

# DESCENSO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA PARTE NORTE DEL ACUÍFERO METROPOLITANO EN EL VALLE DE GUATEMALA

Jacqueline Imelda Morales Samayoa<sup>1</sup>

## RESUMEN

El artículo presenta el comportamiento de los niveles freáticos de los treinta y dos pozos, ubicados en el acuífero del Norte del valle de la Ciudad de Guatemala, los cuales descienden progresiva y permanentemente, con una tasa promedio aproximada de 9 m/año. La totalidad de los pozos presenta una extracción promedio anual aproximada de 337 gal/min. Este análisis fue realizado en base a la recopilación de los datos registrados con un período de 4 años hasta 10. Se estima que su potencial hídrico finaliza aproximadamente en el año 2020; las tasas de extracción superan el metro de descenso anual. Estos pozos están ubicados en cuatro sectores, para los cuales la velocidad de descenso del nivel freático en promedio fue: Lavarreda-Rodeo 8 m/año; Vista Hermosa y Canalitos 11 m/año; para Norte 7 m/año. La tasa de extracción anual promedio, fue: Lavarreda-Rodeo 265 gal/min, Vista Hermosa 261 gal/min, Norte 338 gal/min; y Canalitos 485 gal/min; siendo este último el sector de mayor extracción. Los pozos críticos en los cuatro sectores en estudio fueron: el L3, al cual se le extraen 211 gal/min y el H3, 356 gal/min, se estima que finalizarán su potencial hídrico en el año 2017; al C9 se le extraen 370 gal/min y se estimó que finalizará en el año 2020 y al N4 se le extraen 217 gal/min, finalizará su potencial hídrico en el 2025. El límite de tiempo para el aprovechamiento del potencial hídrico se expresa así, si las tasas de extracción continúan en la misma medida que se han venido realizando. La tasa promedio anual de descenso en metros para los pozos críticos es: para el L3, de 8; el H3, de 14; el C9, de 15 y el N4 de 6.

## PALABRAS CLAVE

Agua subterránea, cuenca hidrográfica, descenso del nivel freático, volumen de extracción, potencial hídrico, pozos.

**ABSTRACT.** The article presents the behavior of Ground Water of the thirty-two wells located in the Northern Valley aquifer of Guatemala City, which descend gradually and permanently, with an average rate of approximately 9 m per year. All the wells have an estimated average annual extraction of 337 gal per min carried out based on the collection of data recorded over a period of 4-10 years, it is estimated that approximately water potential ends in 2020; rates extraction exceeds the annual fall underground. These wells are formed in four sectors for which the rate of decline in average water table was: Lavarreda-Rodeo 8 m per year, Vista Hermosa and Canalitos 11 m / year for North 7 m / year. The average annual extraction rate is: Lavarreda-Rodeo 265 gal / min, Vista Hermosa 261 gal / min, North 338 gal / min, and Canalitos 485 gal / min, the latter being the highest extraction. The critical wells in the four sectors under study are the L3 which are extracted 211 gal / min and H3, 356 gal / min, is estimated ends, their water potential in 2017, C9 370 gal / min completed in 2020 and the N4 are extracted 217 gal / min finalizing its water potential in 2025. The time limit for the use of water potential is expressed as, if extraction rates continue in the same way as has been doing. The average annual rate of decline for critical wells is critical for L3 8 m; is for H3, 14 m; C9, for 15 m and to the N4, 6 m.

**KEY WORDS:** Groundwater, hydrographic basing, lowering the water table, extraction volume, water potential, wells, groundwater.

## INTRODUCCIÓN

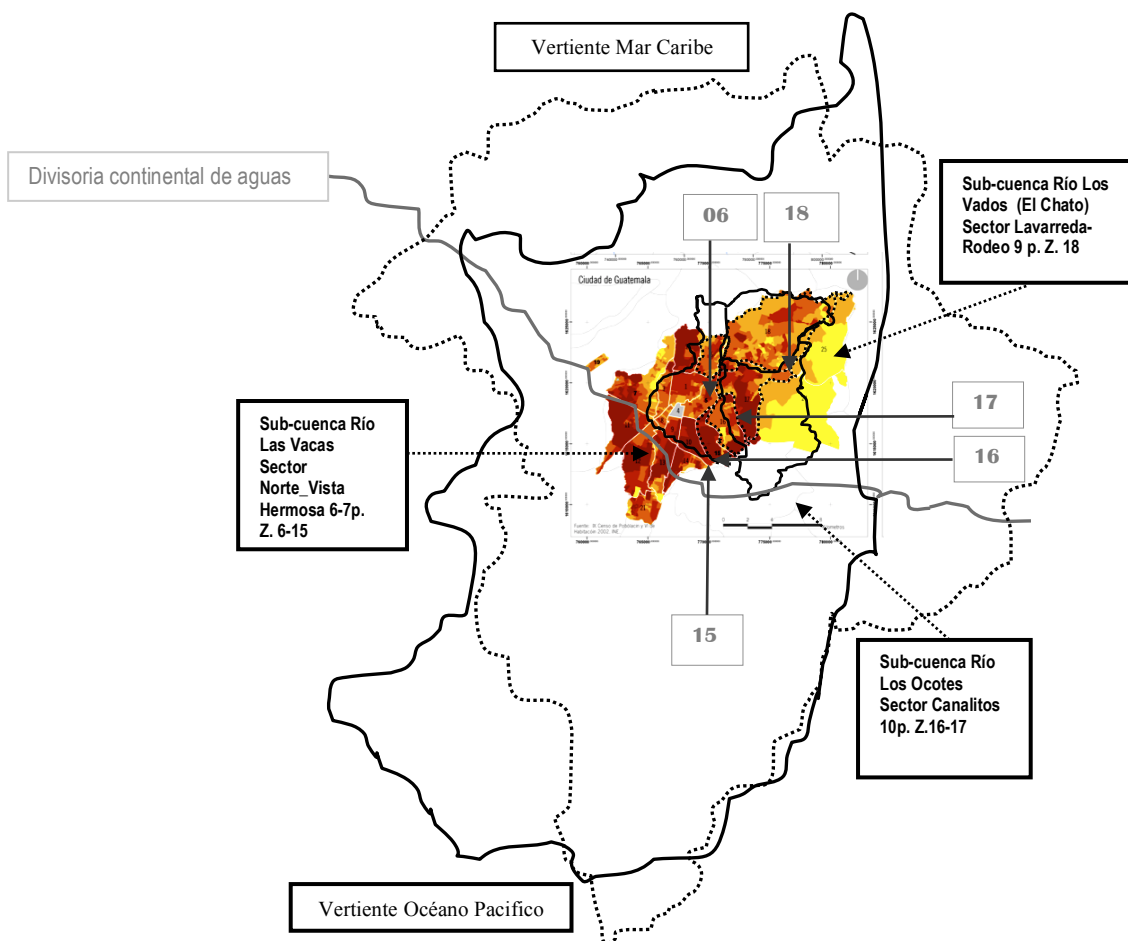
El sistema Emergencia I es un proyecto conformado por 32 pozos de extracción de la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA), los cuales se ubican en la Cuenca del río Motagua, específicamente en las sub-cuencas de los ríos Las Vacas, Los Vados y Los Ocotes; estos pozos se encuentran en cuatro sectores que son: el sector Vista Hermosa (H) con 7 pozos ubicados en la zona 15 y el sector Norte (N) con 6 pozos, ubicados en zona 6, ambos en la sub-cuenca del río Las Vacas; el sector Canalitos (C) con 10 pozos, en las zonas 16 y 17 dentro de la sub-cuenca del río Los Ocotes y, en la sub-cuenca del río Los Vados, se localiza el sector Lavarreda- Rodeo (L)(R) con 9 pozos, en la zona 18.

El objetivo de este artículo es dar a conocer el comportamiento del nivel freático de los pozos en estudio, ubicados en el acuífero metropolitano, sus variaciones en espacio y en tiempo para estimar la tasa de descenso y de extracción del agua subterránea y posteriormente identificar el pozo crítico en cada uno de los cuatro sectores. Se consideró como variable principal, el caudal diario extraído en relación a la profundidad de diseño de cada pozo, para conocer el límite de tiempo para su aprovechamiento, dado que el nivel freático del acuífero metropolitano en la parte Norte del valle de Guatemala, desciende progresivamente, debido a la sobreexplotación.

En este contexto se denomina potencial hídrico, a la diferencia entre el nivel dinámico del agua en el pozo y el nivel del fondo del mismo. El análisis se basó en la información contenida en los registros de EMPAGUA y se complementó con lecturas directas en campo, medidas realizadas con el

método de sondeo eléctrico, las cuales sirvieron para determinar la situación real. Se concluyó que la tasa de descenso del nivel freático en el acuífero oscila entre 8 y 11 m al año, sí la tasa de extracción continúa siendo la misma, la cual varía de 0.52 a 0.96 Mm<sup>3</sup>/año, equivalentes a 261 y 485 gal/min.

Figura 1. Localización del área en estudio.



## METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo en los cuatro sectores conocidos como Lavarreda-Rodeo, Vista Hermosa, Canalitos y Norte; en los pozos del proyecto Emergencia I de Empagua, cuyos registros van desde el año 1998 hasta 2011. Se hizo el análisis de la variación de los niveles freáticos, mediante la estimación de las tasas de velocidad de descenso, y la extracción anual del caudal, para establecer la situación real del comportamiento de los pozos. Posteriormente se eligió el pozo crítico para cada uno de los sectores en estudio.

Utilizando el método de sondeo eléctrico; se tomaron lecturas de los niveles estáticos y dinámicos, en diferentes períodos, estos datos fueron analizados e interpretados de acuerdo a la información recolectada en cada sector,

diferenciándose de acuerdo a su ubicación. En este artículo se ilustra solo el sector Norte de los cuatro sectores, mediante un cuadro y una gráfica para su apreciación. La referencia del documento completo se ubica en la bibliografía de este artículo.

## RESULTADOS

El sector Lavarreda-Rodeo presentó profundidades en los pozos que oscilan entre 396 m a 421 m. El análisis de la variación de los niveles freáticos es de 8 metros promedio, aproximadamente, por año (el análisis fue realizado en 9 pozos para un rango de 6 a 11 años de información). Y respecto al análisis de extracción, se hizo con base en la recopilación de datos registrados, que van desde 7 hasta

10 años, determinando que el caudal promedio extraído, es de 265 gal/min.

El sector Vista Hermosa presentó profundidades en los pozos que oscilan entre los 341 m a 396 m. El análisis de la variación de los niveles freáticos fue de 11 metros promedio, aproximadamente, por año (el análisis se realizó en 7 pozos para un rango de 6 a 11 años de información). Respecto al análisis de extracción, se hizo con base en la recopilación de datos registrados, que van desde 8 hasta 10 años, determinando que el caudal promedio extraído es de 261 gal/min.

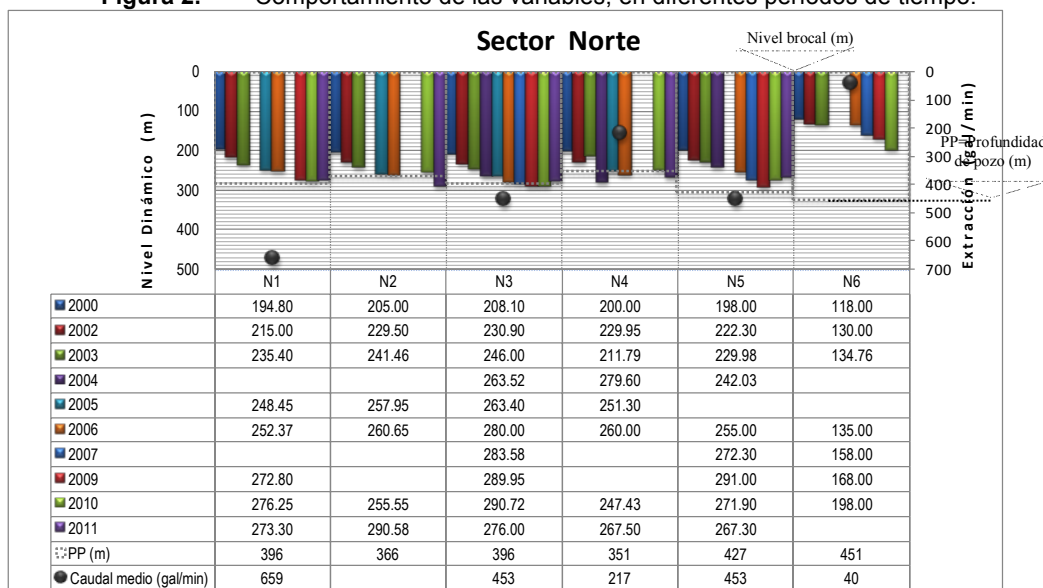
El sector Canalitos presentó profundidades en los pozos que oscilan entre los 300 m a 530 m. La variación de los niveles freáticos fue de 11 metros promedio, aproximadamente, por año (el análisis se realizó en 6 pozos

para un rango de 6 a 11 años de información). Respecto al análisis de extracción, se hizo con base en la recopilación de datos registrados, que van desde 4 hasta 10 años, determinando que el caudal promedio extraído es de 485 gal/min.

El sector Norte presentó profundidades en los pozos que oscilan entre los 351 m a 451 m.

El análisis de la variación de los niveles freáticos es de 7 metros promedio, aproximadamente, por año (el análisis realizado en 6 pozos para un rango de 10 a 11 años de información). Respecto al análisis de extracción, se hizo con base en la recopilación de datos registrados, que van desde 9 hasta 10 años, determinando que el caudal promedio extraído es de 338 gal/min.

Figura 2. Comportamiento de las variables, en diferentes periodos de tiempo.



La elección del pozo crítico de cada sector estudiado, fue considerada en base, a la finalización de su potencial hídrico, en función de la última extracción hecha en el pozo y el fondo del mismo, indicando lo siguiente:

Para el sector Lavarreda-Rodeo el pozo crítico es el L3, su potencial hídrico finalizará en el año 2017. Con una tasa promedio anual de descenso de 8 m y un volumen medio anual extraído aproximado de 0.42 Mm<sup>3</sup>/año equivalentes a un caudal de 211 gal/min.

Para el sector Vista Hermosa el pozo crítico es: el H3, su potencial hídrico finalizará en el año 2017. Con una tasa promedio anual de descenso de 14 m y un volumen anual

promedio extraído aproximado de 0.70 Mm<sup>3</sup>/año equivalente a 356 gal/min.

Para el sector Canalitos el pozo crítico es: el C9, su potencial hídrico finalizará en el año 2020. Con una tasa promedio anual de descenso de 15 m y un volumen anual promedio extraído aproximado de 0.73 Mm<sup>3</sup>/año, equivalentes a un caudal de 370 gal/min.

Para el sector Norte el pozo crítico es: el N4, su potencial hídrico finalizará en el año 2025. Con una tasa promedio anual de descenso de 6 m y un volumen anual promedio extraído aproximado de 0.43 Mm<sup>3</sup>/año, equivalentes a un caudal de 217 gal/min.

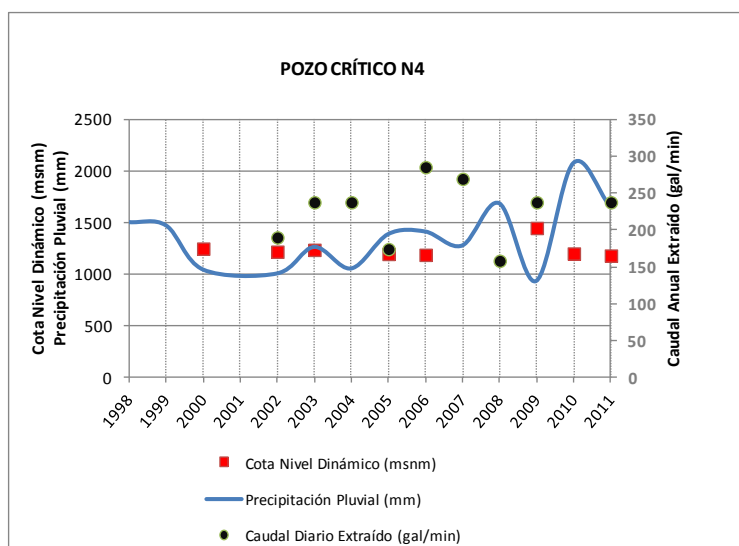
Cuadro 1. Análisis de las variables de descenso y extracción.

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS NIVELES FREÁTICOS	SECTOR NORTE	NIVEL DINÁMICO Referido al brocal del pozo (m)					
		BROCAL Elevación (msnm)					
		1451.20	1456.41	1460.53	1451.79	1447.37	1434.76
	PROFUNDIDAD DEL POZO (m)						
	DESCENSO NIVEL FREÁTICO DE POZOS (m)						
	AÑOS DE MONITOREO	N1	N2	N3	N4	N5	N6
	2000	194.80	205.00	208.10	200.00	198.00	118.00
	2002	215.00	229.50	230.90	229.95	222.30	130.00
	2003	235.40	241.46	246.00	211.79	229.98	134.76
	2004			263.52	279.60	242.03	
2005	248.45	257.95	263.40	251.30			
2006	252.37	260.65	280.00	260.00	255.00	135.00	
2007			283.58		272.30	158.00	
2009	272.80		289.95		291.00	168.00	
2010	276.25	255.55	290.72	247.43	271.90	198.00	
2011	273.30	290.58	276.00	267.50	267.30		
Descenso a la fecha (m)	78.50	85.58	67.90	67.50	69.30	80.00	
Registro de datos (años)	11	11	11	11	11	10	
Tasa promedio anual de descenso (m)	7	8	6	6	6	8	
Potencial hídrico estimado (m)	123	75	120	84	160	253	
Vida útil restante del pozo (años)	17.19	9.69	19.44	13.61	25.35	31.63	
Finalización potencial hídrico pozo (año)	2028	2021	2030	2025	2036	2043	
Cota estimada de descenso al año 2012	280.44	298.36	282.17	273.64	273.60	206.00	
ANÁLISIS DE LA TASA EXTRAÍDA	AÑOS DE MONITOREO	CAUDAL DIARIO EXTRAÍDO de cada pozo (l/s)					
		N1	N2	N3	N4	N5	N6
	2002	50	21	41	12	21	3
	2003	41	19	39	15	31	2
	2004	48	17	25	15	30	3
	2005	44	12	27	11	31	2
	2006	39	5	25	18	29	2
	2007	38	7	21	17	29	2
	2008	22	6	14	10	18	1
	2009	41	10	25	15	33	1
2011	41	19	39	15	31	2	
2012	48	SUSPENDIDO	27	8	30	7	
Volumen medio anual (Mm <sup>3</sup> /año)	1.30		0.89	0.43	0.89	0.08	
Caudal medio (gal/min)	659		453	217	453	40	
Registro de datos a la fecha (años)	10		10	10	10	10	

Cuadro 2. Resumen caracterización de variables para el pozo crítico N4.

POZO CRÍTICO	Registro de datos (años)	Precipitación pluvial (mm)	NIVEL DINÁMICO		CAUDAL DE EXTRACCIÓN			
			Referido al brocal del pozo (m)		Cota nivel dinámico (msnm)	Caudal diario extraído (l/s)	Caudal diario extraído (gal/min)	Volumen anual promedio extraído (Mm <sup>3</sup> )
			BROCAL elevación (msnm)	PROFUNDIDAD DEL POZO				
			1451.79	351				
POZO CRÍTICO (m) N4								
Norte	1998	1508.5						
	1999	1475.3						
	2000	1049.2	200.00	1251.79				
	2002	1012.4	229.95	1221.84	12	190	0.38	
	2003	1268.5	211.79	1240.00	15	238	0.47	
	2004	1060.6	279.60		15	238	0.47	
	2005	1392.8	251.30	1200.49	11	175	0.35	
	2006	1417.7	260.00	1191.79	18	286	0.57	
	2007	1282.6			17	270	0.54	
	2008	1691			10	159	0.32	
	2009	939.2		1451.79	15	238	0.47	
	2010	2078.1		1204.36				
2011	1659.5		1184.29	15	238	0.47		

Figura 3. Comportamiento de niveles dinámicos, precipitación pluvial y caudal medio extraído; pozo crítico N-4



## CONCLUSIONES

Los niveles freáticos en los cuatro sectores estudiados bajan a razón de 337.25 gal/min, en promedio, debido a la acelerada extracción progresiva y permanente; y que no ha habido recarga suficiente, por lo que tiende a finalizar el potencial hídrico de los pozos.

La tasa promedio anual de descenso, para los pozos críticos es para el L3, de 8 m; para el H3, de 14 m; para el C9, de 15 m y para el N4, de 6 m.

La velocidad de descenso en promedio, para el nivel freático de los sectores es: Lavarreda Rodeo de 8 m/año, para Vista Hermosa y Canalitos de 11m/año y para Norte de 7 m/año, en promedio para los cuatro sectores es 9 m/año.

La tasa de extracción anual promedio, para los sectores Lavarreda-Rodeo es de 265 gal/min, sector Vista Hermosa de 261 gal/min, sector Norte de 338 gal/min; y sector Canalitos de 485 gal/min; siendo este último, el sector de mayor extracción.

Para la totalidad de los pozos, el análisis de extracción promedio anual, realizado en base a la recopilación de datos registrados (de 4 hasta 10 años), determinó, que el caudal promedio extraído es de 337 gal/min.

Los pozos críticos en los cuatro sectores en estudio son el L3, del cual se extraen 211 gal/min y el H3, 356 gal/min, los cuales finalizan su potencial hídrico en el año 2017; al C9, se le extraen 370 gal/min y finalizará en el año 2020 y al N4, se le extrae 217 gal/min y finalizará en el 2025. El límite de tiempo para el aporreamiento del potencial hídrico se expresa así, si las tasas de extracción continúan en la misma medida que se viene realizando.

La tasa promedio anual de descenso, para los pozos críticos es para el L3, 8 m; para el H3, 14 m, para el C9, 15 m y para el N4, 6 m.

## BIBLIOGRAFÍA

- VERREY J. (1968). *American Water Works Association Agua superficial, calidad y tratamiento.*
- CAP NET, (2010). *Manual de capacitación. Gestión de aguas subterráneas en la GIRH.*
- CHUO, K. (2000). *Proyecto de Desarrollo del Agua Subterránea del Valle de la Ciudad de Guatemala, Emergencia I.* Chuo Kaihatsu Coporation, Ingenieros Consultores.
- CHUO K. (1995). *Estudio Hidrogeológico en el Valle de la Ciudad de Guatemala, Proyecto Emergencia I.*
- CUSTODIO, E. Y M.R. LLAMAS. (2001a). *Hidrología Subterránea. Volumen1. Segunda Edición. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España.*
- CUSTODIO, E. Y M.R. LLAMAS.(2001b). *Hidrología Subterránea. Volumen 2.Segunda Edición. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España.*
- Dirección de aguas y drenajes (1968). *Proyecto Sur Oriental de introducción de 12500 pajas de Agua Potable a la Ciudad de Guatemala.*
- Emergencia I\_JICA. (1986). *Estudio de Factibilidad de Desarrollo de las Aguas Subterráneas en el Valle de la Ciudad de Guatemala.*
- TAHAL (1990). *Estudio de recursos de agua subterráneas para el abastecimiento a la ciudad de Guatemala.*
- Evaluación de Recursos de Agua de Guatemala. Departamento de Guatemala.
- FOSTER STEPHEN Dr. Ing.\_Hirata Ricardo Ing. Geol. (1991) *Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas una metodología basada en datos existentes CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería.*

- Sanitaria y Ciencias del Ambiente Programa Regional de Prevención y Control de la Contaminación de Aguas Subterráneas Lima Perú.
- HESPANHOLI, H. (1999). *Control de la Contaminación del Agua Guía para la aplicación de principios relacionados con el manejo de la calidad del agua*. PNUMA, CCAAS, OPS Lima Perú.
- PEREZ H. R., (2004). Secretaría del Medio Ambiente Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación. *Riesgo ambiental derivado de desastres naturales o tecnológicos y sus efectos en el agua, aire, suelo, subsuelo y acuíferos Jalapa*. México D.F.
- LOSILLA M.; Rodriguez H.; Schosinsky G.; Stimson J.; Bethune D.,(1995). *Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central*. Maestría en Geología, con énfasis en Manejo de Recursos Hídricos e Hidrogeológicos Universidad de Costa Rica.
- MIRANDA F. (2002). *Evaluación de Recarga Natural y Artificial de Acuíferos*. Agua Medio Ambiente. Comisión Europea. European Communities (2008). *Protección de las aguas subterráneas en Europa*. La nueva directiva sobre las aguas subterráneas consolidación del marco normativo de la UE.
- MORALES J. (2013). *Evaluación del descenso del nivel freático en la parte Norte del acuífero metropolitano en el valle de Guatemala*. Estudio de Tesis de Maestría -GIRH-, USAC, Facultad de Ingeniería.
- OROZCO E. (2007). *Agua Subsuperficial*. Curso académico, C4.
- Ministerio de comunicaciones y obras públicas, Instituto Geográfico Nacional. División de investigación de recursos de agua. Departamento de Agua Subterránea. (1973, abril). *Proyecto Hidrogeológico "Reconocimiento Hidrogeológico del Valle de Guatemala". Cuencas Hidrográficas de los ríos Michatoya y las Vacas*.
- ROSENDO, F. (2002). *Estudio de recarga natural y artificial de acuíferos en el Municipio de Guatemala con base en datos monitoreados*. Estudio de Tesis, USAC, Facultad de Ingeniería.
- VELÁSQUEZ, E. (1995). *Estudio de los niveles freáticos en el valle de Guatemala*. Estudio de Tesis, USAC, Facultad de Ingeniería.
- VEN T. CHOW. *Hidrología para Manejo de Cuencas*. Aguas Subterráneas. World Water Development Report de las Naciones Unidas.  
En breve: La crisis mundial del agua. Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Agua para Todos, Agua para la Vida. Una empresa conjunta de 23 agencias de las Naciones Unidas, incluso el PNUMA.