



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO LOS RÍOS (2707), ESTADO DE TABASCO**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1	GENERALIDADES.....	2
	Antecedentes.....	2
1.1	Localización.....	2
1.2	Situación administrativa del acuífero.....	4
2	ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.	4
3	FISIOGRAFÍA.....	5
3.1	Provincia fisiográfica.....	5
3.2	Clima.....	5
3.3	Hidrografía.....	6
3.4	Geomorfología.....	7
4	GEOLOGÍA.....	7
4.1	Estratigrafía.....	7
4.2	Geología estructural.....	10
4.3	Geología del subsuelo.....	10
5	HIDROGEOLOGÍA.....	10
5.1	Tipo de acuífero.....	10
5.2	Parámetros hidráulicos.....	11
5.3	Piezometría.....	11
5.4	Comportamiento hidráulico.....	11
5.4.1	Profundidad del nivel estático.....	11
5.4.2	Elevación del nivel estático.....	11
5.5	Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	11
6	CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	12
7	BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	13
7.1	Entradas.....	13
7.1.1	Recarga vertical (Rv).....	13
7.1.2	Recarga inducida (Ri).....	13
7.1.3	Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh).....	13
7.2	Salidas.....	14
7.2.1	Evapotranspiración (ETR).....	14
7.2.2	Descargas naturales.....	14
7.2.3	Bombeo (B).....	14
7.2.4	Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh).....	14
7.3	Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$	14
8	DISPONIBILIDAD.....	14
8.1	Recarga total media anual (R).....	15
8.2	Descarga natural comprometida (DNC).....	15
8.3	Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	15
8.4	Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	16
9	BIBLIOGRAFÍA.....	17

1 GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, en el caso de las aguas subterráneas esto debe ser por acuífero, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la “NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”. Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, gobiernos estatales y municipales y de la CONAGUA.

La NOM establece para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas la realización de un balance de las mismas donde se defina de manera precisa la recarga, de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

Los resultados técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información, se especifique claramente el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar.

La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, transparentar la administración del recurso, planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.1 Localización

El acuífero de Los Ríos, definido con la clave 2707 por la Comisión Nacional del Agua se localiza en la porción oriente del estado de Tabasco, abarca una superficie de 1,329.0 km², que cubre parcialmente los municipios de Centla, Jonuta y Emiliano Zapata (figura 1).

Los principales centros de población localizado dentro del área son las cabeceras municipales de Balancán, Centla, Jonuta y Emiliano Zapata.



Figura 1. Localización del acuífero

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 2707 LOS RIOS							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	92	12	12.1	17	46	6.4	
2	92	14	27.4	17	50	2.7	
3	92	11	25.2	18	5	53.6	
4	92	13	30.8	18	13	13.1	
5	92	24	13.1	18	15	4.1	
6	92	29	318	18	15	23.4	
7	92	35	43.6	18	14	35.1	
8	92	40	16.2	18	16	8.5	
9	92	39	1.2	18	24	44.0	
10	92	39	30.7	18	31	6.0	
11	92	41	7.2	18	34	3.8	
12	92	42	49.2	18	34	25.4	DEL 12 AL 13 POR LA LINEA DE BAJ AMAR A LO LARGO DE LA COSTA
13	92	28	5.3	18	38	59.3	DEL 13 AL 14 POR EL LIMITE ESTATAL
14	91	10	13.0	17	58	33.3	
15	91	10	38.3	17	45	57.8	
16	91	15	55.9	17	36	35.9	
17	91	24	14.3	17	32	218	
18	91	34	44.7	17	31	28.1	
19	91	38	119	17	31	54.0	DEL 19 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	92	12	12.1	17	46	6.4	

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Los Ríos pertenece al Organismo de Cuenca XI “Frontera Sur”. Administrativamente el acuífero

Los Ríos queda comprendido parcialmente en el lado noroeste como la Zona decretada de Veda del Distrito de Acuacultura No. 3, la fecha del decreto fue el día 8 de junio de 1973 y publicado el día 3 de agosto del mismo año; asimismo el resto del acuífero abarca la zona de Libre Alumbramiento y Distrito Balancán.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 4.

A la fecha existen organizaciones de usuarios para extraer agua del acuífero, asimismo también unidades de riego dentro de la zona como los Urderales. Los usuarios que extraen mayores volúmenes de aguas subterráneas son: SAPAET y agrícolas.

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.

La zona acuífera ha quedado comprendida en los siguientes estudios:

Estudio Geohidrológico de la zona de Los Ríos, Tabasco, Ariel Construcciones, S. A. -1981.

Estudio Freatimétrico del bajo Usumacinta, estado de Tabasco y Campeche.- Investigaciones Geofísicas de México, S.A. de C.V.- 1987.

Estudio Geohidrológico de la zona de Los Ríos, estado de Tabasco.-Cia. Consultores en Ciencias de la Tierra, S.A. de C.V.-1990.

En los estudios ya mencionados se realizaron actividades como censo de aprovechamientos, recorridos piezométricos, prueba de bombeo, muestreo para análisis físico-químico; así mismo se cuenta con información local de gran apoyo.

La información referente a pozos de agua, los cuales suministran el agua potable en el estado, se obtuvo del organismo operador de agua potable (S.A.P.A.E.T.)

3 FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

El acuífero Los Ríos se encuentra en el área que corresponde en su totalidad a la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur, esta es una llanura formada por grandes cantidades de aluvión acarreado por uno de los ríos más caudalosos del país, El Usumacinta, el cual atraviesa la provincia para desembocar en la parte sur del Golfo de México, éste río se une al Grijalva (en tres brazos) cerca de la ciudad de Frontera, Tabasco, desembocando posteriormente de forma común al Golfo de México.

La subprovincia de las Llanuras y Pantanos Tabasqueños comprende parcialmente el municipio de Tenosique y en su totalidad los municipios de Balancán, Emiliano Zapata y Jonuta; en la parte central de esta subprovincia se unen las cuencas bajas de los ríos Grijalva y Usumacinta, los más caudalosos del país.

Ambos ríos tienen su origen en territorio Guatemalteco. El río Usumacinta penetra a la subprovincia con dirección sureste-noroeste desde el vecino país de Guatemala.

En la región oriental abundan lagos y pantanos asociados con el río Usumacinta.

3.2 Clima

El clima en la región por su régimen de temperatura y humedad su clasificación es cálido con régimen normal de calor en toda la zona, semihúmedo en la porción noreste, moderadamente en la parte central y ligeramente húmeda en la correspondiente al suroeste y con pequeña deficiencia de humedad en las tres, las temperaturas son elevadas con una media anual de 26.58° C siendo los meses más cálidos abril y mayo (época de estiaje) disminuyendo en los meses de enero y febrero con 23.03° C.

El análisis climatológico se efectuó con la información de seis estaciones climatológicas, de las cuales dos se localizan dentro del área acuífera, tres en sus límites y una fuera de ella, a continuación, se relacionan las estaciones empleadas: Balancán, Buena Vista, Emiliano Zapata, El Triunfo, Mactun y Tenosique.

La precipitación media anual en la zona es el orden de los 2,038 mm.

La evapotranspiración está regulado principalmente por la temperatura, potencialmente es la cantidad de agua que se evaporaría en caso de no existir deficiencia de humedad, se presenta con valor promedio anual de 1,628 mm, registrándose el valor más bajo en la estación Balancán con 1,619 mm y más alto en la estación el Triunfo con 1,647.10 mm como se puede observar el rango en estos valores es mínimo, no así la evapotranspiración real, que es la cantidad de agua que se evapora verdaderamente, dada la deficiencia de humedad que se presenta en los meses de abril y mayo.

Este parámetro registra un valor predominante en toda la zona de aproximadamente 1,450 mm anuales y en las inmediaciones de la población Emiliano Zapata tiene un valor de 1,619.8 mm dando lugar a una diferencia mayor a los 150 mm en promedio anual.

3.3 Hidrografía

El acuífero queda localizado dentro de la región hidrológica No. 30 del río Grijalva-Usumacinta, la cual drena una cuenca de 10,586.6 km²; dentro de la misma región hidrológica se localizan los acuíferos de Boca del Cerro y Macuspana, los cuales están comunicados superficialmente con el acuífero en cuestión por medio de la cuenca del río Usumacinta y subcuenca del río del mismo nombre, el cual es la corriente principal.

La corriente principal que atraviesa la zona en la porción sur y en dirección de oriente-poniente, es el río Usumacinta, en donde su cauce pasa por la población de Balancán(Margen derecha) y Emiliano Zapata(Margen izquierda), ésta corriente es una de las más importantes de México, se forma de la confluencia de los ríos La Pasión y Chixoy o Salinas.

Ambos procedentes de territorio Guatemalteco; fluye a él por la margen izquierda el río Lacantún recibe el caudal del río San Pedro antes de llegar a la población de Balancán; así mismo desemboca en el Golfo de México, dividiéndose antes en Tres Brazos, de los cuales el occidental conserva el mismo nombre, el Brazo central se denomina San Pedro y San Pablo y desemboca directamente en el Golfo de México y el brazo oriental denominado Palizada, la cual desagua en La Laguna de Términos, por la boca llamada Chica.

Al norte del río Usumacinta nacen varias corrientes fluviales que desembocan al Golfo de México, los cuales, se designan con los nombres: Pejelagarto, Pimiental, Salsipuedes, El Este y río Blanco.

El tipo de drenaje que desarrollan estas corrientes es dendrítico con formación de Meandros en las corrientes más caudalosas al entrar a la planicie.

3.4 Geomorfología

Geomorfológicamente la zona acuífera está constituida por una Llanura Costera de relieve escaso, con altitudes menores de 100 m resultado de la acumulación de grandes depósitos fluviales que la han moldeado y geológicamente esta representada por formaciones sedimentarias del Terciario como calizas y areniscas y del Cuaternario como conglomerados y depósitos Palustres, Lacustres y Aluviales.

La llanura costera es una planicie sedimentaria cuyo origen está íntimamente relacionado con la regresión del Atlántico, iniciada desde el Terciario Inferior y debida al relleno gradual de la cuenca oceánica, donde fueron acumulados grandes volúmenes de materiales rocosos provenientes del continente.

El rejuvenecimiento continuo de la plataforma costera ha permitido la erosión subsecuente de los depósitos marinos terciarios, que actualmente tiene poca elevación sobre el área.

Su expresión morfológica es de lomeríos casi imperceptibles, su espesor promedio se estima de 400 m presenta una permeabilidad variable dado que su porosidad es secundaria o sea a través de fisuras de disolución, también puede ser considerada como piso o frontera inferior del acuífero de Los Ríos.

4 GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

Los principales materiales que afloran en el área son de tipo arcilloso y arenoso, formados principalmente por materiales granulares provenientes de la erosión de la sierra de Chiapas La principal formación geológica que se localiza en el área es la Fm. Belem, dichos materiales granulares presentan características de buena permeabilidad y transmisividad, la zona de recarga está localizada en la parte sur de la zona acuífera.

Las Unidades que conforman el marco geológico de la zona de estudio, corresponden a formaciones sedimentarias, con una cronología que va del Mioceno Superior (Terciario) al Cuaternario reciente y se describen a continuación:

La Caliza (Tcz) es una unidad sedimentaria calcárica recrystalizada, areno arcillosa, interespatica con fauna de pelecípodos, pertenecientes a los afloramientos más occidentales de la formación Carrillo Puerto, es decir depósitos correspondientes a la plataforma de Yucatán, de edad que va del Mioceno Superior al Plioceno. Sobreyace en discordancia a la formación El Bosque, del Eoceno y subyace concordantemente a los sedimentos terrígenos del Eoceno (areniscas). (figura 2).

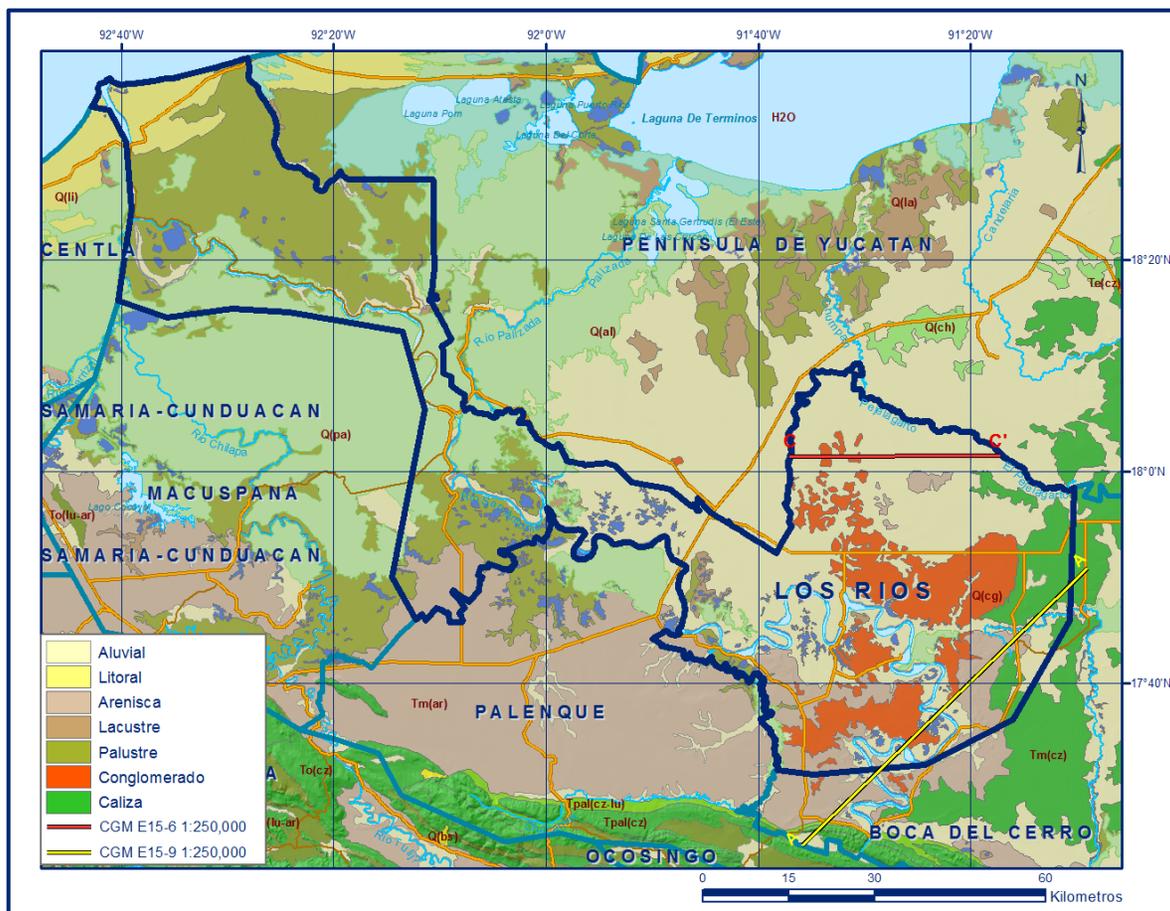


Figura 2. Geología General del acuífero

Físicamente se presenta con estratificación masiva, con coloración gris claro intemperizando a amarillo crema, aflora al oriente de la zona de estudio, y sus exposiciones mas claras son sobre la carretera de El Triunfo a Tenosique, a la altura de las poblaciones: El Águila y Reforma.

La Arenisca es la unidad formada por litaenitas de grano medio, ocasionalmente conglomeráticas, que contienen cuarzo, muscovita, feldespatos, Circón, Caolín y fragmentos de roca en una matriz arcillosa hematizada; se presenta en estratos muy delzables, de 1 a 5 metros de espesor o masivos, de colores amarillo, pardo, café claro y rojo, con estratificación cruzada y laminación; tiene intercalaciones de capas delgadas de Lutitas y Limolitas.

En la parte basal de este afloramiento, se localiza un horizonte calcáreo, en donde se encontraron foraminíferos y Felecípodos del genero venus o chione.

La mayor parte de la unidad parece corresponder a la formación Amate Inferior, se correlaciona con las formaciones Tulijá y Concepción Inferior; su ambiente de depósitos es transicional de intramarea.

Su expresión morfológica es de lomeríos de suave pendiente.

Aflora en la parte centro y sur de la zona de estudio sus exposiciones más claras son en las localidades de Hulería, Mactúm y El Arenal, su espesor promedio es de 80 metros alcanzando en algunas partes hasta 200 metros; presenta alta permeabilidad por su bajo grado de compactación y funciona como unidad almacenadora de agua subterránea, constituyendo uno de los principales acuíferos de la zona de interés.

El Conglomerado es la unidad sedimentaria de origen continental del Cuaternario, constituida por gravas subredondeadas de caliza y arenisca, en una matriz arcillosa pobremente cementada por caliche, sobreyace discordantemente a formaciones del Terciario y está parcialmente cubierta por suelos.

Morfológicamente está representada por pequeños montículos que apenas sobresalen en la planicie, afloran al noroeste de Balancán y en la parte baja del río Usumacinta.

Su espesor no excede los 70 metros y sus exposiciones mas claras son: Al sur de la población de Catec, camino a Netzahualcoyotl, y al suroeste de la población de Huayacán. En estos sitios los afloramientos son aprovechados como bancos de material en la extracción de grava, dado su buena clasificación y tamaño.

Por su matriz areno-arcillosa se consideran como depósitos de media permeabilidad, almacenando agua subterránea y constituyendo un acuífero susceptible de ser aprovechado.

4.2 Geología estructural

Sobre las rocas de esta provincia se hicieron sentir los efectos de la deformación por esfuerzos compresivos que afectaron los sedimentos de la provincia Sierra de Chiapas y Guatemala. Superficialmente la mayor parte de está cubierta por depósitos del Cuaternario que no han sufrido deformaciones ni dislocaciones.

En el subsuelo de esta región tabasqueña se han descubierto grandes estructuras subyacentes bajo los sedimentos del sistema Terciarios. Estas estructuras se suponen como prolongaciones en el subsuelo del sistema estructural de las Sierras de Chiapas y Guatemala.

4.3 Geología del subsuelo

Con base en el análisis geológico, determinación de niveles piezométricos y resultados obtenidos de la Geofísica, la cual a su vez se apoyó en registros eléctricos y cortes litológicos de 4 pozos, se definieron 11 unidades geoelectricas, con permeabilidades medias a altas y la presencia inferior de un estrato de aguas salada que fluctúa entre los 65 y 120 metros de profundidad.

5 HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El acuífero es de tipo libre, e hidrológicamente se encuentra subexplotado, lo que equivale a que las reservas dinámicas, (aquellas que en cada ciclo hidrológico entran y salen del sistema), pueden ser captadas mediante una distribución de bombeo adecuado en tiempo y espacio. Se establecieron dos zonas de recarga, una al oriente con dirección al occidente y otra al sur con dirección al norte, en dicho trayecto el acuífero va siendo alimentado por recarga vertical.

De acuerdo a los gradientes hidráulicos de las curvas de igual elevación del nivel estático, se encontró que en la parte oriental existen 3 direcciones de flujo que convergen en la población de Balancán, descargando al río Usumacinta en donde a partir de este punto continúa la trayectoria con dirección noroeste, a desembocar a la Laguna de Términos, además otra marcada dirección es la porción norte del área con dirección oriente poniente.

La reserva no extraída por bombeo, y debido a la poca profundidad del manto freático, su principal salida se lleva a cabo mediante la evapotranspiración directa.

5.2 Parámetros hidráulicos

Para el estudio de esta zona acuífera se tomaron valores de acuerdo a las pruebas de bombeo, efectuadas en los estudios ya realizados. De acuerdo con las características geohidrológicas, se realizaron 10 pruebas de bombeo obteniéndose dos valores de transmisividad hidráulica un máximo promedio de $T = 1.01 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ y una mínima de $T = 2.61 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

5.3 Piezometría

Recientemente se diseñó una red piezométrica para este acuífero, contando a la fecha con 50 aprovechamientos cuyo brocal se encuentra nivelado. Los registros piezométricos son pocos y discontinuos, ya que se tienen datos desde el año de 1990 y 1991, posteriormente de 1994 hasta noviembre de 1999. haciendo la aclaración que no siempre la información es de los mismos aprovechamientos.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad del nivel estático

Las profundidades de nivel estático registradas en marzo de 1991 oscilan desde 20 a 2 m, registrándose las mayores profundidades en los pozos localizados en las cabeceras municipales, por lo que hacía estas zonas se generan pequeños conos de abatimiento, disminuyendo en la parte central, así como hacía la periferia del acuífero. Actualmente las profundidades de niveles prácticamente se han mantenido estables e inclusive en algunos sitios estas han disminuido.

5.4.2 Elevación del nivel estático

Los registros actuales de las elevaciones de nivel estático alcanzan valores de hasta 20 msnm, por lo que la dirección de flujo se define de sureste-este al noroeste, donde los niveles registrados son del orden de los 3.5 m.

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

La calidad del agua subterránea del acuífero Los Ríos corresponden a cuatro familias, las cuales son: Sódicas-cloruradas, Sódicas-Bicarbonatadas, Sódicas-Sulfatadas y Mixtas divididas en Sulfato-Bicarbonatadas, Cloruro-Sulfatadas, Cloruro-Bicarbonatadas y Bicarbonatadas-sulfatadas.

A efecto de determinar de manera global posibles fuentes de contaminación se considerarán aspectos generales de actividades como urbanización, agrícola y pecuario; el potencial de contaminación al agua subterránea por descargas municipales, así como por el origen del efluente (doméstico) y según el tiempo de disposición de residuos sólidos municipales (origen público-urbano) este es bajo.

De acuerdo al análisis efectuado para determinar posible contaminación al manto acuífero debido a la actividad agrícola la cual es de gran importancia en la zona considerando que para dicha actividad se emplean aguas blancas y básicamente el sistema de riego es por gravedad el potencial de contaminación es moderada pues la superficie que se cultiva es del orden de 250 hectáreas. En tanto que la actividad pecuaria cuenta con un gran desarrollo pues la producción alcanza hasta 25,000 cabezas de ganado considerando que manejo de excretas es adecuado ya que estas se utilizan como abono para fertilizar las tierras, por lo cual el potencial de contaminación es bajo.

Cabe destacar que en este acuífero prácticamente no se encuentra con actividades de tipo industrial ya que únicamente existe una Planta Purificadora de agua.

De acuerdo a las condiciones hidrogeológicas de los ríos la cual se encuentra en condiciones de subexplotación el potencial de contaminación se determinó bajo aun cuando la vulnerabilidad de éste es alta.

Los parámetros considerados en la red de monitoreo, fundamentalmente corresponde a: parámetros de campo, serie básica (iones mayores aniones y cationes) a efecto de llevar a cabo el balance de carga, y a su vez se propuso realizar por única vez la serie específica y de verificación; en primer lugar, para caracterizar la calidad del agua subterránea en este manto acuífero con objeto de determinar la presencia de plaguicida, que en caso de ser positiva nos indicaría contaminación de origen antropogénica.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

Existe un registro de 661 aprovechamientos en el Estado; de los cuales 642 están regularizados, mismos que representan un volumen de 195.814 Mm³/año; de éstos 86 corresponden al acuífero Los Ríos con un volumen de 9.210 Mm³/año.

Siendo la mayor parte de los aprovechamientos empleados para uso público-urbano (50%), siguiéndole en menor proporción el uso agrícola (22%).

Referente a los aprovechamientos de hidrometría se tiene un universo de 133 registrados con medidor de flujo, de los cuales únicamente el 3.7% corresponden al acuífero Los Ríos.

7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero, en el periodo de tiempo establecido.

La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de masa}$$

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa por el cambio de almacenamiento de un acuífero:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento}$$

7.1 Entradas

7.1.1 Recarga vertical (Rv)

Considerando que el acuífero Los Ríos es alimentado tanto por infiltración vertical como por flujo subterráneo, se ha estimado que de acuerdo a los cálculos efectuados en **1895.0** Mm³/año.

7.1.2 Recarga inducida (Ri)

A la fecha no se realizan acciones para llevar a cabo recarga inducida en el acuífero en cuestión.

7.1.3 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Las entradas estimadas por flujo horizontal provenientes de los mantos acuíferos situados al sur del acuífero de Los Ríos y estado de Campeche son del orden de **7.0** Mm³/año.

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración (ETR)

Para el análisis de las salidas se considera tanto evapotranspiración como evaporación con un total de **217.6** Mm³/año.

7.2.2 Descargas naturales

En las descargas naturales se estimó los volúmenes de agua aportados por el manto acuífero a las distintas corrientes, calculando un total de **99.8** Mm³/año.

7.2.3 Bombeo (B)

Para las salidas por extracción mediante aprovechamientos, se cuantificó un volumen de **9.20** Mm³/año, haciendo hincapié que dicho volumen corresponde a los usuarios que ya se encuentran regularizados, así como los que ya están en trámite.

7.2.4 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

Así mismo, para las salidas mediante flujo subterráneo se estimó un volumen de **0.20** Mm³/año.

7.3 Cambio de almacenamiento $\Delta V(S)$

Efectuando el balance de aguas subterráneas, de acuerdo a los datos anteriormente citados, se determina un cambio de almacenamiento de **1,568.2** Mm³/año.

8 DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015,

Conservación del recurso agua-que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; en su fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{DISPONIBILIDAD MEDIA} \\ \text{ANUAL DE AGUA DEL} \\ \text{SUBSUELO EN UN} \\ \text{ACUÍFERO} \end{array} = \begin{array}{l} \text{RECARGA} \\ \text{TOTAL} \\ \text{MEDIA} \\ \text{ANUAL} \end{array} - \begin{array}{l} \text{DESCARGA} \\ \text{NATURAL} \\ \text{COMPROMETIDA} \end{array} - \begin{array}{l} \text{EXTRACCIÓN DE} \\ \text{AGUAS} \\ \text{SUBTERRÁNEAS} \end{array}$$

Donde:

- DMA** = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero
R = Recarga total media anual
DNC = Descarga natural comprometida
VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **1895.0 hm³/año**, todos ellos son de recarga natural.

8.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero.

Para este caso, su valor es de **109.2 hm³ anuales**, que corresponde a las salidas subterráneas que presenta el acuífero.

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica.

En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **22,826,570 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022**.

8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 1895.0 - 109.2 - 22.826570 \\ \text{DMA} &= 1762.973430 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **1,762,973,430 m³ anuales**.

9 BIBLIOGRAFÍA

Mapa Hidrogeológico del Estado de Tabasco.- Unidad de Aguas Subterráneas(CNA).- 1990.

Estudio Geohidrológico de la zona de Los Ríos, estado de Tabasco.-Cia. Consultores en Ciencias de la Tierra, S.A. de C.V.-1990.