

RESUMEN

El propósito de este Reporte no es de presentar un documentol muy científico de la formación del lago de Coatepeque y de las variaciones de sus niveles de agua sino mas bien informaciones en documento muy accesible a todas las personas interesadas a conocer la historia de la formación de este lago, así como los fenomenos de las variaciones de sus niveles de agua.

Por ejemplo, en la historia, se sabe que un Español llegó a la caldera de Coatepeque alrededor de los años 1560 – 1570 y describió la caldera de Coatepeque como **“Dos islas al Norte más una isla al Sur..... ¡!”**

Es decir que en aquellos tiempos el nivel del lago era mucho mas alto que ahora y las dos penínsulas al Norte (actualmente llamados “Los Antejos” y que aparecen en la fotografía aquí abajo) eran **“Islas”** “sin ninguna conexión con la caldera ¡!



Figura : Las dos Penínsulas de los “Antejos”

Otras fuentes de informaciones indican también la presencia de un árbol de mango en una playa en la zona del canal entre la Isla del Cerro y la tierra firme. Esta “playa” a mas o menos 736 metros sobre el nivel del mar esta actualmente debajo el espejo de agua del lago de Coatepeque.

Como un árbol de mango toma varios años para crecer, este árbol es una evidencia que, alrededor de los años 1920, el nivel del lago estuvo por mucho tiempo muy debajo de los 736 metros sobre el nivel del mar ¡!

Los lugareños confirman también que: “en aquellos tiempos se pasaba ganado desde la zona de agua Caliente a la isla de Teopan, caminando,.... ¡!”

Unos de los datos los mas importantes del Lago de Coatepeque aparecen a continuación.

a) La ubicación del Lago de Coatepeque aparece en la Figura siguiente:



Figura 2 : Ubicación del Lago de Coatepeque

b) La superficie del Lago es de 25.3 Km cuadrados mientras la cuenca de Coatepeque es de aproximadamente **90 Km cuadrados** con un largo máximo del eje sur hacia el norte de 7.1 km y una distancia de 5 km del oeste al este.

c) El fondo del lago esta a 630 metros sobre el nivel del mar (el mismo nivel que la ciudad de Santa Ana).

d) Espesor de la capa de agua: En Febrero 1999 el nivel del Lago erraba a 742 metros. Este mismo nivel fue después medurado a 739 metros en Mayo 2004.

De estos datos se entiende que ahora mismo el espesor de la capa de agua es alrededor de 110 metros.

En El Salvador y afuera del país existen numerosos documentos científicos que relatan la formación y los problemas del lago de Coatepeque. Al final de este documento se presenta una lista de ellos cómo referencia.

Para facilidad del lector este reporte se divide en las seis partes siguientes :

- 1) Formación del lago de Coatepeque.**
- 2) Datos sobre posibles movimientos de las aguas**
- 3) Informaciones sobre el balance de agua del lago.**
- 4) Informaciones de química de las aguas del lago.**
- 5) Variaciones de los niveles de agua del lago.**
- 6) Manejo integrado de la cuenca hidrogeológica del Coatepeque.**

Parte 1) Formación del lago de Coatepeque.

Se entiende mucho mejor la formación del lago de Coatepeque cuando se toma en consideración la comparación siguiente: todo el mundo sabe que cuando se excava por debajo de las fundaciones de cualquier edificio existe el peligro que este edificio se derrumbe.

Los geólogos que estudian el Lago de Coatepeque descubrieron que por lo menos dos veces en los tiempos geológicos, crecieron grupos de volcanes en el área de Coatepeque y que se derrumbaron por cause de cámaras magmáticas vacías que se desarrollaron por debajo de estos mismos volcanes, después de erupciones enormes de material vulcanico como cenizas, gases y pierdas.

El primer derrumbe de volcanes ocurrió en la epoca que los geólogos llaman "El Terciario "mientras el segundo se desarrollo en la epoca mas reciente del "Cuaternario " (hasta mas o menos unos 200,000 años). El derrumbe del Cuaternario se desarrollo en los dos fases siguientes.

El Lago de Coatepeque como lo conocemos ahora, está ubicado a dentro de un grande " hueco o hoyo ", también llamado en este caso "caldera "., que es el resultado de los últimos derrumbes del Cuaternario. Este " hueco o hoyo " tiene la forma de un "Ocho "¡!

Este documento va presentar, paso a paso, las diferentes etapas del derrumbe del Terciario y después de los dos derrumbes sucesivos del Cuaternario, la formación del lago actual así como unos problemas relacionados con las aguas del Lago de Coatepeque.

1.1) Derrumbe de los volcanes de Coatepeque en el Terciario.

La Figura 1 presenta un paisaje del grupo de volcanes que existían en el Terciario en el área de Coatepeque.

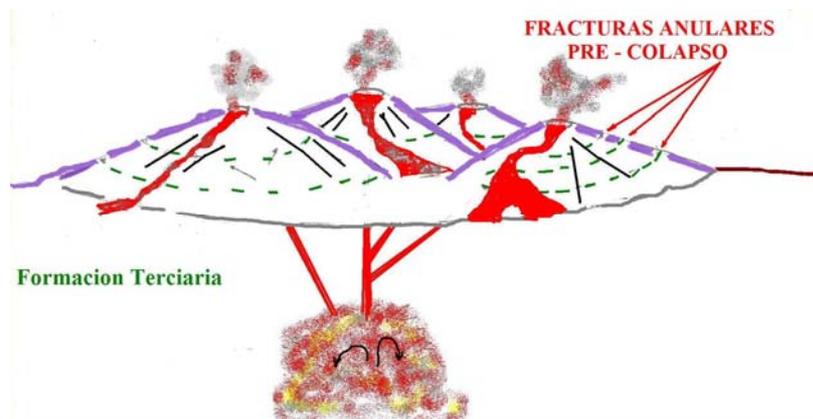


Figura 2: Paisaje del grupo de volcanes del Coatepeque en la época Terciaria. (Modificado del documento del Ingeniero Samuel Ortiz – 1976)

En esta Figura 1 se nota que todos los volcanes están conectados y abastecidos por una gran cámara magmática. Los geólogos lograron entender que la última erupción de estos volcanes fue muy explosiva y emitió una enorme cantidad de productos de pómez, cenizas y lavas piro clástico, que se distribuyeron ampliamente alrededor de sus centros volcánicos.

Por estas enormes erupciones de los materiales volcánicos se vació la cámara magmática y dejó un hueco, un vacío grande abajo de los volcanes. Este vacío fue la razón del primer colapso, del desmoronamiento y la formación de varias fracturas y fallas tectónicas.

El resultado de este primer gran derrumbe fue la formación de un hueco enorme en el área del Coatepeque. Los geólogos llaman este hueco "la Caldera Chilmatal" y esta representada en el paisaje aquí abajo (Figura 2).

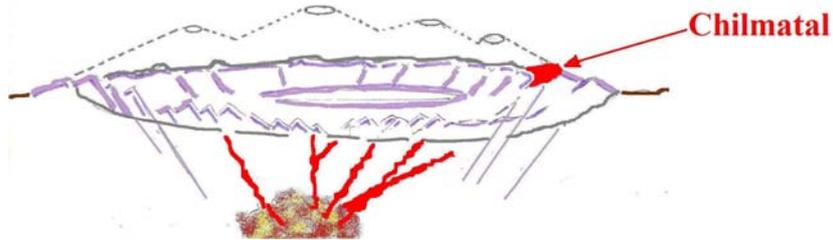


Figura 3: Paisaje de la Caldera " Chilmatal" Terciaria (Modificado del documento del Ingeniero Samuel Ortiz – 1976)

La fotografía esta tomada desde el volcán Llamantepec y hacia el Este. Se nota muy bien el Lago de Coatepeque con su Isla de Teopan y los bordes de la "caldera de Coatepeque" que conocemos ahora.

Pero a la izquierda y al fondo de esta misma fotografía se observa una parte del borde de la vieja y mucha mas grande "caldera de Chilmatal" ¡!

¡Para la facilidad del lector, en esta fotografía, el borde de esta vieja

"caldera Chilmatal " esta intensificado en color roja! ¡!

Este mismo borde de la vieja " caldera Chilmatal " aparece tambien en rojo en el paisaje de la Figura 2 aquí arriba.



Figura 4 : Paisaje desde el volcán Llamantepec hacia el lago de Coatepeque y, al fondo, la vieja " Caldera de Chilmatal " (intensificada en rojo).

1.2) Los dos derrumbes en el Cuaternario

Hace 220.000 años (en el Cuaternario) en la vieja caldera de Chilmatal aparece de nuevo un grupo de volcanes. Los geólogos piensan que la altura de estos volcanes sobre el nivel del mar talvez era alrededor de 2.500 metros sobre el nivel del mar!

Las dos Figuras 5 y 6 presentan dos cortes desde Oeste – Este y Este – Oeste de los nuevos volcanes que se formaron en la epoca Cuaternaria en el área de Coatepeque.

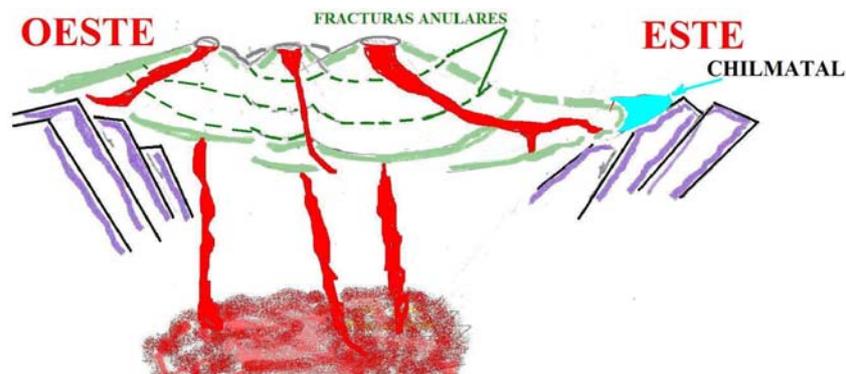


Figura 5 : Paisaje Oeste – Este del nuevo grupo de volcanes Cuaternarios en el área de Coatepeque (Modificado del documento del Ingeniero Samuel Ortiz – 1976)

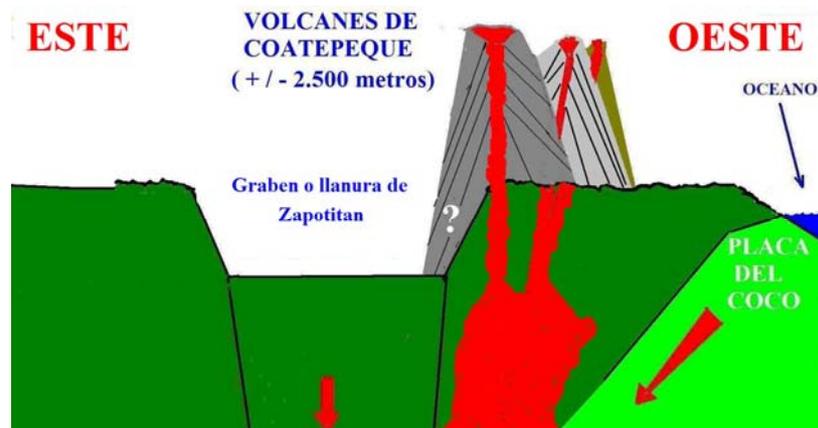


Figura 6 : Paisaje Este – Oeste del nuevo grupo de volcanes en el área de Coatepeque

En esta última Figura 6 vale la pena notar que:

1) El nuevo grupo de volcanes se formó al lado de una depresión tectónica profunda (graben). Poco a poco esta depresión, que conocemos ahora como la “Llanura de Zapotitan”, se relleno de sedimentos y materiales volcánicos.

2) En los volcanes se notan diferentes capas. Los nuevos volcanes son en realidad “estrato-volcanes”, es decir que consisten de capas de materiales volcánicos con cada una apilada encima de las anteriores.

Evidentemente muchas actividades volcánicas ocurrieron en este grupo de volcanes pero los geólogos descubrieron que especialmente dos actividades efusivas sucesivas eyectaron enormes volúmenes de material.

La primera llamada “Arce” (hace unos 70.000 años) eyecto alrededor de 40 Km. cúbicos (en otras palabras un cubo de 3.5 Km. de lado ¡!) y 15 Km. cúbicos (un cubo de 2.5 Km. de lado) para el siguiente episodio llamado Congo ¡!

Después de cada uno de estos dos episodios efusivos intensivos, partes del grupo de los volcanes se derrumbaron o se hundieron hacia a dentro.

El primero hundimiento llamado “Arce” significa un colapso extremadamente rápido y en masa de un volumen mas o menos cilíndrico de por lo menos 4 Km. de diámetro y con un espesor superior a los 4–5 Km. ¡!

El lector puede muy bien imaginarse los fuertes ruidos (como enormes cargas explosivas ¡!) así como las ondas de choques, vibraciones y terremotos provocados por este enorme, rápido y intensivo derrumbe.... ¡!

Sin dudas estas fuertes ondas de choques y las vibraciones asociadas también contribuyeron a crear nuevas facturaciones y grietas en todas las rocas y estructuras alrededor de las paredes ¡!

La Figura 7 aquí abajo presenta el paisaje del área de Coatepeque después de este primero y enorme hundimiento o colapso “Arce”.

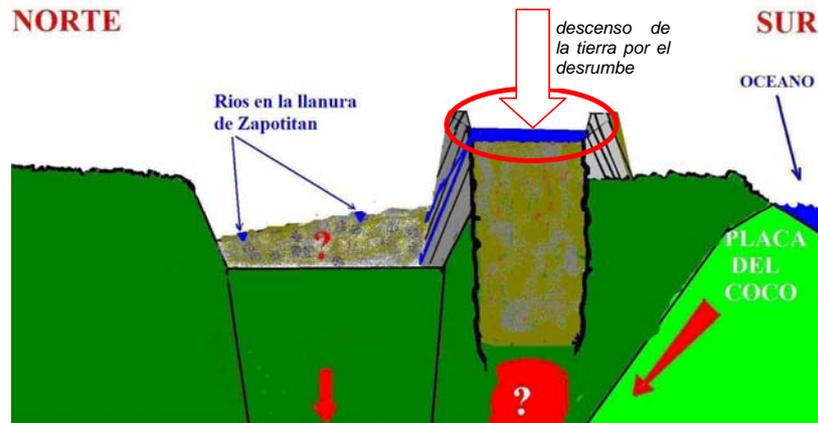


Figura 7: Paisaje Norte – Sur del nuevo grupo de volcanes después del colapso o hundimiento “Arce “ y formación del primero lago de Coatepeque.

En la figura 7 se nota que ya hace más o menos 70.000 años se formó un primer Lago de Coatepeque en la nueva depresión ¡!

Con razón se podría preguntarse “como saben Ustedes que ya existía un lago en Coatepeque en esta época ? “

La presencia de este primer Lago de Coatepeque esta confirmado por observaciones de los geólogos Salvadoreños que descubrieron que las erupciones siguientes, especialmente las del “ Congo “, ocurrieron bajo unas aguas frías ya almacenadas en esta depresión.

Un segundo hundimiento ocurrió después de las erupciones “Congo“ y el primero lago se extendió otra vez. El resultado final de estos dos hundimientos continuados es la “Caldera “de Coatepeque tal como la conocemos ahora y que tiene una forma de un “ocho “.

Utilizando datos de topografía del fondo del lago y programas de computadoras, los técnicos del SNET - MARN interpretaron una imagen satelital de Lago de Coatepeque sin agua.

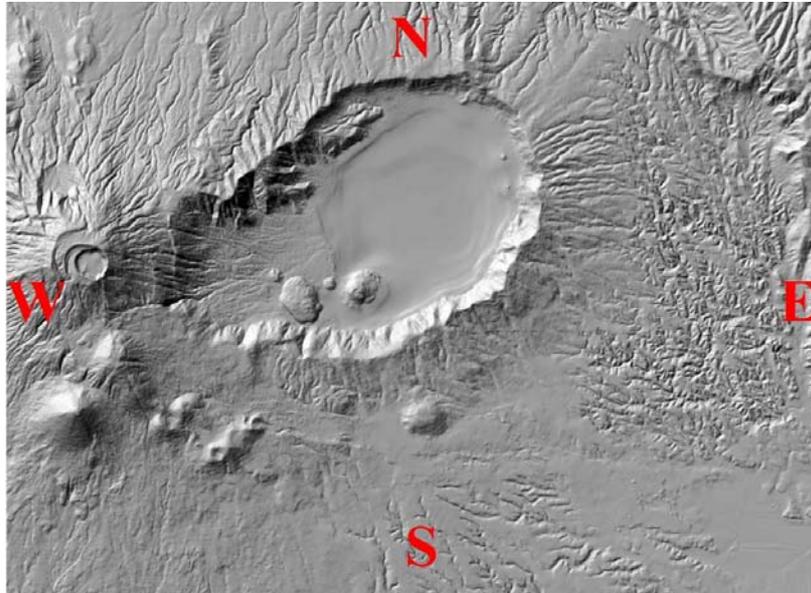


Figura 8: Depresión o “caldera” de Coatepeque pero sin el agua de su lago (se mira entonces el fondo de la caldera)

En esta imagen 8 se observa muy bien la depresión de Coatepeque pero sin el agua de su lago y se nota claramente que el fondo del lago, como resultado de los dos sucesivos hundimientos, esta en realidad muy llano y no cónico como se puede imaginar para el cráter de un vulcano!

Los geólogos salvadoreños descubrieron bajo del agua del lago que las paredes de la caldera son muy verticales que es una evidencia para las dos sucesivas caídas verticales o derrumbes.

Parte 2) Datos sobre posible movimientos de las aguas del lago de Coatepeque.

La Figura 7 presenta un corte de Coatepeque, hace más o menos 70.000 años y con su primer lago localizado a dentro de la parte derrumbada.

Es solamente después de la formación de las gruesas capas impermeables, debajo el fondo actual del lago, que el nivel de agua logro subir y que el primero lago de Coatepeque se formo.

Como lo saben Ustedes la caldera de Coatepeque no tiene ninguno desagua natural tal como un pequeño río o una quebradita ¡!

Esta observación simple podría también confirmar que, desde su formación hace mas o menos 70.000 anos, **JAMAS** el nivel del lago logro rebosar encima del borde de la caldera y crear una pequeña quebradita ¿?

De esta observación se puede también concluir que todas las aguas infiltradas en los últimos 70.000 años hacia el lago salieron y todavía salen por otros caminos.

Entonces cuales son estos posibles caminos que controlan los niveles de agua del lago y sus fluctuaciones y también impiden que las aguas del lago podrían rebosar los bordes de su caldera ¿?

Observando la Figura 7 es muy importante notar que las diferentes capas de los "estrato-volcanes" tienen unas pendientes hacia abajo y en forma radiales (hacia fuera y alrededor, vea círculos rojos) y se comportan en realidad como varios millones de pequeños canales subterráneos de riego que transportan más fácilmente las aguas hacia afuera de la caldera de Coatepeque.

Se puede entonces entender que después de su formación las aguas del nuevo lago empezaron inmediatamente a moverse pero solamente a través de las numerosas capas de sus "estrato-volcanes".

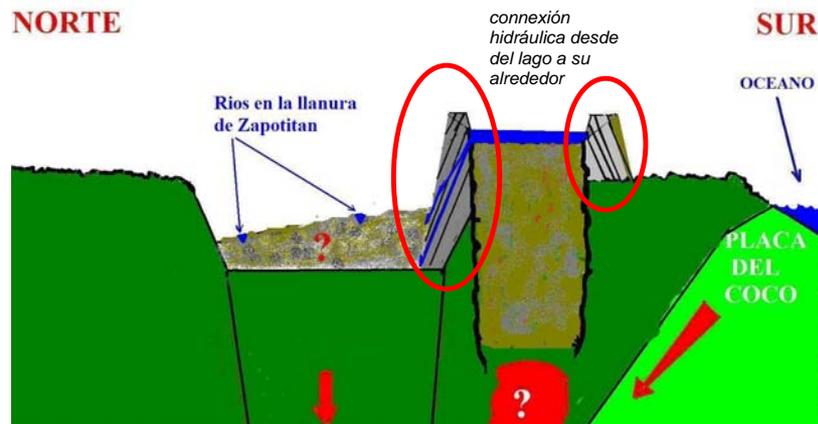


Figura 9: Escapes de agua a través de las capas del "Estrato-volcán"

Otro principio muy importante para entender cualquier movimientos de agua es lo siguiente: "las aguas siempre buscan las vías más fáciles para salir" o en otras palabras: los áreas que tienen grandes diferencias entre entradas de las aguas y su desagüe (en hidráulica esto se llama el gradiente hidráulico) son zonas preferenciales para escapes o salidas de aguas pues "hallan o chupan" más fácilmente las aguas.

Desgraciadamente las goteras que tenemos en los techos de nuestras casas son unas confirmaciones de este principio elemental de hidráulica.... ¡!

Todas las zonas del alrededor del cráter que tiene un nivel del terreno más alto abastecen el cráter. Los áreas con un nivel de terreno más bajo que el nivel del agua del lago son zonas de la descarga donde infiltra el agua de Lago Coatepeque, como por ejemplo la Llanura de Zapotitán.

Hacia el Noroeste como el volcán de Santa Ana las aguas de lago seguro no pueden escapar, por que el terreno es mas alto.

Cuando se formo el primer Lago de Coatepeque en la depresión de Zapotitan era seguramente mucho mas profundo como la conocemos hoy. Las diferencias entre el nivel del lago y el nivel de las aguas subterráneas en la llanura de Zapotitan era muy importante, apoyaron a la creación de los primeros “canales de distribución”. Es muy probable que unos de estos “canales de distribución “ originales sean todavía activos bajo la llanura ¿?

La Figura 9 presenta un esquema de las condiciones geológicas de las millones de capas de los estrato-volcanes, las fracturas y fallas transversales que recortan también a todas las capas.

La escala horizontal de este esquema no es del todo correcta pero la escala vertical si. Se nota las diferencias entre el nivel del agua del lago, su fondo y la superficie de la llanura de Zapotitan.

Para la facilidad del lector se puede imaginar que estas diferencias en los niveles representan en realidad unas presiones que “empujan” las aguas hacia a fuera del lago de Coatepeuqe. En termino hidráulico se llama esta presión el “gradiente hidráulico”. Mas fuerte la presión, mas fáciles los movimientos y tambien los caudales en los “canales de distribución “!

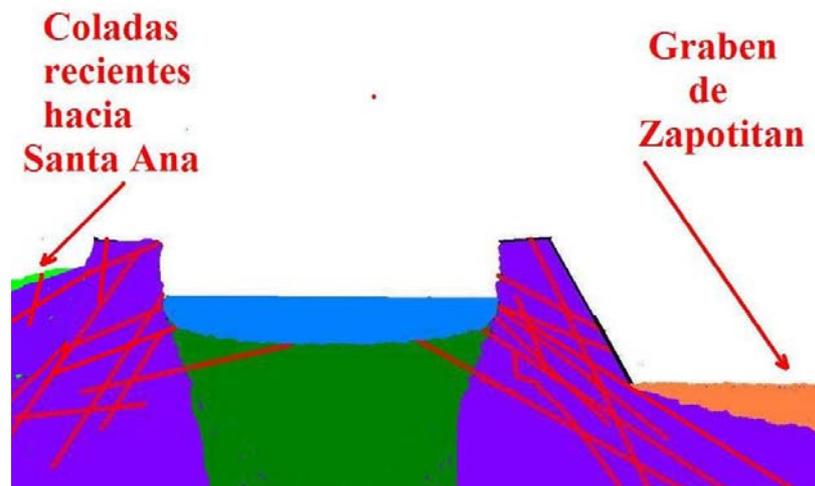


Figura 9: Esquema NW-SE de la “caldera“de Coatepeque desde el graben Zapotitan hacia la ciudad de Santa Ana.

La Figura 10 presenta un posible modelo para los diferentes “Canales de distribución de las aguas “o mejor dicho los escapes de agua a través de las capas del “ Estrato-volcán “

las salidas del agua del Lago de Coatepeque, hacia la llanura de Zapotitán.

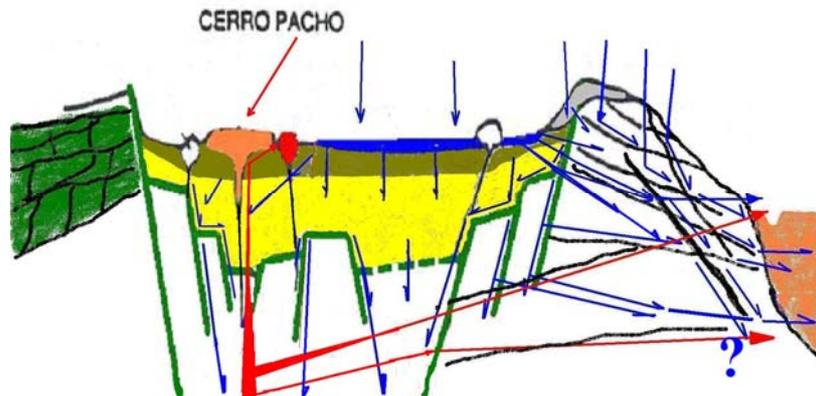


Figura 10: Posible modelo para los diferentes “Canales de distribución de las aguas” del lago de Coatepeque hacia la llanura de Zapotitán.

En teoría estos desagües podrían también descargar unos volúmenes de aguas del lago hacia la ciudad de Santa Ana pero la presión disponible en esta dirección es solamente la mitad de la presión existente hacia la llanura de Zapotitán.

Utilizando datos de las composiciones químicas de todas las aguas muestreadas en el área, los hidrogeólogos salvadoreños lograron ya a localizar cuatros posibles salidas de las aguas del Lago de Coatepeque.

Estas salidas de agua conocidas hasta ahora son las siguientes:

- 1) El manantial frío “El Chorreron “, localizado muy cerca de los baños termales “Termos del Río “ que recibe estimado un 20% de su caudal de más o menos 100 litros al segundo del Lago de Coatepeque
Esta agua esta utilizada para embotellar agua para consumo humano.
- 2) El recién construido complejo “Termos del Río“, utiliza alrededor de 80 litros por segundo de aguas con temperaturas comprendidas entre 37 y 39 grados. Parte de las aguas caldas de los baños “Termos del Río“son también aguas del Lago de Coatepeque.
- 3) Muchos manantiales descargan en las orillas y en el cause del Río Agua Caliente y grande parte del caudal de este río viene también del Lago de Coatepeque. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) midió en el año 1973 en este río caudales de 725 litros por segundo, mientras en Octubre 1989, por una empresa de Consultoria, midió caudales de 400 litros por segundo,.
- 4) Existen otras evidencias que unas aguas del lago también circulan debajo la llanura de Zapotitan. ANDA bombea unas aguas caldas de sus pozos, que

son mezclas de aguas del Lago de Coatepeque con aguas subterráneas, formado localmente.

La fotografía 11 aquí abajo presenta el importante manantial frío de “El Chorreron” que descarga cerca de “Termos del Río”.



Figura 11 : Fotografía del importante manantial de “El Chorreron” cerca de “Termos del Río”.

Parte 3) Informaciones sobre el balance de agua del lago de Coatepeque.

En el pasado los expertos hidrólogos Salvadoreños han preparados varios balances hídricos para el lago de Coatepeque. El mas reciente fue preparado en 2004 por FUNDE y esta presentado aquí abajo.

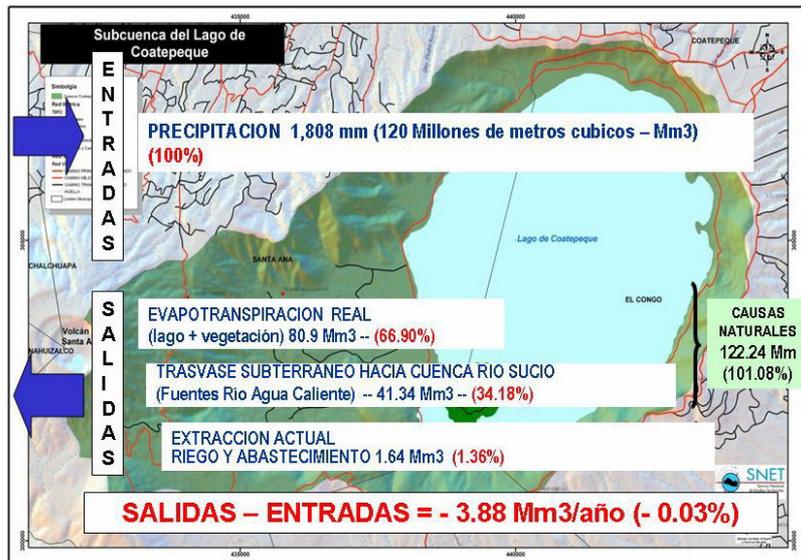


Figura 12: Balance Hídrico de la cuenca del Lago de Coatepeque (FUNDE – MARN 2004)

En esta Figura 12 se nota que existe un volumen para extracción actual (Bombeos) para riego y abastecimiento de todas las comunidades que viven en la caldera así como exportación de agua hacia unas otras aldeas ubicadas afuera de la caldera.

El volumen total bombeado estimado a 1.64 Millones de metros cúbicos (o 160 litros por persona al día) representa solamente 1.36 % del volumen total de las precipitaciones en la cuenca del lago, es decir muy, muy poco agua que se extrae por bombas en la cuenca del Lago de Coatepeque¡!

La localización de las diferentes bombas para los abastecimientos a dentro de la caldera y afuera aparece en la Figura 13.

Afuera de la caldera existen varios áreas extremadamente desprovistos de cursos de agua y cauces de drenaje; todos los cursos de agua que llegan de las zonas adyacentes desaparecen apenas las alcanzan.

Es muy importante notar aquí que es precisamente por estas escaseces de aguas que muchas de las comunidades que viven afuera de la caldera de Coatepeque instalaron bombas en el lago y redes de abastecimiento para distribuir aguas a todas las comunidades que viven en estos pueblos ¡!
Se sabe también que en los últimos 10 años se construyeron muchas nuevas lotificaciones en estas áreas. La demanda para agua en estas zonas esta creciendo y con el actual promedio de natalidad en El Salvador, podría ser que en 20 años, las poblaciones viviendo en estas áreas afuera de la caldera van a duplicarse¡!
Todas las poblaciones de estas aldeas tienen derecho a vivir en un ambiente sano, de beber agua todos los días y consumir otros volúmenes de agua para sus usos personales..... ¡!



Figura 13: Ubicación de las diferentes bombas de extracción de agua en la caldera de Coatepeque.

En lo que concierne la dotación de 160 litros al día por persona considerada para preparar el balance hídrico FUNDE es muy necesario añadir el comentario siguiente.

Es totalmente correcto incluir estos volúmenes en el balance hídrico del lago pero no hay que olvidar que, por lo menos para las gentes que viven a dentro de la caldera, solamente dos o tres litros de estos 160 litros están realmente utilizados por persona y para beber ¡!

Solamente una muy pequeña fracción de esta agua “tomada” regresa a la atmósfera por los fenómenos fisiológicos de la respiración humana.

En realidad casi toda la diferencia (160 litros – 3 litros) regresa al lago por vía de tuberías de aguas negras o por infiltración en los acuíferos superficiales (fosa séptica,...). El mismo tipo de comentario se puede hacer para riego de cultivos y riego de las casas de recreo construidas en las orillas del lago.

Cierto las plantas evapotranspiran volúmenes de agua pero al final grandes partes de los volúmenes para riego también regresan al lago. Obviamente estas observaciones agravan todavía mas el cambio del almacenamiento del lago pues habría que añadir estos volúmenes que regresan al lago ¡!

Los volúmenes de agua bombeados por las comunidades afuera de la caldera no regresan al lago pero hay que reconocer que, todavía no existen ningunas otras soluciones técnicas para abastecer a estas comunidades. Mas adelante en la parte 6 de este folleto se harán otros comentarios relacionados a estos problemas.

Parte 4) Informaciones de química de las aguas del lago de Coatepeque.

En El Salvador existen numerosos estudios de la calidad de las aguas del Lago de Coatepeque. Para la facilidad del lector queremos presentar en las Tablas solamente unos de los datos químicos más recientes.

La Tabla 1 preparada por el Ingeniero M. C. McCutcheo presenta la comparación entre datos químicos de un manantial caliente del lago y datos químicos de unas aguas del Lago Coatepeque.

Tabla 1: Composición química, en miligramo por litro, de agua de manantiales caliente y del lago de Coatepeque (Ingeniero M. C. McCutcheo)

PARAMETRO	Manantial Caliente - mg/l	Lago - mg/l
Calcio (Ca)	61.3	46.8
Cloruros (Cl)	660	320
Fosfatos (PO ₄)	0.450	0.075
Magnesio (Mg)	49.2	13.9
Nitratos (NO ₃)	1.75	0.5
Potasio (K)	29.58	29.58
Sílice (Si)	160.7	35.4
Sodio (Na)	341.2	288.7
Sulfatos (SO ₄)	127.5	245
Zinc (Zn)	0.042	0.062
Boro (B)	9.02	9.73
Hiero (Fe)	0.22	0.10
Aluminio (Al)	0.2	0.4
Molibdeno (Mb)	0.03	13.9
Strontio (Sr)	0.323	0.282

Bario (Ba)		0.14	0.19
Estaño (Sn)		0.21	0.13
Litio (Li)		1.462	0.581
Arsénico (As)		1.5	0.8
Antimonio (An)		0.19	0.08

En esta Tabla 1 vale la pena notar que la concentración de 0.8 miligramo por litro en Arsénico de las aguas del lago es al límite de las tolerancias internacionales para aguas de consumo humano ¡!

La siguiente Tabla 2 presenta datos químicos (mg/l) preparados en 2005 por el SNET (Servicio Nacional de los Estudios Territoriales)

Tabla 1: Muestras de aguas (miligramo por litro) en las paredes y en el lago del Coatepeque

Procedencia	Coatepeque 1	Coatepeque 2	Coat lago 3	Coat lago 4	Coat lago 5
Número de referencia	05-455	05-456	05-457	05-458	05-459
Fecha de toma de muestras	29-06-05	29-06-05	29-06-05	29-06-05	29-06-05
Fecha de inicio de análisis	30-06-05	30-06-05	30-06-05	30-06-05	30-06-05
Fecha de finalización de análisis	04-07-05	04-07-05	04-07-05	04-07-05	04-07-05
Hora	10:00 AM	11:00 AM	12:00 M	13:20	13:45
Alcalinidad total (HCO ₃)	275,12	380,58	320,97	316,39	320,97
Calcio (Ca)	48,86	35,24	24,83	25,63	24,83
Cloruros (Cl)	99,81	277,47	291,44	291,44	294,44
Dureza total	280	456	408	422	406
Fosfatos (PO ₄)	0,9	0,305	0,01	0,03	0,11
Magnesio (Mg)	38,37	89,37	84,03	86,94	83,54
Nitratos (NO ₃)	10,4	4,8	9,6	6	5,9
Nitritos (NO ₂)	0,014	0,0145	0,012	0,014	0,0115
Nitrógeno amoniacal (NH ₄)	0,235	0,650	0,505	0,380	0,395
Potasio (K)	NR	NR	NR	NR	NR
Sílice (Si)	68,97	27,08	3,95	3,56	4,15
Sodio (Na)	107,0	187,0	179,0	159,0	162,0
Sulfatos (SO ₄)	122	228	220	212	204
Sulfuros	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc (Zn)	0,010	0,010	0,010	0,010	ND

Los datos en **verde** a la derecha son datos de tres muestras de agua del lago mientras los datos a la izquierda y en color **azul** son datos de dos muestras de aguas subterráneas, bombeadas a dentro de las paredes del la caldera (estos

bombesos son también evidencias y pruebas que las aguas subterráneas circulan bien en estas paredes ¡!).

Estos datos fueron también utilizados para preparar la Figura 13. Las tres muestras de las aguas del lago (número 3; 4 y 5) aparecen aquí en **Azul claro** mientras las dos muestras de aguas bombeadas en las paredes de la caldera (número 1 y 2) están representadas en color **Morada**.

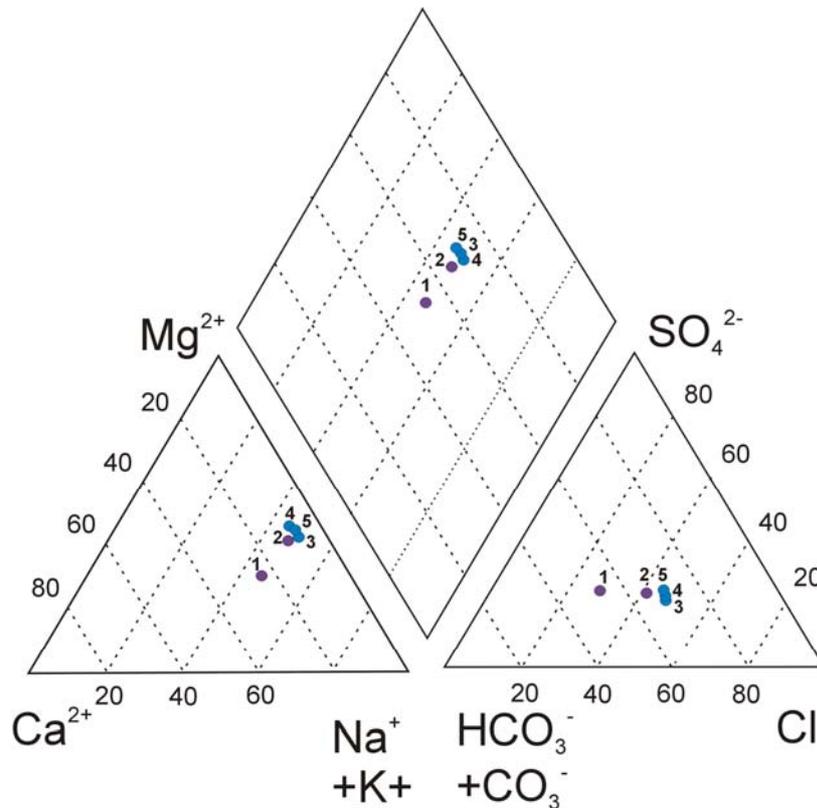


Figura 14 : Diagrama Piper para tres muestras del lago más dos muestras en las paredes de la caldera.

En esta Figura se observa muy claramente que las aguas de la muestra Número 1 ya desvían de las aguas del lago.

Esta observación significa que estos pozos están bombeando aguas del lago pero ya mezcladas con aguas de infiltración (lluvias) que están percolando dentro de las paredes de la caldera y hacia el lago ¡!

Parte 5) Variaciones de los niveles de agua del lago.

Como antes mencionado al inicio del documento existen muchos comentarios históricos que confirman que los niveles del lago fluctuaron en el pasado. Pero hasta hoy todavía no existe ninguna evidencia que la caldera de Coatepeque **JAMAS** se lleno completamente y que sus aguas rebozaron las paredes de la caldera.

Las dos Figuras 15 y 16 presentan unos datos recientes de la subida y después caída de los niveles de agua en el lago preparados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de El Salvador.

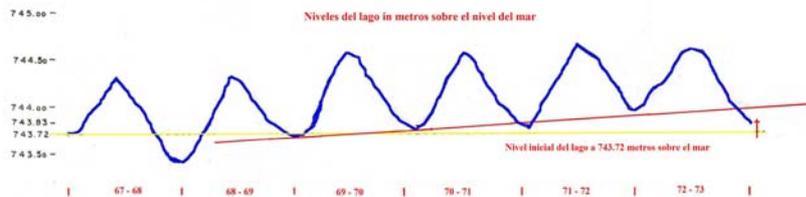


Figura 15: Subida de los niveles del lago de 1967 hasta 1973.

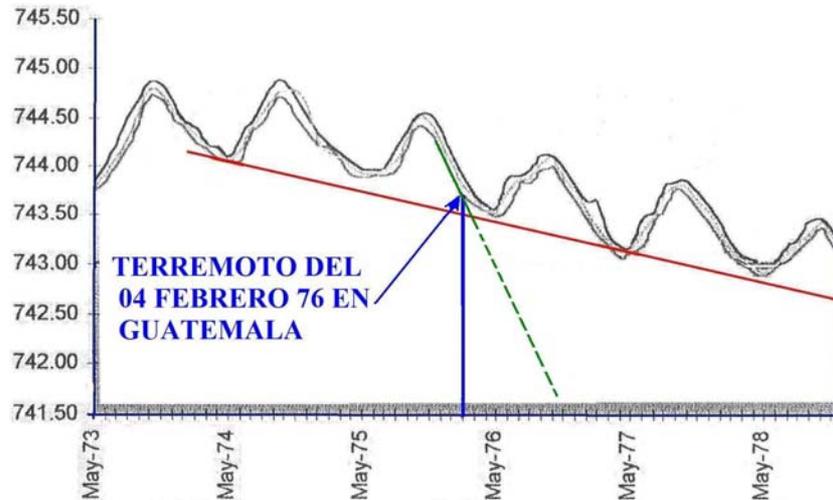


Figura 16: Caída de los niveles del lago de 1973 hasta 1978.

En esta Figura 16 vale la pena notar el impacto del muy fuerte terremoto de Motagua del 04 Febrero 1976 en Guatemala.

La Figura 17 presenta los datos sismograficos, en América Central, de este muy importante terremoto.



Con formato: Fuente: 12 pt, Negrita, Sin Cursiva

Figura 17: Impactos del fuerte terremoto del Motagua del 04 Febrero 1976 (Fuente: SNET de El Salvador).

El Lago de Coatepeque esta localizado en el área de impactos de VI a V ¡!
Para facilidad del lector la Figura 18 presenta aquí abajo una ampliación de estos mismos datos de niveles de agua del lago correspondiente al mes de Febrero 1976.

Como ya se conoce en El Salvador el mes de Febrero es uno de los meses del verano y por esta razón no existen ningunos fenómenos exteriores, tal como lluvias, que podrían influenciar de un modo o de otro, la caída natural de los niveles de agua...!!

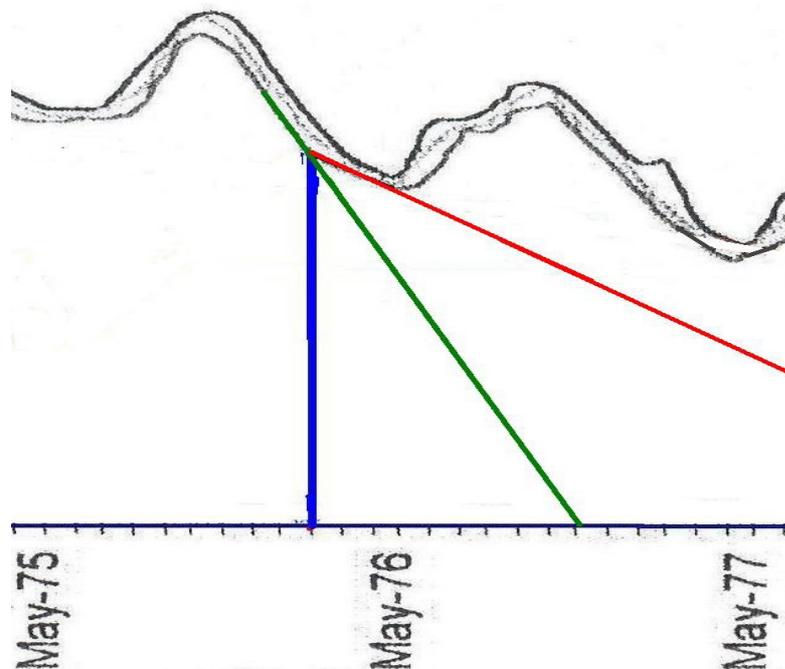


Figura 18: Cambio de la velocidad de caída de las aguas del lago después del terremoto de Febrero 1976 en Guatemala

En esta Figura 14 observamos exactamente el fenómeno contrario pues la velocidad de caída es mucho mas reducida después de los impactos de este fuerte terremoto del Motagua.

Es muy probable que las fuertes vibraciones de este terremoto cerraran unas fracturas o grietas - canales que sirven del desagüe de agua del lago.

El resultado fue que las aguas del Lago Coatepeque después del terremoto menos lograron escaparse de la caldera.

En la Figura 18 se observa también, que en este año 1976, el nivel del lago no cayó debajo la línea roja tal como estaba "previsto" mirando a la línea de caída "teórica" del nivel del lago representada aquí en verde.

Algo importante paso entonces para cambiar a esta trayectoria teorica ¡!

Después del año 1978 no existen mas datos de mediciones de los niveles del lago, solamente unas mediciones muy escasas y informaciones puntuales.

Todos los datos existentes fueron utilizados para preparar la Figura 19.



Figura 19: Datos de la caída de los niveles del lago de Coatepeque.

De la interpretación de esta Figura 19 se puede pensar que, al contrario de los impactos del terremoto del Motagua de 1976, que las ondas de choques y vibraciones del terremoto de 2001 en El Salvador probablemente abrieron unos conductos subterráneos que en este caso facilitaron las salidas de agua del lago.

De estas dos observaciones contradictorias podemos imaginar que, a escala grande, la caldera de Coatepeque se comporta un poco como un viejo coche totalmente desbaratado (o una chatarra) que vibra de una manera muy diferente si el choque o accidente de coche es frontal o es lateral ¡!

Parte 6) Manejo integrado de la cuenca hidrogeológica del Coatepeque

De todas las informaciones presentadas anteriormente se entiende muy bien que todos los volúmenes de agua que se infiltraron en los últimos 70.000 años y que hoy en día todavía se infiltran hacia el Lago de Coatepeque pueden salir de la caldera solamente como aguas subterráneas.

Obviamente todos los volúmenes de agua **“PERDIDOS”** por el Lago de Coatepeque deben encontrarse en otro lugares a donde las gentes los utilizan para otros usos como riego, abastecimiento de agua potable ¡!

Del punto de vista hidrogeológico todas las informaciones de la geología, hidrogeología y de hidrogeoquímica confirman que el Lago de Coatepeque es un embalse natural o “un tanque elevado” colgado sobre dos o tres áreas de alimentación: la llanura de Zapotitan, las zonas de Santa Ana al Norte y de Caluco al Sur.

La Figura 20 representa un esquema para un manejo integrado de la cuenca hidrogeológica del lago de Coatepeque.

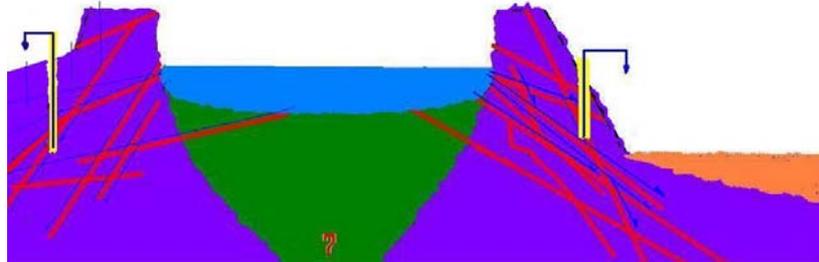


Figura 20 : Esquema para un manejo integrado de la cuenca hidrogeológica del lago de Coatepeque

El Lago de Coatepeque descarga aguas preferencialmente hacia la llanura de Zapotitán a la derecha y hacia la ciudad de Santa Ana a la izquierda.

Toda explotación intensiva de los acuíferos alrededor de la caldera podría interferir con las aguas embalsadas en el lago.

Por esta razón **sería mejor contemplar un** manejo integrado de toda la cuenca hidrogeológica del Coatepeque y no solamente la cuenca hidrográfica que se refiere al mismo cráter; es decir que incluye la Cuenca del Río Sucio y la Cuenca del Río Suquiapa ¡!

Por ejemplo **permisos para perforar pozos profundos para explotación** intensiva de las aguas subterráneas tendrían que inscribirse a dentro de un programa de manejo integrado de la cuenca hidrogeológica ¡! Estos pozos podrían acelerar las velocidades de las aguas llegando del Lago de Coatepeque.

Al contrario todos los mejoramientos en la caldera, tal como las sugerencias FUNDE de **cambios en los métodos de cultivos en la caldera** del Lago de Coatepeque, podrían beneficiar a todas las comunidades que viven a dentro o afuera de la caldera pero que si, utilizan directamente o indirectamente aguas del lago!!

En realidad las sugerencias de FUNDE constituyen una inversión a muy largo plazo para el potencial hídrico de toda este área.

De este esquema se entiende también muy bien que cuando están perforados pozos profundos en los bordes externos de la caldera para abastecimientos a todas las comunidades que viven por allá, en realidad están aprovechando parte del potencial hídrico del lago a través de la conexión en subsuelo que une el fondo del Lago Coatepeque y los acuíferos alrededor.

Estos pozos perforados son probablemente menos costosos que las bombas en el lago con una red de abastecimiento pero los volúmenes bombeados serían agua del lago más una agua de infiltración.

No debería cambiar mucho al balance hídrico.....!

Otros sugerencias serían:

- Aprovechar en la cuenca de Lago de Coatepeque la captación de las aguas pluviales, por ejemplo por los techos existentes y usar el agua de las lluvias para riego o construir presas de retención para obtener y aprovechar el agua superficial. Con formato: Numeración y viñetas
- El uso de una tecnología moderna para mejorar el rendimiento de uso de leña en las cocinas, podría bajar el consumo y la demanda de madera. Cocinas de este tipo ("Turbo Cocina") ya existen y pueden apoyar a bajar la deforestación. Con formato: Numeración y viñetas
- Desarrollar una red de monitoreo de las aguas en la cuenca hidrogeológica del Lago de Coatepeque. Con mediciones de la cantidad (niveles del agua) y calidad (análisis fisico-químicas y bacteriológicas) se puede mejorar el balance hídrico y elaborar una base de datos que sería la herramienta adecuada para las toma decisiones y un manejo integral del recurso en todo la zona de la influencia del Lago. Con formato: Numeración y viñetas
- Al final la sugerencias mejorar la educación ambiental en los grupos efectuados en la cuenca hidrogeológica del Lago para los actores locales y los usuarios tengan un mejor conocimiento sobre las relaciones de los procesos ambientales, de las aguas superficiales y aguas subterráneas. Hay que levantar información y distribuirla transparentemente a los enlaces de esta zona. Además se tiene que preocuparse en la educación a las y los niños en las escuelas que desde del principio se sensibiliza el grupo meta que va a manejar los recursos en el futuro en el tema de protección de los recursos hídricos. Con formato: Numeración y viñetas