado de Durango presenta los siguientes grupos de climas:

Al interior del valle del Guadiana dominan los climas del grupo (B), al norte de la ciudad de Durango se localiza una área con clima B(w) muy seco estepario y el resto presenta clima B(s) seco estepario.

Bs, seco o estepario.- Se subdividen en dos subtipos de acuerdo con el grado de humedad en Bs<sub>0</sub> y Bs<sub>1</sub>; el Bs<sub>0</sub> es el más seco de los Bs, comprende el 80 % del valle y el Bs<sub>1</sub>, más húmedo de los Bs.

Bw, muy seco o desértico.- Es el límite entre el clima Bs, se localiza en el extremo norte, ocupa el 20 % de la zona de estudio.

En si el clima de mayor dominio corresponde al Bs Hw (w) (e), el cual es el más seco de los Bs, por presentar un cociente P/T mayor de 22° C.

### **3.2.1.- Temperatura media anual**

La temperatura media anual de la zona en el periodo 1953-1999 es de: 17.5° C con un promedio de mínima de -4.4° C a una de máxima de 36.1° C.

### **3.2.2.- Precipitación media anual**

La precipitación media anual se manifiesta en el acuífero por zonas, para la ciudad de Durango es de 420 mm, en la parte noreste (Peña del Águila, el Saltito) es de 490 mm y al suroeste (el Pueblito) hasta 525 mm, lo que arroja un promedio de 478 mm.

### **3.2.3.- Evapotranspiración potencial media anual**

**Evt:** La evapotranspiración se obtuvo mediante la aplicación de la fórmula de Coutagne, donde arrojó un valor real anual de 405 mm, considerando una área de 100 km<sup>2</sup> de niveles someros y un 10% de incidencia, resultan un volumen anual de 4.05 Mm<sup>3</sup>

## **3.3.- Hidrografía**

La hidrografía de la región está representada por siete corrientes principales que descienden de los flancos de la Sierra Madre Occidental y desembocan en el Océano Pacífico, dichas corrientes mencionadas de norte a sur son las siguientes: Río Presidio, Río Baluarte, Río Cañas, Río Acaponeta, Río Rosa Morada, Río Bejuco y Río San Pedro. Los cuales conforman la región hidrológica No. 11 Presidio - San Pedro

### **3.3.1- Región hidrológica**

El área del Valle se localiza dentro de la región hidrológica No. 11 Presidio-San Pedro.

### **3.3.2.- Subregión**

La región hidrológica No. 11 se compone de dos subregiones la del río presidio y la del río San Pedro. El acuífero queda emplazado en su totalidad en la subregión de la cuenca del Río San Pedro.

### **3.3.3.- Cuenca**

El acuífero está emplazado en la cuenca 01 del Río San Pedro, es una de las más importantes, a la vez que una de las más complejas en cuanto a su hidrografía.

### **3.2.4.- Subcuenca**

Las subcuencas cercanas y contenidas en el acuífero comprenden las de los ríos: La Sauceda, Santiago Bayacora, y El Tunal.

En el valle convergen tres ríos: La Saucedá, El Tunal y Santiago Bayacora, y tres arroyos: Acequia Grande, Seco y La Vaca, estos al unirse dan origen al río Durango, nombre con el cual deja el valle, para posteriormente formar al río El Mezquital en las cercanías del poblado de Nombre de Dios, municipio del mismo nombre.

Los arroyos nacen en las fronteras del valle, son corrientes intermitentes, dos de ellos tiene presas para contención de sus aguas (Acequia Grande y Seco). Por ser una zona de convergencia, en la época de lluvias o avenidas se provocan desbordes e inundaciones importantes, en las zonas bajas del valle.

### **3.3.5.- Infraestructura hidráulica**

Dentro de la zona, las fuentes principales de agua que benefician en su totalidad a la agricultura, es el aprovechamiento de los escurrimientos de aguas superficiales almacenados en las siguientes presas:

- unidad: General Guadalupe Victoria.

La cuenca de captación tiene una capacidad de  $81\text{Mm}^3$ , está totalmente localizada en el estado de Durango y cubre un área de  $1800\text{ km}^2$ . Las aguas extraídas de la presa son para fines de riego conducidas por el río Tunal hasta las presas derivadoras la Ferrería, Navacoyan y Francisco Villa, donde se inician los sistemas de distribución de cada una de las unidades con una amplitud aproximada de 9000 has.

- unidad: Peña del Águila.

Tiene una capacidad de  $41.000\text{ Mm}^3$ . Las corrientes alimentadoras a este vaso son: El arroyo los Mimbres y el arroyo Guajojita y el canal alimentador que se deriva del río la saucedá, cerca de Canatlán, Dgo., Beneficia una superficie de 2,472 Has.

- unidad: Santiago Bayacora.

El área propia de la cuenca tiene una superficie de  $1068\text{ km}^2$ , las corrientes alimentadoras son: El arroyo Santiago Bayacora y río Las Tinajas, con una capacidad de almacenamiento de  $100.2\text{ Mm}^3$  conduciendo sus aguas por el río del mismo nombre para el riego de 2,945 has. Destinadas a la explotación agrícola, también se utiliza para el control de avenidas.

### **3.4.- Geomorfología**

Los rasgos geomorfológicos en la región se deben fundamentalmente a fenómenos endogenéticos y exogenéticos que se han suscitado, siendo éstos los causantes del panorama orográfico existente. Para un mejor entendimiento se han dividido en las siguientes unidades geomorfológicas:

Alta montaña piroclástica.

Su origen se debe a la explosión de grandes calderas en la región, acumulando espesores de más de 1000 m, de potencia, formando así las montañas piroclásticas. Esta unidad la constituye una serie de eventos piroclásticos asociados con derrames de brechas volcánicas, generalmente son de constitución ácida.

Posteriormente los fenómenos tectónicos generan fracturas y fallas para hacer labradas finalmente por arroyos y ríos y así formar los impresionantes y típicos cantiles de la región, en ocasiones alcanzan varios cientos de metros de profundidad. Cabe hacer mención que hacia el valle disminuye la elevación y forman montañas aisladas, que en ocasiones están muy erosionadas.

A nivel general, esta unidad geomorfológica se encuentra en juventud y las montañas aisladas en madurez temprana.

Lomeríos volcánicos.

Están conformados por derrames basálticos, sus expresiones son de algunas decenas de metros de potencia, fueron generados por la extravasación cuaternaria producto de fallas normales. Su estado geomorfológico, es de madurez temprana.

Planicie volcánica.

La constituyen derrames basálticos del cuaternario, dicha planicie volcánica alcanza pocos metros de potencia, su origen se debe a las lavas provenientes de aparatos volcánicos del tipo monogenético. Su estado geomorfológico es de juventud.

Valle aluvial.

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por presentar variados y considerables espesores de depósitos areno-gravosos situados en el valle del Guadiana; su origen se fundamenta a la tectónica de distensión del terciario superior generando la formación de grabens. Su estado geomorfológico existente es de juventud.

#### **4.- Geología**

La zona de estudio está conformada por una fuerte secuencia de rocas volcánicas que varían de su composición de ácidas a básicas representadas por derrames y tobas, constituyen aproximadamente un 50% de la superficie cartografiada; el área restante está compuesta por depósitos de relleno, localizados principalmente en el valle del Guadiana y pequeños afloramientos de rocas ígneas intrusivas. Sus edades oscilan del Oligoceno inferior al reciente.

En la región se detectó una gran diversidad de estructuras volcánicas producto del vulcanismo y tectonismo a que han estado sujetas, principalmente destacan "Caldera de Chupaderos", que debido a sus notorias dimensiones depositó considerables extensiones de tobas, ignimbritas y derrames ácidos.

Las rocas más antiguas de la región son consideradas del Oligoceno inferior, están representadas por derrames traquíticos y riolíticos, conformando la base de la serie volcánica superior, Carrasco y otros (1977); subyacen a esta primera unidad una gran pila volcánica ácida de Oligoceno y Mioceno que según Córdoba (1973), pertenece a la formación chino y paralelamente Keizer (1973), la subdividió en 15 diferentes miembros. En el área de estudio, Charleston (1977), determinó que afloran exclusivamente la ignimbrita Miembro Águila; pórfidos riolíticos y traquíticos; ignimbrita Miembro Santuario y la ignimbrita Post-Santuario.

En la porción meridional afloran derrames basálticos del cuaternario, así mismo en el valle del Guadiana se acumuló un gran depósito de material de relleno conformados por la formación Guadiana, basaltos, Formación Pueblito y finalmente suelos aluviales.

### **Geología superficial**

Los materiales que afloran en la superficie en la zona estudiada son:

Conformando el centro del valle y en sí el acuífero, encontramos a la roca denominada como suelo Q, perteneciente al sistema cuaternario, de la era del Cenozoico, en sus categorías de aluvial (al), lacustre (la), eólico (EO), y conglomerado (CG), de estos el más abundante y el que en si constituye la mayor parte de la superficie del acuífero es el aluvión.

Q(al), Cuaternario, Aluvión.- Depósitos constituidos por material arenoso - gravoso con lentes de arcilla, espesores mayores de 200 m y buena permeabilidad, esta constituye el acuífero principal del valle.

Q(la), Cuaternario, Lacustre.- Compuesto por depósitos finos, limos y arcillas con poco espesor y baja permeabilidad. Se localiza al noreste del valle, inicia en la zona de Abraham González y 27 de noviembre.

Q(CG), Cuaternario, conglomerado.- Cubre una parte en el sur del valle, formada por aluvión, entre los poblados de Aquiles Serdan, Felipe Angeles y Praxedis Guerrero, aproximadamente 4 km<sup>2</sup>.

Q(EO), Cuaternario, eólico.- Se encuentra rodeando la formación del cerro de El Arenal y en la salida del valle a la localidad de Héroe de Nacozari.

Un segundo tipo o clase de roca existente en el valle es la roca ígnea extrusiva que pertenece a una interfase entre los sistema del plioceno del terciario y cuaternario en la era del Cenozoico, solo en la categoría de basalto (b). Es en si el limite que tiene el acuífero hacia el norte y hacia el extremo noreste del mismo.

Q(B), Cuaternario, Basalto.- Son derrames basálticos con fracturamiento moderado e intemperismo somero. sobreyacen discordantes a tobas ácidas, geohidrológicamente no están saturadas pero funcionan como rocas transmisoras. En el poblado 20 de noviembre y el limite del noroeste, además del cerro de Navacoyan al centro del valle.

En otra clase de roca tenemos a la roca ígnea extrusiva (tom) dentro de una interfase entre el sistema Mioceno y Oligoceno, del terciario superior e inferior, ambos dentro de la era del cenozoico, en sus categorías de riolita (r), basalto (b), y toba ácida (ta).

Tom (r), Riolita.- La riolita se manifiesta en el valle en algunas de las elevaciones como son: el cerro de El Arenal, en la elevación frente al poblado Quince de octubre, en los cerros de la salida a Parral y en la ciudad de Durango, el cerro cercano a la colonia Arturo Gámiz.

Tom (b), Basalto.- Se encuentra en las elevaciones próximas a la ciudad Industrial, siguiendo esta formación hasta el poblado Cinco de Mayo hasta el puente Morteros.

Tom (ta, tr) Toba riolítica o toba ácida.- Su localización en el valle lo tenemos hacia la orilla centro oeste del valle (que es el centro oeste de la ciudad), la toba sigue de este punto una dirección sur, por la cual la toba es el límite de la parte sur del acuífero y la sur - oeste.

Tom (ta), ígnea extrusiva ácida. La conforman las montañas del este y sur del valle, llamada sierra del registro, lo cual es el límite del acuífero y valle en esta zona.

El cerro del mercado es un caso especial identificada en la carta 1:50,000 como (r-tr) riolita-toba riolítica se menciona que es una toba riolítica en alteración, en términos más comunes es un yacimiento de fierro.

En cuanto a la geología interna del acuífero se han establecido e identificado cuatro unidades geohidrológicas que son: aluvión reciente, rocas basálticas, aluvión antiguo y rocas riolíticas. De ellas, las de importancia geohidrológica son el aluvión reciente y el aluvión antiguo, que constituyen al acuífero en su interior.

#### **4.1.- Estratigrafía**

La columna estratigráfica determinada en el área, oscila del Oligoceno inferior al reciente y se determinó en función de su posición estratigráfica en el campo, por análisis de estudios anteriores y por correlación en áreas adyacentes.

Terciario

Oligoceno Inferior (Traquita-Riolita) Tm (T-R)

Presentan textura porfídica con minerales observables de feldespato potásico y en los derrames riolíticos aumenta el contenido de cuarzo; microscópicamente se determinaron fenocristales desanidino, oligoclasa, andesita y en su matriz se detectaron principalmente hematita, clorita y magentita; en los yacimientos de Santa Gabriela y Santa Emilia, los derrames riolíticos se encuentran brechoides y no se observan claramente los minerales.

Su edad de esta unidad no fue definida en campo ya que no se pudo observar cuál era la roca a que sobreyacían.

Oligoceno Medio (Toba ácida, Miembro Aguila) Tm (Ta MA)

Se sitúan preferentemente al oriente y occidente de San Vicente Chupadero. Sus texturas son de tipo afanítica y eutaxítica, de los minerales observables destacan los feldespatos potásicos, cuarzo y ocasionalmente fragmentos de pómez

Esta unidad la forma una gran diversidad de tobas, sobresaliendo por su abundancia las ignimbritas, tobas pumíticas y arenosas, además presentan pequeñas intercalaciones de derrames ácidos; su composición de esta pila volcánica principalmente es riolítica riodacítica. Sus estructuras importantes son de pseudoestratos de algunas decenas de metros de espesor, caracterizados por la existencia de fracturas de enfriamiento perpendicular a su pseudoestratificación.

En las cercanías de San Vicente Chupaderos alcanzan espesores de 250 m. disminuyendo hacia el sur y oeste, su densidad se debe a la cercanía de la "caldera de Chupaderos"

En atención a su fracturamiento de moderado a intenso, a la escasa porosidad, geohidrologicamente presentan favorable permeabilidad secundaria y por su posición topográficamente alta funcionan como áreas de recarga.

Oligoceno - Mioceno (Ignea Intrusiva Acida) Tm (Igia)

Afloran en el cerro del Mercado y áreas circunvecinas, también se encuentran en otras pequeñas zonas mineras.

Esta unidad la conforman porfidos latíticos y traquítico situados en el cerro del Mercado y áreas aledañas; mientras que los porfidos riolíticos se sitúan al noreste de la ciudad de Durango.

Su composición mineralógica detectada es de fenocristales de oligoclasa, andedina y pertita, ortoclasa y hematita; estos cuerpos se encuentran relacionados con los yacimientos de hierro.

Estratigráficamente, debido a la intrusión de las ignimbritas Miembro Águila se le asignó una edad relativa del Oligoceno-Mioceno.

Oligoceno (Tobas ácidas-Miembro Santuario) Tm (Ta MS).

Se encuentran al Sureste del poblado San Vicente Chupaderos. Estos afloramientos son los de menor magnitud, están representados por una ignimbrita riolítica con textura eutaxítica, sus minerales observables son el feldespato potásico y cuarzo.

Su principal estructura es en pseudoestratos, caracterizada porque las ignimbritas presentan de moderado a intenso fracturamiento.

Estratigráficamente cubren a la unidad Miembro Águila en pequeñas depresiones existentes, por lo que se le asignó una edad del Oligoceno.

Geohidrologicamente son rocas permeables y actúan como área de recarga.

Oligoceno-Mioceno (Tobas ácidas-Post-Santuario) Tm (TaPS).

Están situadas en casi toda la extensión oriental y suroccidental del área de estudio, se distinguen de las restantes porque generalmente coronan a los miembros formacionales más antiguos.

Las conforman tobas pumíticas y arenosas e ignimbritas, presentan texturas arenosas y eutaxíticas, tienen la propiedad de tener abundante vidrio, son porosas, fofas y densas. Sus estructuras más importantes son en pseudoestratos de algunas decenas de metros de potencia, las tobas ignimbríticas se encuentran fracturadas, cabe hacer mención que algunas dan la impresión de ser depósitos de arena, sin embargo, al efectuar el análisis petrográfico se clasificaron como tobas pumíticas arenosas de composición riodacítica.

Estratigráficamente sobreyacen indistintamente a la Serie Volcánica Superior antes descrita, por lo que se les asigna una edad del Oligoceno-Mioceno (Keyser op-cit) la subdividió en miembros independientes denominándolas de la siguiente forma: Tunal, Santa María, Garabitos, Cantera, etc.

Geohidrológicamente debido a su porosidad y fracturamiento es la unidad volcánica ácida más permeable y por su posición topográficamente alta funciona como importante zona de recarga.

Terciario Superior

Mioceno Superior (Basalto-Metales) Ts (BM).

Se sitúan al suroccidente de la ciudad de Durango en las cercanías del poblado 16 de Septiembre.

Están asociados a derrames de basalto de olivino formando mesetas lávicas, contienen texturas afáníticas vasculares con minerales observables de plagioclasas alteradas y olivino. Presentan estructura en bloques y en ocasiones están asociados a pequeños depósitos de tobas de arena; superficialmente se desarrolló una pequeña cubierta de suelo residual.

Sobreyacen discordantemente sobre las tobas ácidas de la Ignimbrita Post-Santuario y por estudios de Córdoba (1963) y más recientes de Keyser (op-cit) presentan edad absoluta del Mioceno Superior, es decir de aproximadamente 12 millones de años.

Geohidrológicamente presentan moderada permeabilidad y regular transmisividad, no se encuentran saturados y por la presencia de los suelos residuales impermeables superficiales se generan bordos de pequeña magnitud.

Terciario-Cuaternario.

Plioceno-Pleistoceno (Conglomerado) Ts-Q (cg).

Están localizados al sur del poblado Héroe de Nacozari en la porción oriente de la montaña alargada situada en esa región.

La constituyen gravas bien clasificadas y ocasionalmente bloques, embebidos en una matriz arenosa, los fragmentos son de tobas ácidas, presentan regular cementante y baja cementación, la estructura de esta unidad sedimentaria es masiva.

Descansan discordantemente sobre las tobas ácidas, en función de su posición estratigráfica y a su origen tectónico, se les asignó una edad relativa del Plioceno-Pleistoceno.

Geohidrológicamente presentan buena permeabilidad y por su alta posición topográfica funcionan como roca transmisora no saturada.

Cuaternario.

Cuaternario (lacustre) Q (la).

Se sitúan al noreste del área, en los alrededores del poblado 27 de Noviembre.

Lo constituyen sedimentos de fina granulometría principalmente limo y arcillas; son de poco espesor y baja permeabilidad; descansan indistintamente sobre los suelos y el basalto cuaternario; geohidrológicamente no están saturados.

Cuaternario (aluvial) Q (al).

Se encuentran en los principales valles de la región y en las pequeñas depresiones existentes.

Superficialmente lo conforman suelos areno-arcilloso y gravoso correspondiente a la Formación Pueblito; estos depósitos descansan en el subsuelo sobre basaltos cuaternarios y en la formación Guadiana, constituida por material areno-gravoso, con bajos contenidos de lengüetas de arcilla, debido a la presencia de fósiles detectados en esta formación se le asignó una edad de Pre-Wisconsin según Albriton (1958).

Estos depósitos alcanzan espesores de más de 100 m y casi siempre descansan sobre la serie volcánica superior.

Geohidrológicamente presentan alta permeabilidad y en función de la estructura donde se depositaron, son capaces de almacenar agua subterránea y formar un buen acuífero.

#### **4.2.- Geología estructural**

La Sierra Madre Occidental la constituyen dos potentes secuencias ígneas, la más antigua esta formada por rocas volcánicas intermedias cuyas edades varían de 100 a 45 millones de años; mientras que las más recientes situadas en el área de estudio están compuestas por ignimbritas de composición riolítica y rioadáctica del Oligoceno y Mioceno.

Estructuralmente, la tectónica de distensión del Terciario Superior fue la causante de los grabens y fallas normales de la cubierta superior enclavada en el área de estudio.

La estructura volcánica de mayor importancia está conformada por la "Caldera de Chupaderos", siendo ésta la causante del origen de grandes depósitos de ignimbritas de la región, otra importante fuente de localizaba al occidente fuera del área de estudio, en la región correspondiente a la parte central de la sierra madre occidental.

La orientación preferente de las fracturas y fallas es de NW-SN son del tipo normal, presentan desplazamientos de algunos metros y llegan alcanzar hasta cerca de los 300 m.

Las fallas más importantes son la de Chupaderos, es esta la causante de que la mitad oriental de la caldera se encuentre hundida, así mismo, en su porción inferior, se localiza una fuerte secuencia de material de relleno.

Otra notable falla es la de Garabitos, situada en la parte sur y finalmente al sur del poblado Héroe de Nacozari, se encuentra una falla con dirección de NNW-SSE, acumulando en su flanco inferior depósitos de conglomerado.

#### **4.3.- Geología del subsuelo**

El acuífero esta formado principalmente por material granular sedimentario, de acuerdo a los cortes geológicos tiene profundidades hasta de 300 m. De tal forma que el fondo del acuífero, presenta aspectos de una cuenca cerrada, por lo que conceptualmente la recarga principal que recibe el acuífero es por infiltración vertical y por flujo horizontal por medio de los materiales fracturados que circundan el valle, de lo anterior se recomienda efectuar pruebas de bombeo en los pozos más profundos a fin de determinar o ubicar la máxima profundidad de explotación, a fin de relacionar con los resultados de geofísica.

#### **5.- Hidrogeología**

La hidrogeología subterránea se manifiesta en el valle mediante obras hidráulicas (pozos, norias, tajos) y afloramientos naturales (manantiales) unidad de material no consolidado con posibilidades altas, su origen es tectónico, relleno a partir de material conglomerado y aluvial de textura arenosa y gravas, generalmente en el cual se desarrolla un acuífero de tipo libre cuyas recargas provienen del norte, de lavas basálticas; en el sur poniente de las estribaciones de la sierra Madre Occidental y al oriente de la sierra El Registro y sierra Santa Lucia

##### **5.1.- Tipo de acuífero**

El acuífero del Guadiana de acuerdo a su composición geológica y comportamiento en pruebas de bombeo se determino que es de tipo libre y esta formado principalmente por material granular sedimentario y conglomerático, su geometría presenta depresiones hasta de 300 m, de espesor, observándose que reducen considerablemente hacia los flancos

## 5.2- Parámetros hidráulicos

Con base en los diferentes estudios donde se realizaron pruebas de bombeo se obtuvieron resultados de transmisividad con valores que varían de 1 a  $10 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{s}$ . Con estos valores se calculó la conductividad hidráulica obteniéndose índices que oscilan de  $10^{-5}$  hasta  $45 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ , respecto al coeficiente de almacenamiento tomando en consideración que se trata de un acuífero libre se asignó un valor de 0.1 como constante para todo el acuífero.

Esta variación en la transmisividad se atribuye al espesor del acuífero, el cual es mayor en la parte central y se reduce en las fronteras. La estratigrafía consignada refleja material de media a baja permeabilidad.

## 5.3.- Piezometría

En el valle del Guadiana se han observado los niveles piezométricos a partir del año 1972, en el periodo 72 - 77 se monitorearon 38 pozos, 116 para 1980, en 1983 se incrementó hasta 153. Y en 1999 únicamente se sondearon 80 pozos y en el rediseño de la red de monitoreo realizado el año de 1999 tentativamente se desarrolló 81 nodos de observación.

## 5.4.- Comportamiento hidráulico

Para el presente estudio se consideraron las observaciones realizadas en el periodo octubre 1981 a octubre de 1997

### 5.4.1.- Profundidad al nivel estático.

De acuerdo a las mediciones realizadas durante octubre de 1997, se observa lo siguiente:

- niveles estáticos de 3 a 10 m:

En la parte suroeste del valle, desde las faldas de la serranía hasta los límites con la ciudad de Durango.

-Al sur, la zona comprendida entre Gabino Santillán, Sebastián Lerdo de Tejada, Praxedis Guerrero y Felipe Ángeles.

-Al centro entre los poblados de Dolores Hidalgo, Navacoyan.

-Al este de los poblados de Cinco de Febrero y Refugio Salcido, Ignacio López Rayón Y Minerva hasta el arenal.

-Al norte la parte desde San José del Molino y Col. Hidalgo hasta el aeropuerto.

**Niveles estáticos de 10 hasta 30 m.**

La zona que comprende desde la mancha urbana de la ciudad de Durango. Hasta los poblados Ferrería, 20 de Noviembre y Cinco de Mayo.

Al sureste la zona entre los poblados Minerva y José Ma. Pino Suárez

#### **Niveles estáticos de 30 hasta 65 m.**

Al sureste entre las localidades de José Ma. Pino Suárez, El Manzanal, Mariano Matamoros y Dieciocho de Marzo.

Debido a la sobre explotación, las zonas más problemáticas son: La mancha urbana de la ciudad de Durango, el relleno sanitario, la planta de tratamiento de aguas residuales, la ciudad industrial, la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Celulosicos Centauro.

#### **5.4.2.- Elevación del nivel estático.**

En general puede decirse que para 1997, el esquema regional de flujo subterráneo no ha cambiado significativamente. Este flujo ocurre de las partes altas, ubicadas al norte, sur y oeste, las cuales constituyen zonas de recarga al acuífero, hacia el este del valle, coincidiendo con la salida de las corrientes superficiales, sin embargo se observa que los dos conos de abatimiento que se vienen presentando desde 1981 se amplían en forma paulatina.

#### **5.4.3.- Evolución del nivel estático.**

En el periodo Octubre de 1981-Octubre de 1997, se observaron abatimientos de 1 a 13 m., donde los mayores se presentan al sureste entre los poblados de José María Pino Suárez y Mariano Matamoros con un valor de 13 m, en la parte norte de la zona que comprende desde la Ciudad de Durango hasta el poblado Cinco de Mayo donde varía de 5 a 10 m. de abatimiento, al Poniente en el punto de salida natural del valle entre los poblados Montemorelos, Juan Aldama y Registrillo con valores que fluctúan de 3 a 6 m. de abatimiento. En el resto del valle principalmente la variación es de 1 a 3 m.

#### **5.5.- Hidrogeoquímica y Calidad del agua subterránea**

Los contaminantes principales registrados en las aguas subterráneas de la ciudad de Durango son el Flúor y el Arsénico determinados desde la década de 1980, en estudios tanto geológicos, como de calidad del agua que se han realizado en el valle. Además de los monitoreos del SIDEAPA y la CNA.

- **Sólidos totales disueltos STD**

El valle del Guadiana, la concentración de sólidos totales disueltos, varía de 100 a 600 partes por millón, se observa que la menor concentración se encuentra al este y suroeste del valle en valores de 100 a 200 ppm.

En la parte norte la concentración salina disminuye de 340 a 300 ppm, de la periferia hacia el centro del valle, lo que sugiere que la aportación de agua proveniente de esta zona, es de calidad diferente a la encontrada en el resto del área de estudio.

Al sureste en la mitad norte del valle se encontraron concentraciones mayores de 400 ppm y al sureste de la ciudad de Durango, donde se determinó la mayor concentración de sólidos totales disueltos, en un valor de 640 ppm.

- **Concentración de calcio.**

Las mínimas concentraciones se determinaron al norte, oeste y centro del valle en valores de 10 a 15 ppm.

Al norte del área, el calcio en solución es relativamente alto determinándose concentraciones de 30 a 40 ppm, al sureste con valores que varían entre 20 y 30 ppm. Disminuyendo en la periferia hacia el centro del valle.

- **Concentración de sodio.**

La concentración de sodio en el valle varía de 10 a 100 ppm, se observa que la mayor concentración se tiene al norte del área de estudio en valores de 50 a 100 ppm, incrementándose de la periferia hacia el centro del valle. Al este y sureste, el contenido disminuye a menos de 30 ppm, y al oeste la concentración varía entre 30 y 50 ppm.

Las mínimas concentraciones (entre 10 y 20 ppm), presentaron una distribución irregular sin definir curvas de isovalores de este ion.

- **Concentración de cloro**

Se observa que las mínimas concentraciones se tienen en la periferia del valle, especialmente al este y sureste, donde la concentración de cloro es de 7 a 12 ppm, incrementándose hacia el centro del valle hasta un valor de 19 ppm.

En el norte del valle se tienen las máximas concentraciones de cloro (19 y 20 ppm), lo cual sugiere que en esta zona, los materiales de relleno han sido afectados por la evaporación y/o son de baja permeabilidad

- **Concentración de sulfatos**

En el área que nos ocupa el contenido de este ion es menor de 40 ppm, con excepción del pozo No. 391 en donde se determinó una concentración de 144 ppm.

Las máximas concentraciones de sulfatos de 20 y 30 ppm se encuentran al sur y este del valle y las mínimas al norte en donde el contenido es menor de 10 ppm

- **Concentración de flúor**

La concentración del flúor varía de 0 a 26 ppm, ésta última sobrepasa por mucho, el límite máximo permisible para uso potable (las normas de calidad la Secretaría de Salubridad y Asistencia, establecen como máximo el valor de 1.5 ppm).

- Contenido de arsénico

El arsénico es otro de los elementos que se rebasan el límite máximo permisible de 0.05ppm en algunas áreas hasta en un 133%, zonas que se consideran críticas como son la Sureste, noroeste de la ciudad de Durango, así como la norte y del Valle del Guadiana, contaminación que se presume es de origen natural.

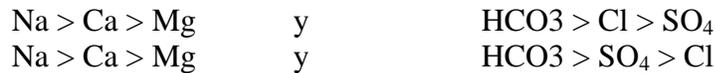
Los diagramas comparativos de análisis químicos, permiten obtener en forma rápida e ilustrativa las concentraciones iónicas que marcan una muestra o la familia de agua a la que pertenece de acuerdo al catión y anión predominante.

Entre los diagramas más utilizados se tienen el diagrama propuesto por H. Scholler y a los diagramas triangulares propuestos por Piper

### Diagramas de Scholler

Este diagrama consiste en varios ejes paralelos con escalas logarítmicas, cada uno de los cuales corresponden a un ion. Sobre cada uno de estos ejes se representa mediante un punto la concentración del ion correspondiente, los puntos resultantes se unen por medio de líneas, que en su conjunto forman un polígono representativo de la calidad del agua.

Para la zona, se elaboraron once diagramas, cada uno de los cuales agruparon los resultados en los análisis químicos de cinco muestras, en donde se observo que la mayoría de las muestras se encontraron las siguientes relaciones:



Las cuales indican que el agua ha tenido contacto con rocas ígneas o bien con depósitos de materiales provenientes de éstas rocas.

Al invertirse la relación entre cloruros de sulfato ( $\text{SO}_4 > \text{Cl}$ ) indica que corresponde a zonas donde el material de relleno presenta un mayor porcentaje de evaporación.

### Diagramas Triangulares

Los diagramas triangulares de Piper permiten obtener los diferentes tipos o familias de agua, de acuerdo al catión predominante.

Los diagramas obtenidos en el valle del Guadiana, en donde se observa que predomina el agua de tipo sódica-bicarbonatada y en menor proporción mixta-bicarbonatada.

#### Clasificación del agua para riego

Para conocer la calidad del agua con fines para riego, se ha optado por utilizar la clasificación de Wilcox en la cual, como puede apreciarse en la fórmula, queda supeditado a las concentraciones absolutas y relativas de los principales cationes.

Las clases de agua encontradas según la clasificación, obteniéndose de esta manera, la clase de agua para riego, la cual está definida por los parámetros C y S y subíndices en cada uno de ellos.

En el área de estudio, las clases de aguas encontradas según la clasificación de Wilcox, son del tipo C2-S1 y C1-S1. El significado C2-C1 Agua salina con poco sodio y C1-S1 baja salinidad y poco contenido de sodio.

### 5.5.- Calidad del agua

En la actualidad se monitorea la calidad del agua en algunas de las comunidades de mayor población y aquellas que a lo largo de los años, sus pozos presentan características de concentración de iones en forma de partículas y que a la fecha no ha sido posible esclarecer el porque de su comportamiento. Estas comunidades son: Colonia Hidalgo, José M<sup>a</sup> Pino Suárez, El Arenal, Cinco de Febrero, Parras de la Fuente, Belisario Domínguez, Francisco Villa Viejo, Lázaro Cárdenas.

#### Niveles.

Los niveles de estas perforaciones son variables.

#### Acciones contaminantes.

Dentro de las Actividades más contaminantes al subsuelo por parte de las poblaciones rurales tenemos:

Acciones	Contaminantes Principales	Observación
Fosas Sépticas	Contaminantes orgánicos, microorganismos	Estas representan una disposición directa al subsuelo y una posible contaminación por infiltración
Basura, Residuos Sólidos	Lixiviación	No representa un riesgo importante por el tamaño de las poblaciones, pero con el tiempo pueden serlo si no se manejan adecuadamente
Manejo de Fertilizantes	Pesticidas y herbicidas	Es conocida la persistencia de estos productos en el subsuelo

#### Fuentes o actividades de mayor relevancia.

##### Gasolineras de la ciudad de Durango

Es en la zona que ocupa la ciudad de Durango, donde se encuentran todas las gasolineras que se cuentan dentro del valle del Guadiana. Son 16 las que actualmente operan, 2 más están en construcción, y se tiene conocimiento de que 4 han sido puestas fuera de uso.

#### Actividades industriales

La industria no es una actividad ampliamente desarrollada en el valle, su característica principal es, que las pocas que existen son de relevancia en cuanto a contaminación.

En si las actividades industriales de mediana estructura se encuentran asentadas básicamente en tres zonas:

1. La ciudad industrial Durango.
2. En el antiguo Grupo Industrial Guadiana.
3. Industrias Centauro.

**Actividad minera  
Cerro del mercado**

La actividad minera, que dio inicio a la creación de la ciudad de Durango hace ya más de 400 años, se encuentra en una etapa de reactivación por la explotación nuevamente del yacimiento de hierro en el llamado Cerro del Mercado.

**Acciones contaminantes**

Actividad	Contaminantes Principales	Situación
Extracción de Minerales	Jales de recuperación de minerales	El yacimiento Cerro del Mercado se encuentra desde 1995 en una nueva etapa de explotación, después de 10 años aproximadamente de inactividad, los jales de esta actividad de acuerdo a normas ecológicas están considerados en un apartado dentro de los residuos peligrosos, debido a que esta industria los genera en demasía por su actividad en si, pero la vigilancia de los mismos se prevé para evitar impacto en suelos permeables que pudiesen transmitir estos residuos fuera de las zonas ya impactadas.

**Ríos contaminados**

La contaminación de los causes ha sido un problema que en el valle se ha agudizado conforme pasa el tiempo, básicamente por el incremento en los volúmenes de las aguas residuales. Los de mayor interés, debido a cruzan la ciudad, son: Arroyo Acequia Grande, Arroyo Seco y el río Saucedá - Durango.

El arroyo acequia grande en la actualidad es empleado, al inicio como colector de agua pluvial, posteriormente de aguas domesticas, conforme su paso a los colectores: canelas, ferrocarril.

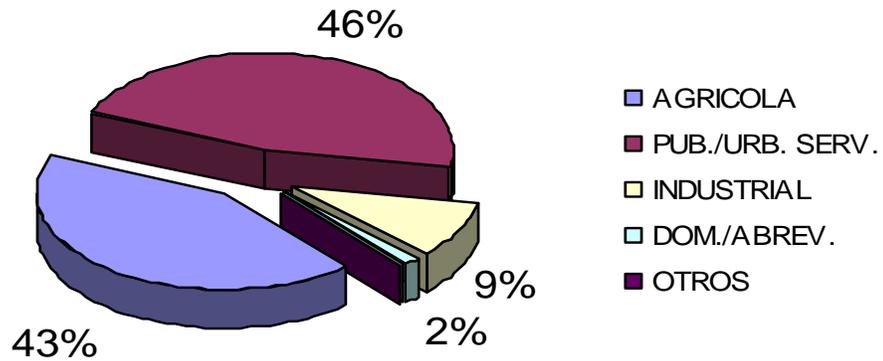
**Plantas de tratamiento**

La utilización de plantas de tratamiento para las aguas residuales de las poblaciones en el valle del Guadiana no es común, pero existen plantas que en si por volumen trataran la mayor cantidad de aguas residuales, el sistema de lagunas de oxidación fue construido en el año de 1967, a través de la Dirección de Estudios y Proyectos, dependiente de la jefatura de agua potable y alcantarillado de la SARH, consistente en 6 módulos, funcionando como simples lagunas de sedimentación hasta el año de 1988.

Actualmente se trata de un sistema de lagunas aireadas con dos módulos de tres lagunas cada uno. Las cuales vendrán a resolver en gran medida el problema grave de contaminación hacia el acuífero.

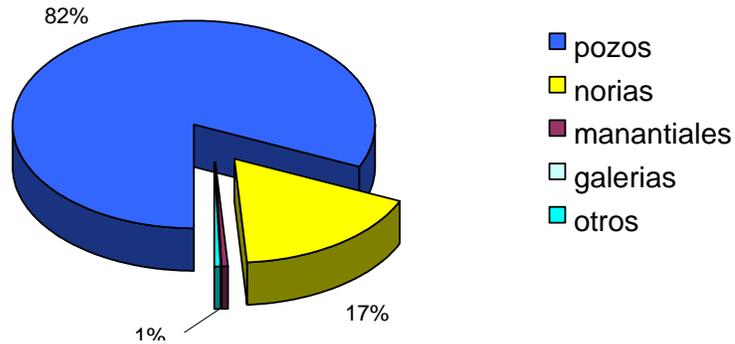
## 6.- Censo de aprovechamientos

Con base al Censo realizado en 1992 y actualizado con base en las reuniones del Comité Interno de Administración del Agua, hasta 1998, se tiene la siguiente información:



AGRICOLA		DOM./ABREV.		PUB./URB. SERV.		INDUSTRIAL		OTROS		TOTALES	
Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT. Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año
463	48.174756	211	1.7160545	212	52.57112	54	10.6739	2	0.03	942	113.1658305
POZOS		NORIAS		MANANTIALES		GALERIAS		OTROS		TOTALES	
Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año	Nº. APR	VOL. EXT Mm <sup>3</sup> /año
768	111.9872	164	1.109129	4	0.02			6	0.05	942	113.1663

En el acuífero se encuentran 120 obras inactivas



Utilizando los métodos de:

- Escuadra
- No. de hectáreas beneficiadas
- Láminas de riego.

## 7.- Balance de aguas subterráneas

### 7.1.- Entradas

#### 7.1.1.- Recarga natural

**Ic:** El volumen de infiltración a través de corrientes superficiales, se calculó con base en la eficiencia de condición de cada corriente, los volúmenes de extracción de las presas que regula sus escurrimientos según se describe a continuación.

Obra	Río	Eficiencia conducción	Volumen promedio infiltrado
Peña del Aguila	<b>La Sauceda</b>	89. 2%	1. 84 mm <sup>3</sup> /año
Guadalupe Victoria	El Tunal	88. 2%	7. 43 mm <sup>3</sup> /año
Santiago Bayacora	Santiago Bayacora		

#### 7.1.2.- Recarga inducida

**Ir:** El volumen de infiltración por retornos de riego, en una área de 23,149-00-00 has, considerando un volumen de riego anual de 6, 000 m<sup>3</sup>/ha y 7% como factor de filtración, se obtuvo un volumen anual de 9. 72 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de filtración.

RELACION DE SUPERFICIE REGADAS EN EL VALLE DEL GUADIANA

NOMBRE DE LA OBRA	SUPERFICIE REGADA (has.)
1. Peña del Águila	2, 472
2. Guadalupe Victoria	9, 000
3. Santiago Bayacora	2, 914
4. San Lorenzo	189
5. Refugio Salcido	436
6. Garabitos	249
7. Aprovechamientos Subterráneos	<u>7, 889</u>
	23, 149

7.1.3.- Flujo subterráneo

**Eh:** Las entradas horizontales se cuantificaron con las configuraciones piezométricas trazadas para el mes de octubre de 1996, donde se determinaron 6 canales de entrada dando como resultado un volumen de entrada horizontal de  $17.962 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anuales}$ .

CANAL	I	$T \times 10^{-3}$ $\text{m}^2/\text{s}$	B (m)	Q $\text{m}^3/\text{s}$	VOL $\times 10^6$ $\text{m}^3/\text{año}$
1	0. 00125	7. 0	3, 000	0. 02625	0. 828
2	0. 00333	4. 0	8, 000	0. 10656	3. 360
3	0. 00286	4. 0	13, 000	0. 14872	4. 690
4	0. 00563	3. 2	5, 500	0. 09909	3. 125
5	0. 00833	3. 2	6, 200	0. 16526	5. 211
6	0. 00077	4. 4	7, 000	0. 02372	<u>0. 748</u>
TOTAL					17. 962

7.2.- Salidas

**7.2.1.- Evt: La evapotranspiración** se obtuvo mediante la aplicación de la fórmula de Coutagne, donde arrojo un valor real anual de 405 mm, considerando una área de  $100 \text{ km}^2$  de niveles someros y un 10% de incidencia, resultan un volumen anual de  $4.05 \text{ Mm}^3$ .

COUTAGNE

$$E_{tr} = P - \Delta p^2 \quad \Delta = \frac{1}{0.8 + 14 + 17} = 0.314$$

$$E_{tr} = 0.475 - 0.31 \times (0.475)^2 \quad 0.8 + 14 + 17$$

$$E_{tr} = 0.405$$

$$E_{vt} = E_{tr} \times \text{AREA} \times 0.1$$

$$E_{vt} = 0.405 \times 100 \times 10^6 \times 0.1 = 4.05 \text{ Mm}^3$$

$$T = 17^\circ \text{ C}$$

$$P = 475 \text{ mm}$$

### 7.2.2.- Descargas naturales

**Dc:** El volumen de descargas a corrientes superficiales, se tomo el estimado en el estudio OHIADR, e. 83 - 14, clave PI - 694, donde se analizaron los hidrogramas de estaciones: Refugio Salcido sobre el río Santiago Bayacora, localizada a 11 km aguas abajo de la entrada del río al valle, San Felipe sobre el río Tunal, que se encuentra después de un recorrido de 14 km del río por la planicie.- de los análisis en la estación San Felipe se determino un flujo base de  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , resultando un volumen anual de  $15 \text{ Mm}^3$ ; y en la estación Refugio Salcido hay un flujo base cuyo volumen en promedio se valió en  $3 \text{ Mm}^3$  por lo tanto, el volumen de descarga a corrientes superficiales es de  $18 \text{ Mm}^3$  anuales.

### 7.2.3.- Bombeo

**B:** El volumen bombeado se calculo tomando como base la información obtenida en la actualización permanente del censo considerándose principalmente: régimen de operación, caudales, superficie beneficiada; resultando un volumen de extracción de  $112.645 \text{ Mm}^3$  anuales.

### 7.2.4.- Flujo subterráneo

**Sh:** Las salidas horizontales, se determinaron mediante el mismo procedimiento aplicado en las entradas y con las configuraciones de octubre de 1996, se determino un canal, donde resulto un volumen de  $2.14 \text{ Mm}^3$  anuales de salida.

#### SALIDAS HORIZONTALES

CANAL	I	T X $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	B (m)	Q $\text{m}^3/\text{s}$	VOL X $10^6 \text{ m}^3/\text{año}$
1	0.0027	3.14	8,000	0.0678	2.14

### 7.3.- $\Delta v$ : El cambio de almacenamiento

Se determinó mediante la observación en las fluctuaciones del nivel estático en los últimos 16 años, donde resulto un descenso de 26 cm por año, considerando una área de balance de  $1000 \text{ km}^2$  y un coeficiente de almacenamiento de 0.1, se obtuvo un resultado de  $-19.5 \text{ Mm}^3$  cambio de volumen de almacenamiento.

## 8. Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa al agua subterránea establece la expresión siguiente:

Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica	=	Recarga total media anual	-	Descarga natural comprometida	-	Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA
---	---	---------------------------	---	-------------------------------	---	---

### **8.1 Recarga total media anual**

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Valle de Guadiana es de 117.0 millones de metros cúbicos por año ( $Mm^3/año$ ).

### **8.2 Descarga natural comprometida**

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Valle de Guadiana la descarga natural comprometida es igual a  $17,580,000 m^3/año$ .

### **8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA**

En el acuífero Valle de Guadiana el volumen anual concesionado, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002 es de  $134,327,588 m^3/año$ .

### **8.4 Disponibilidad de agua subterránea**

La disponibilidad de agua subterránea conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA:

$$-34,907,588 = 117,000,000 - 17,580,000 - 134,327,588$$

La cifra  $-34,907,588 m^3/año$  indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Valle de Guadiana, en el Estado de Durango.

## **9.- BIBLIOGRAFIA**

Estudio geohidrológico EI-72-8 GZA-117.- AÑO 1973

Estudio geohidrológico contrato Ohiadr-E-83-14.- AÑO 1983

Balance de Aguas Subterráneas. Gerencia Estatal Durango.- Subgerencia Técnica.- Dpto. de Aguas Subterráneas 1996.