

Disponibilidad y demanda de agua en el acuífero Libres-Oriental, Puebla, en el período 2015-2070



Luis Alberto Villarreal Manzo

30/11/2017

Organización de la presentación

1. Generalidades de los acuíferos en México
2. Generalidades del acuífero Libres-Oriental
3. Estadística agrícola del acuífero Libres-Oriental
4. Escenarios sobre el uso agrícola del agua
5. Uso consuntivo total del patron de cultivos
6. Uso consuntivo oficial, urbano y rural del acuífero
7. Uso consuntivo ajustado, urbano y rural del acuífero
8. Tabla comparativa de usos consuntivos del acuífero
9. Escenario de usos consuntivos oficiales del acuífero
10. Escenario de usos consuntivos calculados del acuífero
11. Usos consuntivos ponderados del acuífero
12. Conclusiones
13. Alternativas sustentables para el manejo del agua en el acuífero

1. Generalidades de los acuíferos en México

La importancia del agua subterránea se fundamenta en la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios. El 38.9% del volumen total concesionado para usos consuntivos (33,311 hm³ por año al 2015), procede de agua subterránea. Para fines de administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos.

A partir del proceso de identificación, delimitación, estudio y cálculo de la disponibilidad, iniciado en 2001, el número de acuíferos sobreexplotados ha oscilado anualmente entre 100 y 106. Al 31 de diciembre de 2015 se reportaban 105 acuíferos sobreexplotados. De acuerdo con los resultados de los estudios recientes, se define si los acuíferos se convierten en sobreexplotados o dejan de serlo, en función de la relación extracción/recarga, (SEMARNAT-CONAGUA. Estadísticas del Agua en México, Ed. 2016).

2. Generalidades del acuífero Libres- Oriental

El acuífero Libres-Oriental (2012), pertenece a la Región Hidrológica IV Balsas, una de las más importantes de México ya que alberga a los estados con mayor población del centro del país.

En la década de los 60's, el acuífero Libres-Oriental tenía condiciones hidrogeológicas muy parecidas a las originales, ya que lo que entraba al subsuelo salía naturalmente –por evaporación y subterráneamente al sur de Soltepec y al noreste, rumbo al estado de Veracruz.

Años después, con el emplazamiento de un gran número de aprovechamientos de agua subterránea, los niveles comenzaron a descender, interceptando las salidas naturales del acuífero y, como consecuencia, los lagos Totoloapan y El Salado, prácticamente desaparecieron, ya que la profundidad al nivel del agua bajó entre 2 y más de 5 m. También en esa época se planeó derivar agua de la zona de Libres-Oriental hacia el Distrito Federal, ya que se estimaba una disponibilidad significativa. (CONAGUA, 2002).

2. Generalidades del acuífero Libres-Oriental

De acuerdo con la información del censo de aprovechamientos realizado por la Comisión Nacional del Agua en el año 2011, se registró un total de 713 aprovechamientos ubicados en toda la superficie del acuífero Libres-Oriental. Del total de los aprovechamientos censados, 71 se encontraban inactivos y 547 activos; 423 eran pozos profundos y 290 norias.

El volumen de extracción estimado con métodos indirectos en el año 2010, indicaba que este era de 103.0 millones de metros cúbicos anuales. En el lapso de los años 1964 a 1996, la extracción de agua subterránea en este acuífero se incrementó paralelamente a la perforación de más captaciones profundas, principalmente, con uso agrícola, ya que de la extracción total, un 80-85 % se destinaba a esa actividad.

3. Estadística agrícola 2015 del acuífero Libres-Oriental

Riego Anuales y perennes 2015	Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)	Volumen de agua aplicado (m³/año)	Huella hídrica m³/Ton
1	Maíz grano	7,603.40	7,603.40	35,997.97	3.77	3,913.14	147,162.70	27,433,067.20	762.07
2	Alfalfa	2,832.40	2,832.40	177,829.41	73.29	679.56	88,807.25	23,180,361.60	130.35
3	Papa	2,758.52	2,758.52	63,625.80	18.85	5,563.43	327,275.63	7,806,611.60	122.70
4	Maíz forrajero	1,792.00	1,792.00	90,660.30	43.52	867.26	84,722.57	6,465,536.00	71.32
5	Haba grano	1,088.30	1,088.30	1,863.86	1.59	16,276.27	32,513.40	2,817,579.50	1,511.69
6	Zanahoria	1,104.50	1,104.50	27,751.30	24.46	2,667.60	68,079.56	2,836,246.20	102.20
7	Frijol	1,100.60	1,100.60	1,810.06	1.46	11,716.25	19,720.89	6,109,716.20	3,375.42
8	Haba verde	708.38	708.38	3,275.64	4.48	4,158.01	15,105.07	3,976,845.32	1,214.07
9	Tomate verde	504.30	504.30	5,569.62	8.61	3,839.44	28,835.04	1,830,104.70	328.59
10	Brócoli	437.20	437.20	7,218.75	18.47	3,030.94	27,759.73	1,688,029.20	233.84
11	Lechuga	299.40	299.40	6,260.79	20.31	1,631.25	9,585.87	820,655.40	131.08
12	Tomate rojo (Jitomate)	155.20	155.20	32,885.66	170.75	6,080.42	229,065.15	563,220.80	17.13
13	Calabacita	112.00	112.00	1,339.50	11.97	4,661.11	6,218.55	187,936.00	140.30
14	Avena forrajera	96.00	96.00	1,366.00	14.15	517.62	856.82	433,536.00	317.38
15	Ebo	95.50	95.50	2,472.10	18.42	826.17	2,143.68	431,278.00	174.46
16	Chile verde	44.00	44.00	1,606.00	3.65	15,000.00	2,409.00	291,720.00	181.64
17	Ajo	82.50	79.50	477.00	18.00	43,673.74	6,946.20	168,212.00	352.65
18	Fresa	2.00	2.00	18.00	9.00	12,000.00	216.00	5,162.00	286.78
Total		20,816.20	20,813.20	462,027.76	25.82	7,616.79	1,097,423.11	87,045,817.72	953.52

4. Escenarios sobre el uso agrícola del agua

Necesidades hídricas Penman-Monteith. Maíz grano.

Mes	No. de días	Ajuste por	Radiación	Calor latente	Ajuste por	Temperatura	Velocidad	Déficit	ET _o	ET _o	K _c	ET _p
	del ciclo	Temperatura	neta	de vaporización	Humedad	promedio	del viento	de presión		para mes		para ciclo vegetativo
								de vapor		completo		
			R _n	L		T	u ₂	(es - ea)				
			(cal/cm ² día)	(cal/g)		(°C)	(m/s)	(mb)	(mm/día)	(mm/mes)		(mm/mes)
Abr	30	0,724	292,70	587,00	0,24	15,70	0,39	7,46	3,80	114,00	0,47	53,60
May	31	0,719	296,70	586,70	0,24	16,30	0,51	7,71	3,90	120,90	0,65	78,60
Jun	30	0,736	314,70	586,90	0,25	15,80	0,19	5,06	4,00	120,00	0,94	112,80
Jul	31	0,713	296,30	587,40	0,24	15,00	0,55	3,30	3,70	114,70	1,06	121,60
Ago	31	0,708	278,70	587,30	0,24	15,10	0,64	3,57	3,50	108,50	1,01	109,60
Sep	27	0,449	270,80	587,40	0,15	15,00	7,86	3,73	3,50	105,00	0,89	84,10
Sumas y medias	180		1749,90	3522,70		15,48	1,69	5,14	22,40	683,10	5,02	560,30

Requerimiento de riego Penman-Monteith. Maíz grano.

Mes	RH	P	Pe	RR
	(mm/mes)	(mm/mes)	(mm/mes)	(mm/mes)
Abr	53,60	26,50	18,20	35,40
May	78,60	42,50	30,00	48,60
Jun	112,80	66,30	48,40	64,40
Jul	121,60	42,80	33,20	88,40
Ago	109,60	41,00	31,10	78,50
Sep	84,10	55,30	38,60	45,50
Sumas	560,30	274,40	199,50	360,80

5. Uso consuntivo total del patrón de cultivos

Cultivo	Riego		Demanda neta de riego m ³ * ha	UC total m ³ /año
	Hectáreas	%		
Maíz grano	7,603.40	36.53	3,608.00	27'433,067.20
Alfalfa	2,832.40	13.61	8,184.00	23'180,361.60
Papa	2,758.52	13.25	2,830.00	7'806,611.60
Maíz forrajero	1,792.00	8.61	3,608.00	6'465,536.00
Zanahoria	1,104.50	5.31	2,551.00	2'817,579.50
Frijol	1,100.60	5.29	2,577.00	2'836,246.20
Haba grano	1,088.30	5.23	5,614.00	6'109,716.20
Haba verde	708.38	3.40	5,614.00	3'976,845.32
Tomate verde	504.30	2.42	3,629.00	1'830,104.70
Brócoli	437.20	2.10	3,861.00	1'688,029.20
Lechuga	299.40	1.44	2,741.00	820,655.40
Tomate rojo (Jitomate)	155.20	0.75	3,629.00	563,220.80
Calabacita	112.00	0.54	1,678.00	187,936.00
Avena forrajera	96.00	0.46	4,516.00	433,536.00
Ebo	95.50	0.46	4,516.00	431,278.00
Ajo	82.50	0.40	3,536.00	291,720.00
Chile verde	44.00	0.21	3,823.00	168,212.00
Fresa	2.00	0.01	2,581.00	5,162.00
Totales	20,816.20	100.00	69,096.00	87'045,817.72

6. Uso consuntivo oficial, urbano y rural del acuífero

Habitantes Nombre	N° Localidad	INEGI 2010	Proyecciones CONAPO		Tendencias lineales (mínimos cuadrados)	
			2015	2030	2050	2070
Aljojuca	12	6.288	6.663	7.483	8.306	9.129
Chichiquila	50	24.148	25.589	28.737	31.899	35.060
Chilchotla	58	19.257	20.406	22.917	25.438	27.959
Guadalupe Victoria	67	16.551	17.539	19.697	21.863	24.030
Lafragua	93	7.767	8.230	9.243	10.260	11.277
Mazapiltepec de Juárez	96	2.633	2.790	3.133	3.478	3.823
Oriental	108	16.575	17.564	19.725	21.895	24.065
Quimixtlán	116	21.275	22.545	25.318	28.103	30.888
Rafael Lara Grajales	117	14.052	14.891	16.723	18.562	20.402
San José Chiapa	128	8.087	8.570	9.624	10.683	11.741
San Nicolás Buenos Aires	137	9.185	9.733	10.931	12.133	13.335
Tlachichuca	179	28.568	30.273	33.997	37.737	41.477
Tepeyahualco	170	16.390	17.368	19.505	21.651	23.796
San Salvador El Seco	142	27.622	29.270	32.872	36.488	40.103
Ocotepec	105	4.825	5.113	5.742	6.374	7.005
Libres	94	31.532	33.414	37.525	41.653	45.780
Cuyoaco	44	15.367	16.284	18.288	20.299	22.311
Nopalucan	104	27.292	28.921	32.479	36.052	39.624
San Juan Atenco	130	3.416	3.620	4.065	4.512	4.960
Chalchicomula de Sesma	45	43.882	46.501	52.222	57.966	63.711
Soltepec	152	11.706	12.405	13.931	15.463	16.996
Chignautla	54	30.254	32.059	36.004	39.964	43.925
Ixtacamaxtitlán	83	25.326	26.837	30.139	33.455	36.770
Tlatauhquitepec	186	51.495	54.568	61.282	68.023	74.764
Atzitzintla	23	8.408	8.910	10.006	11.107	12.207
Zautla	212	19.438	20.598	23.132	25.677	28.221
Aquixtla	16	7.848	8.316	9.340	10.367	11.394
Esperanza	63	13.785	14.608	16.405	18.209	20.014
Tetela de Ocampo	172	25.793	27.332	30.695	34.072	37.448
Zacapoaxtla	207	53.295	56.475	63.424	70.401	77.377
Zaragoza	211	15.444	16.366	18.379	20.401	22.423
Total[1]		607.504	643.756	722.963	802.489	882.015
población urbana		437.403	463.504	520.533	577.792	635.051
uso consuntivo (l/d/hab)	172					
uso consuntivo (m³/d)		75.233	79.723	89.532	99.380	109.229
población rural		170101,12	180251,7103	202429,633	224696,8926	246964,1522
uso consuntivo (l/d/hab)	150					
uso consuntivo (m³/d)		25.515	27.038	30.364	33.705	37.045
Uso consuntivo del acuífero (m³/año)		36.773.189	38.967.587	43.762.106	48.575.937	53.389.769

7. Uso consuntivo ajustado, urbano y rural del acuífero

Habitantes Nombre	N° Localidad	INEGI	Proyecciones CONAPO		Tendencias lineales (mínimos cuadrados)	
		2010	2015	2030	2050	2070
Aljojuca	12	6.288	6.663	7.483	8.306	9.129
Chichiquila	50	24.148	25.589	28.737	31.899	35.060
Chilchotla	58	19.257	20.406	22.917	25.438	27.959
Guadalupe Victoria	67	16.551	17.539	19.697	21.863	24.030
Lafragua	93	7.767	8.230	9.243	10.260	11.277
Mazapiltepec de Juárez	96	2.633	2.790	3.133	3.478	3.823
Oriental	108	16.575	17.564	19.725	21.895	24.065
Quimixtlán	116	21.275	22.545	25.318	28.103	30.888
Rafael Lara Grajales	117	14.052	14.891	16.723	18.562	20.402
San José Chiapa	128	8.087	8.570	9.624	10.683	11.741
San Nicolás Buenos Aires	137	9.185	9.733	10.931	12.133	13.335
Tlachichuca	179	28.568	30.273	33.997	37.737	41.477
Tepeyahualco	170	16.390	17.368	19.505	21.651	23.796
San Salvador El Seco	142	27.622	29.270	32.872	36.488	40.103
Ocoatepec	105	4.825	5.113	5.742	6.374	7.005
Libres	94	31.532	33.414	37.525	41.653	45.780
Cuyoaco	44	15.367	16.284	18.288	20.299	22.311
Nopalucan	104	27.292	28.921	32.479	36.052	39.624
San Juan Atenco	130	3.416	3.620	4.065	4.512	4.960
Chalchicomula de Sesma	45	43.882	46.501	52.222	57.966	63.711
Soltepec	152	11.706	12.405	13.931	15.463	16.996
Chignautla	54	30.254	32.059	36.004	39.964	43.925
Ixtacamaxtitlán	83	25.326	26.837	30.139	33.455	36.770
Tlataquitepec	186	51.495	54.568	61.282	68.023	74.764
Atzitzintla	23	8.408	8.910	10.006	11.107	12.207
Zautla	212	19.438	20.598	23.132	25.677	28.221
Aquixtla	16	7.848	8.316	9.340	10.367	11.394
Esperanza	63	13.785	14.608	16.405	18.209	20.014
Tetela de Ocampo	172	25.793	27.332	30.695	34.072	37.448
Zacapoaxtla	207	53.295	56.475	63.424	70.401	77.377
Zaragoza	211	15.444	16.366	18.379	20.401	22.423
Total[1]		607.504	643.756	722.963	802.489	882.015
población urbana		437.403	463.504	520.533	577.792	635.051
uso consuntivo (l/d/hab)	100					
uso consuntivo (m3/d)		43.740	46.350	52.053	57.779	63.505
población rural		170101,12	180251,7103	202429,633	224696,8926	246964,1522
uso consuntivo (l/d/hab)	50					
uso consuntivo (m3/d)		8.505	9.013	10.121	11.235	12.348
Uso consuntivo del acuífero (m3/año)		19.069.551	20.207.504	22.693.808	25.190.127	27.686.445

8. Tabla comparativa de usos consuntivos del acuífero

Datos oficiales 2015			Calculado		Ajustado	
VCAS	Porcentaje	159,651,629.00	Porcentaje	138,785,535.28	Porcentaje	120,025,452.28
DOF 20 abril 2015	%	m ³	%	m ³	%	m ³
Agrícola	0.80	127,721,303.20	62.72	87,045,817.72	72.52	87,045,817.72
Público	0.12	19,158,195.48	28.08	38,967,587.24	16.84	20,207,504.24
Industria y otros	0.08	12,772,130.32	9.20	12,772,130.32	10.64	12,772,130.32
Suma	1.00	159,651,629.00	100.00	138,785,535.28	100.00	120,025,452.28
			Consideraciones:		Consideraciones:	
			172 l/hab/día uso urbano		100 l/hab/día uso urbano	
			150 l/hab/día uso rural		50 l/hab/día uso rural	
			20,816.20 hectáreas		20,816.20 hectáreas	

9. Escenario de usos consuntivos oficiales del acuífero

Acuífero Libres-Oriental - Escenario de usos consuntivos oficiales

Descripción	2015 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)	2020 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)	2030 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)	2050 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)	2070 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)
Uso agrícola	20,816.20	87,045,817.72	21,857.01	91,398,108.61	22,949.86	95,968,014.04	24,097.35	100,766,414.74	25,302.22	105,804,735.48
Uso público urbano	28,146.33	20,207,504.24	29,553.65	21,160,588.99	31,031.33	22,693,807.78	32,582.90	25,190,126.64	34,212.04	27,686,445.49
Uso Industrial y otros	400.00	12,772,130.32	410.00	13,027,572.93	420.00	13,288,124.38	430.00	13,553,886.87	450.00	13,824,964.61
Total	49,362.53	120,025,452.28	51,820.66	125,586,270.52	54,401.19	131,949,946.20	57,110.25	139,510,428.25	59,964.26	147,316,145.58

9. Escenario de usos consuntivos oficiales del acuífero..

REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA BALSAS

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
2102	LIBRES-ORIENTAL	179,3	20,0	159.651.629	103,0	0	-0,351629

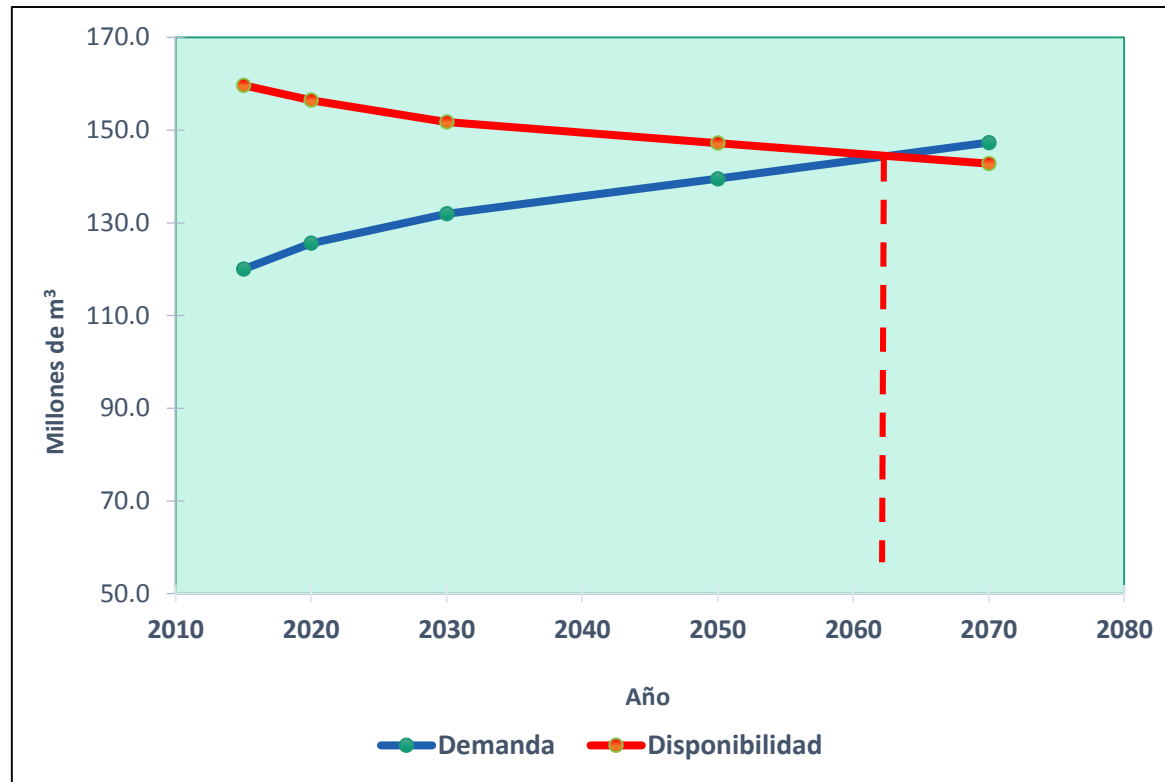
R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

Este resultado indica que no existe volumen disponible para otorgar concesiones o asignaciones en el acuífero Libres-Oriental

	2015	2020	2030	2050	2070
VCAS	159.651.629,00	0,98	0,97	0,97	0,97
DAS	0,00				
	159.651.629,00	156.458.596,42	151.764.838,53	147.211.893,37	142.795.536,57

9. Escenario de usos consuntivos oficiales del acuífero

Año	Demanda	Disponibilidad	% de disponibilidad/ demanda	% de superávit o déficit
2015	120,025,452.28	159,651,629.00	75.18	24.82
2020	125,586,270.52	156,458,596.42	80.27	19.73
2030	131,949,946.20	151,764,838.53	86.94	13.06
2050	139,510,428.25	147,211,893.37	94.77	5.23
2070	147,316,145.58	142,795,536.57	103.17	-3.17



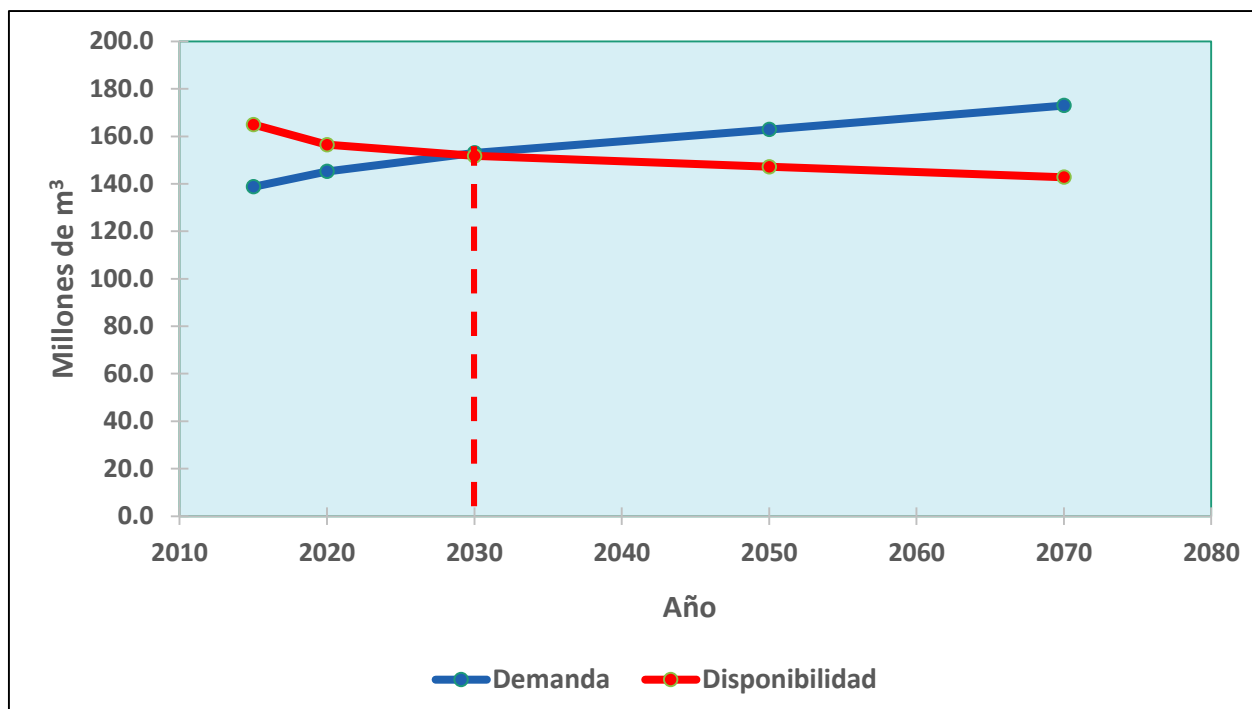
10. Escenario de usos consuntivos calculados del acuífero

Acuífero Libres-Oriental - Escenario de usos consuntivos calculados

Descripción	2015 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)	2020 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)	2030 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)	2050 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)	2070 (Ha)	Uso consuntivo (m ³ /año)
Uso agrícola	20,816.20	87,045,817.72	21,857.01	91,398,108.61	22,949.86	95,968,014.04	24,097.35	100,766,414.74	25,302.22	105,804,735.48
Uso público urbano	28,146.33	38,967,587.24	29,553.65	40,805,489.28	31,031.33	43,762,105.61	32,582.90	48,575,937.23	34,212.04	53,389,768.84
Uso Industrial y otros	550.00	12,772,130.32	560.00	13,027,572.93	570.00	13,288,124.38	580.00	13,553,886.87	600.00	13,824,964.61
Total	49,512.53	138,785,535.28	51,970.66	145,231,170.81	54,551.19	153,018,244.03	57,260.25	162,896,238.84	60,114.26	173,019,468.93

10. Escenario de usos consuntivos calculados del acuífero

Año	Disponibilidad	Demanda	% de disponibilidad/ demanda	% de superávit o de déficit
2015	138,785,535.28	165,000,000.00	84.11	15.89
2020	145,231,170.81	156,458,596.42	92.82	7.18
2030	153,018,244.03	151,764,838.53	100.83	-0.83
2050	162,896,238.84	147,211,893.37	110.65	-10.65
2070	173,019,468.93	142,795,536.57	121.17	-21.17



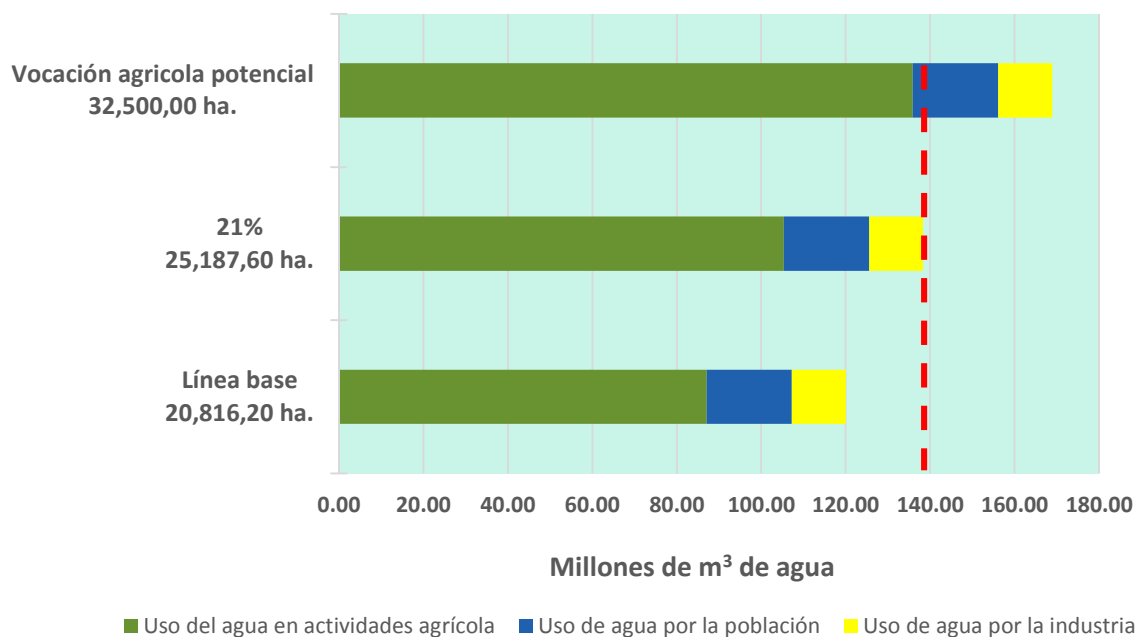
11. Usos consuntivos ponderados del acuífero

2015

Millones de metros cúbicos

	Uso del agua en actividades agrícola	Uso del agua por la población	Uso del agua por la industria
Línea base 20,816,20 ha.	87.05	20.21	12.77
21% 25,187,60 ha.	105.33	20.21	12.77
Vocación agrícola potencial 32,500,00 ha.	135.91	20.21	12.77

Uso del agua en el acuífero Libres-Oriental



12. Conclusiones

1. La disponibilidad de agua subterránea, de acuerdo a datos oficiales, para el período 2015-2070 fue de casi el 25% para el año 2015, reduciéndose ésta paulatinamente en los años subsecuentes hasta llegar al 5.23% de disponibilidad aproximadamente para el año 2050. Para el año 2070 se presentará un déficit de agua subterránea del 3.17%.
2. La disponibilidad y la demanda de agua subterránea, de acuerdo a datos calculados y ajustados, para el período 2015-2070, muestran una disponibilidad de alrededor del 16% para el año 2015, reduciéndose ésta paulatinamente en los años subsecuentes hasta llegar al 7.18% de disponibilidad para el año 2020. Después de este año, se presentará un déficit en la disponibilidad de agua subterránea en la región, primero cerca de un 1%, para el año 2030; luego de un 10.65% para el año 2050 y por último de un 21.17% para el año 2070.

13. Alternativas sustentables para el manejo del agua en el acuífero

1. Investigación-acción-participativa (IAP)
2. Planeación de trabajo en microcuencas hidrográficas
3. Identificación de zonas de recarga del acuífero
4. Reforestación y manejo de bosques
5. Programa de obras de conservación de suelo y agua
6. Actualización de censo de aprovechamientos hidráulicos
7. Modernización de la Infraestructura hidráulica
8. Medición de volúmenes extraídos
9. Uso eficiente del agua
10. Tecnificación del riego agrícola
11. Captación y aprovechamiento del agua de lluvia

Muchas gracias!!

Profesor Investigador Asociado
Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla
lavilla@colpos.mx



PUEBLA
XXXI CONVENCIÓN ANUAL Y EXPO

ANEAS
2017
27 NOV + 1 DIC



www.comeii.com/comeii2017

  @CongresoCOMEII

 info@comeii.com