

**Evaluación del estado del recurso hídrico
subterráneo en la ciudad de Choluteca,
Honduras**

Federico José Santa Cruz Salazar

ZAMORANO
Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente

Diciembre, 2005

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

**Evaluación del estado del recurso hídrico
subterráneo en la ciudad de Choluteca,
Honduras**

Proyecto especial como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente
en el grado académico de Licenciatura

Presentado por:

Federico José Santa Cruz Salazar

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2005

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Federico José Santa Cruz Salazar

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2005

Evaluación del estado del recurso hídrico subterráneo en la ciudad de Choluteca, Honduras

Presentado por:

Federico José Santa Cruz Salazar

Aprobado:

Luís Caballero, M. Sc.
Asesor Principal

Mayra Falck, M. Sc.
Directora de la Carrera de Desarrollo
Socioeconómico y Ambiente

Ing. Santos Damas
Asesor

George Pilz, Ph. D.
Decano Académico Interino

Ing. Héctor Cruz
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios, a la Virgen María y a San Juan Bosco que me han guiado a través de mi vida.

A mis padres por apoyarme desde que tomé la decisión de venir a Zamorano, por darme su amor y cariño y sobre todo por enseñarme a ser la persona que soy.

A mi familia, porque han creído en mi y me han apoyado en toda ocasión.

A mis amigos, por brindarme su amistad en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi mejor maestro, por mostrarme el camino de la bondad y por darme fuerzas y coraje para seguir adelante.

A mis padres, Ricardo y Martita, por darme la vida, el amor y el apoyo desde el momento en que me concibieron, por ser ejemplos a seguir y por darme dos hermanos y un hogar lleno de amor.

A mis abuelitos, Guayito y Fina, por haberme criado y dado su cariño.

A mis difuntos abuelitos, mama Mena y papa Juan, por darme las alegrías de mi niñez.

A mis hermanos, Alex y Juancho, por quererme y enseñarme a crecer.

A mis tíos y tías, Leonel, Oscar y Amado (Q.E.P.D.), Abilio, Chiqui, Tú, Rolando, Cata, Mario Julio, también por ser modelos de amor y cariño y enseñarme tantas cosas.

A mis primos y primas, por la alegría y los buenos momentos que pasamos en nuestra niñez, juventud y ahora. Gracias especialmente a Claudia por tu cariño y a Piti por darme a mi primer ahijado.

A Sofía, mi novia, por su cariño, por enseñarme a amar y soñar.

A mi asesor principal Luís Caballero, por su sabiduría, paciencia y enseñanzas como maestro, como padre de familia y como persona.

A los profesores e instructores de DSEA y de Zamorano en general, por brindarnos el tan preciado conocimiento y experiencia, que nos han hecho profesionales de altura.

A Felipe González y Gerardo Boquín por su ayuda y comentarios para este Estudio.

A mis amigos de las clases 2004 y 2005, especialmente; a la mara chapina, Gabriel, Manuel, Selvin, Abel, Alejandro, Mario, Juan Carlos, Félix, Gerardo y Eduardo, por cada instante que nos tocó luchar para seguir adelante, por cada broma y por los buenos momentos; a los de DSEA, Fran y Nancy; a los del grupo de Forestales; a los doctores que me acompañaron, especialmente a Juan Xavier, Aymé y Diana; a mis nuevos colegas de DSEA 2005, especialmente a Jacquie, Dianita, Pánfilo, Violeta, Lilian y Carolina; y a mis compañeros de la residencia Washington, especialmente a Victor y Javier.

RESUMEN

Santa Cruz, F. 2005. Evaluación del Estado del Recurso Hídrico Subterráneo en la Ciudad de Choluteca, Honduras. Proyecto especial del Programa de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Valle del Yeguaré, Honduras.

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida, en la actualidad su demanda está en aumento debido al crecimiento poblacional y al desarrollo de los países, mientras que su disponibilidad disminuye por la contaminación de las fuentes y el difícil acceso a las mismas. En general, en las últimas décadas, las aguas subterráneas han contribuido al respecto porque son fuentes relativamente limpias y poco explotadas en los países en desarrollo. El presente Estudio intenta servir como línea base para evaluar el estado actual del recurso hídrico subterráneo en la Ciudad de Choluteca analizando el marco legal vigente, la explotación del recurso y la calidad física del mismo, con el fin de que sirva para la gestión del acuífero. En la parte legal se observaron incoherencias en el dominio de propiedad y la gestión del recurso, además que las leyes no fomentan el uso eficiente y productivo del agua. En la parte de explotación del recurso se identificaron 65 pozos no registrados, lo que equivaldría a un total de 433 pozos en la Ciudad. Se estimó que la demanda potencial total de los pozos registrados podría llegar a ser de 11,471 GPM, que equivale a casi 4 veces la demanda de la empresa Aguas de Choluteca para el servicio de agua potable. Se determinó que en 13 de los 45 barrios estudiados (35% del área total) se encuentra el 70.4% de los pozos. En lo que respecta a calidad física, el pH y TDS se encuentran dentro de los niveles aceptables para todas las muestras, mientras que para conductividad y turbidez solo 3% y 1% de las muestras están dentro de los niveles aceptables respectivamente, para salinidad sólo 18% de las muestras son clasificadas como agua dulce y el resto como leve o moderadamente saladas. Por estas razones es necesario revisar y corregir el marco legal vigente para fortalecer las instituciones encargadas de gestionar el recurso hídrico, y así poder establecer un plan de monitoreo de aguas subterráneas con el fin de tomar medidas correctivas en el marco legal y medidas de protección y conservación del recurso.

Palabras clave: acuífero, agua subterránea, calidad física, conductividad, dominio de propiedad, línea base, marco legal, plan de monitoreo de aguas subterráneas, pH, salinidad, TDS, turbidez.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen	vi
Índice de contenido.....	vii
Índice de cuadros.....	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2 ANTECEDENTES	2
1.2.1 Gestión del agua en el municipio de Cholulca	2
1.2.2 Marco legal y jurídico	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	4
1.4 LÍMITES DEL ESTUDIO	5
1.5 LIMITANTES DEL ESTUDIO	5
1.6 OBJETIVOS.....	6
1.6.1 Objetivo general	6
1.6.2 Objetivos específicos.....	6
2. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 ASPECTOS GENERALES.....	7
2.2 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE.....	7
2.3 AGUA SUBTERRÁNEA	8
2.3.1 Acuífero.....	9
2.3.2 Extracción de Agua Subterránea	9
2.3.3 Tasa de Recarga o de Infiltración Profunda	9
2.3.4 Tasa Segura de Extracción	9
2.3.5 Transmisividad	9
2.4 CALIDAD DE AGUA	9
2.5 MONITOREO DEL FUNCIONAMIENTO Y USO DEL ACUÍFERO	9
2.5.1 Importancia del Inventario de Fuentes de Agua.....	9
2.5.2 Sobreexplotación de Acuíferos.....	10
2.5.3 Vulnerabilidad de los Acuíferos.....	10
2.5.4 Protección de los Acuíferos.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1 DELIMITACIÓN DEL DE ESTUDIO.....	11

3.2	REVISIÓN DEL MARCO JURÍDICO Y LEGAL REFERENTE AL USO DE AGUA SUBTERRÁNEA	11
3.3	RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO	12
3.3.1	Revisión de características de pozos perforados	12
3.3.2	Georeferenciación de pozos	12
3.4	ANÁLISIS DE CALIDAD FÍSICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA	13
3.4.1	Definición y selección de la muestra.....	13
3.4.2	Análisis de calidad física.....	14
3.5	ANÁLISIS DE DATOS	14
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
4.1	ANÁLISIS DEL MARCO JURÍDICO Y LEGAL	15
4.1.1	Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (1927).....	15
4.1.2	Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento (2003)	16
4.1.3	Borrador de la Ley General de Aguas (última revisión 2004)	17
4.1.4	Otros Instrumentos Legales.....	18
4.1.5	Comparación e Incoherencias entre los Instrumentos Legales.....	20
4.1.6	Ordenanzas Municipales	23
4.1.7	Procedimiento para la perforación de pozos en el municipio de Choluteca.....	24
4.2	EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO	25
4.2.1	Puntos de Extracción de Agua.....	25
4.2.2	Uso de Agua Subterránea	30
4.2.3	Análisis Espacial de los Pozos de Choluteca	31
4.2.4	Calidad física del agua subterránea	32
4.2.5	Plan de Monitoreo del Acuífero	35
5.	CONCLUSIONES.....	38
6.	RECOMENDACIONES	40
7.	BIBLIOGRAFÍA	41
8.	ANEXOS	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Fuentes abastecedoras de agua para la Ciudad de Choluteca.....	8
2.	Incoherencias en la propiedad del recurso hídrico.	20
3.	Incoherencias en la gestión del recurso hídrico.....	21
4.	Incoherencias en el aprovechamiento de aguas subterráneas.....	21
5.	Canon por el aprovechamiento del recurso hídrico.....	22
6.	Incoherencias en las sanciones, infracciones y suspensiones.....	23
7.	Características de los pozos perforados en la Ciudad de Choluteca.	26
8.	Estratificación de pozos según profundidad.....	26
9.	Estratificación de pozos según diámetro de perforación.....	27
10.	Estratificación de pozos según caudal.....	27
11.	Estimación de demandas potenciales de agua subterránea.....	28
12.	Clasificación de pozos según tipo de uso.....	30
13.	Barrios con mayor cantidad de pozos perforados.....	31
14.	Resultados de análisis de calidad física para la muestra.....	33
15.	Niveles de Salinidad.....	34
16.	Niveles de Conductividad.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Evolución de las políticas hídricas en el mundo	3
2. Área de Estudio: Ciudad de Choluteca.....	5
3. Diagrama de dispersión mostrando una relación ideal entre diámetro de perforación y caudal.	29
4. Densidad de Pozos por Barrio por Km ²	32
5. Niveles de salinidad dentro de la ciudad de Choluteca.	34
6. Flujograma para la implementación de un Programa de Monitoreo de Aguas Subterráneas	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico

1. Análisis de regresión lineal entre la profundidad de perforación y caudal disponible.28
2. Análisis de regresión lineal entre diámetro de perforación y caudal disponible.29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Instrumentos que conforman el marco político de Honduras sobre recursos hídricos.	45
2. Metodologías para Evaluar la Vulnerabilidad de los Acuíferos a la Contaminación.....	46
3. Listado de pozos en la Ciudad de Choluteca.....	48
4. Características de los pozos perforados en la ciudad de Choluteca por la empresa ‘Maquinaria del Pacífico’	62
5. Resultados Análisis de Calidad Física.....	64

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos renovables más importantes del planeta, el cual forma parte fundamental de la vida ya que suple las necesidades de todos los seres vivos en la tierra. En la actualidad la demanda de agua está en aumento debido al desproporcionado crecimiento poblacional y al desarrollo de los países; mientras que su disponibilidad disminuye por el difícil acceso a fuentes nuevas y por la contaminación de las mismas.

En América Latina, el agua subterránea generalmente se utiliza para la agricultura o como agua potable en pequeñas comunidades. Según Llamas y Custodio (1998), las aguas subterráneas han contribuido, por una parte, a reducir de modo significativo la escasez de alimentos y por otra parte, han facilitado el suministro de agua potable a centenares de millones de seres humanos, tanto en zonas rurales y económicamente deprimidas, como en países altamente industrializados.

En el caso de Honduras, el uso de agua subterránea se ha visto limitado principalmente por los altos costos de inversión, por lo cual su uso se ha visto más diseminado a nivel agrícola y privado. Según FAO (2000) el potencial de aguas subterráneas no se conoce con precisión pero se estima que son abundantes en las tierras bajas de la zona costera Atlántica, donde los pozos presentan buenos rendimientos.

A nivel de la zona costera del Pacífico de Honduras, específicamente Choluteca existen dos acuíferos: El aluvión del Río Choluteca con rendimientos de entre 50 y 150 GPM; y acuíferos de rocas volcánicas con rendimientos entre 15 y 50 GPM.

En la ciudad de Choluteca, la empresa Aguas de Choluteca brinda el servicio de agua potable y toma sus aguas (3135 GPM) de tres fuentes principales: El río Choluteca, el cerro Guanacaure y 14 pozos perforados, que suplen 51%, 19% y 30% respectivamente. Por otra parte, existe el consumo privado de agua subterránea del cual hasta la fecha no existe ningún estimado, pero que según este estudio se calcula que puede llegar a ser hasta 11,471 GPM, si todos los pozos fueran explotados a su máximo, lo que equivale a casi cuatro veces lo que se extrae para el servicio de agua potable.

En vista de la importancia de estas fuentes de agua, se podría esperar una mayor atención a la protección y manejo de estos acuíferos a fin de prevenir el deterioro de su calidad. Sin embargo, por falta de conocimiento de los recursos, falta de tecnología y de políticas hídricas adecuadas, no se les ha dado la importancia debida.

Este estudio busca brindar información que sirva de base para monitorear el uso de agua subterránea y así formular y aplicar un marco legal adecuado que sirva para prevenir la sobreexplotación y la contaminación de los acuíferos en la Ciudad de Choluteca.

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la ciudad de Choluteca, las fuentes de agua para uso doméstico e industrial provienen de 3 fuentes básicamente; el río Choluteca, el cerro Guanacaure y agua subterránea, esta última ha tomado auge debido al acelerado crecimiento de la población y las dificultades en acceder a fuentes confiables de agua superficial.

A pesar de que el uso de aguas subterráneas en Choluteca se incrementa año tras año y de que esta tendencia se incrementará en los próximos años, hasta la fecha se desconocen los elementos básicos para la explotación sostenible de dicho acuífero. Entre ellas se pueden mencionar: número de usuarios, tasas de extracción, contaminación, distancia entre perforaciones y otros elementos importantes sobre la dinámica y comportamiento del mismo.

Lo anterior se complica al no haber un marco legal regulatorio del uso de agua subterránea, ya que la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales de 1927 no menciona aspectos claves sobre el acceso, protección y uso sostenible de los acuíferos. Desde 1999 se tomó la iniciativa de elaborar una nueva Ley General de Aguas, cuyo último borrador fue revisado en el 2004. Este borrador de ley integra artículos para regular el uso de los acuíferos, pero hasta la fecha no ha sido discutida en el Congreso Nacional.

Este estudio se enfoca a proveer información de línea base sobre el estado del recurso hídrico subterráneo para que el futuro sea utilizada para elaborar un plan de manejo específico para el acuífero de Choluteca.

1.2 ANTECEDENTES

Según la CEPAL (2000; citado por FAO-AQUASTAT) en 1973 estimó un caudal renovable de agua subterránea explotable de 9,09 km³/año, dividido en 8,02 km³/año en la vertiente Atlántica y 1,07 km³/año en la vertiente del Pacífico. En los valles de las tierras altas del interior y en la costa del Pacífico (valles de Choluteca, Tegucigalpa, Comayagua), donde el riego es importante, se producen descensos importantes en los niveles de agua subterránea, comprometiendo su disponibilidad.

En la ciudad de Choluteca hasta la fecha no se ha realizado ningún tipo de estudio sobre aguas subterráneas. La empresa Aguas de Choluteca encargada de manejar el sistema de agua potable de la ciudad de Choluteca únicamente cuenta con información general (Nombre del dueño, ubicación del pozo y tipo de uso) de los 368 pozos perforados y registrados, así como análisis bacteriológicos de algunos de estos pozos.

1.2.1 Gestión del agua en el municipio de Choluteca

El impacto del Huracán Mitch en Choluteca, motivó a las fuerzas vivas del sector a involucrarse en un proceso de transformación institucional del municipio. La reestructuración ha significado el traspaso de los sistemas de agua potable y alcantarillado

del SANAA a la Municipalidad de Choluteca, específicamente a la División Municipal de Aguas de Choluteca (DIMACH), para posteriormente conccionarse este y otros servicios, más el de desechos sólidos a una Empresa Mercantil Mixta constituida en junio del 2002, denominada AGUAS DE CHOLUTECA S.A. de C.V.¹

Desde su fundación en el 2002, la empresa Aguas de Choluteca estableció un cobro anual por el uso de agua de pozos de L. 200.00 para uso residencial, L. 500.00 para público, L. 1,000.00 para comercial y L. 1,500.00 para industrial, pero debido a que la cantidad de morosos era muy grande, se decidió que a partir de abril del presente año, el cobro se hiciera en la Alcaldía Municipal de Choluteca, incluido dentro del Impuesto de Bienes Inmuebles, con lo cual se tendrá un mejor control de los ingresos. Anteriormente ese cobro pasaba a formar parte de las entradas de Aguas de Choluteca, ahora pasará a la Alcaldía.

Por otra parte el interesado en perforar un pozo debe solicitar un permiso a la Unidad Municipal Ambiental del Municipio por un valor de L. 200.00, más el costo de apertura del pozo que es el 12% del valor comercial del mismo.

1.2.2 Marco legal y jurídico

Según Ferrera (2004) en su publicación “Análisis del marco político-legal sobre Recursos hídricos en Honduras: Coherencias y percepciones”, el enfoque de las políticas de agua a nivel mundial ha cambiado mucho durante los últimos treinta años (Figura 1). Han pasado de un enfoque basado en el crecimiento económico, por medio de la generación de energía, el incremento de la producción y el crecimiento de la inversión, a un enfoque basado en el uso racional y sostenible del recurso centrado en el medio ambiente. El enfoque antiguo fue promovido en países en vías de desarrollo, apoyados por la aprobación de líneas de crédito en los bancos de desarrollo y siempre con el propósito de crear el escenario adecuado para un crecimiento macroeconómico.

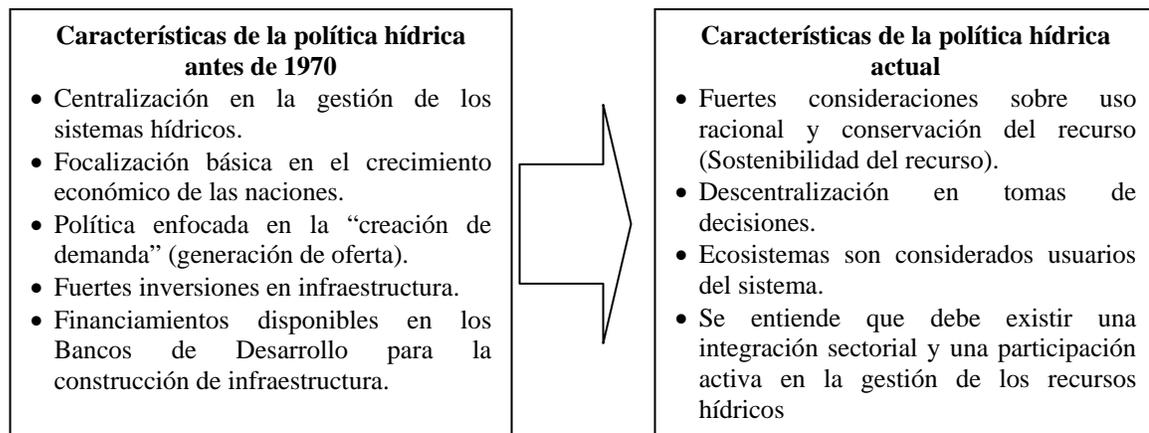


Figura 1. Evolución de las políticas hídricas en el mundo (Ferrera, 2004).

¹ Generalidades de la Empresa Aguas de Choluteca. 2002.

Hoy en día, la política hídrica se ve enfocada a enfrentar tres retos sobre los cuales este estudio busca brindar información: 1º) el reto de demanda, se refiere la calidad y cantidad del recurso que los distintos sectores demandan hoy y en el futuro; 2º) el de oferta, referente a la cantidad de recurso que se puede aprovechar y que las autoridades pueden brindar a las poblaciones; y 3º) el de incertidumbre sobre el futuro, la incertidumbre con respecto a los fenómenos climáticos como sequías, y los cambios demográficos y económicos.

A pesar de ello, de acuerdo a FAO en su publicación “Estado del Recurso Agua para Riego en Honduras” (2000), el marco legal en materia de aguas es considerado obsoleto. Esto es debido a que una de las leyes principales que rigen el recurso como lo es la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales fue promulgada en 1927 y presenta algunos preceptos que podrían considerarse como debilidades técnicas en cuanto al conocimiento actual.

Por otro lado, para hacer uso de las aguas en Honduras se requiere un Contrato de Aprovechamiento entre los interesados y el Gobierno a través de la DGRH, el cual rige por un tiempo definido (cuya duración debe determinarse en cada caso), y no permite ningún cambio en el destino de uso establecido.

El Marco Político presenta aportes de instrumentos tan antiguos como el Código Civil del 6 de mayo de 1906, así como de instrumentos de más reciente creación como la Política de Estado para el Sector Agroalimentario y el Medio Rural de Honduras 2004 – 2021 (Ferrera, 2004) (Ver anexo 1).

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El borrador de la propuesta de la Ley General de Aguas hace ver en los artículos 53, 68, 69, 70 que es vital establecer un monitoreo continuo de las fuentes de agua, y que toda institución pública que realice actividades de investigación y desarrollo en materia hídrica, están obligados a articular sus actividades, registrar e integrar su información a la Autoridad del Agua a través del IHRH.

A través de esta investigación se obtendrá un inventario de los pozos perforados hasta la fecha en Choluteca, así como características básicas de calidad como: profundidad, temperatura, salinidad, turbidez y pH. El inventario junto a la medición de estos parámetros y la ubicación de las posibles amenazas de contaminación servirá como una línea base para el monitoreo y evaluación futura.

Se espera además que este estudio sirva como un instrumento base para desarrollar un plan de uso y protección de las aguas subterráneas, lo cuál está comprendido también en el borrador de la propuesta de la Ley General de Agua en los artículos 86, 87, 88, 106, 108, 110 y 111.

Por último, el estudio servirá como fuente secundaria para la creación del catastro de agua estipulado en la misma ley en los artículos 114 y 115.

1.4 LÍMITES DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el casco urbano del municipio de Choluluteca entre los ríos Choluluteca y Sampile con un total de 341 pozos perforados de uso privado. Se pretende involucrar usuarios públicos y privados, Alcaldía de Choluluteca, UMA de Choluluteca, la empresa de servicio de agua y saneamiento, Aguas de Choluluteca, y empresas perforadoras de pozos.

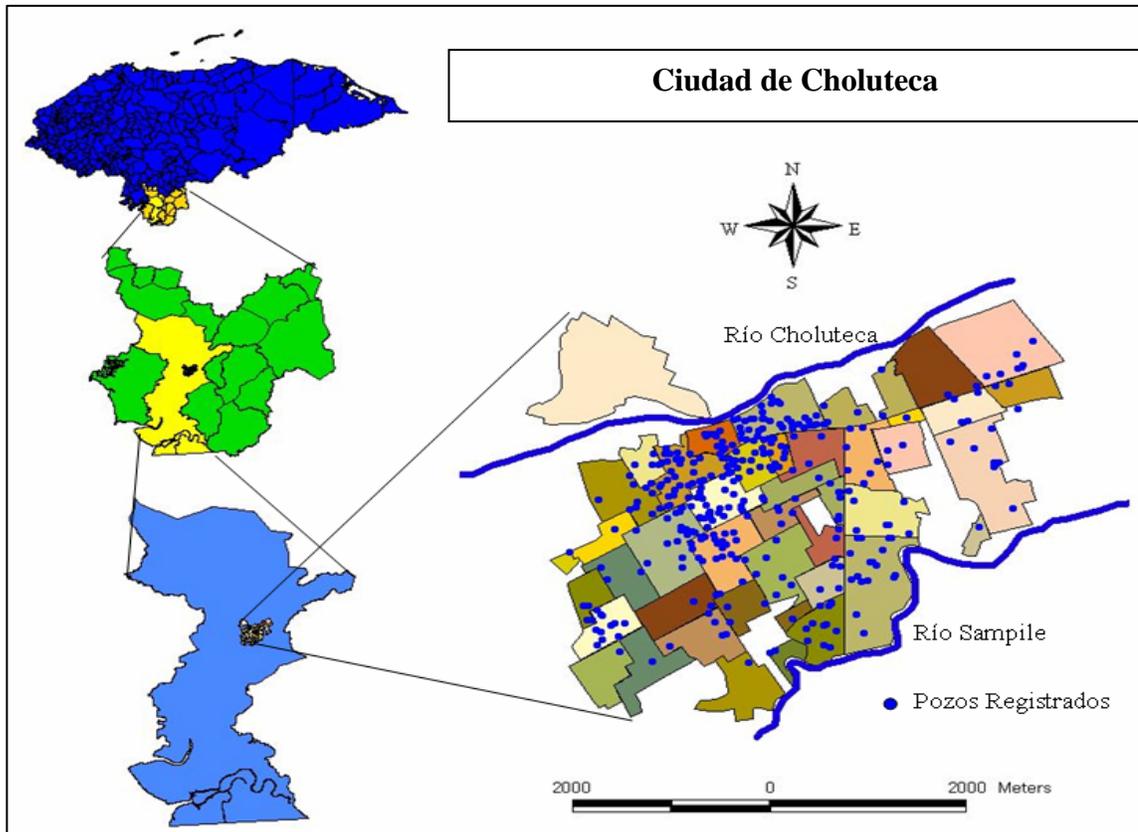


Figura 2. Área de Estudio: Ciudad de Choluluteca
Fuente: Elaboración propia.

1.5 LIMITANTES DEL ESTUDIO

La principal limitante de este estudio fue que no existen registros con información confiable sobre el uso del agua subterránea, además es un estudio el cual debe ser desarrollado con mayor apoyo por parte de las autoridades correspondientes (Unidad Municipal Ambiental de la Alcaldía Municipal de Choluluteca y Empresa Aguas de Choluluteca) que son quienes conocen la zona y tienen mayor acceso para recopilar información de los usuarios directos de los pozos y de las empresas perforadoras, lo cual se puede hacer mediante una ordenanza municipal.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Generar información sobre el estado, el uso y los usuarios² del agua subterránea en el casco urbano de la ciudad de Choluteca que sirva para la gestión del acuífero.

1.6.2 Objetivos específicos

- Analizar el marco legal sobre los recursos hídricos.
- Actualizar el inventario de pozos perforados de la empresa Aguas de Choluteca y crear una base de datos georeferenciada.
- Evaluar la explotación del acuífero de Choluteca.
- Evaluar la calidad del agua mediante parámetros físicos como pH, conductividad eléctrica, TDS, salinidad y turbidez.
- Proponer un modelo para el monitoreo y gestión sostenible del acuífero.

² Entiéndase como usuarios a los propietarios de los pozos perforados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GENERALES

El Departamento de Choluteca fue creado el 28 de Junio de 1825 por el Jefe de Estado Dionisio de Herrera, se encuentra situado en la parte sureste del país y posee diez y seis (16) municipios.³

Según el V Censo de Población y XVI de Vivienda el departamento de Choluteca tiene una población de 390,895 habitantes, de los cuales, 120,791 viven en el municipio Choluteca y 70,968 específicamente en el casco urbano de la ciudad de Choluteca y otras 4,032 en los alrededores.

Choluteca es la cabecera del departamento de Choluteca ubicado al sur de Honduras. Le fue dado el título de Villa en 1535 y posteriormente el de ciudad el 1 de octubre de 1845, cuenta con una superficie de 1,069.10 km² y un clima cálido un tanto moderado. Las principales actividades económicas son la agricultura, camaronicultura y ganadería (28%) y comercio (22%), aunque a nivel de la Ciudad, la actividad que genera mayor aporte a la economía son el comercio, la industria y los servicios. Gran parte de esa población tiene sus raíces en el área rural y han migrado a la ciudad en busca de empleo formando barrios con un nivel socioeconómico muy bajo, sin muchos servicios básicos entre ellos el servicio de agua potable en las cantidades necesarias, para el 2003 el IDH del municipio de Choluteca era 0.661 según el PNUD.

Es alarmante ver que para personas mayores a 10 años, casi un 18% no tiene ningún tipo de educación, 58% ha cursado o terminado el nivel primario, 21% secundaria completa e incompleta y sólo un 3% tiene educación superior (INE, 2001).

2.2 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

En la ciudad de Choluteca, la empresa Aguas de Choluteca brinda el servicio de agua potable a 11,000 familias que diariamente en promedio gastan 1 m³ de agua por día por familia; partiendo de esto, la empresa procesa 11,000 m³ por día, es decir aproximadamente 2,018 GPM⁴. Toma sus aguas de tres fuentes principales: El río Choluteca, el cerro Guanacaure y 14 pozos perforados, que suplen 51%, 19% y 30% respectivamente, como lo muestra el cuadro de la siguiente página.

³ La Tribuna. 2004.

⁴ Aguas de Choluteca. 2004.

Cuadro 1. Fuentes abastecedoras de agua para la Ciudad de Choluteca.

Nombre de la fuente	Ubicación	Caudal Aprovechado (GPM)	Caudal Aprovechado (%)
Superficiales			
Cerro Guanacaure	Entre los municipios de El Corpus, El Triunfo, Concepción de Maria, Yusguare y Choluteca	600*	19.1
Estación "Galería"	Río Choluteca	1,600	51.1
TOTAL SUPERFICIAL		2,200	70.2
Subterráneas			
Estación Santa Marta	Aldea Santa Marta	500	15.9
Pozo Santa Marta	Colonia Santa Marta	30	1.0
Pozo Los Mangos	Barrio Los Mangos	30	1.0
Pozo La Providencia	Colonia La Providencia	80	2.5
Pozo Julio Midence	Colonia Julio Midence	35	1.1
Pozo Campo Sol	Barrio Campo Sol	60	1.9
Pozo Víctor Argeñal	Predio de la ENEE	50	1.6
Pozos Gualiqueme	Gualiqueme	150	4.8
TOTAL SUBTERRÁNEA		935	29.8
GRAN TOTAL		3,135	100.0

* Caudal aprovechado por la Ciudad de Choluteca, esta fuente también abastece a comunidades de El Triunfo, Concepción de Maria, El Corpus y Santa Ana de Yusguare.

Fuente: Aguas de Choluteca (2005).

2.3 AGUA SUBTERRÁNEA

Se entiende por agua subterránea a las aguas que provienen de galerías horizontales y del manto freático y el acuífero y que son extraídas a la superficie a través de la perforación de pozos para su explotación. Según Jonson Division Inc. (1975) algo menos de un 3 % de la disponibilidad de agua dulce fluida de nuestro planeta Tierra, corresponde a ríos y lagos; y el 97% restante, algo así como 1,230 km³ se encuentran en el subsuelo. Lo anterior debido, a que el agua en ríos y lagos se halla en tránsito, en tanto que en las fuentes subterráneas predomina el agua almacenada.

2.3.1 Acuífero

Se le llama así a la formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad (Sánchez, 2004).

2.3.2 Extracción de Agua Subterránea

Se refiere al proceso de obtener el agua subterránea por medio de la perforación o excavación de pozos que permitan su acceso para posterior bombeo y uso.

2.3.3 Tasa de Recarga o de Infiltración Profunda

Se refiere a tasa en que el agua superficial se infiltra hacia los mantos freáticos y los acuíferos. Se mide en metros cúbicos por año (Díaz y Antón, 2002).

2.3.4 Tasa Segura de Extracción

Se refiere a tasa en que se extrae el agua de los mantos freáticos y los acuíferos, sin que ésta sea mayor a la tasa de recarga. Se mide en metros cúbicos por año (Díaz, 2002).

2.3.5 Transmisividad

Indica la facilidad del agua para circular horizontalmente por una formación geológica, es indicador de la productividad del acuífero. Es el resultado de la permeabilidad del subsuelo (movimiento horizontal en metros/día) multiplicado por el espesor del acuífero (metros), teniendo como resultado metros cuadrados/día (Sánchez, 2004).

2.4 CALIDAD DE AGUA

Calidad se refiere a las características químicas, físicas y biológicas del agua que sean aceptables para un uso particular. Naturalmente estamos interesados en la calidad para definir sus usos como agua potable, de riego, recreación, acuicultura y otros (Caballero, 2005).

2.5 MONITOREO DEL FUNCIONAMIENTO Y USO DEL ACUÍFERO

2.5.1 Importancia del Inventario de Fuentes de Agua

Los inventarios de fuentes de agua, específicamente de “puntos de extracción” sirven para tener un mejor conocimiento de la situación actual del acuífero, así como del

aprovechamiento del mismo. En esta actividad es muy recomendable no intentar ahorrar dinero que ponga en riesgo la calidad de los datos obtenidos o en su elaboración. (Alvarado, 2000).

2.5.2 Sobreexplotación de Acuíferos

Este se refiere al efecto que se da cuando la tasa extracción de agua subterránea es mayor a la tasa de recarga de los acuíferos. Según Vargas (2004) los indicadores que sirven para medir la sobreexplotación pueden ser: el descenso permanente de nivel los niveles en función de tiempo y espacio; el cambio de la composición química; y, los efectos de carácter social y económico, tales como la migración de la gente, la disminución de productos agrícolas y la escasez en el suministro de agua potable con sus consecuencias en la salud de la población. Las observaciones de niveles deben ser por un periodo mínimo de diez a quince años para poder definir si se trata de un caso de sobreexplotación o explotación intensiva.

2.5.3 Vulnerabilidad de los Acuíferos

El agua subterránea, en ciertas condiciones, constituye un importante recurso de abastecimiento de agua para distintos usos. En algunas ocasiones, las características propias del sistema natural determinan que la cantidad, accesibilidad y en especial la calidad del agua subterránea se torne inadecuada para algunos o todos los usos requeridos. Por lo tanto, es importante dejar claro que el agua subterránea no siempre es sinónimo de recurso disponible (Alvarado, 2000).

Existen metodologías que permiten evaluar la susceptibilidad de un sistema acuífero y su interacción con una carga contaminante. Entre ellas se encuentran GOD y DRASTIC (Ver Anexo 2).

2.5.4 Protección de los Acuíferos

Considerando la importancia de las aguas subterráneas en el suministro para diferentes usos, urge la necesidad de implementar o consolidar políticas para proteger los acuíferos contra la explotación excesiva o irracional y contra el deterioro de su calidad debido a la contaminación. Este es especialmente el caso dentro y alrededor de las áreas urbanas, donde las captaciones de aguas subterráneas se encuentran bajo una presión ambiental causada por el rápido desarrollo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DELIMITACIÓN DEL DE ESTUDIO

Como primer punto para delimitar el estudio se planteó la idea del Estudio al Ingeniero Héctor Cruz, Gerente General de Aguas de Choluteca, en acompañamiento del Ingeniero Olman Rivera del Proyecto MIRA.

Al recibir la aceptación se procedió a revisar la base de datos de pozos de la Empresa y con base en la experiencia y conocimiento profesional se decidió delimitar el área del estudio a la parte del casco urbano ubicada entre los cauces de los ríos Choluteca y Sampile. Lo anterior debido a: al norte del río Choluteca, en los barrios Iztoca y Gualiqueme se sabe que son zonas mucho más productivas de agua, parte del acuífero de Santa Marta, en comparación con el lado sur del Río, además de que en esta parte se da una fuerte explotación industrial por parte de las empresas Pingüino, purificadora de agua, e Intrefica, Industria Trefiladora de Centro América; por el otro lado, al sur del río Sampile básicamente termina el casco urbano de la Ciudad, por lo cual no hay más pozos.

Con la ayuda de empleados de las cuadrillas de campo de la empresa Aguas de Choluteca se ubicaron en planos topográficos los 341 pozos registrados en la Empresa.

Además, se ubicaron nuevos pozos que no han sido registrados en la Empresa por medio de la observación directa en la Ciudad y de la discusión con los empleados de la Empresa. Estos se agregaron al listado original pero no así al estudio, debido a la incertidumbre sobre el estado actual de los mismos y que no se contaba con los medios para ir a revisar esos pozos.

El presente estudio estuvo basado en tres ejes principales: 1º) Revisión del marco jurídico y legal; 2º) Recolección y análisis de información sobre la explotación del acuífero; y 3º) Análisis de calidad física del agua subterránea. Por último, se analizaron los datos obtenidos en los numerales 2 y 3.

3.2 REVISIÓN DEL MARCO JURÍDICO Y LEGAL REFERENTE AL USO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Paralelo a la delimitación del Estudio se procedió a revisar y analizar las leyes actuales, vigentes y en proceso de aprobación relacionadas con el uso y manejo del recurso hídrico subterráneo. Luego se realizó una comparación antes y después para ver los cambios que se han dado en el marco jurídico e identificar las lagunas que todavía existen. Además se

revisó la existencia de políticas y reglamentos en la Dirección General de Recursos Hídricos y de ordenanzas locales en la UMA de Choluteca, que regulen el uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas.

Los documentos legales que se revisaron fueron:

- Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (1927).
- Documento Borrador: Análisis Técnico del Proyecto de Ley General de Aguas (2004).
- Análisis del Marco político-legal sobre recursos hídricos en Honduras (2004).
- Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento (2003).

3.3 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO

Esta parte consistió en la búsqueda de información de tres tipos: revisión de las características del acuífero de Choluteca, la cual se obtuvo en estudios del SANAA y publicaciones de SERNA; revisión de los tipos de uso de los pozos registrados en la empresa Aguas de Choluteca; y revisión de las características de los pozos perforados, que se detalla a continuación.

3.3.1 Revisión de características de pozos perforados

Las únicas fuentes confiables para obtener esta información son las empresas proveedoras del servicio de perforación de pozos establecidas en Choluteca, Maquinaria del Pacífico y SERPE, lastimosamente solo se pudo acceder a los archivos de la primera empresa.

Se obtuvo información (profundidad de perforación, diámetro de perforación y caudales disponibles) de 45 pozos perforados entre 1998 y 2005 dentro de los límites de la Ciudad de Choluteca. De estos pozos se eliminaron 4 por presentar valores extremos de profundidad; 2 por valores extremos de caudal; y 2 pozos por estar ubicados fuera de los límites del estudio.

3.3.2 Georeferenciación de pozos

Se tomaron las coordenadas UTM de todos pozos registrados en la empresa Aguas de Choluteca mediante la identificación en los planos digitales a un nivel de precisión indefinido. Solamente los pozos muestreados para el análisis de calidad física se georeferenciaron con un Garmin ® GPS Modelo V con un nivel de precisión horizontal de ± 6 mts en el sistema de coordenadas NAD27.

Para medir la altura sobre el nivel del mar de los pozos, se interpolaron las alturas con base en un mapa de curvas a nivel cada 20 metros en escala 1:50,000.

3.4 ANÁLISIS DE CALIDAD FÍSICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En un principio se tenía como objetivo realizar análisis químico, bacteriológico y físico a las muestras de agua subterránea, pero por falta de materiales, equipo y presupuesto, únicamente se midieron parámetros físicos. Las dos actividades principales fueron:

3.4.1 Definición y selección de la muestra

Según el listado de pozos de la empresa Aguas de Choluteca, al momento del estudio se tenían registrados un total de 368 pozos privados en toda la Ciudad, de los cuales 341 se encuentran entre los cauces de los ríos Choluteca y Sampile, los cuales se tomaron como la población total N. Con esta información se procedió a seleccionar la muestra de la forma siguiente:

N = Población N = 341 pozos registrados en Aguas de Choluteca dentro del área de estudio

Se = Error estándar se = 5% = 0.05

V = Varianza

$$V = se^2 = (0.05)^2 = 0.0025 \quad [1]$$

s² = Desviación Estándar

$$s^2 = p * q = 0.5 (1-0.5) = 0.25 \quad [2]$$

n' = Muestra sin ajustar

$$n' = \frac{s^2}{V} = \frac{0.25}{0.0025} = 100 \quad [3]$$

n = Muestra ajustada

$$n = \frac{n'}{1 + (n'/N)} = \frac{100}{1 + 100/341} = 78 \quad [4]$$

Una vez establecido el tamaño de la muestra se procedió a la selección de los pozos a muestrear dentro del listado proveído por Aguas de Choluteca mediante el uso de una tabla de números aleatorios y luego se ubicaron los pozos en los planos de la Ciudad para su posterior visita, análisis y georeferenciación.

3.4.2 Análisis de calidad física

A finales del mes de mayo se visitaron los pozos seleccionados para analizar la calidad física del agua subterránea. En cada uno de los pozos se tomó una muestra de agua para los respectivos análisis de pH, temperatura, conductividad, total de sólidos disueltos y salinidad, los cuales se realizaron con un “Medidor Portátil de Multiparámetros” marca HACH® Modelo sension™ 156; y turbidez con un turbidímetro portátil marca Orbeco-Hellige® Modelo 966.

En algunos casos el agua se sacó por bombeo directamente de los pozos y en otros del tanque de almacenamiento. Para los casos en que no se pudo tomar la muestra por no poder acceder al pozo seleccionado, se optó por visitar el pozo inmediatamente más cercano.

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

Con la clasificación de los pozos por tipo de uso, obtenida en la empresa Aguas de Choluteca, e información secundaria sobre demanda de agua según tipo de uso, del SANAA, se determinó la tasa de extracción anual de agua del acuífero.

La capacidad del acuífero se midió de dos maneras: con los rendimientos de los acuíferos según estudios hidrogeológicos de la zona; y con los caudales disponibles registrados en los pozos perforados dentro de la Ciudad de Choluteca.

Se corrieron modelos de regresión para verificar si existe alguna relación entre diámetro y profundidad de perforación y caudal disponible de los pozos.

Los datos espaciales de calidad de agua y las características físicas de los pozos se analizaron mediante el uso del software de modelación, “ArcView 3.2”, específicamente las funciones de Análisis Espacial (Spatial Analyst) y Análisis en 3D (3D Analyst), de la Unidad de Sistemas de Información Geográfica de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Con el software se elaboraron mapas de puntos de contaminación física, análisis de distancias entre pozos y perfiles topográficos de las relaciones entre profundidad de perforación y dirección de la pendiente y entre caudales y dirección de la pendiente entre otros.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DEL MARCO JURÍDICO Y LEGAL

4.1.1 Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (1927)

Propiedad del Agua: la Ley vigente establece que el dominio pleno del recurso hídrico depende de la propiedad del terreno. El agua es propiedad del Estado si ésta se encuentra o corre por terrenos públicos o del Estado, mientras que es propiedad privada si lo hace por terrenos privados, como lo establecen los artículos 2 y 3.

Organismos Encargados: según el artículo 73 de esta Ley, toda contrata relativa al aprovechamiento de aguas nacionales debe presentarse ante el Ministerio de Fomento, Agricultura y Trabajo que luego pasó a otros organismos para finalmente ser traspasado a la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente en 1996.

Aprovechamiento de Aguas Subterráneas: esta Ley establece en el artículo 12 que todo propietario puede abrir pozos para uso doméstico dentro de los terrenos de su propiedad y las distancias que debe guardar entre pozo y pozo dentro de una población es de tan solo 2 mts, y de 15 mts en el campo.

Canon por el aprovechamiento: la Ley vigente en el artículo 28 establece que se deben pagar indemnizaciones para el abastecimiento de poblaciones cuando se excedan los 20 lts/día por habitante, aunque no especifica el monto de la indemnización.

Según el decreto 83 de 1932 de reformas a los artículos 40 y 48 de la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales, se cobrará un canon para el uso de agua en riego agrícola entre 10 ¢ hasta \$ 3.00 por hectárea dependiendo del cultivo.

Sanciones: en lo que se refiere a sanciones y suspensiones de aprovechamientos de agua, la Ley vigente únicamente establece que suspenderá obras en construcción que amenacen obras preexistentes y aprovechamientos que contaminen las fuentes de agua, esto se puede observar en los artículos 13 y 61 de la misma.

4.1.2 Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento (2003)

Esta Ley, la última aprobada en materia de agua, aprobada por el Congreso en el 2003, a criterio del Autor, no cuenta con los lineamientos suficientes para la gestión del recurso hídrico subterráneo para uso humano.

Propiedad del Agua: según el Artículo 4, todo recurso hídrico, superficial o subterráneo, que sirva para el abastecimiento de agua para consumo humano o descarga de alcantarillados es propiedad de las municipalidades.

Protección del Recurso Hídrico: A pesar de que menciona en el Artículo 2, Capítulo I, la necesidad de establecer un marco de gestión ambiental, tanto para la protección y preservación de las fuentes de agua, como para el saneamiento y el manejo de descargas de efluentes; su enfoque está dirigido hacia las fuentes de agua superficiales y no a las aguas subterráneas.

Calidad del Agua: En lo que respecta a la calidad del agua y por ende la contaminación de las fuentes; y a la preservación del recurso; en los Artículos 30 y 31, Capítulo VII establece que es obligación de los prestadores de servicio de agua potable y saneamiento, velar por la calidad del agua y preservar “las fuentes de agua en cuencas, sub-cuencas y microcuencas”.

Tarifa: En la Ley, en el inciso 2 del Artículo 34, Capítulo VIII, establece que la tarifa debe tomar en cuenta los objetivos sanitarios, sociales y ambientales vinculados a la prestación de los servicios; en el inciso 3 del mismo artículo dice: “[El régimen tarifario] reflejará los costos reales de los servicios, incluyendo los costos de operación de toda la gestión integral y los márgenes de beneficio para el operador y en los casos que corresponda, se incorporarán los costos de inversión y gastos conexos de capital”.

Respecto a los párrafos anteriores, se puede observar que existía una incoherencia dentro de la misma ley, entre las tarifas y la protección del recurso hídrico: sin una tarifa donde se incluyan los costos de protección ambiental los prestadores del servicio no podrán asumir la obligación de velar por la calidad y protección del recurso ya que no tendrán los recursos económicos suficientes para estas actividades. Esta situación es corregida en el Reglamento de la Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento, en el inciso c) del artículo 50 que dice: “c) debe tomarse en consideración los costos por tareas de protección ambiental en las secciones y recorridos de las cuencas de donde toman el agua y realizan el vertido”.

Sanciones: Este instrumento establece sanciones para los usuarios del servicio de agua potable y saneamiento, específicamente en lo que respecta a la contaminación por aguas

residuales (Artículo 54 del Reglamento de la Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento).

4.1.3 Borrador de la Ley General de Aguas (última revisión 2004)

La Comisión Ordinaria de Medio Ambiente con el apoyo técnico de la Plataforma de Agua de Honduras publicaron en 1999 el documento borrador: Análisis Técnico del Proyecto de Ley General de Aguas, cuya última versión (2004) aún no ha sido sometida a discusión en el Congreso.

Propiedad: según el Artículo 38 todas las aguas son de dominio público nacional y el uso, explotación y cualquier forma de aprovechamiento será regulado y administrado o concesionado por el Estado en la forma que señale esta Ley.

Creación de Organismos e Instituciones: el Sr. Andrei Jouravlev, oficial para asuntos económicos en la División de Recursos Naturales e Infraestructura (DRNI) de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en su presentación “El Activo Agua: gestión, administración, cuencas y mercado” durante el Seminario 2005 de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente desarrollado en las instalaciones del BCIE, expuso que la tendencia sobre la gestión del recurso hídrico en nuestros países debe ir hacia la creación de distintos organismos e instituciones que se encarguen de administrarlo.

Respecto a esto, el borrador de la nueva ley busca crear una serie de organismos e instituciones especializados en la gestión del agua, siendo el más importante de todos la Autoridad del Agua, como se puede observar en el Artículo 12 de la misma.

La Autoridad del Agua viene a actuar como el ente encargado de proteger y administrar los recursos hídricos nacionales, no de una manera centralizada sino proveyendo los recursos necesarios para regular su uso y aprovechamiento, su distribución y control, así como su protección, restauración, desarrollo, conservación, renovación y mejoramiento.

Además de la Autoridad del Agua se establecerán “Consejos de Gestión de Aguas Subterráneas” (Artículo 25) los cuales tienen como función la aprobación, evaluación y ejecución de los planes hídricos y de la gestión del recurso, estarán conformados por el Gobierno, la sociedad civil y privada.⁵

Otro punto importante que establece la nueva Ley es sobre la creación del Catastro General de Obras y Recursos Hídricos (Artículo 114) y del Registro Público de Aguas (Artículo 117), instituciones que hasta la fecha no existen, por no estar decretadas bajo ninguna ley vigente. Esto servirá para tener un mejor control sobre el uso y

⁵ Con base en el borrador de la Ley General de Aguas, Artículos 23 al 25, Capítulo II, Título I, 2004.

aprovechamiento del recurso hídrico para controlar y prevenir problemas de sobreexplotación o contaminación del mismo.

Aguas Subterráneas: en lo que respecta a legislación de aguas subterráneas, el borrador de la nueva Ley, en el Capítulo V, Título V, establece los lineamientos para el aprovechamiento de estas aguas como se presenta en los siguientes párrafos.

Todo aprovechamiento de las aguas subterráneas estará sujeto a los estudios e investigaciones, planes reguladores y mapas de zonificación hídricos para mantener el balance hídrico; estos estudios estarán sujetos a un permiso previo otorgado por la Autoridad del Agua.

Una vez finalizados los procesos de perforación, el responsable debe entregar a la Autoridad del Agua el informe hidrogeológico del pozo, la prueba de bombeo y los estudios pertinentes sobre cantidad, calidad y características físico químicas del agua; su uso y aprovechamiento.

En el registro público de aguas se llevará igualmente el registro de los pozos de extracción y de los brotes de agua del subsuelo, para conocer el comportamiento de los acuíferos, y en su caso regular su explotación, uso o aprovechamiento.

Esta nueva ley prohíbe la extracción de aguas subterráneas de zonas de protección y reservas, zonas sobreexplotadas, zonas susceptibles a contaminación e intrusión salina y zonas de recarga.

Canon por el Aprovechamiento del Agua Subterránea: La nueva Ley también establece el pago de un canon por el uso y aprovechamiento del agua superficial y/o subterránea el cual dependerá del tipo de uso y de la cantidad utilizada (Artículo 81) aunque no está reglamentado como se definirán los montos a cobrar.

Sanciones, Infracciones y Suspensión del Derecho Uso: La nueva ley establece en varios artículos los lineamientos para la suspensión y pérdida de derechos de aprovechamiento (Título V, Capítulo IV), las cuales se pueden dar por razones de prevención y preservación de fuentes y calidad de agua o por el no cumplimiento de la Ley.

De igual manera establece los lineamientos sobre las infracciones y sanciones por el no cumplimiento de la ley o por contaminación de los acuíferos (Título VIII, Capítulo II).

4.1.4 Otros Instrumentos Legales

Según el artículo 17 de la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales, es necesario establecer un contrato con el Gobierno para el aprovechamiento de las aguas nacionales,

dedicadas a empresas de interés público y privado. A partir de esto el Gobierno decretó la creación de la Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH) adscrita a la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).

Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente: según el Decreto Ejecutivo No. PCM-008-97 de fecha 2 de junio de 1997, compete a la Secretaria de Recursos Naturales Ambiente la administración y control de los recursos hídricos, la protección y manejo ordenamiento de las cuencas hidrográficas, la ejecución y evaluación de programas para este fin; así como la expedición de normas técnicas que orienten los procesos de utilización de los suelos, aguas y demás recursos naturales.

Dirección General de Recursos Hídricos⁶: bajo el Marco de la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales, Decreto Ejecutivo No. 218-96 y el Decreto Ejecutivo 1089-97 la Dirección General de Recursos Hídricos es la dependencia de la SERNA encargada de la gestión integrada de los recursos hídricos del país, y de planificar, dictaminar y supervisar las concesiones de agua que el Estado confiere a las personas naturales o jurídicas que solicitan su aprovechamiento para las diferentes actividades. Entre sus funciones se encuentran:

- Otorgar derechos de uso y aprovechamiento de agua a los interesados, después de realizar las investigaciones pertinentes sobre la utilización de la fuente.
- Otorgar permisos y derechos para exploración, perforación y explotación de aguas subterráneas de acuerdo con lo previsto en la Ley de Aguas.
- Percibir y administrar el canon por el uso de aguas y las multas de acuerdo a lo previsto en la Ley General de Aguas.

Para el otorgamiento del derecho de aprovechamiento de recursos hídricos se utiliza un instrumento legal llamado “Contrata de Aprovechamiento de Aguas Nacionales” en el cual se establecen los derechos y obligaciones que otorga y exige el Gobierno de la República al solicitante en relación al uso y preservación del recurso hídrico. Para obtener este permiso se debe presentar una solicitud con los siguientes requisitos:

1. Solicitud de Aprovechamiento del Recurso Hídrico dirigida al Secretario de Estado de Recursos Naturales y Ambiente a través de apoderado legal.
2. Carta Poder del representante legal.
3. Copia de escritura de sociedad o persona individual ejecutora.
4. Copia de escritura de propiedad del predio donde se realizara el aprovechamiento.
5. Copia del plano de ubicación del proyecto.
6. Descripción técnica del proyecto (incluyendo planos).
7. Ubicación del proyecto en hoja cartográfica.
8. Acuerdo de la aldea, municipio, junta de agua o patronato en el caso de usar la misma fuente de agua; este deberá estar debidamente autenticado.
9. Fotografía del lugar donde se realizará la extracción de agua.

⁶ Dirección General de Recursos Hídricos. 2005. Disponible en www.dgrh.gob.hn Consultado última vez: 25 de septiembre de 2005.

10. Autorización autenticada por el propietario del lugar donde se tomará el agua y donde pasará la tubería en caso de ser propiedad privada.
11. Estudio hidrológico o hidrogeológico según el caso de aprovechamiento (consultar a la DGRH la aplicación de este requisito).
12. Cantidad de agua solicitada según la demanda del proyecto.

4.1.5 Comparación e Incoherencias entre los Instrumentos Legales

Dominio de Propiedad: esta es una de las principales incoherencias entre los instrumentos legales revisados en el presente Estudio (cuadro 2), ya que cada ley establece un dominio de propiedad diferente, esto se debe a que los objetivos de cada una son distintos y no hay un instrumento sobre ellas que defina su grado de importancia:

Cuadro 2. Incoherencias en la propiedad del recurso hídrico.

Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (1927)	Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento (2003)	Borrador nueva Ley General de Aguas (revisión 2004)
El dominio del recurso depende de la propiedad del terreno: Es público (del Estado) si se encuentra o corre por terrenos públicos o del Estado. (Artículo 2) Es privado: Si se encuentra o corre por terrenos privados. (Artículo 3)	El recurso hídrico que sirva para el abastecimiento para consumo humano o para descarga de alcantarillado es propiedad de las municipalidades. (Artículo 4)	Todas las aguas son de dominio público nacional. (Artículo 38)

Fuente: Elaboración propia.

Gestión del Recurso Hídrico: Al igual que el dominio de propiedad, los organismos encargados de gestionar el recurso son distintos para cada ley, aquí se ve la importancia de que exista una Autoridad del Aguas que tenga potestad para poder intervenir sobre los otros organismos e instituciones (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Incoherencias en la gestión del recurso hídrico.

Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (1927)	Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento (2003)	Borrador nueva Ley General de Aguas (revisión 2004)
El organismo encargado de gestionar el recurso hídrico es el Ministerio de Fomento, Agricultura y Trabajo. (Artículo 73)	A nivel nacional los encargados son el Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento (CONASA) y el Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento. (Capítulo III) A nivel local los encargados de gestionar el recurso hídrico son los prestadores del servicio de agua potable y saneamiento, sean municipalidades o juntas de agua. (Capítulo VII)	El máximo ente nacional es la Autoridad del Agua. (Artículo 12) A nivel regional son los Consejos de Gestión de Aguas Subterráneas. (Artículo 25)

Fuente: Elaboración propia.

Aprovechamiento de Aguas Subterráneas: A nivel de aguas subterráneas el marco legal vigente es bastante escueto. La Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales sólo contiene un artículo referente al tema y la Ley de Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento no hace ninguna diferenciación entre el recurso hídrico superficial y el subterráneo. Mientras que el borrador de la nueva Ley General de Aguas establece criterios completos sobre el uso de agua subterránea establecidos en el Capítulo V, Título V de la misma.

Cuadro 4. Incoherencias en el aprovechamiento de aguas subterráneas.

Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (1927)	Borrador nueva Ley General de Aguas (revisión 2004)
Todo propietario puede abrir pozos para uso doméstico dentro de los terrenos de su propiedad y lo puede hacer a distancias no menores de 2 mts entre sí o entre pozos y otras fuentes de agua dentro de poblaciones; y no menores de 15 mts en el campo. (Artículo 12)	Las distancias entre pozos y otras fuentes de agua dependerán de estudios hidrogeológicos e investigaciones. (Artículo 86)

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente para permitir la perforación de pozos la DGRH solicita un estudio hidrológico o hidrogeológico según el caso de aprovechamiento, aunque aún no está definida legalmente la autoridad de la DGRH sobre la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales.

A manera de comparación se puede observar que el Sistema de Información Geográfica de Massachussets⁷, utiliza la siguiente fórmula para calcular el radio de amortiguamiento de pozos, ésta establece un radio mínimo de 400 pies lo que equivale a 122 metros de distancia entre un pozo y cualquier otra fuente de agua.

$$\text{Radio (pies)} = (32 \times \text{tasa de bombeo en GPM}) + 400 \quad [5]$$

Canon por el aprovechamiento: según Ferrera (2005), a pesar de que no está reconocido en la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales, en la actualidad la Dirección de Recursos Hídricos realiza algunos cobros por aprovechamiento del agua subterránea. En cambio, la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento establece una tarifa a los usuarios de los servicios y el borrador de la nueva Ley General de Aguas establece que el cobro dependerá del tipo de uso y de la cantidad utilizada.

Cuadro 5. Canon por el aprovechamiento del recurso hídrico.

Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (1927)	Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento (2003)	Borrador nueva Ley General de Aguas (revisión 2004)
Se deberá pagar una indemnización cuando se excedan los 20 lts/día por habitante en lo que refiere al abastecimiento de agua potable. (Artículo 28) El canon para uso agrícola varía entre 10 ¢ y \$. 3.00 por hectárea dependiendo del cultivo. (Artículo 48, corregido por el decreto 83 de 1932)	La tarifa reflejará los costos reales de los servicios, incluyendo los costos de operación de toda la gestión integral y los márgenes de beneficio para el operador además de los costos por tareas de protección ambiental en las secciones y recorridos de las cuencas de donde toman el agua y realizan el vertido. (Artículo 2 de la Ley Marco y Artículo 50 del Reglamento de la Ley Marco)	El canon dependerá del tipo de uso del agua y de la cantidad utilizada. (Artículo 81)

Fuente: Elaboración propia.

⁷ MassGIS. DEP Wellhead Protection Areas. Junio 2005.

Sanciones, Infracciones y Suspensiones: Las sanciones varían dependiendo del instrumento legal aplicado. Actualmente la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales presenta fuertes debilidades respecto a este tema, ya que no es lo suficientemente estricta, lo cual permite el mal uso, la sobreexplotación y la contaminación del recurso hídrico.

Cuadro 6. Incoherencias en las sanciones, infracciones y suspensiones.

Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (1927)	Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento (2003)	Borrador nueva Ley General de Aguas (revisión 2004)
La Ley suspenderá obras de construcción que amenacen obras preexistentes y aprovechamientos que contaminen las fuentes de agua. (Artículos 13 y 61)	Esta Ley sancionara a los usuarios del servicio de agua potable y saneamiento que contaminen a través de aguas residuales. (Artículo 54 del Reglamento de la Ley Marco)	La Ley suspenderá los aprovechamientos para prevenir el agotamiento de las fuentes y para preservar la calidad del recurso, así como por el no cumplimiento de la Ley. (Capítulo IV, Título V) Además, sancionará a quienes no cumplan la Ley y quienes contaminen los acuíferos. (Capítulo II, Título VIII)

Fuente: Elaboración propia.

Deficiencia General del Marco Legal: A nivel general, ninguna ley contiene parámetros que regulen o incentiven sobre el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico, con lo cual lo único que se fomenta es el uso acelerado y descontrolado de los mismos. Si se promoviera la productividad tomando como común denominador el agua, las empresas tomarían acciones al respecto y buscarían opciones para darle mejor uso al recurso; de igual forma, si se promoviera el uso racional del recurso, personas privadas no tomarían grandes cantidades de agua que permitan el desperdicio, por ejemplo, perforarían pozos de menor diámetro.

4.1.6 Ordenanzas Municipales

Según González (2005), en la Alcaldía de Choluteca, hasta la fecha no se han decretado ordenanzas municipales que regulen el uso o la protección del agua subterránea, solamente se han regulado aprovechamientos de aguas superficiales.

4.1.7 Procedimiento para la perforación de pozos en el municipio de Choluteca

Según una entrevista con el Ingeniero Pedro González (2005), Director de la UMA de Choluteca, el proceso que se debe seguir para proceder con la perforación de un pozo en la Ciudad de Choluteca es el siguiente:

- 1° Selección del sitio de perforación.
- 2° Inspección del sitio de perforación por parte la UMA (dominio de propiedad del predio). El inspector observa que el pozo no se encuentra cerca de posibles contaminantes (i.e. letrinas) o pozos y que de preferencia se sitúe en un lugar con cobertura vegetal. También se revisa la documentación de propiedad del lote donde se realizará la perforación. El costo de la inspección es de L. 200.00 y el documento que ampara el visto bueno de la UMA se llama Constancia Ambiental.
- 3° Una vez aprobado el sitio, se procede a la perforación del pozo por parte de la empresa perforadora la cual debe presentar un informe de la perforación y del costo de la misma.
- 4° Se realiza el cobro por el permiso de apertura del pozo que equivale a un 12% del costo de la perforación.
- 5° Inscripción del pozo en Aguas de Choluteca para que se registre y se proceda al cobro anual por extracción de agua subterránea, que va desde L. 200.00 anuales para pozos residenciales; L. 500.00 para públicos; L. 1,000.00 para pozos comerciales; y, L. 1,500.00 para pozos industriales.

El dinero recaudado por estos cobros pasa a formar parte del presupuesto de la Alcaldía Municipal, ya que la UMA no tiene su propio presupuesto.

Lagunas en el procedimiento para la perforación de pozos: En contraposición con la solicitud que se debe presentar a la DGRH para obtener el permiso de aprovechamiento de aguas nacionales y el procedimiento actual se pudieron identificar los siguientes puntos débiles en el proceso:

- En la mayor parte de los casos no se presenta la solicitud de aprovechamiento.
- No se realiza ningún estudio hidrológico de la zona de perforación.
- A pesar de que en la inspección para la Constancia Ambiental se observa la distancia del nuevo pozo con puntos de contaminación u otros pozos, no existe un manual de procedimientos en la inspección que establezca los límites de distancias por lo cual esta se realiza de una manera muy subjetiva.
- No existen Ordenanzas Municipales que obliguen a los usuarios a proteger sus fuentes de agua.
- No existe un contrato donde se establezcan las facultades, derechos y obligaciones del usuario y los límites del contrato de usufructo (cantidad de agua solicitada).
- Una vez perforado el pozo se debería entregar una copia del informe de perforación a las autoridades respectivas, además se debe georeferenciar el pozo e incluir las coordenadas en el informe.

- Es necesario revisar los cánones actuales para ver si representan el valor real de la explotación del recurso hídrico subterráneo, ya que a la fecha estos cobros no hacen referencia a los volúmenes extraídos, lo cual permite el desperdicio del agua.

4.2 EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO

Según la Secretaría Recursos Naturales y Ambiente – SERNA – (2004) para el conocimiento del sistema subterráneo es necesaria gran cantidad de información hidrogeológica que combine información de la geología, litología, estratigrafía e hidrografía de los terrenos para la conexión entre los sistemas superficial y subterráneo. Además, la teoría de la hidráulica subterránea depende básicamente de dos parámetros físicos: la permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento.

Según un estudio intensivo de 2,000 km² en la planicie aluvial del río Choluteca efectuado por la compañía japonesa Nipón Koil cc en 1980 (1991; citado por SANAA) en la Ciudad de Choluteca existen dos tipos de acuífero:

- Aluvión del Río Choluteca: Este depósito se encuentra en la margen derecha del río y se extiende a la zona de Santa Marta en la margen izquierda al Noroeste de la ciudad. Tiene un ancho aproximado de 500 mts. por 1000 mts. de longitud, su espesor disminuye hacia adentro de la ciudad. El aluvión esta integrado por grava gruesa de permeabilidad alta, susceptible a la contaminación desde la ciudad. En ésta área se pueden encontrar rendimientos que van desde los 50 GPM hasta los 150 GPM.
- Rocas volcánicas: Acuífero integrado de tobas y riolitas de la Formación Padre Miguel, su permeabilidad es más baja que el aluvión y sus rendimientos por lo tanto más bajos entre 15 GPM y 50 GPM, lo cual multiplicado por los 341 pozos identificados representaría una demanda potencial total de 5,115 GPM a 17,050 GPM.

Actualmente en la Ciudad de Choluteca no existen puntos de control para el monitoreo del acuífero, en la ciudad de Choluteca, sin tomar en cuenta la parte urbana al norte del río Choluteca, tiene una superficie entre 12 Km² y 13 Km² de área urbanizada. Según Alvarado (2000), dependiendo de los objetivos del estudio, como promedio se considera adecuado la densidad de un punto inventariado cada 4 cm² del mapa base del estudio (escala 1:50,000) a modo de primera aproximación, esto equivale al establecimiento inicial de entre 12 a 15 pozos exploratorios para medir cambios en los niveles dinámico y estático del agua y de calidad de la misma.

4.2.1 Puntos de Extracción de Agua

A parte de los 368 pozos registrados en Aguas de Choluteca se identificaron 65 posibles pozos dentro de la Ciudad. El siguiente paso es que un inspector de la Empresa revise la existencia de estos pozos, y si es así se proceda a agregarlos a los registros (Ver Anexo 3).

Según Alvarado (2000), durante un inventario de pozos, los datos que se deben recabar y las mediciones que se deben realizar en campo son las siguientes: nombre del propietario, ubicación geográfica (Departamento, Municipio); ubicación exacta del punto, con sus correspondientes coordenadas y cota; uso del pozo; profundidad del nivel estático; profundidad del nivel dinámico; caudal de producción; tiempo de bombeo; características del pozo (profundidad, diámetro, profundidad de los filtros, columna litológica) y conductividad eléctrica del agua.

Con la muestra de 37 pozos perforados por la empresa “Maquinaria del Pacífico” (error = 7.2 %) se midieron las siguientes variables: nombre del propietario, ubicación, y características de los pozos (profundidad, diámetro de perforación y caudal disponible); como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Características de los pozos perforados en la Ciudad de Cholulteca.

Parámetro	Media	Valor Mínimo	Valor Máximo	Varianza	Desviación Estándar
Profundidad Pozos (mts)	65.22	26	99	327.73	18.10
Diámetro (pulgadas)	7.65	4	10	4.37	2.09
Caudal Disponible (GPM)	37.46	8	100	606.37	24.62

Nota: Los datos individuales para cada pozo se pueden ver en el Anexo 4.

Fuente: Elaboración propia.

Profundidad: La profundidad de los pozos está definida principalmente por la profundidad a la cual se encuentre el agua, pero después de este nivel, la profundidad está definida por: a) cuanto quiera el dueño seguir profundizando, que depende de factores económicos y del uso que se le dé al pozo; b) por cuanto se puede profundizar, que depende de la naturaleza de la roca o de la capacidad de la maquinaria de perforación; y c) por el nivel en el que el caudal extraído se mantiene estable, que depende de la naturaleza y capacidad del acuífero.

Se puede observar que no hay perforaciones a menos de 25 mts, profundidad a la que no se encuentran caudales considerables de agua; y que existen similares porcentajes entre las otras clases, como lo muestra el cuadro 8.

Cuadro 8. Estratificación de pozos según profundidad.

Profundidad (mts)	# de Pozos	%
0-25	0	0.00
26-50	8	21.62
51-75	15	40.54
76-100	14	37.84
Total Muestra	37	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro: El diámetro de los pozos está definido por el tipo de uso que se le va a dar y por el volumen de agua requerido. Es importante mencionar que existen dos diámetros, el de ademe y el de perforación. El primero, es el diámetro del entubado interno; el segundo, es el diámetro de la perforación que depende del tamaño de la broca, generalmente es de 2" a 4" mayor que el diámetro de ademe.

Los diámetros más comunes son entre 8" y 10", esto puede ser debido a que se espera extraer cantidades mayores de agua, como se ve en el cuadro 9.

Cuadro 9. Estratificación de pozos según diámetro de perforación.

Diámetro de Perforación (pulgadas)	# de Pozos	%
2-4	5	13.51
4-6	7	18.92
6-8	6	16.22
8-10	19	51.35
Total Muestra	37	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del cuadro anterior también muestran que al no haber castigos económicos por tener pozos grandes, la gente prefiere pagarle más a la empresa proveedora del servicio de perforación por un pozo de 8" o 10" que por uno de 4" o 6", pero con la seguridad de que van a tener suficiente agua para su consumo y actividades.

Caudal Disponible: Acompañado de la perforación viene una prueba de bombeo constante que dura el tiempo que tome finalizar el pozo, con esto se estima el rendimiento del pozo.

El siguiente cuadro muestra los rendimientos de los 37 pozos muestreados que fueron perforados entre 1998 y 2005. Como se ve casi la mitad de ellos (48.65%) tienen rendimientos bajos menores a 25 GPM.

Cuadro 10. Estratificación de pozos según caudal.

Caudal (GPM)	# de Pozos	%
0-25	18	48.65
26-50	12	32.43
51-75	4	10.81
76-100	3	8.11
Total Muestra	37	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la información anterior se tiene un promedio ponderado de 33.64 GPM con lo cual la demanda potencial total sería 11,471 GPM. En el siguiente cuadro se puede observar la comparación de las demandas potenciales según los distintos métodos de estimación.

Cuadro 11. Estimación de demandas potenciales de agua subterránea.

Método de Estimación*	Demanda/pozo (GPM)	Demanda/Total (GPM)
Estudio Nipón Koil cc (Rendimientos mínimos)	15	5,115
Estudio Nipón Koil cc (Rendimientos máximos)	50	17,050
Media aritmética (cuadro 7)	37.46	13,111
Media ponderada (cuadro 10)	33.64	11,471

* Lo anterior suponiendo que no existe ningún efecto negativo entre un pozo y otro y que la tasa de recarga del acuífero es igual a la tasa de extracción, por lo cual los rendimientos de los pozos se mantienen.

Fuente: Elaboración propia.

Relaciones entre Profundidad, Diámetro y Caudal: Con los datos obtenidos en la muestra se puede ver que no existe fuerte relación entre la profundidad y el diámetro de los pozos y el caudal disponible, como se muestra en los gráficos siguientes:

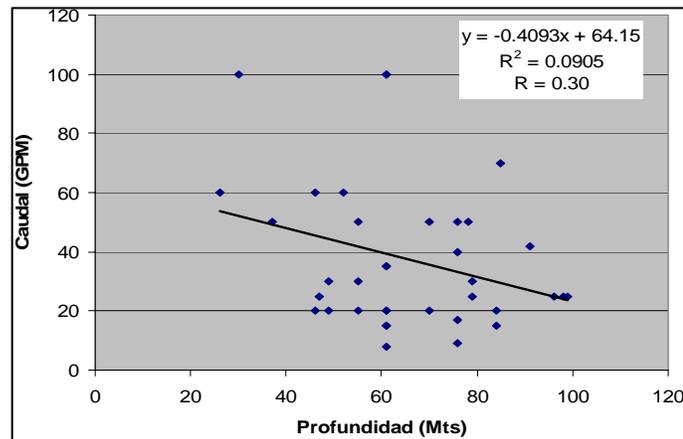


Gráfico 1. Análisis de regresión lineal entre la profundidad de perforación y caudal disponible.

Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de regresión anterior, aparentemente existe una débil relación negativa (0.30) entre la profundidad de las perforaciones y el caudal disponible, donde la profundidad explica el 9 % de los valores de caudal disponibles y por cada metro más de profundidad el caudal se reduce en 0.41 GPM.

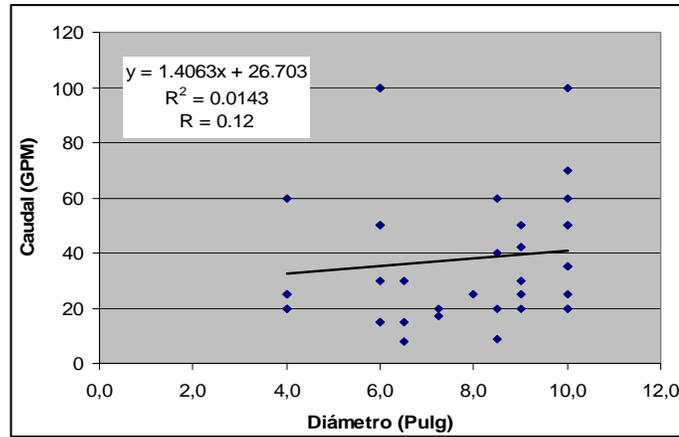


Gráfico 2. Análisis de regresión lineal entre diámetro de perforación y caudal disponible.

Fuente: Elaboración propia.

La fuerza de la relación entre diámetro y caudal disponible (0.12) es aún menor que la relación anterior. En este caso el diámetro solo explica un 1% de los valores de caudal y por cada pulgada más de diámetro el caudal aumenta 1.4 GPM.

En general, se esperaría tener una relación más marcada entre caudal y diámetro de perforación (figura 2), donde con mayor diámetro de perforación se obtenga un mayor caudal y viceversa y donde la mayor parte de los pozos se concentren en la parte media y baja, debido a la predominancia de los usos residencial y comercial de los pozos.

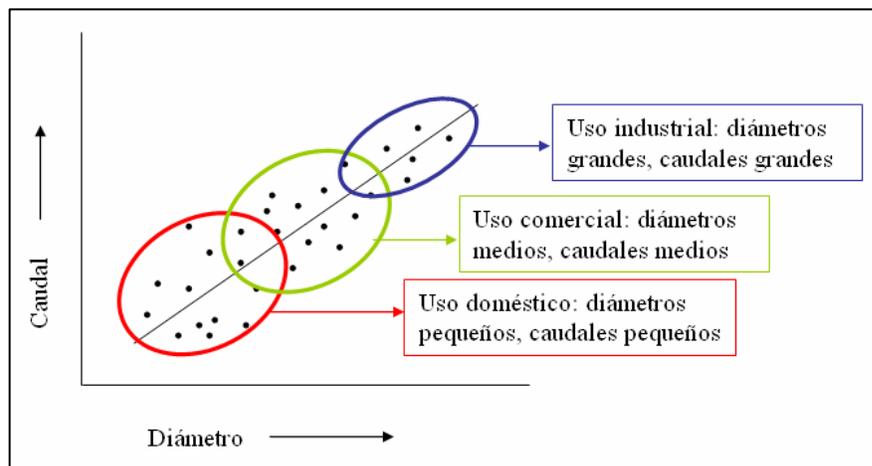


Figura 3. Diagrama de dispersión mostrando una relación ideal entre diámetro de perforación y caudal.

Fuente: Elaboración propia.

Vale la pena resaltar que muchas variables influyen en el caudal a parte de la profundidad y el diámetro de perforación, hay que tomar en cuenta factores como la transmisividad, naturaleza del acuífero y geología entre otros.

4.2.2 Uso de Agua Subterránea

La empresa Aguas de Choluteca realiza los cobros anuales por uso de agua subterránea basada en una clasificación por tipo de uso de los pozos (Cuadro 12). Lastimosamente esta clasificación se realiza muy subjetivamente con base en la experiencia de los trabajadores de la Empresa, quienes definen qué tipo de uso se le está dando al pozo por medio de visitas a los predios.

Cuadro 12. Clasificación de pozos según tipo de uso.

Uso	Pozos	%
Comercio	147	49.16
Residencia	141	47.16
Público	8	2.68
Industrial	3	1.00
TOTAL	299	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Hasta la fecha aún no existen estimados sobre la capacidad de extracción según el tipo de uso, por lo cual no se puede estimar la demanda real del recurso.

4.2.3 Análisis Espacial de los Pozos de Choluteca

Parte del análisis espacial de los datos consistió en ver en que barrios hay más pozos y en que barrios se encuentran las mayores densidades de pozos/km², los resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 13. Barrios con mayor cantidad de pozos perforados.

Barrio/Colonia	# de Pozos	Área (km²)	Densidad (pozos/km²)
Los Mangos	38	0.41	93.5
El Centro	32	0.34	93.2
Guadalupe	31	0.31	99.4
Cabañas	23	0.41	56.6
Tamarindo	17	0.20	86.7
La Libertad	17	0.53	32.3
Brisas del Sur	17	0.77	22.0
La Cruz	13	0.16	80.0
Recreo	12	0.30	39.4
Iztoca	12	1.23	7.3
La Esperanza	11	0.10	113.0
Santa Lucía	11	0.26	42.2
El Hospital	11	0.41	26.9
TOTAL	245	4.30	55.8

Fuente: Elaboración propia.

Aquí se puede ver como en 13 de los 45 barrios estudiados (28.9%), se encuentran 240 de los 341 pozos registrados (70.4%), en un área de 4.3 km², lo que equivale a sólo el 35% del área total estudiada, a una densidad promedio de 56 pozos por kilómetro cuadrado. En el siguiente mapa se observan estos barrios con sus respectivos pozos y unos círculos que representan un área buffer con un radio de 50 mts, lo que significa que si los círculos están incompletos, la distancia entre un pozo y otro es menor a 100 mts.

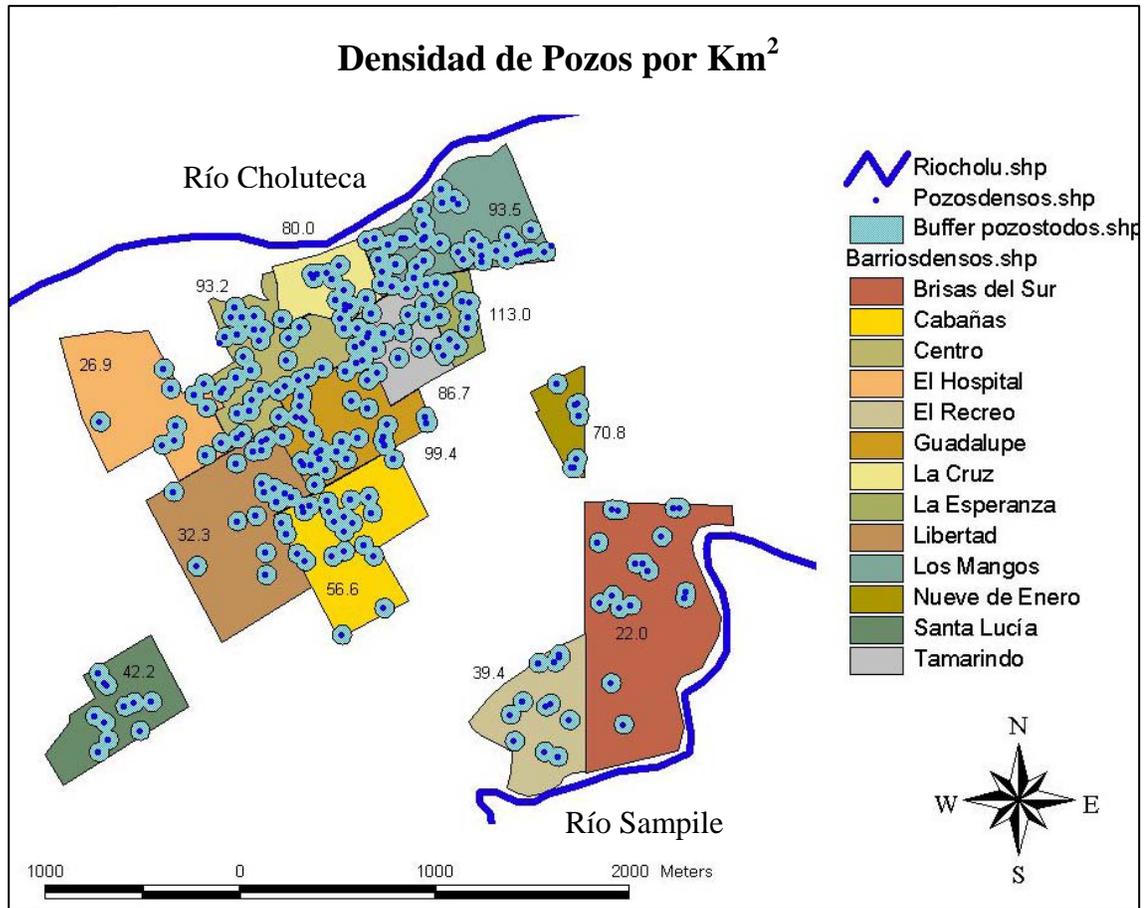


Figura 4. Densidad de Pozos por Barrio por Km².
Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Calidad física del agua subterránea

Se analizaron 76 de los 78 pozos establecidos como muestra óptima. En algunos casos que por distintas razones no se pudo analizar el pozo seleccionado se procedió a analizar el pozo inmediatamente más cercano. El resultado final de los análisis de puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Resultados de análisis de calidad física para la muestra.

Parámetro	Valor Aceptable ⁸	Media	Valor Mínimo	Valor Máximo	Varianza	Desviación Estándar
pH	6.5-8.0	6.97	6.45	7.40	0.06	0.25
Salinidad (ppm)	<1,000	3112	500	6,000	2,083,991	1,444
Conductividad (us/cm)	400	751.43	285	1,211	54,045	232.47
Turbidez (UNT)	< 5	13.67	2.3	22.0	8.00	2.83
Total de Sólidos disueltos (mg/l)	1,000	366.66	139	598	13,384	115.69

Nota: Los datos individuales para cada pozo se pueden ver en el Anexo 5.

La temperatura a la que se midieron las muestras osciló entre 30° C y 34° C.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla superior, los únicos parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos aceptables son: salinidad y turbidez; mientras que pH, conductividad y total de sólidos disueltos se mantienen dentro de los rangos aceptables.

pH: Según Caballero (2005), el pH describe la concentración de hidrogeniones (H⁺) en el agua, en aguas naturales necesitamos conocer la acidez/alcalinidad del agua, ya que ésta se relaciona con la concentración de minerales y su actividad relativa. El pH se debe mantener entre 6.5 y 8.0 para clasificar como agua potable. En todas las muestras se encuentra dentro del rango aceptable para el consumo humano de 6.45 a 7.40.

Salinidad: Según Caballero (2005) la salinidad es un parámetro que mide las concentraciones de sales en el agua y que su importancia es mayor para el riego agrícola, aunque altas concentraciones (> 3,000 ppm) afectan el sabor para el consumo humano y pueden causar enfermedades en la piel.

Estos resultados pueden indicar la existencia de intrusión salina, la cual según Marón (2004), es un fenómeno muy común en los acuíferos costeros que se da cuando el agua salada penetra hacia el interior de los acuíferos de agua dulce lo cual provoca el deterioro de la calidad de las mismas e impide su utilización.

Se puede observar que solo un 18% de los pozos tiene agua clasificada como dulce mientras que el resto se clasifica como levemente o moderadamente salada con 33% y 49% respectivamente, como lo muestra el cuadro 15.

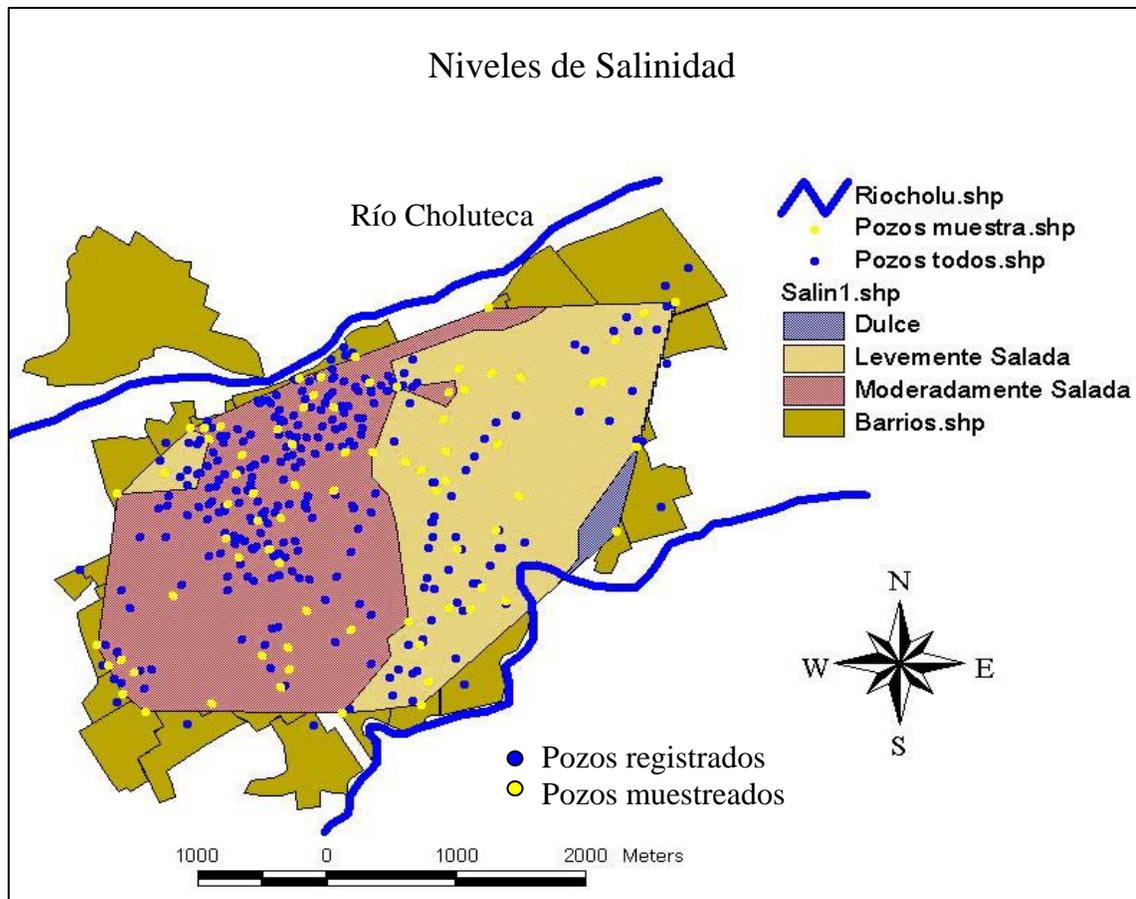
⁸ Organización Mundial de la Salud. Parámetros de calidad de Agua. 2005.

Cuadro 15. Niveles de Salinidad.

Tipo de Agua	Salinidad (ppm)	No.	%
Dulce	<1,000	14	18.42
Levemente Salada	1,000-3,000	25	32.89
Moderadamente Salada	3,000-10,000	37	48.68
TOTAL		76	100.00

Fuente: Elaboración propia.

La única región donde se obtuvo agua dulce fue al sureste de la ciudad, por los barrios María Milagrosa y Colinas; agua levemente salada se encontró, desde los barrios Los Fuertes, Aterrizaje, Nueve de Enero, Alegría, Iberia, Campo Sol y El Recreo hacia el este y en los barrios Hospital y Corbeta; mientras que en el resto de la ciudad se encontró agua clasificada como moderadamente salada; tal como se muestra en el siguiente mapa. Según Ochoa (2005), esta salinidad tiene sus orígenes en la geología del terreno y no es debido a intrusión salina.

**Figura 5.** Niveles de salinidad dentro de la ciudad de Choluteca.

Fuente: Elaboración propia.

Conductividad: Se refiere a la habilidad de una sustancia de conducir corriente eléctrica, es una función de la temperatura del agua y la concentración de iones disueltos. La conductividad puede utilizarse para calcular los Sólidos Disueltos Totales (TDS) para ello se multiplica la conductividad por un factor que varía de 0.55 a 0.96 (Caballero, 2005).

Por lo general se espera que la cantidad de iones no sobrepase los 400 us/cm. Para la muestra tomada, solamente el agua de 2 pozos (3% de la muestra) está por debajo de esos niveles, los demás resultados se pueden ver en el siguiente cuadro:

Cuadro 16. Niveles de Conductividad.

Conductividad (us/cm)	No.	%
0-400	2	2.63
400-800	36	47.37
800-1,200	38	50.00
TOTAL	76	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Turbidez: Según Caballero (2005), la turbidez mide la luz dispersada por partículas suspendidas, es una medición óptica de sedimentos suspendidos, arcilla, arena, materia orgánica, plankton y microorganismos en la muestra. Solo una muestra de agua presentó valores dentro de las normas internacionales (5 UNT), mientras que el resto presenta niveles entre 8 UNT y 22 UNT.

Total de Sólidos Disueltos: Se refiere a cualquier mineral, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Incluye cualquier cosa presente en el agua distinta a la molécula H₂O y a los sólidos suspendidos (Caballero, 2005). Todas las muestras se encuentran dentro del rango aceptable para el consumo humano (1,000 mg/lit).

4.2.5 Plan de Monitoreo del Acuífero

Según Vrba y Soblsek (1988, citado por Vargas 2000), el monitoreo del agua subterránea puede ser entendido como un programa diseñado científicamente de continua supervisión que incluye observaciones, mediciones, muestre y análisis estandarizado metodológicamente y técnicamente de variables físicas, químicas y biológicas seleccionadas con los siguientes objetivos:

- Colectar, procesar y analizar los datos sobre la cantidad y calidad de las aguas subterráneas como línea base para reconocer el estado y el grado de vulnerabilidad debido a procesos naturales y al impacto antropogénico.
- Identificar fuentes de contaminación.
- Determinar prioridades y conflictos entre los usuarios de los recursos hídricos subterráneos y otros recursos naturales.

- Proveer información para el mejoramiento en la planeación y diseño de políticas para la protección y conservación de las aguas subterráneas.

En la Ciudad de Cholulteca también es necesario establecer otros objetivos a nivel local, las cuales van a depender de las prioridades, intereses y necesidades de los usuarios y de las autoridades locales.

Además de lo anterior, el monitoreo de aguas subterráneas debe estar integrado y coordinado con el monitoreo de aguas superficiales y lluvias, así como con estudios de evaporación, clasificación de suelos, y geología entre otros, los cuales influyen en el ciclo hidrológico.

Las actividades necesarias para establecer un plan de monitoreo para el acuífero de Cholulteca son:

1. Definir un marco legal adecuado, que establezca la necesidad misma del monitoreo.
2. Fortalecer la capacidad institucional a nivel nacional y local que conduzca a la creación de una autoridad del agua y de entes encargados de administrar el acuífero coordinados con los administradores de cuencas.
3. Establecer los objetivos del monitoreo.
4. Delimitar el área del monitoreo.
5. Analizar y/o realizar estudios geológicos e hidrogeológicos, así como del sistema de flujo de las aguas subterráneas y de la calidad de la misma, que sirvan como línea base para el monitoreo.
6. Actualizar el inventario de pozos existentes.
7. Diseñar la red de monitoreo.
8. Diseñar metodología y procedimientos para los análisis.
 - Determinar frecuencia de muestreo, variables a analizar.
 - Definir el manejo de la base de datos.
9. Monitoreo.
10. Análisis de los datos.
11. Transmisión de la información a los usuarios y autoridades respectivas.
12. Implementación de medidas correctivas al marco legal y de medidas de protección y conservación.
13. Desarrollar y aplicar incentivos que fomenten el uso eficiente y productivo del agua y el acuífero.

En la siguiente página se muestra un flujograma para la implementación de un Programa de monitoreo de aguas subterráneas para la ciudad de Cholulteca.

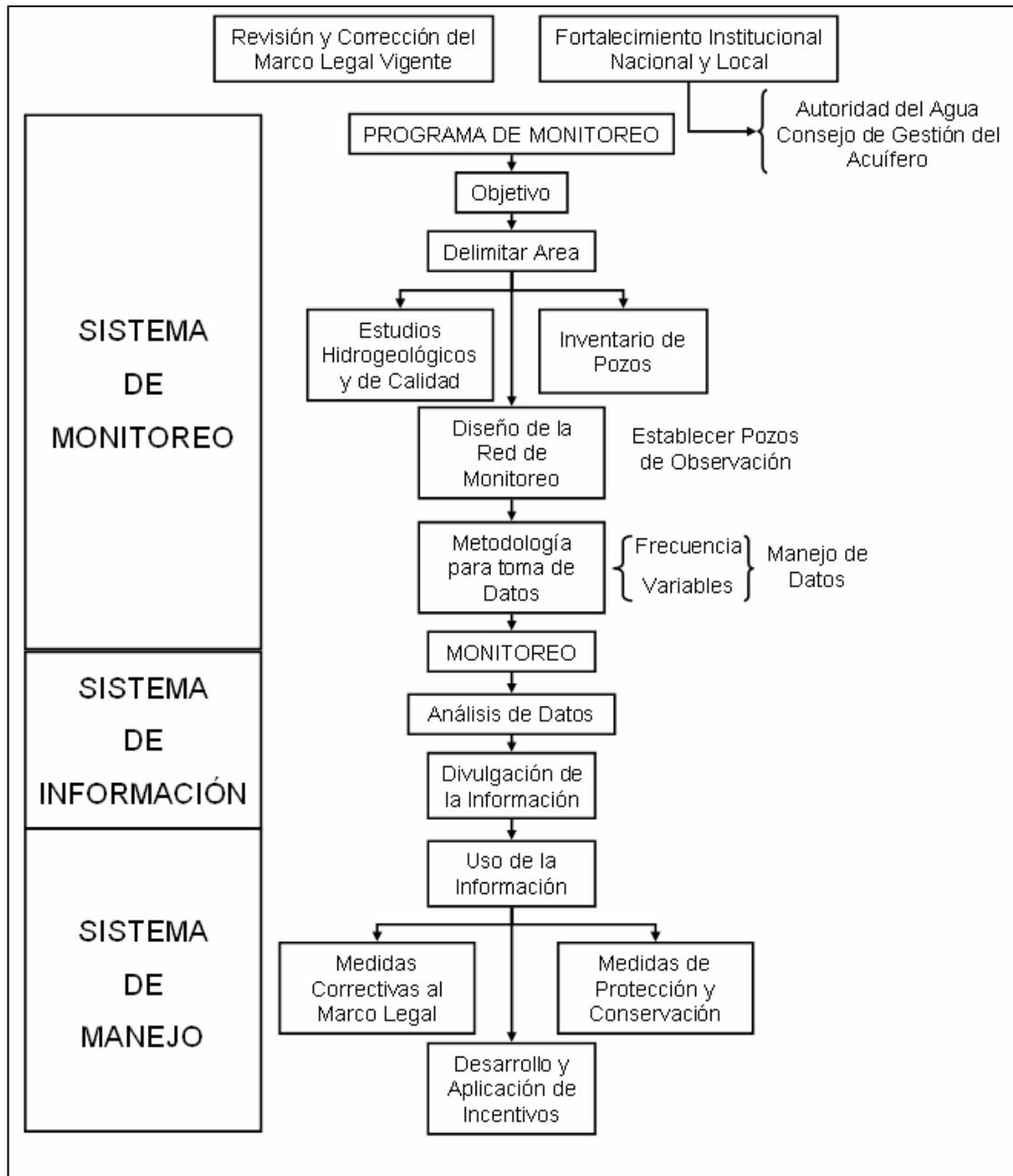


Figura 6. Flujograma para la implementación de un Programa de Monitoreo de Aguas Subterráneas. (Vrba, 1998), adaptado por el autor.

5. CONCLUSIONES

A pesar de que el presente estudio no logró medir la demanda real y sólo la demanda potencial de agua subterránea, se estimó que ésta podría llegar a ser el equivalente a casi cuatro veces la demanda de la empresa Aguas de Choluteca, 11,776 GPM comparados con 3,135 GPM respectivamente.

A partir de lo anterior se puede observar la importancia de establecer un marco legal apropiado, que como se pudo observar hasta la fecha aún existen fallas e incoherencias entre los distintos instrumentos legales, siendo las más obvias:

- El dominio de propiedad del recurso hídrico subterráneo no está definido con claridad: según la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales, su dominio depende de la propiedad del terreno; según la Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento, el dominio del agua es de las municipalidades; y según la DGRH y el borrador de la nueva Ley General de Aguas, todas las aguas son del Estado.
- El organismo encargado por gestionar el recurso hídrico subterráneo es distinto para cada instrumento legal: para la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales, la autoridad encargada era el extinto Ministerio de Fomento, Agricultura y Trabajo, aunque por decreto ejecutivo, la autoridad pasó en 1996 a la SERNA y ésta la delegó a la DGRH; por otro lado, la Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento, establece que los encargados de gestionar el recurso hídrico para abastecimiento humano son el CONASA y el Ente Regulador a nivel nacional y las municipalidades y juntas de agua a nivel local; por último el borrador de la nueva Ley General de Aguas, establece la creación de la Autoridad del Agua y de los Consejos de Gestión de Aguas Subterráneas.
- Es necesario definir los parámetros para establecer los cánones por el aprovechamiento del agua subterránea: en la actualidad es la DGRH quien realiza estos cobros aunque este instrumento no está completamente amparado por la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales, que es la ley vigente.

Las deficiencias en el marco legal han llevado a problemas de sobreexplotación y contaminación en la ciudad de Choluteca:

- Inventario de pozos no actualizado: se tienen registrados en toda la ciudad (en un área de alrededor de 14 km²) 368 pozos y según este Estudio existen otros 65 pozos no registrados de los cuales se desconoce su estado y su uso. Además no se han eliminado del registro los pozos que ya no se utilizan.

- Altas concentraciones de pozos en algunas partes del área de estudio: en 13 de los 45 barrios estudiados (35% del área total estudiada), se encuentran 240 de los 341 pozos registrados (70.4%), a una densidad promedio de 56 pozos por kilómetro cuadrado.
- Características de los pozos definidas por la capacidad económica y las necesidades del usuario: de los 37 pozos perforados 68% se encuentran a profundidades mayores de 50 mts; 50% de los pozos tiene diámetros de perforación entre 8 y 10 pulgadas; y 81% de los caudales disponibles varía entre 8 GPM y 50 GPM. Todos los pozos se han perforado sin contar con estudios hidrogeológicos para conocer la capacidad del acuífero.
- No existen fuertes relaciones entre la profundidad de perforación y el caudal ($r = 0.30$), ni entre diámetros de perforación y caudal ($r = -0.12$), cuando lo ideal sería que a mayor diámetro, mayor sea el caudal disponible.
- Calidad física del agua subterránea: de los 76 pozos analizados, todas las muestras presentaron valores dentro de los rangos aceptables para el consumo humano en lo que respecta a pH (6.5-8.0) y Total de Sólidos Disueltos (<1,000 mg/l); mientras que sólo 18.4% de las muestras clasifican como agua dulce (<1,000ppm), el resto se clasifica como levemente (1,000 ppm a 3,000 ppm) o moderadamente (3,000 ppm a 10,000 ppm) salada, 32.9% y 48.7% respectivamente; 97% de las muestras exceden los límites de conductividad eléctrica (400 us/cm); y 99% de las muestras presentaron niveles de turbidez por encima de las 5 UNT aceptables.

A pesar de que no se pudo comprobar estadísticamente, según percepciones de algunos usuarios, en los últimos años los niveles de agua han bajado de 2 a 6 metros de profundidad y algunos pozos han sido abandonados por su poca capacidad para producir agua.

Se comprobó que para hacer el análisis espacial es necesaria más información respecto a la dinámica del acuífero y a las características de los pozos perforados (nivel dinámico, nivel estático, caudales disponibles), además de la necesidad de contar con información a través del tiempo, de un plazo de 5 años en adelante, para conocer la dinámica del acuífero.

A partir de lo anterior se puede concluir que es necesario revisar el marco legal vigente y someter la nueva Ley General de Aguas a aprobación dentro del Congreso para fortalecer a las instituciones encargadas de manejar el recurso hídrico y para: a) evitar la sobreexplotación y el aprovechamiento irracional del recurso; b) evitar o disminuir los focos de contaminación y mantener la calidad del agua; y c) establecer un plan de monitoreo de aguas subterráneas para conocer la dinámica y la capacidad del acuífero.

6. RECOMENDACIONES

Es necesario hacerle ver a las autoridades del Estado, a las autoridades municipales y al sector privado la importancia de evaluar y monitorear la calidad y la cantidad de agua subterránea y hacer un reordenamiento de las extracciones para darle sostenibilidad al uso del recurso.

Es de vital importancia revisar el marco legal referente al manejo del recurso hídrico para evitar incoherencias que permitan a las instituciones satisfacer sus necesidades propias sin darle sostenibilidad al recurso. Además, se debe reforzar el marco legal en lo referente a la a sanciones y castigos, puesto que actualmente permite la sobreexplotación, el uso inadecuado y la contaminación de las fuentes de agua; también, debe incluir el uso de incentivos para promover el uso eficiente del recurso y la sostenibilidad del mismo. Por último, las modificaciones al marco legal deben contemplar la aplicación de planes de monitoreo de aguas subterráneas de acuerdo a los objetivos y necesidades de los distintos sectores en la ciudad de Choluteca.

A nivel municipal se deben formular ordenanzas para que los usuarios le den un buen uso al recurso hídrico subterráneo y para eliminar o reducir los focos de contaminación. También debe existir una ordenanza que obligue a los usuarios privados y a las empresas proveedoras del servicio de perforación de pozos a compartir la información referente a los pozos perforados y al aprovechamiento del recurso.

Esta información se debe complementar con estudios hidrológicos e hidrogeológicos especializados para los acuíferos más importantes, con el fin de medir la capacidad de los mismos y así regular la extracción del recurso, para evitar su sobreexplotación. Para el monitoreo se deben establecer de 12 a 15 pozos de observación dentro de la Ciudad para medir la calidad del agua y los cambios en los niveles estático y dinámico del agua. Además, se recomienda realizar análisis de calidad de agua bacteriológicos, químicos y físicos en laboratorios certificados para mayor confiabilidad y precisión en los resultados.

También, es necesario que la empresa Aguas de Choluteca en colaboración con otras instituciones definan las características de los tipos de usuarios y luego se debe realizar un estudio que mida la demanda de agua según cada tipo de uso con lo cual se puede estimar la demanda real del recurso.

Por último, una vez realizados los estudios anteriores, la respectiva autoridad, sea la empresa Aguas de Choluteca o la UMA de Choluteca, debe establecer parámetros técnicos sobre profundidades, diámetros de perforación y caudales de extracción permitidos, además de establecer los parámetros para regular los cánones según el uso que se le dé al recurso hídrico subterráneo.

7. BIBLIOGRAFÍA

AGUAS DE CHOLUTECA. 2002. Generalidades de la empresa Aguas de Choluteca. Choluteca, Honduras. 96 p.

_____. 2005. Listado de pozos registrados en la empresa y planos de los barrios de la ciudad de Choluteca.

ALVARADO, J. 2000. Monitoreo de Aguas subterráneas (en línea). Disponible en: <http://www.aguabolivia.org/PublicarX/GESTION/TEMA3.htm> Consultado última vez: 13 de septiembre de 2005.

CABALLERO, L. 2005. Apuntes de Clase de Manejo Integrado de Cuencas. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.

COMISIÓN ORDINARIA DE MEDIO AMBIENTE. CONGRESO NACIONAL DE HONDURAS. 2004. Documento borrador: Análisis técnico del Proyecto de Ley General de Aguas. Honduras. 38 p.

CONGRESO NACIONAL DE HONDURAS. 1997. Decreto Ejecutivo No. PCM-008-97.

_____. 1927. Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales. Honduras. 5 p.

_____. 2003. Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento. Honduras. 7 p.

DÍAZ, C; ANTÓN, D. 2002. Sequía en un Mundo de Agua. México. 411 p.

DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS HÍDRICOS. 2005. Generalidades de la Dirección General de Recursos Hídricos. Disponible en www.dgrh.gob.hn Consultado última vez: 25 de septiembre de 2005.

FAO-AQUASTAT. 2000. Estado del recurso agua para riego en Honduras (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/countries/honduras/indexesp.stm> Consultado última vez: 13 de septiembre de 2005.

FERRERA, I. 2004. Análisis del marco político-legal sobre Recursos hídricos en Honduras: Coherencias y percepciones. Zamorano, Honduras. 76 p.

GONZALEZ, P. 2005. Proceso para la perforación de pozos en la ciudad de Choluteca (Entrevista). 11 de julio de 2005. Honduras.

GONZALEZ, F. 2005. Introducción al Análisis Espacial (entrevista). 19 de septiembre de 2005. Proyecto Iniciativa del Yeguaré. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.

INE. 2001. V Censo de Población y XVI de Vivienda (en línea). Disponible en: <http://www.ine-hn.org/censo%202001/menu1.html> Consultado última vez: 13 de septiembre de 2005.

JONSON DIVISION INC. 1975. El Agua Subterránea y los Pozos. Estados Unidos de Norteamérica. 513 p.

JOURAVLEV, A. 2005. El Activo Agua: gestión, administración, cuencas y mercado (Presentación). 38 diapositivas.

LA TRIBUNA. 2004. Departamento de Choluteca (en línea). Disponible en: <http://www.angelfire.com/ca5/mas/dpmapas/cho/cho.html> Consultado última vez: 13 de septiembre de 2005.

LLAMAS, R; CUSTODIO, E. 1998. Agua y desarrollo (en línea). Madrid, España. Disponible en: <http://www.cidob.es/castellano/publicaciones/afers/45-46llamas.cfm> Consultado última vez: 13 de septiembre de 2005.

MAQUINARIA DEL PACÍFICO. 2005. Registro de pozos perforados en la ciudad de Choluteca y perfiles de perforación de los mismos.

MARÓN, D. 2004. Un modelo numérico de la intrusión salina con dispersión hidrodinámica. Cuba. 242 p.

MASSGIS-DEP. 2005. Wellhead Protection Areas (en línea). Disponible en: <http://www.mass.gov/mgis/ziis.htm> Consultado última vez 12 de septiembre de 2005.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2005. Parámetros de calidad de agua (en línea). Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/gvsacg/e/normas.html> Consultado última vez 18 de agosto de 2005.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. 2003. Informe de Desarrollo Humano para Honduras. Honduras. 242 p.

SANAA. 1991. Análisis de Agua Subterránea para Ubicación de Pozo en la Ciudad de Choluteca, Choluteca. Asesoría Corta No. 107. Departamento de Ingeniería. Coordinación de Hidrogeología. Honduras. 10 p.

SÁNCHEZ, F. J. 2004. Fundamentos de prospección eléctrica en corriente continua (en línea). Universidad de Salamanca, 12 p. Disponible en: <http://web.usal.es/javisan/hidro>
Consultado última vez: 11 de septiembre de 2005.

SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE. 2004. Balance Hídrico de Honduras. Balance Principal. Honduras. 206 p.

VARGAS, N. 2004. Monitoreo de Aguas subterráneas. Colombia. 10 p.

VRBA, J.; SOBLSEK, P. 1988. Groundwater monitoring. Geology and the Environment, an International Manual in Three Volumes. UNESCO. UNEP.

8. ANEXOS

ANEXO 1. Instrumentos que conforman el marco político de Honduras sobre recursos hídricos.

<p>Leyes relacionadas directamente con el recurso hídrico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▣ Borrador de Ley General de Aguas ▣ Normas Técnicas de Agua ▣ Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales ▣ Ley General del Ambiente 	<p>Leyes relacionadas con el uso del recurso hídrico</p> <ul style="list-style-type: none"> ▣ Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento ▣ Ley de Ordenamiento Territorial ▣ Reglamento para el Manejo de Residuos Sólidos ▣ Ley de Incentivos a la Forestación, Reforestación y a la Protección del Bosque ▣ Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental ▣ Ley de Modernización y Desarrollo al Sector Agrícola ▣ Ley de Municipalidades ▣ Ley Forestal ▣ Reglamento General Forestal ▣ Ley de Reforma Agraria ▣ Ley Marco del Sub-sector Eléctrico ▣ Ley de Pesca ▣ Código de Salud
<p>Leyes relacionadas con organizaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ▣ Ley para el Desarrollo Rural Sostenible ▣ Ley de Estímulo a la Producción, a la Competitividad y apoyo al Desarrollo Humano ▣ Ley del Ministerio Público ▣ Ley de Administración Pública ▣ Constitución de la República ▣ Código Civil 	
<p>Políticas y planes</p> <ul style="list-style-type: none"> ▣ Plan Forestal ▣ Política de Estado para el Sector Agroalimentario y Medio Rural de Honduras ▣ Política Ambiental 	
<p>Convenios y Tratados Internacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▣ Convenio Constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo ▣ Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible ▣ Acta Constitutiva del Comité de Acción sobre el Proyecto del Mar y Agua Dulce ▣ Convenio de la Biodiversidad y Protección de Áreas Silvestres Prioritarias en Centroamérica ▣ Carta Centroamericana del Agua ▣ Agenda 21 	

Ferrera (2004).

ANEXO 2. Metodologías para Evaluar la Vulnerabilidad de los Acuíferos a la Contaminación.

Por: Carlos Espinoza, Ingeniero Civil, Ph. D. y Jorge Ramírez, Ingeniero Civil (E)
Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile

DRASTIC		GOD		SINTACS		AVI	BGR
D	Profundidad de la zona no saturada	G	Ocurrencia del agua subterránea	S	Profundidad de la zona no saturada	Permeabilidad de la diferentes capas	Tipo de Suelo Agrón
R	Recarga neta	O	Cobertura (Zona no saturada)	I	Infiltración eficaz	Espesor de cada capa	Litología de la zona no saturada
A	Tipo de acuífero	D	Profundidad de la zona no saturada	N	Características de la zona no saturada		Recarga neta
S	Suelo			T	Tipo de suelo		Acuíferos colgados
T	Pendiente			A	Litología del acuífero		Condiciones de presión
I	Impacto de la zona no saturada			C	Conductividad hidráulica		
C	Conductividad hidráulica			S	Pendiente de la superficie		

Las metodologías más utilizadas son DRASTIC y GOD, mientras que SINTACS, AVI y BGR han caído un poco en desuso.

El método DRASTIC fue desarrollado en los Estados Unidos de Norte América, con el objeto de crear una herramienta para evaluar sistemáticamente el potencial de contaminación del agua subterránea de cualquier ambiente hidrogeológico con la información existente.

Los parámetros hidrogeológicos que permiten obtener el índice DRASTIC son:

D (Depth)= Profundidad del nivel freático

R (Recharge)= Recarga

A (Acuifer)= Litología del acuífero

S (Soil)= Litología del suelo

T (Topography)= Pendiente topográfica

I (Impact)= Naturaleza de la zona no saturada (por categorías). Influye en el transporte de contaminantes reactivos.

C (Conductivity) = Conductividad hidráulica

Para ser aplicada, esta metodología debe reunir una serie de condiciones:

- Que el contaminante sea introducido en la superficie del terreno,
- Que el contaminante penetre con el agua de recarga,
- Que el contaminante tenga la movilidad del agua,
- Que el área evaluada sea mayor o igual a 45 Ha.

Cuando los datos son escasos, cubren mal el territorio o son inciertos, la aplicación de DRASTIC induce a realizar suposiciones arriesgadas. En cambio, el método GOD (Foster, 1987; Foster & Hirata, 1991) fue desarrollado específicamente para zonas cuya información acerca del subsuelo y sistemas de agua subterránea es escasa (Custodio, 1995). Además, tiene una estructura simple y pragmática que lo hace superior al modelo DRASTIC en la interpretación de resultados.

El método GOD estima la vulnerabilidad de un acuífero, multiplicando tres parámetros que representan tres tipos de información espacial:

- G (Groundwater occurrence) corresponde a la identificación del tipo de acuífero, cuyo índice puede variar entre 0 y 1. El modo de ocurrencia del embalse varía entre la inexistencia de acuíferos (evaluado con índice 0), en un extremo, y presencia de un acuífero libre o freático (evaluado con índice 1), en el otro extremo, pasando por acuíferos artesianos, confinados y semiconfinados.
- O (Overlying lithology) corresponde a la caracterización de la zona no saturada del acuífero. Este se evalúa considerando dos características: el grado de fracturamiento y las características litológicas y como consecuencia, en forma indirecta y relativa, la porosidad, permeabilidad y contenido o retención específica de humedad de la zona no saturada (Foster e Hirata, 1991). Esta información se usa para obtener un índice que puede variar en un rango entre 0,4 y 1.
- D (Depth to Groundwater) consiste en determinar la profundidad del nivel freático en caso de acuíferos freáticos, o la profundidad al techo del acuífero en casos de acuíferos confinados. De acuerdo a la profundidad observada, este tercer componente puede tomar un valor entre 0,4 y 1.

El producto de estos tres componentes arroja un índice de vulnerabilidad que puede variar entre 0 y 1, indicando vulnerabilidades desde despreciables a extremas. Se puede corregir el hecho de no considerar directamente el suelo, que en general es un parámetro esencial, añadiendo sufijos al índice de vulnerabilidad, que consideran la capacidad de atenuación y el grado de fisuración del suelo (Custodio, 1995).

ANEXO 3. Listado de pozos en la Ciudad de Cholulca

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
1	Suyapa	01-05-14-01	José Baquedano Guevara	Residencia	
2		01-14-21-01	Domingo Vargas García	Residencia	Excavado afectado mitch
3		02-05-03-01	José Milciades Ordóñez	Residencia	
4	Lot. Carranza	02-09-02-03	Estación Puma (Oscar Guadalupe)	Comercio	
5		02-11-07-01	Edgardo Bones		
6		02-12-03-10	Maderas Curadas Lardizábal	Comercio	
7		02-18-01-10	Maria Antonieta Ortega Souza	Comercio	
8		02-24-07-01	Manuel Porfirio Espinoza	Residencia	
9		02-30-01-03	Manuel Porfirio Espinoza	Comercio	
10		03-	Roger Sanchez y Ismary Chevez	Residencia	
11		03-07-02-01	José Esteban Valladares	Residencia	
12		03-09-06-01			No registrado
13		03-10-04	Mario Ernal Argeñal		No registrado
14	Nueva Esperanza	03-11-02-83	Instituto José C. Del Valle	Publico	
15		03-13-03-03	Noel A. Aguilar	Cuartería	
16		03-14-08-80	Iglesia de los Últimos Días	Otro	
17		03-15-06			No registrado
18		03-22-04-03	Alba Nely Amador	Residencia	
19	03-22-05-03	Maria Otilia Álvarez	Residencia		
20	03-32-07-80	Congregación Nueva en Rep.	Residencia		
21	04-	Patronato Las Brisas Sur		No registrado	
22	Brisas del Sur	04-02-07-01	Luís Alonso Canales	Residencia	
23		04-11-05-01	Juana Canales (Rest. Bahía)	Comercio	
24		04-11-06-01	Mario A. Martínez	Industria	
25		04-12-02-80	Foreiga Mision Beard	Residencia	
26		04-15-13-03	Juan Ramon Melgares (Rest. Sesteo)	Comercio	
27		04-15-25-01	Antolín Herrera	Residencia	
28		04-17-14-01	Lorenzo Villagra		
29		04-17-17-03	Mario Ernesto Romero Reyes	Residencia	
30		04-19-11-03	Jacinto Canales	Residencia	
31		04-19-12-01	José Eloy Ortega Souza	Residencia	

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
32		04-22-04-01	José Adán Pérez	Residencia	
33		04-22-08-01	José Maria Pérez	Residencia	
34		04-22-11-01	Lorenzo Molina	Residencia	
35		04-22-11-01	Lorenzo Molina	Residencia	
36		04-24-01-01	Cristino Medina	Residencia	
37	Brisas del Sur	04-24-02-01	Terencio Zepeda Armas	Residencia	
38		04-30-01-01	Ramona Euceda	Residencia	
39		04-30-04-03	Vicente Colindres	Residencia	
40		04-39-02-04	Adriana Rodríguez Williams	Comercio	
41		04-39-03-13	Granjas Marinas San Bernardo	Industria	
42		05-01-05-01	José Javier y Dilenia Martínez	Residencia	
43		05-02-01-01	Elly Renan Sevilla	Residencia	
44	Campo Sol	05-13-05-01	José Roberto Linares Calderón	Comercio	Francisco Linares
45		05-16-01-03	Olivia Najjar	Residencia	
46		05-16-06	Familia Espino		No Registrado
47		05-23-06-03	Thomas Gutiérrez	Residencia	
48		06-08-05-80	Seminario Pablo Sexto Iglesia		
49		06-08-07-80	Centro Javier Iglesia		
50		06-08-10-08	Clínica San Francisco	Comercio	
51	La Ceiba	06-14-01-08	Instituto Santa Maria Goretti	Comercio	
52		06-16-04-01	Lucila Álvarez	Cuartería	
53		06-20-02-01	Marcio Enrique Mejía	Residencia	
54		06-30-06-01	Santos Ramiro González	Residencia	
55		08-01-09-01	Carlos Ismael Trochez	Comercio	
56	Piedras Azules	08-02-09-03	Rigoberto santos Galeas	Residencia	
57		08-04-13-03	Rosa Cano	Residencia	
58		08-04-14-03	Isabel Pinto	Residencia	
59		08-12-05-01	José Elías Velásquez		
60		09-06-06-01	Agustina Cruz	Residencia	
61		09-08-10-01	José Santos y Francis Núñez	Residencia	
62	Santa Lucia	09-09-02-03	Oscar Osorio	Residencia	
63		09-12-12-03	Juana Rodríguez Ortiz	Residencia	
64		09-13-01-02	Virgilio Hernández	Cuartería	
65		09-13-04-03	Agustina Sánchez		

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
66		09-14-11-01	David Antonio Moreno Izaguirre	Residencia	
67	Santa Lucia	09-17-05-01	Rafael Joya Trejo	Residencia	
68		09-18-08-01	Banco de Occidente	Comercio	
69		09-18-12-01	Glenda Yamileth y Rene	Residencia	
70		09-20-11-84	Templo Evangélico		
71		10-04-02-01	Martha Martínez De Batres		
72	San Juan	10-13-03-01	José Cesar Moran Espinal	Cuartería	
73	Bosco	10-14-08-03	Juan Alberto Pérez Rueda	Residencia	
74		10-25-01	Juan Pérez		No registrado
75	Los Graneros	11-13-09-01	Maria Elena Aguilar	Residencia	
76		11-17-01	Mormones		No registrado
77		11-17-02	ASHOMPLAFA		No registrado
78	El Recreo	12-	Banco de Occidente		
79		12-01-01-01	Francisco Rodríguez williams	Comercio	
80		12-01-08-01	Horacio R. Ortega	Residencia	
81		12-01-10-04	Obispado, Radio Paz	Comercio	
82		12-03-02-02	Hotel Hibuera		
83		12-04-01-11	Sociedad de Servicios Médicos	Comercio	Perforado seco
84	Hospital	12-06-01-03	Kinder Carrusel Adolfo Brizuela Velásquez	Comercio	
85		12-06-09-01	Dagoberto Mayorga	Comercio	
86		12-08-01-84	Campo Corveta Fte a Cementerio		No registrado
87		12-12-03-03	Alfredo Farach	Industria	
88		12-14-13-01	Lisandro Javier Amador	Residencia	
89		12-15-06-03	Maria Lucila (Glorieta)	Comercio	
90		13-	Tito Lagos		No Registrado
91		13-06-04-01	Emilio Batres	Residencia	
92	Corbeta	13-06-31-03	Wilfredo Campos Poveda	Cuartería	
93		13-07-12-01	José Augusto Rodríguez	Residencia	
94		13-12-05-01	Cornelio Aguilera Umanzor	Residencia	
95		13-13-02-04	Hotel Central Edith	Comercio	
96		14-01-01-03	Carlos Alonso García	Comercio	
97	El Centro	14-01-02-05	Repuestos Mid-Rey	Comercio	
98		14-02-02-10	Oil Gasolinera Esso Standard	Comercio	
99		14-04-02-03	Cencollants	Comercio	

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
100		14-05-02-01	Adalberto Mendoza Lupiac	Residencia	
101		14-05-04-03	Marco Antonio Flores	Comercio	
102		14-06-02-04	Juan A. y Miriam Rock	Comercio	Despensa Familiar sin uso
103		14-06-04-03	Lilian M. Salinas M Banco Futuro	Comercio	
104		14-07-03-03	Comedor Rosita	Comercio	
105		14-09-05-10	Hotel Santa Rosa Lisandro Tejada Álvarez	Comercio	Excavado sin uso
106		14-09-08-06	Hotel Mi Esperanza Maria Luisa Pérez	Comercio	
107		14-11-04	Oficinas Choluteca		No registrado
108		14-11-05-01	Silvia Arnodo	Residencia	
109		14-11-14-01	Adán Emilio Calderón	Residencia	
110		14-12-23-02	Hotel Bonsai Orlin Omar Iruas Castro	Comercio	Excavado afectado mitch
111		14-14-05-06	Wilfredo Campos Poveda	Comercio	No hay pozo
112		14-14-08			No registrado
113		14-19-09-01	David Antonio Mendoza Lupiac	Residencia	
114	El Centro	14-21-15-03	Inmobiliaria Valle	Cuartería	
115		14-22-01-80	Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días	Comercio	
116		14-24-08-01	Haydee de Midence	Cuartería	Convertido en cisterna
117		14-27-01-04	Herman Rubinstein	Comercio	
118		14-28-01-10	Inmobiliaria Valle	Comercio	
119		14-28-06-03	Inversiones Horizonte	Comercio	
120		14-29-05-01	Magdalena Ocón de Rapalo	Residencia	
121		14-30-01-03	SOCIEDAD INM. M. ANTONIO APTOS.	Cuartería	
122		14-30-04-03	Esther Sánchez Williams	Residencia	
123		14-34-05-84	Alcaldía Municipal de Choluteca	Publico	
124		14-34-07-04	Walter Reichman	Residencia	
125		14-35-05-01	Herederos Sierke Gómez	Residencia	Excavado afectado mitch
126		14-35-09-01	Constantino Lagos Salinas	Residencia	Excavado afectado mitch
127		14-35-14-01	Martina Lagos	Residencia	Excavado afectado mitch
128		14-36-08-03	Francisco Rubén Rodríguez	Residencia	

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
129		14-36-14-03	Lilian Maria Salinas de Rock	Residencia	Excavado afectado mitch
130	El Centro	14-37-06-01	Carlos Weddle Calderón	Residencia	Excavado afectado mitch
131		14-38-01-01	Luisa y Francis Reyes	Residencia	Excavado afectado mitch
132		15-02-04-04	Estación Weddle		
133		15-04-04-03	Aida Oporto de Larios	Residencia	
134		15-04-09-03	Emilio Castellanos Valladar	Cuartería	
135		15-05-05-11	Jaime Alcides Araujo	Residencia	
136		15-05-06-11	Banco de Occidente	Comercio	
137		15-05-07-01	Julio Cesar Martínez	Comercio	
138		15-06-01-01	Alfonso Larios	Residencia	
139	La Cruz	15-09-09-01	Liliana Aguiluz de Oliva	Comercio	
140		15-12-01-03	Leonardo Francisco Espino	Residencia	
141		15-12-13-03	Cámara de Mision Extranjera	Residencia	
142		15-13-01-01	Adriana Marcela Anduray	Residencia	
143		15-13-05-03	Marcia Elisa Aguilar	Residencia	
144		15-15-02-10	Inmobiliaria Y Enseres	Comercio	
145		15-16-01-01	Gladis Margoth Ramírez	Residencia	
146		16-03-05-03	Maria C. Betancourth	Residencia	
147		16-03-10-02	Omar Guillen	Residencia	
148		16-04-03-02	Cresencio Núñez Duran	Cuartería	Excavado con uso comercial
149		16-04-07-03	Ramón López Pereira	Residencia	
150		16-04-08-03	Armando Corrales	Comercio	
151		16-04-09-01	José Andrés Lardizábal	Residencia	
152		16-04-10-03	Cornelio Quiroz		
153		16-04-12-01	Ramón Ignacio Guillen		
154	Los Mangos	16-04-17-01	Irma J Bellino	Residencia	
155		16-05-01-03	Natanael Hernández	Residencia	
156		16-05-04-03	Herminia Castillo	Cuartería	
157		16-05-05-01	David Maradiaga		
158		16-05-10-01	Sandra Rodríguez de Bonilla	Residencia	
159		16-06-06			No registrado
160		16-06-06-11	Omar Guillen (PROMACO)	Comercio	
161		16-06-07-01	German Bonilla Ochoa (Farmacia Ivonne)	Comercio	

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
162		16-06-14-01	Daniel Andrade		
163		16-07-06-11	Hotel Internacional Gustavo Simón selin	Comercio	
164		16-07-15-01	Marcia Elisa Aguilar	Residencia	
165		16-08-06-11	Texaco Caribbean Inc.	Comercio	
166		16-08-10-03	Marco Antonio y Julieta Flores	Cuartería	
167		16-09-03-10	Hotel La Fuente	Comercio	
168		16-09-04-01	Jesús Maria Herrera	Residencia	
169		16-10-03-10	Daysi Discua Elvir		
170		16-11-06-03	Jesús Quiroz Alemán		
171		16-11-08-01	Tedy Hernández	Residencia	
172	Los Mangos	16-12-01-01	Tito y Sandra Guillen	Residencia	
173		16-13-04-01	Elizabeth Dubón Pinel	Residencia	
174		16-19-01-80	Iglesia Cristiana Reformada	Comercio	
175		16-20-09-01	Medardo Efrain Rivera	Residencia	
176		16-21-06-03	Orlando Andrade	Residencia	
177		16-21-07-01	Estela Reyes de Andrade	Residencia	
178		16-21-15-01	Arnulfo Izaguirre		
179		16-21-16-03	German Augusto Martínez	Residencia	
180		16-21-22-03	Banco de Occidente		Excavado sin uso
181		16-22-02-03	Rodolfo Corrales Corrales	Residencia	
182		16-22-03-03	Walter Reichman		
183		16-22-15-01	Edita Rivera de Espinal	Residencia	
184		16-25-08-01	Hilda Esmeralda Rodríguez	Residencia	
185		18-06-05-80	Iglesia e Inst. Evangélicas La Esperanza	Comercio	
186		18-08-07			No registrado
187	Los Fuertes	18-09-01-85	A.G.A.CH.	Comercio	
188		18-11-01-11	Inmobiliaria Jacarandas del Pacifico	Comercio	
189		18-18-01-01	Blas Orlando Pérez	Cuartería	
190		19-03-07			No registrado
191	El	19-11-03			No registrado
192	Aterrizaje	19-17-03-01	Rigoberto Guillen Casco	Residencia	
193		19-22-01-84	Pozo Municipal		No registrado
194		20-01-01-80	Iglesia Bautista Capernaun	Publico	
195	Alegría	20-02-04-01	Rigoberto Betancourth	Residencia	
196		20-03-01			No registrado

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
197	Alegría	20-13-02			No registrado
198		21-03-12-03	José Raúl Landa	Cuartería	
199		21-04-01-03	Cable Televisión Choluteca	Comercio	
200		21-04-02	Carmen Estrada		No registrado
201	El Cortijo	21-04-05	Escuela		No registrado
202		21-04-06-01	Maria Isabel Moutinho	Residencia	
203		21-04-08-03	Ligia Mendoza de Gómez	Residencia	
204		21-04-10-01	Oscar Mendoza	Residencia	
205		22-	José Aurelio Álvarez		No registrado
206		22-	Francisco Gutiérrez		No registrado
207		22-01-03-01	Evangelista Carrasco		
208		22-07-09-03	Nelo del Carmen Arteaga	Residencia	
209		22-08-01			No registrado
210		22-08-10-01	Oscar Abilio Vásquez		
211		22-11-03-01	José C. Aguilera	Residencia	
212		22-13-04-01	Roberto Bustillo	Cuartería	
213		22-17-05-04	Roberto Antonio Oporto	Comercio	
214		22-17-08-03	Santos Vidal Silva	Residencia	
215		22-18-03			No registrado
216		22-18-07-01	Joselina Moreno Bonilla	Comercio	
217		22-19-06-03	Máximo Román Amador	Comercio	
218		22-20-02-02	Maria Matamoros Santos	Cuartería	
219	Cabañas	22-20-11-80	Iglesia Jerusalén		
220		22-20-13-04	Calixto Corrales Oporto Bodega La Paz	Comercio	Sellado
221		22-21-03-03	Francisca Reyes Fortin	Comercio	
222		22-27-11-99	Elvin allen Schabert	Cuartería	
223		22-28-08-01	Maura Rodas de Parada		
224		22-30-08-04	Thomas Carmona Lagos		
225		22-35-14-80	Asamblea de Dios en Honduras		
226		22-38-04-03	Santos Adolfo Rodríguez	Comercio	
227		22-38-11-11	Edith Yaneth Landaverde	Comercio	
228		22-39-01-03	Olman Nilo Reyes (Gasolinera Reyes)	Comercio	
229		22-39-05-04	Victorino Rodas	Comercio	
230		22-40-10-03	Elsa Ernestina López		
231	El Estadio	23-03-03-01	Juan Bautista Mejía	Residencia	
232		23-03-04			No registrado

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
233		23-04-04-01	Ma. Heriberta Domínguez	Residencia	Pozo excavado
234	El Estadio	23-05-01-84	Municipalidad de Cholulteca Estadio Fausto Flores	Publico	Pozo sin bomba
235		23-20-04			Pozo excavado NO REGISTRADO
236		24-	José Zelaya		No registrado
237		24-	Luís Euceda		No registrado
238		24-01-06-03	Alfredo Aguilar Rivas		
239		24-01-09-06	Aida Oporto de Larios	Comercio	
240		24-01-10-06	Esperanza Ocón	Comercio	
241		24-01-16-03	Agustín Hernández Ponce	Comercio	
242		24-03-08-03	Emerita Bardales (Agropecuaria El Arado)		
243		24-04-07-03	Roberto Padilla Hernández	Comercio	
244		24-04-09-84	Junta Nacional de Bienestar Social	Publico	
245		24-04-10-04	Cooperativa Guadalupe	Comercio	
246		24-05-02-03	Francisca E. Bardales	Cuartería	
247		24-10-03	Jorge Vernal		No registrado
248	Libertad	24-16-01-80	Segunda Iglesia Bautista		
249		24-21-06-01	Octavio Aguilar	Residencia	
250		24-24-03-06	Edilberto Canales Rodríguez	Residencia	
251		24-25-03-99	Esperanza Lazo de Ocón	Comercio	
252		24-27-10-04	Petronila Amador de Tabora		
253		24-27-11-01	José de La Cruz y Moreno	Residencia	
254		24-27-16-03	Ma. Emerita Bardales Agropecuaria el Arado	Comercio	Está en el lote 24-03-04
255		24-28-12-01	Ma. Elvia Campos	Cuartería	
256		24-30-01-80	Asociación San José Obrero		
257		24-31-13-03	Socorro Quiñónez de Chavarría	Residencia	
258		24-43-09-03	Amado Berrios (Hotel Victoria)		
259		25-01-01-03	Francisca Trejo Corrales (HERCOSUR)	Comercio	
260		25-04-01-03	Ramón Alfredo Carranza	Comercio	
261	Guadalupe	25-04-02-03	Rosa Yolanda Y Ernesto Robles		
262		25-04-03-03	Doris Teodocia Casco Soriano	Comercio	

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
263		25-06-01-01	Elena Mitri de Canahuati	Comercio	
264		25-07-14-01	José Luís Manuel Valladares	Comercio	
265		25-08-05-03	Mónica Ocón (Hotel)	Comercio	
266		25-09-02-01	Armando de Jesús Reyes P.	Comercio	
267		25-09-06-01	Ma. Idalia Hernández (Hotel Flamingo)	Comercio	
268		25-09-09-03	Jorge Sabas Jalil	Comercio	
269		25-11-05-10	(Cine Rex) Salomón H. Rock	Comercio	
270		25-12-03-10	Vicente de Jesús Carrión	Comercio	
271		25-13-04-10	Estación DIPPSA	Comercio	
272		25-15-01-03	Hernán Baquedano Estrada	Comercio	
273		25-16-01-11	Shell de Honduras	Comercio	
274		25-16-08-02	Clínica Arturo Ferguson Luna	Comercio	
275		25-17-05-03	Ernesto Leonel Zúñiga	Residencia	Revisar con 25-29-05-03
276	Guadalupe	25-17-08-03	Delia Ma. Guevara	Residencia	
277		25-20-05-01	Laura Aguilera de Canales	Cuartería	
278		25-22-03-03	Sara Estela Galo	Residencia	
279		25-23-01-03	Roberto Natanael Hernández	Cuartería	
280		25-23-03-01	Rubén Darío Pineda	Residencia	
281		25-24-01-10	Cooperativa Chorotega	Comercio	
282		25-24-04-80	Iglesia Evangélica Bautista Nazaret	Comercio	
283		25-24-05-03	Clínica Guadalupe	Comercio	
284		25-25-01-01	Hermanas Mensajeras de la Paz	Residencia	
285		25-26-01-83	Banco Central de Honduras	Comercio	
286		25-26-02-03	Calvin Weddle Calderón		
287		25-26-09-03	Instituto de Previsión Militar	Comercio	
288		25-29-05-03	Ernesto Leonel Zúñiga		
289		25-30-03-01	Rafael Armando Carranza	Residencia	
290		25-33-06-01	Servicio de Bomberos	Publico	
291		25-33-07-03	Roberto Martínez Ávila	Residencia	
292		26-	Rogelio Rodríguez		No registrado
293	Tamarindo	26-01-01			No registrado
294		26-01-01-03	Inmobiliaria Americana SA	Comercio	

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
295		26-01-07-03	Ilse Georgina Bonilla	Residencia	
296		26-02-01-06	Hotel Pacifico David Flores Reyes	Comercio	Esta en 27-08-05
297		26-03-01-03	Acuacultura Fonseca	Comercio	
298		26-04-03-03	Armando Córdova	Residencia	
299		26-05-01-02	Ma. Victoria Funes Bustillo		
300		26-09-07-03	Raúl Calderón Álvarez	Comercio	
301		26-10-01-01	Fausto Cabrera Mendoza	Residencia	
302		26-11-01-03	Deposito Pollo Rey	Comercio	
303	Tamarindo	26-11-03-11	Seguricentro Bonillantas	Comercio	
304		26-11-06-01	Julio Daniel González	Residencia	
305		26-12-08-01	Juana Paula Ulloa	Residencia	
306		26-13-08-11	Jorge Sabas Jalil	Comercio	
307		26-14-11-01	Edilberto Canales	Residencia	
308		26-15-07-02	José Agustín Guevara	Cuartería	
309		26-16-01-11	Hotel Copacabana Francisco Núñez	Comercio	
310		26-17-01-03	Víctor Soriano (Hotel Shadar)	Comercio	
311		26-19-05-01	Alma Lorena Mendoza	Residencia	
312		27-01-06-01	Carlos midence	Residencia	
313		27-02-02-12	Frisi Fabrica de Helados	Comercio	
314		27-02-15-01	José C. Mendoza Oporto	Residencia	
315		27-03-04-80	Cristiana Pentecostes Iglesia		
316		27-03-11-03	Omar Guillen Bellino	Comercio	
317	La Esperanza	27-05-12-01	Juan Nicolas Alejandro Sabas		
318		27-06-05-01	Virginia Isabel Midence	Residencia	
319		27-07-08-03	Raquel Suazo de Rodríguez	Comercio	
320		27-08-01-01	Auxiliadora Portillo		
321		27-09-01-03	Enrique Weddle (Llantisur)	Comercio	
322		27-09-03-03	Alejandro Mendieta	Comercio	
323	El Porvenir	28-40-07-01	Cristino Corrales		
324		29-08-03-02	Silvia Rosa de García	Cuartería	
325		29-08-06-02	José Miguel Escalante		José ángel escalante
326	Valle	29-10-01			O 29-10-11 NO REGISTRADO
327		29-15-09-02	Lucila Herrera	Residencia	
328		29-17-08			No registrado

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones	
329	Valle	29-18-10-03	Emelina Herrera Betancourt	Comercio		
330		29-30-03			Excavado NO REGISTRADO	
331		30-	Luís Guevara		No registrado	
332	Colinas	30-04-05-01	Mariano González			
333		30-07-09-01	Juan Bautista Rodríguez	Comercio		
334		30-4-	Edgardo Soriano		No registrado	
335		30-42-09-80	Diócesis de Choluteca			
336		30-47-09-01	Edgardo Soriano Vásquez	Comercio		
337		30-47-15-01	Orlando Soriano Vásquez	Residencia		
338		30-50-01-03	Roberto Natanael Hernández	Comercio		
339		30-52-01-83	Escuela Normal Mixta del Sur	Publico		
340		Brasil	31-04-02-99	PESCASUR		Perforado abandonado
341		Nueve de Enero	33-01-08-01	Leonardo Cruz Escalante	Cuartería	
342	33-04-01-03		Javier Antonio Linares	Cuartería		
343	33-04-10-03		Domingo Girón Ulloa	Cuartería		
344	33-05-06-03		Estanislao Salome Moreno	Residencia		
345	33-07-01-01		Hernán Silva Baltodano	Residencia		
346	33-07-02-03		José Leonardo Melgar Fuentes	Comercio		
347	33-07-04-01		Otto Armando Vilchez Miranda	Residencia		
348	San Pedro Sur		35-06-10-80	Primera Iglesia Bautista Nazaret		
349			35-07-04-01	José Aurelio Álvarez		
350			35-07-06-03	Adán Alfonso Carvajal		
351		35-11-01-03	Irma Arminda Moncada			
352		38-01-01			No registrado	
353	El Recreo	38-02-07-10	Estación Texaco Guasaule	Comercio		
354		38-04-01-03	Oscar Hernán Dávila	Comercio		
355		38-04-04-01	Cornelio Corrales			
356		38-04-06-03	Javier Valenzuela Walter			
357		38-10-01-03	Guillermo Espino Triminio			
358		38-10-03-01	Ismael Wong Contreras			
359		38-10-05-01	Rosa Ortega			
360		38-10-06-01	Carlos Alfredo Lara Watson			
361		38-16-01-03	Arturo Oliva Herrera (Banco de Occidente)			

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
362		38-17-01-01	Mauricio Oliva Herrera	Residencia	
363	El Recreo	38-19-02-01	Alina Elizabeth Galeas		
364		38-19-03-01	Rolando Oliva Herrera		
365		40-01-04	Lácteos Sampile		No registrado
366	Las Vegas	40-05-01-80	Iglesia Monte Santo	Residencia	
367		40-06-05-03	Perfecto Andino		
368		41-	Pozo Junta de Agua		No registrado
369		41-04-01-13	INTREFICA		
370		41-05-01-01	Dennis Ramiro Mejía		
371		41-05-03-99	Pendiente		
372		41-05-09-99	Gertrudis Baquedano		
373		41-21-08-01	Víctor Suárez Abarca		
374		41-21-19-01	Secundino Oporto Carranza		
375	Iztoca	41-34-03-84	Centro de Desarrollo Comunal		
376		41-35-02-99	Patronato		
377		41-37-03-04	Inversiones Sureñas	Comercio	
378		41-41-01-83	Estado de Honduras (IHMA)	Comercio	
379		41-73-02-03	INTREFICA		
380		41-73-03-99	Empresa EL FARO		
381		43-10-18-01	Altagracia Maradiaga	Residencia	
382	Venecia	43-13-01-02	Fidel Antonio Mediano	Residencia	Perforado no sirve
383		43-13-12-03	Agustín Hernández Ponce	Residencia	
384	Sagrado Corazón	45-24-10-01	Herson Hernández Oviedo		
385		46-	José ángel Escalante		
386		46-26-01-82	Sociedad Cultural Espiritual	Comercio	
387	Providencia	46-26-02			No registrado
388		46-27-09-03	Andrés Ramírez Rodríguez	Comercio	
389		47-01-03-04	Lot. San Fernando (PEPSI)	Comercio	
390	Iberia	47-01-04-04	Iglesias Evangélicas Honduras	Residencia	
391		47-02-10-12	Industria Ganadera Hondureña	Comercio	Posible sin uso
392	Víctor Argeñal	48-02-01-03	Asociación San José Obrero		
393	15 de Septiembre	49-04-10	Pozo comunidad		No registrado
394	El Progreso	51-05-02-08	La Colmena	Residencia	

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
395		55-11-01-80	Iglesia Mormones		No registrado
396		55-11-07-03	Marcial Martínez		No registrado
397	Miramontes	55-13-14-99	Cable Televisión Choluteca	Comercio	
398		55-14-06-99	Freddy Donalddo Cáceres	Residencia	
399		55-14-07			No registrado
400		55-17-	Carwash El Español		No registrado
401		56-	Freddy Cáceres		No registrado
402		56-06-08-99	Roy Danilo Guillen	Cuartería	
403		56-11-01-01	Anselmo Sánchez Gómez		Revisar colonia Los Llanos
404	Julio	56-11-03-04	Domingo Aguilar Sierra		
405	Midence	56-11-04-01	Onofre Antonio García Barrios	Residencia	
406		56-13-05-13	Cultivos Marinos	Residencia	
407		56-13-16-99	Visitación Funes	Residencia	
408		56-55-01-99	Delmis Xiomara Peña Fuentes		
409	San Carlos	57-04-02-01	Gustavo Moncada	Residencia	
410	Monte Redondo	58-02-01-99	Adán Emilio Calderón	Residencia	
411	Maria Milagrosa	59-14-01-99	Asociación San José Obrero	Comercio	
412		61-03-01-01	Mayorga Maradiaga	Residencia	
413	El Dorado	61-04-14-99	Cesar Alberto Rosel	Residencia	
414		61-06-04-99	Jorge Alberto Sabas	Residencia	
415		62-	Universidad Católica	Comercio	
416		62-	Anselmo Sánchez Gómez		No Registrado
417	Los Llanos	62-	Maximiliano Bayres		No registrado
418		62-	Gladis Álvarez		No registrado
419		62-	Napoleón Araujo		No registrado
420		62-10-01-01	José Galo Bulnes	Residencia	
421	Isidro Pineda	64-01-01-99	Junta de Agua Col. Isidro Pineda	Comercio	
422	Vista Hermosa	66-03-22-99	Turística Centroamericana		
423	Las Acacias	67-07-01-99	Ruth Albertina Velásquez		
424	II	67-18-02-99	Pompilio Arias	Residencia	
425		81-03-05-02	Elías Estrada	Residencia	
426	San Luís	81-12-02-12	Asociación San José Obrero	Comercio	
427		81-19-07-01	Concepción Álvarez Chávez	Residencia	

No.	Barrio	Clave Catastral	Nombre	Uso	Observaciones
428	Nuevo Gualiqueme		Cruz Roja Hondureña		No registrado
429	Residencial Anda Lucía		Oscar Madrigal		No registrado
430			Maximiliano Bayres CATECHO		
431			Rigoberto Arteaga (Mercado Concepción)		No registrado
432			Aldeas SOS		No registrado

ANEXO 4. Características de los pozos perforados en la ciudad de Cholulca por la empresa 'Maquinaria del Pacífico'

ID	Clave Catastral	Nombre	Uso	Año de Perforación	Profundidad (mts)	Diámetro (pulgadas)	Caudal (GPM)	Nivel sobre el mar (mts)
0		Oscar Madrigal	Lotificación	2002	61	10	35	-11
0		Rigoberto Arteaga		2004	84	8.5	20	-44
0		Taller Chorotega		1998	52	4	60	-12
0		Jesús Castellanos		1998	55	4	20	-15
0		Maximiliano Bayres		1998	46	9	20	-1
0		Gladis Álvarez		2002	76	8.5	40	-26
0		Héctor Rueda	Sin uso	2002	96	9	25	-50
0		José Zelaya		2002	79	10	25	-39
0		Luís Euceda		2002	61	6	100	-21
0		Freddy Cáceres		2001	61	10	35	-16
3	02-05-03-01	José Milciades Ordóñez	Residencia	2000	49	10	20	-4
36	05-13-05-01	José Roberto Linares Calderón	Comercio	2005	46	8.5	60	-6
41	06-16-04-01	Lucila Álvarez	Cuarteria	2004	76	7.25	17	-36
62	10-04-02-01	Martha Martínez De Batres	Cuarteria	2002	79	6	30	-39
66	12-01-01-01	Daniel Rodríguez	Comercio	2004	30	6	100	8
74	12-20-09-99	José Arsenio O'hara		1998	78	6	50	-43
80	13-13-02-04	Tito Lagos	Cuarteria	1999	61	6.5	15	-31
110	14-34-07-04	Walter Reichman	Residencia	2003	98	8	25	-68
159	16-09-03-10	Hotel La Fuente	Comercio	1999	85	10	70	-55
172	21-04-01-03	Cable Televisión Cholulca	Comercial	2002	49	9	30	-9
206	24-04-10-04	Cooperativa Guadalupe	Comercio	1997	37	6	50	3
207	24-05-02-03	Francisca E. Bardales	Cuarteria	1999	55	10	50	-55
217	24-31-13-03	Socorro Quiñónez de Chavarría	Residencia	1998	47	4	25	-7
254	26-05-01-02	Ma. Victoria Funes Bustillo	Residencia	1998	99	4	25	-59

ID	Clave Catastral	Nombre	Uso	Año de Perforación	Profundidad (mts)	Diámetro (pulgadas)	Caudal (GPM)	Nivel sobre el mar (mts)
255	26-09-07-03	Raúl Calderón	Comercio	1997	84	6	15	-44
263	26-15-07-02	José Agustín Guevara	Cuarteria	1998	61	4	20	-21
274	27-07-08-03	Rogelio Rodríguez	Comercio	1999	61	6.5	8	-21
280	29-08-06-02	José Miguel Escalante		2001	76	8.5	9	-76
311	38-17-01-01	Mauricio Oliva Herrera	Residencia	2003	55	6.5	30	-55
341	56-06-08-99	Roy Danilo Guillen	Cuarteria	1999	26	10	60	19
390	27-	Antonio Maldonado		2000	76	9	50	-36
392	30-	Luís Guevara		1999	61	10	20	-13
393	62-	Anselmo Sánchez		1999	70	10	50	-20
394	62-	Universidad Católica		1999	61	10	100	-11
397		Gasolinera DIPSSA Periférico	Comercio	2004	91	9	42	-41
398	62-	Napoleón Araujo		2004	70	7.25	20	-20
400	22-	Francisco Gutiérrez		2005	61	6	15	-21
0	*	José Antonio Arias		2002	34	8.5	80	24
0	*	Cruz Roja Hondureña Asociación de Ahorro y Prestamos		1999	30	8	40	20
356				2002	131**	9	25	-101
391	13-	Jefatura Deptal # 6		2000	116**	6.5	8	-81
395		Aldea SOS		2000	146**	10	20	-96
396	56-	Fam. Fuentes Tropical Beer	Comercio	2003	155**	7	14	-105
246	25-29-05-03	Ernesto Leonel Zúñiga		1998	49	4	150***	-9
399	46-34-03	José ángel Escalante	Comercio	2005	61	9	300***	-21

* Fuera de los límites del estudio

** Profundidades Extremas

*** Caudales Extremos

ANEXO 5. Resultados Análisis de Calidad Física

ID	Clave Catastral	Nombre	Uso	UTM X	UTM Y	pH	Conduct. (us/cm)	Turbidez (UNT)	Salinidad (ppm)	Total Sólidos Disueltos (mg/l)
1	01-05-14-01	José Baquedano Guevara	Residencia	480980	1471665	7.12	429	17.0	1000	207.00
3	02-05-03-01	José Milciades Ordóñez	Residencia	480624	1471033	6.90	460	12.0	1000	225.00
4	02-09-02-03	Estación Puma (Oscar Guadalupe)	Comercio	480608	1471293	7.05	425	10.0	1000	206.00
7	02-11-07-01	Edgardo Bones		480648	1471510	6.95	1002	15.9	5000	491.00
8	02-12-03-10	Maderas Curadas Lardizábal	Comercio	480773	1471531	7.10	430	15.0	1000	207.00
13	03-14-08-80	Iglesia de los últimos días	Otro	480634	1470789	6.90	500	13.0	2000	240.00
15	03-22-05-03	Maria Otilia Álvarez	Residencia	481016	1470395	6.75	530	14.0	2000	256.00
16	03-32-07-80	Congregación Nueva en Rep.	Residencia	481190	1470668	6.80	520	14.0	2000	251.00
18	04-11-06-01	Mario A. Martínez	Industria	480655	1469764	6.60	580	13.0	2000	280.00
21	04-17-14-01	Lorenzo Villagra		480718	1470241	6.75	532	14.0	2000	256.00
24	04-22-04-01	José Adán Pérez	Residencia	480906	1469928	6.70	571	13.0	2000	277.00
27	04-24-01-01	Cristino Medina	Residencia	481096	1469819	6.65	582	13.0	2000	280.00
29	04-30-01-01	Ramona Euceda	Residencia	480815	1469754	6.60	580	13.0	2000	280.00
38	05-23-06-03	Thomas Gutiérrez	Residencia	480339	1469651	6.80	735	13.5	3000	360.00
44	06-08-07-80	Centro Javier Iglesia		479902	1469581	6.80	894	16.0	4000	437.00
46	08-01-09-01	Carlos Ismael Trochez	Comercio	479212	1469377	6.85	1027	17.5	5000	505.00
48	08-04-13-03	Rosa Cano	Residencia	479353	1469115	6.90	1064	18.5	5000	523.00
50	08-12-05-01	José Elías Velásquez		478822	1468985	6.80	1053	16.5	5000	518.00
52	09-08-10-01	José Santos y Francis Núñez	Residencia	478134	1469064	6.70	1038	14.0	5000	510.00
58	09-18-02-01	Banco de Occidente	Comercio	478220	1469236	6.70	1041	14.0	5000	512.00
61	09-13-04-03	Agustina Sánchez		478128	1469342	6.70	1037	14.5	5000	510.00
62	10-04-02-01	Martha Martínez De Batres	Cuarteria	478527	1469856	6.95	947	13.8	4000	463.00

ID	Clave Catastral	Nombre	Uso	UTM X	UTM Y	pH	Conduct. (us/cm)	Turbidez (UNT)	Salinidad (ppm)	Total Sólidos Disueltos (mg/l)
72	12-14-13-01	Lisandro Javier Amador	Residencia	478455	1470862	6.50	483	21.0	2000	234.00
74	12-20-09-99	José Arsenio O'hara		478093	1470692	7.05	592	8.0	3000	336.00
77	13-06-31-03	Wilfredo Campos Poveda	Cuarteria	478653	1471221	7.20	792	10.0	3000	388.00
81	14-01-01-03	Carlos Alonso García	Comercio	479329	1471219	7.30	868	12.0	4000	425.00
88	14-06-04-03	Lilian M. Salinas M	Comercio	479007	1470850	7.15	852	11.9	4000	417.00
94	14-19-09-01	David Antonio Mendoza Lupiac	Residencia	478888	1471234	7.20	798	10.2	3000	388.00
101	14-35-09-01	Constantino Lagos Salinas	Residencia	478767	1471229	7.20	795	10.1	3000	388.00
107	14-24-08-01	Haydee de Midence	Cuarteria	479053	1471005	7.15	840	11.8	4000	412.00
110	14-34-07-04	Walter Reichman	Residencia	478798	1471138	7.20	800	10.5	3000	389.00
131	16-04-09-01	José Andrés Lardizábal	Residencia	480255	1471556	7.25	685	12.0	3000	334.00
138	16-05-10-01	Sandra Rodríguez de Bonilla	Residencia	480044	1471592	7.30	813	13.0	3000	397.00
147	16-11-06-03	Jesús Quiroz Alemán	Residencia	479501	1471629	7.35	904	13.0	4000	443.00
154	16-21-16-03	German Augusto Martínez	Residencia	479663	1471632	7.35	908	13.2	4000	444.00
159	16-09-03-10	Hotel La Fuente	Comercio	479612	1471497	7.30	950	14.0	4000	463.00
162	16-22-03-03	Walter Reichman		479931	1471807	7.40	941	14.0	4000	461.00
163	16-08-10-03	Marco Antonio y Julieta Flores	Cuarteria	479534	1471394	7.30	900	13.0	4000	442.00
166	18-18-01-01	Blas Orlando Pérez	Cuarteria	480064	1471027	7.15	670	12.6	3000	323.00
168	19-17-03-01	Rigoberto Guillen Casco	Residencia	480322	1470945	7.00	592	12.8	2000	286.00
179	22-11-03-01	José C. Aguilera	Residencia	479550	1469738	6.95	937	16.5	4000	459.00
184	22-19-06-03	Máximo Román Amador	Comercio	479028	1470177	7.05	927	14.2	4000	454.00
191	22-29-02-01	Calixto Bodega La Paz	Comercio	479344	1470130	7.00	905	14.1	4000	443.00
195	22-38-11-11	Edith Yaneth Landaverde	Comercio	479270	1470233	7.00	900	14.0	4000	442.00
204	24-01-10-06	Esperanza Ocón	Comercio	478946	1470603	7.10	872	12.5	4000	427.00
213	24-27-11-01	José de La Cruz y Moreno	Residencia	478935	1470331	6.90	1211	2.3	6000	598.00

ID	Clave Catastral	Nombre	Uso	UTM X	UTM Y	pH	Conduct. (us/cm)	Turbidez (UNT)	Salinidad (ppm)	Total Sólidos Disueltos (mg/l)
222	25-06-01-01	Elena Mitri de Canahuati	Comercio	479357	1470499	7.00	906	13.5	4000	444.00
225	25-09-02-01	Armando de Jesús Reyes P.	Comercio	479174	1470471	7.00	996	16.2	5000	489.00
244	25-26-02-03	Calvin Weddle Calderón		479141	1470697	7.00	948	14.4	4000	463.00
247	25-30-03-01	Rafael Armando Carranza	Residencia	479469	1470759	7.10	945	14.5	4000	462.00
248	25-33-06-01	Servicio de Bomberos	Publico	479760	1470716	7.00	866	14.4	4000	424.00
250	26-01-07-03	Ilse Georgina Bonilla	Residencia	479666	1471369	7.25	902	13.0	4000	442.00
254	26-05-01-02	Ma. Victoria Funes Bustillo		479857	1471030	7.15	866	13.3	4000	424.00
258	26-11-03-11	Seguricentro Bonillantas	Comercio	479442	1471093	7.25	891	12.8	4000	436.00
277	27-09-03-03	Alejandro Mendieta	Comercio	479767	1471389	7.25	889	13.1	4000	437.00
279	29-08-03-02	Silvia Rosa de García	Cuarteria	481834	1471605	7.10	430	10.0	1000	207.00
280	29-08-06-02	José Miguel Escalante		481768	1471588	7.15	430	22.0	1000	207.00
281	29-18-10-03	Emelina Herrera Betancourt	Comercio	481943	1471935	7.20	431	11.0	1000	207.00
284	30-07-09-01	Juan Bautista Rodríguez	Comercio	482103	1471069	6.60	350	18.0	1000	169.00
290	31-04-02-99	PESCASUR		481211	1471639	7.15	431	13.0	1000	207.00
291	33-01-08-01	Leonardo Cruz Escalante	Cuarteria	480436	1470885	6.85	515	14.0	2000	246.00
294	33-05-06-03	Estanislao Salome Moreno	Residencia	480548	1470719	6.90	503	13.1	2000	241.00
299	35-07-04-01	José Aurelio Álvarez		478028	1469292	6.70	1044	14.1	5000	513.00
301	35-11-01-03	Irma Arminda Moncada		477939	1469457	6.70	1038	13.8	5000	510.00
302	38-02-07-10	Estación Texaco Guasaule	Comercio	480501	1469165	6.50	635	12.0	2000	308.00
303	38-04-01-03	Oscar Hernán Dávila Chavarría	Comercio	480440	1468978	6.45	640	11.9	2000	310.00
308	38-10-05-01	Rosa Ortega		480427	1469462	6.55	610	12.5	2000	295.00
314	40-05-01-80	Iglesia Monte Santo	Residencia	479834	1468909	6.50	745	12.5	3000	365.00
328	43-10-18-01	Altagracia Maradiaga	Residencia	481025	1471090	7.25	405	12.5	1000	196.00
336	47-02-10-12	Industria Ganadera Hondureña	Comercio	480726	1471704	7.10	431	17.0	1000	208.00

ID	Clave Catastral	Nombre	Uso	UTM X	UTM Y	pH	Conduct. (us/cm)	Turbidez (UNT)	Salinidad (ppm)	Total Sólidos Disueltos (mg/l)
337	48-02-01-03	Asociación San José Obrero		478309	1468922	6.80	1064	15.1	5000	523.00
342	56-11-01-01	Anselmo Sánchez Gómez		482399	1472245	7.20	425	12.0	1000	204.00
346	56-13-16-99	Visitación Funes	Residencia	482164	1472153	7.15	428	12.0	1000	205.00
350	59-14-01-99	Asociación San José Obrero	Comercio	481949	1470379	6.50	285	20.0	0	139.00
360	81-19-07-01	Concepción Álvarez Chávez	Residencia	479423	1469267	6.90	1032	18.0	5000	507.00
361	81-12-02-12	Asociación San José Obrero	Comercio	479407	1469444	6.90	1016	17.5	5000	491.00

