

# **Evaluación del agua subterránea en puntos de captura y consumo en cinco municipios del oriente de Honduras**

**Tatiana Ivonnette Carrera Arcia  
Mileydi del Carmen Estribí Quintero**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

# **Evaluación del agua subterránea en puntos de captura y consumo en cinco municipios del oriente de Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieras en Ambiente y Desarrollo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Tatiana Ivonnette Carrera Arcia**  
**Mileydi del Carmen Estribí Quintero**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2013

## **Evaluación del agua subterránea en puntos de captura y consumo en cinco municipios del oriente de Honduras**

**Tatiana Ivonnett Carrera Arcia  
Mileydi del Carmen Estribí Quintero**

**Resumen:** Las aguas subterráneas representan una fuente potencial para satisfacer la creciente demanda de agua que existe a nivel mundial. El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la calidad del agua subterránea de los pozos perforados por la organización “Texas Water Mission” en el departamento de El Paraíso, Honduras. Se muestrearon 24 pozos, y se realizaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras que incluyeron el pH, la temperatura, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, los sólidos totales disueltos, los nitratos, los nitritos, los fosfatos, la turbidez, el color, la dureza, la alcalinidad, varios metales totales, coliformes fecales y otras coliformes. Para la interpretación de los datos se utilizó el índice canadiense de calidad de agua (CWQI) y el índice de calidad de agua subterránea (GWQI). Se realizó un levantamiento de encuestas y toma de muestras bacteriológicas en los pozos y en los hogares de las comunidades de Las Tunas, La Granjita, Jacaleapa y Emmanuel. De acuerdo al CWQI, la mayoría de los pozos se ubicaba dentro de la categoría de “buena calidad”, y con el GWQI la mayoría se ubicó en la categoría de “extremadamente pobre”. Se determinó que existe una mejor calidad de agua en los puntos de captura en comparación con los puntos de consumo. Se identificó que existe una correlación positiva entre el nivel de bienestar familiar y los hábitos de higiene relacionados al manejo de recipientes y por ende con la calidad del agua.

**Palabras clave:** Coliformes, contaminación intradomiciliaria, correlación canónica, índices de calidad de agua, pozos perforados.

**Abstract:** Groundwater represents a potential source to meet the growing demands for water worldwide. The following study was conducted in order to evaluate the quality of the groundwater in wells drilled by the organization "Texas water Mission" in the department of El Paraíso, Honduras. Twenty-four wells were sampled and analyzed for pH, temperature, electric conductance, dissolved oxygen, total dissolved solids, nitrates, nitrites, phosphates, turbidity, color, hardness, alkalinity, various metals, fecal coliforms and other coliforms. The Canadian index for water quality (CWQI) and the quality of groundwater index (GWQI) were used for data interpretation. A survey of socio-economic conditions, along with bacteriological analysis in the households was carried out. This survey included the communities of Las Tunas, La Granjita, Jacaleapa and Emmanuel. According to the CWQI the majority of the wells had “good quality” water, however with GWQI most wells were rated as “extremely poor”. It was found that water has better quality at the capture points when compared to the consumption points. It was identified that there is a positive correlation between the level of family welfare and hygiene habits for handling water containers and hence to water quality.

**Key words:** Canonical correlation, coliforms, drilled wells, household contamination, water quality index.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>20</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>22</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Parámetros analizados y métodos de análisis utilizados en los pozos seleccionados en el Departamento de El Paraíso.....	5
2. Peso relativo de parámetros para el cálculo del GWQI.....	7
3. Porcentaje de pozos que incumplen con los valores establecidos para agua de consumo humano. ....	11
4. Análisis discriminante de las variables socioeconómicas a partir de las funciones canónicas.....	17

Figuras	Página
1. Ubicación de pozos y comunidades encuestadas.....	9
2. Índice Canadiense de Calidad de Agua subterránea en los pozos del Departamento de El Paraíso.....	10
3. Cantidad de UFC/100 mL. de coliformes fecales y otras coliformes encontradas en los pozos.....	13
4. Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI) en los pozos del Departamento de El Paraíso.....	14
5. Comparación del índice canadiense de calidad de agua subterránea (ICA) en el año 2012 y 2013.....	15
6. Comparación del índice de calidad de agua subterránea (GWQI) en el año 2012 y 2013.....	16

1.	Índice Canadiense de Calidad de Agua subterránea en los pozos del Departamento de El Paraíso. ....	22
2.	Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI) en los pozos del Departamento de El Paraíso .....	23
3.	Modelo de encuesta socioeconómica aplicada en los hogares .....	24
4.	Fotografía en el sitio de muestreo del pozo de la comunidad de Jacaleapa. .	26
5.	Fotografía del sitio de muestreo del pozo de la comunidad de Emmanuel ...	27
6.	Fotografía en el sitio de muestreo de la comunidad de La Granjita .....	27
7.	Fotografía en el sitio de muestreo de la comunidad de Las Tunas .....	28
8.	Fotografía del análisis bacteriológico en el pozo de la comunidad de las Tunas .....	28
9.	Fotografía del análisis bacteriológico en uno de los hogares de la comunidad de las Tunas .....	29
10.	Fotografía del análisis bacteriológico en el pozo de la comunidad de La Granjita .....	29
11.	Fotografía del análisis bacteriológico en uno de los hogares de la comunidad de La Granjita .....	29
12.	Fotografía del análisis bacteriológico en el pozo de la comunidad de Emmanuel .....	30
13.	Fotografía del análisis bacteriológico en uno de los hogares de la comunidad de Emmanuel .....	30
14.	Fotografía del análisis bacteriológico en el pozo de la comunidad de Jacalepa.....	30
15.	Fotografía del análisis bacteriológico en un hogar de la comunidad de Jacalepa.....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

América Latina y el Caribe cuentan con mayor abundancia de agua en comparación con otras regiones del mundo. Las dos fuentes principales de abastecimiento de agua para las poblaciones humanas son provenientes de las aguas superficiales y subterráneas, de estas las aguas subterráneas son las menos utilizadas. Con el incremento en la demanda de este recurso, los asentamientos humanos han tenido que buscar otros medios de abastecimiento de agua para satisfacer sus necesidades básicas. En busca de satisfacer estas necesidades, se ha identificado a las fuente subterráneas como una alternativa para consumo humano con características deseables (Flores 2009).

Honduras no tiene una distribución equitativa del agua y es por ello que alrededor de 1.5 millones de personas no tienen acceso al agua potable y apenas 10% de las que cuentan con el servicio tienen un suministro del líquido de forma continua (Segovia 2009). Las zonas urbanas del país cuentan con 95.7% de agua potable en sus viviendas, contrario a las zonas rurales, en donde su porcentaje se reduce a 4.8% (Grupo del Banco Mundial 2011).

La poca disponibilidad de agua potable en las comunidades hondureñas, es responsable de la elevada morbilidad de enfermedades gastrointestinales. Una de las principales consecuencias de un suministro deficiente de agua es el aumento en la incidencia de enfermedades en los niños. Las diarreas son la causa principal de morbilidad en los menores de cinco años en Honduras (UNICEF 2010). Adicionalmente 23% de las enfermedades infecciosas son originadas por la contaminación del agua que se utiliza para consumo humano (OMS 2006).

En el departamento de El Paraíso, las autoridades sanitarias reportan problemas de enfermedades gastrointestinales en los niños, debido, en parte, a que el agua que utilizan para el consumo y el lavado de los alimentos no recibe tratamiento. El agua es uno de los principales transmisores de enfermedades en humanos (CONAMA 2012). En el 2012 la Secretaría de Salud del departamento de El Paraíso, informó el fallecimiento de seis niños por enfermedades de tipo gastrointestinales, todos ellos menores de cinco años (El Heraldó 2012).

Para satisfacer la creciente demanda de agua en Honduras se ha recurrido a la extracción de agua subterránea, la cual se encuentra en abundancia en las zonas saturadas del suelo. La extracción de la misma se realiza a través de la perforación de pozos, esta actividad es limitada por sus altos costos. Existen diferentes fundaciones y organizaciones que financian la perforación de pozos para comunidades que no poseen el recurso. La fundación estadounidense Texas Water Mission implementó en Honduras el proyecto de

perforación de pozos desde el 2002, como una alternativa de abastecimiento de agua para las personas que fueron afectadas por el huracán Mitch (Velasco 2012). La calidad del agua subterránea se puede clasificar de acuerdo a los valores de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos que presenta la misma. Internacionalmente la OMS ha establecido valores máximos permisibles que regulan la calidad del agua destinada para consumo humano. Estos valores son utilizados en el Índice Canadiense de Calidad de Agua (CWQI) y el Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI) para categorizar el agua según su aptitud. Los índices son una herramienta que permite categorizar al agua de acuerdo a su uso, con base en la evaluación de una serie de parámetros indicadores de calidad con el fin de mejorar la toma de decisiones en cuanto al uso y tratamiento que se le dará al agua.

Una fuente de agua con buena calidad no garantiza que la misma no sea alterada al momento de llegar a los hogares. La alteración de la calidad del agua destinada al consumo se puede producir en diferentes puntos, desde el momento de la recolección, el transporte, el almacenamiento y la forma de extracción del agua de los recipientes. Al momento de la recolección del agua se deben tomar en cuenta los focos de contaminación como las manos contaminadas con patógenos y los recipientes de recolección sucios. La frecuencia de lavado de los recipientes en donde se almacena el agua dentro del hogar es otro de los factores que se encuentran estrechamente ligados a la calidad del agua, por lo que la limpieza y desinfección de los recipientes es una forma de reducir la presencia de patógenos en el agua (Naraqui *et al.* 1993).

Las personas ubicadas en áreas rurales cuentan con una menor accesibilidad a los servicios básicos. Las comunidades rurales se abastecen de agua, principalmente a través de los pozos, ya que no poseen una red de distribución. Tampoco estas comunidades poseen redes de desagües y sistemas de alcantarillados, es por ello que se limitan al uso de letrinas. El uso de letrinas es una de las principales formas de contaminación de las aguas subterráneas que alimentan los pozos de las comunidades (Lewis *et al.* 2002).

Poco se conoce en la región Centroamericana sobre los elementos limitantes de la calidad del agua en los hogares. Existe solo un estudio sobre la contaminación del agua intradomiciliaria en Honduras (Naraqui *et al.* 1993) pero en dicho estudio no se analizaron la forma de recolección ni el transporte del agua, los cuales son factores que podrían alterar la calidad del agua que llega a los hogares.

El presente estudio da continuidad a las investigaciones llevadas a cabo por Andino y Ramos (2011) y Velasco (2012), en el departamento de El Paraíso, Honduras. El estudio realizado categoriza las fuentes subterráneas de acuerdo a su aptitud al consumo humano e identificar los factores asociados a las fuentes o al manejo del recurso que propician el deterioro.

## Objetivos

- Evaluar los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en el agua de los pozos seleccionados, a fin de conocer su aptitud para uso humano.

- Comparar los indicadores de contaminación bacteriológica del agua en los puntos de captura (pozos) y en los puntos de consumo final (recipientes domésticos).
- Identificar los aspectos socioeconómicos que determinan la calidad del agua en el interior de los hogares abastecidos por los pozos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 24 pozos perforados por la Fundación Texas Water Mission en la zona de El Paraíso, Honduras y se tomaron muestras de agua. Se analizaron 22 parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad del agua subterránea. El muestreo se llevó a cabo en junio y julio del 2013. Para la recolección de las muestras se utilizaron recipientes de polietileno de alta densidad. Se tomaron 1000 mL de agua que fueron utilizados para realizar el análisis de los parámetros físico-químicos y para las muestras bacteriológicas se utilizaron bolsas estériles de 700 mL (Whirlpack®). Todas las muestras fueron almacenadas a  $<4$  °C para ser transportadas al laboratorio del Departamento de Ambiente y Desarrollo de Zamorano.

Las lecturas del pH, la temperatura, el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos fueron tomadas *in situ*. El pH se midió mediante un potenciómetro HACH (pH Pocket Pal™ Tester). El oxígeno disuelto ( $\text{mg L}^{-1}$ ), y la temperatura (°C) se midieron mediante un medidor de electrodos Oakton (EcoSense® modelo DO200), la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) y los sólidos totales disueltos (ppm) fueron medidos con el medidor de electrodos (HM Digital modelo COM-100).

Los parámetros como el color verdadero, la turbidez, los nitritos, los nitratos, los fosfatos, la alcalinidad y la dureza fueron analizados en el laboratorio mediante métodos colorimétricos y titrimétricos (Cuadro 1). Para conocer el color verdadero se filtraron 50 mL de la muestra y se utilizó el método estándar Platino/Cobalto del colorímetro HACH DR/890, los resultados se reportaron en  $\text{mg/L}$  de Pt-Co (HACH 2004). Para medir la turbidez se utilizó el método nefelométrico, con 10 mL de la muestra y 10 mL de agua destilada como blanco y los resultados se registraron en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

Los nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ -N) reportados en  $\text{mg L}^{-1}$  se analizaron mediante colorimetría con el método de reducción de cadmio. Los fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) fueron reportados como ortofosfatos, con el método de ácido ascórbico (HACH 2004). La alcalinidad fue medida con el método de titulación con HCl, con fenolftaleína y naranja de metilo (Método 2310 B-APHA), se reportó en  $\text{mg L}^{-1}$  como  $\text{CaCO}_3$ . La dureza fue calculada con el método de titulación con EDTA a 0.01 M (Método 2340 C-APHA) y fue reportada en  $\text{mg L}^{-1}$  como  $\text{CaCO}_3$  (Clesceri *et al.* 1998).

El análisis bacteriológico, se realizó el mismo día de la recolección. Mediante el método de filtración de membrana y cultivo con m-ColiBlue24 incubada a 35 °C por 24 horas. Se determinó la presencia o ausencia de coliformes fecales y otras coliformes reportadas en

UFC/100 mL. Los análisis para detectar la presencia de metales (aluminio, cobre, níquel, arsénico, zinc, cadmio, plomo y cromo) fueron realizados mediante espectrometría de masas (ICP-MS) en el laboratorio de calidad de agua de la Universidad de Texas en San Antonio. Previo a su análisis las muestras fueron preservadas con 0.245 µg de ácido nítrico grado metal (HNO<sub>3</sub>) en envases de 70 mL. Los resultados de los metales son reportados en mg L<sup>-1</sup> (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros analizados y métodos de análisis utilizados en el agua de los pozos seleccionados en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

Sitio de análisis	Parámetro	Método	Unidad
<i>In situ</i>	Conductividad eléctrica	Electroquímico Medidor electrodos Oakton®	µS cm <sup>-1</sup>
<i>In situ</i>	Temperatura	Electroquímico Medidor electrodos Oakton®	°C
<i>In situ</i>	Potencial de H (pH)	Electroquímico Medidor electrodos Oakton®	--
<i>In situ</i>	Sólidos totales disueltos	Electroquímico Medidor electrodos Oakton®	mg L <sup>-1</sup>
<i>In situ</i>	Oxígeno disuelto	Electroquímico Medidor electrodos	mg L <sup>-1</sup>
Laboratorio	Color verdadero	Estándar Platino de Cobalto Colorímetro Hach DR/890	Pt-Co
Laboratorio	Alcalinidad	Titulación con HCl para determinar alcalinidad por fenoftaleína y alcalinidad 2310 B del Standard Methods for the examination of water and wastewater.	mg L <sup>-1</sup> como CaCO <sub>3</sub>
Laboratorio	Dureza	Titulación con EDTA 0.01 M	mg L <sup>-1</sup> como CaCO <sub>3</sub>
Laboratorio	Coliformes fecales y otras coliformes	Filtración de membrana y cultivo con m-ColiBlue24®	UFC/100 mL
Laboratorio Texas	Metales pesados	Preservación con Ácido Nítrico y Análisis por ICP/AES.	mg L <sup>-1</sup>

**Nota:** µS/cm: micro-Siemens por centímetro; Pt-Co: Proporción platino-cobalto; UNT: Unidades Nefelométricas de Turbidez; UFC: Unidades formadoras de colonias. Fuente: Velasco Palacios, H.G, 2012, adaptado por las autoras

La calidad del agua encontrada en cada pozo estudiado fue categorizada de acuerdo al Índice Canadiense de Calidad de Agua (CWQI, por sus siglas en inglés) y el Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI, por sus siglas en inglés). El CWQI, se basa en el Índice de Calidad de Agua (ICA) aprobado por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (UNEP 2007). Este índice se utiliza para calificar la calidad del agua para su consumo, según lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (UNEP 2007). El cálculo de este índice se detalla a continuación (CCME 2001):

### Índice Canadiense de Calidad de Agua (CWQI, por sus siglas en inglés)

$$ICA=100-\left(\frac{\sqrt{F_1^2+F_2^2+F_3^2}}{1.732}\right) \quad [1]$$

El alcance ( $F_1$ ) se refiere al porcentaje de parámetros que exceden la norma de calidad.

$$F_1=\left(\frac{\# \text{ de parámetros fallidos}}{\# \text{ total de parámetros}}\right) \times 100 \quad [2]$$

La frecuencia ( $F_2$ ) es el porcentaje de pruebas individuales dentro de cada parámetro que excede la norma de calidad.

$$F_2=\left(\frac{\# \text{ de pruebas fallidas}}{\# \text{ total de pruebas}}\right) \times 100 \quad [3]$$

La amplitud ( $F_3$ ) es la cantidad por la cual las normas no se cumplen y se calcula en tres etapas. Primero se calcula la excursión, o el grado por parámetro en el cual las pruebas fallidas exceden la norma.

$$\text{excursión}=\left(\frac{\text{valor de la prueba fallida}}{\text{valor del límite}}\right)-1 \quad [4]$$

Luego, se realiza la suma normalizada de las excursiones.

$$nse=\left(\frac{\sum \text{excursión}}{\# \text{ total de pruebas}}\right) \quad [5]$$

Finalmente se calcula la amplitud con una ecuación que tiene una escala de nse con valores entre 1 y 100.

$$F_3=\left(\frac{nse}{0.01nse+0.01}\right) \quad [6]$$

Una vez calculado el CWQI, se clasificó cada pozo según su calidad para consumo en categorías desde excelente hasta pobre. Este índice establece las siguientes categorías: excelente (95-100), buena (80-94), media (65-79), marginal (45-64), pobre (0-44) (CCME 2001).

**Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI, por sus siglas en inglés).** El GWQI es una herramienta matemática utilizada para manejar datos numerosos. A partir de los datos medidos, el índice permite obtener un valor único para categorizar el agua subterránea de acuerdo a las características físicas, químicas y bacteriológicas que presenta (Abessi *et al.* 2010). El cálculo del GWQI se realizó en cuatro pasos, primero se le asignó un peso ( $w_i$ ) a los 22 parámetros evaluados de acuerdo a su nivel de importancia en cuanto al agua para el consumo humano (Cuadro 2).

Cuadro 2. Peso relativo de parámetros para el cálculo del GWQI en los pozos del departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor Permisible</b>	<b>Peso <math>w_i</math></b>	<b>Peso relativo</b>
pH	6.5-8.5	3	0.041
Temperatura	¶	1	0.014
Conductividad eléctrica	< 400	2	0.027
Sólidos Totales Disueltos	1000	4	0.054
Oxígeno disuelto	¶	1	0.014
Coliformes fecales	1	5	0.068
Otras coliformes	3	3	0.041
Nitratos	11	4	0.054
Nitritos	3	4	0.054
Fosfatos	1	3	0.041
Turbidez	5	4	0.054
Color	15	4	0.054
Dureza	200	3	0.041
Alcalinidad	300	3	0.041
Aluminio	0.2	3	0.041
Cromo	0.1	5	0.068
Níquel	0.07	1	0.014
Cobre	1.3	5	0.068
Zinc	5	1	0.014
Arsénico	0.01	5	0.068
Cadmio	0.005	5	0.068
Plomo	0.015	5	0.068
<b>Total</b>		<b>74</b>	<b>1.000</b>

¶ Parámetro con valor sugerido de calidad de agua subterránea.

Fuente: Velasco Palacios, H.G, 2012, adaptado por los autores.

El valor asignado a cada parámetro va de 1 a 5. El 5 es el valor que asignado a los parámetros que tienen mayor importancia en la salud de las personas y 1 a los parámetros de menor importancia. Posteriormente se calculó el peso relativo para cada uno de los parámetros, el cual se obtiene al dividir el peso relativo entre la sumatoria total del peso ( $w_i$ ) como lo muestra la siguiente ecuación:

$$\text{Peso relativo de cada parámetro} = \frac{\text{peso de cada parámetro}}{\text{sumatoria del peso de todos los parámetros}} \quad [7]$$

En el segundo paso se estableció una escala ( $q_i$ ) para valorar cada parámetro, aplicando la siguiente ecuación:

$$q_i \text{ (calificación de la calidad)} = \left( \frac{\text{Concentración de cada parámetro}}{\text{Límite estándar de agua potable}} \right) \times 100 \quad [8]$$

En el tercer paso se calculó el subíndice ( $S_i$ ) para cada uno de los parámetros, el cual se utilizó en el cálculo del GWQI como se muestra en la siguiente ecuación y se realizó la sumatoria de los subíndices:

$$S_i \text{ (Subíndice de cada parámetro)} = \text{peso relativo de cada parámetro} \times \text{Calificación de la calidad} \quad [9]$$

$$ICA = \sum S_i \quad [10]$$

Después de haber obtenido los valores del GWQI, la calidad del agua subterránea fue categorizada de la siguiente manera: excelente (0-50), buena (51-100), media (101-200), pobre (201-300) y extremadamente pobre (>300) (Alimohammadi *et al.* 2013).

En una segunda etapa de muestreos y con el fin de identificar las variables socioeconómicas que influyen en el manejo del agua se aplicaron encuestas en cada uno de los hogares que consumen el agua de pozo. De forma simultánea se realizó la toma de muestras en los hogares encuestados para el análisis bacteriológico y en el pozo que abastece a las viviendas. Se seleccionaron cuatro comunidades: La Granjita y Jacaleapa pertenecientes al área urbana y las Tunas y Emmanuel ambas de área rural. Para la selección de las comunidades se tomó en cuenta la fuente principal de abastecimiento de agua y el análisis bacteriológico realizado en la primera fase del estudio (Figura 1).

La información recolectada en el levantamiento de encuestas y el muestreo en los pozos y en los hogares fue utilizada para realizar un estudio de caso. La cantidad de personas encuestadas y el número total de muestras fue de 51. El tipo de muestra es no probabilística e intencional, ya que la selección de ésta se hizo orientada hacia la información que se podía obtener de la misma, aunque ésta sea de un tamaño pequeño (Kazez s.f). Con la información obtenida de las encuestas, se realizó una agrupación de las variables relacionadas a las condiciones de la vivienda como material del piso y paredes, energía eléctrica, letrinas y redes de desagüe. Después de agrupar las variables se calculó el índice de bienestar humano.

Se utilizó el análisis estadístico discriminante para conocer las variables que tenían mayor relación con el índice de bienestar humano. Luego de haber seleccionado las variables más relevantes para el estudio, se procedió a establecer la correlación canónica que existía entre la variable dependiente y las variables independientes. Los datos fueron procesados en el programa “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS versión 19.0 ®).

Con el muestreo bacteriológico se buscó establecer la relación que existe entre el grado de contaminación bacteriana en las muestras y el pozo. Los métodos utilizados para el conteo de las coliformes fecales y otras coliformes, fueron filtración de membrana con cultivo de m-ColiBlue24® y petrifilm 3M®. Los resultados se agruparon en clases de acuerdo al conteo total de bacterias encontradas.

El método de filtración de membrana permite contabilizar la cantidad de bacterias presentes en 100 mL de la muestra. Estos resultados se reportan en UFC/100 mL de la muestra. El método de petrifilm analiza 1 mL de la muestra. Este resultado se reporta UFC/1 mL. Las muestras se incubaron a 35 °C por 24 horas. El levantamiento de encuestas, el muestreo en los hogares y los pozos de cada comunidad se realizaron de manera simultánea en octubre del 2013.

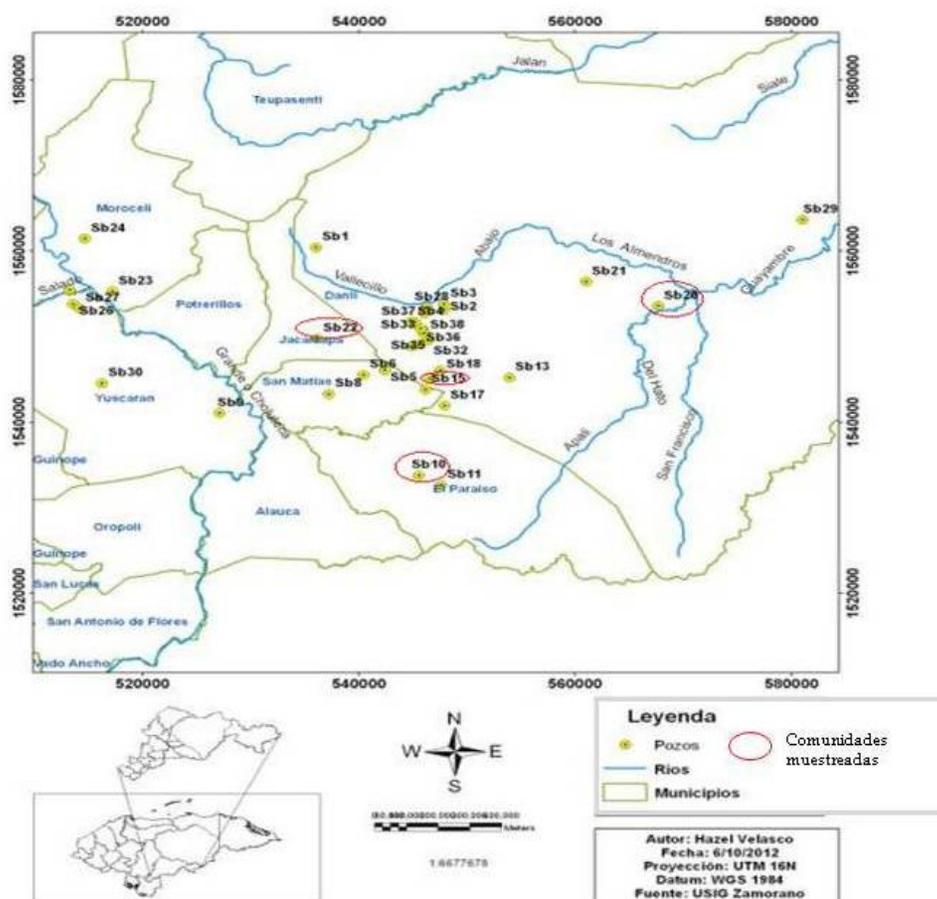


Figura 1. Ubicación de pozos y comunidades encuestadas en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

Fuente: Velasco 2012

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Índice Canadiense de Calidad de Agua subterránea (ICA o CWQI).** Los valores obtenidos fueron variables, encontrándose dos pozos con calidad pobre, ocho pozos con calidad media, trece pozos con buena calidad y un pozo con excelente calidad. La conductividad eléctrica, el color, la turbidez, los fosfatos, la dureza, la alcalinidad y los metales pesados como zinc y plomo, fueron los parámetros que se encontraron con valores fuera de la norma (Figura 2). La calidad entre cada pozo varió, ya que los mismos tenían valores diferentes en cada parámetro.

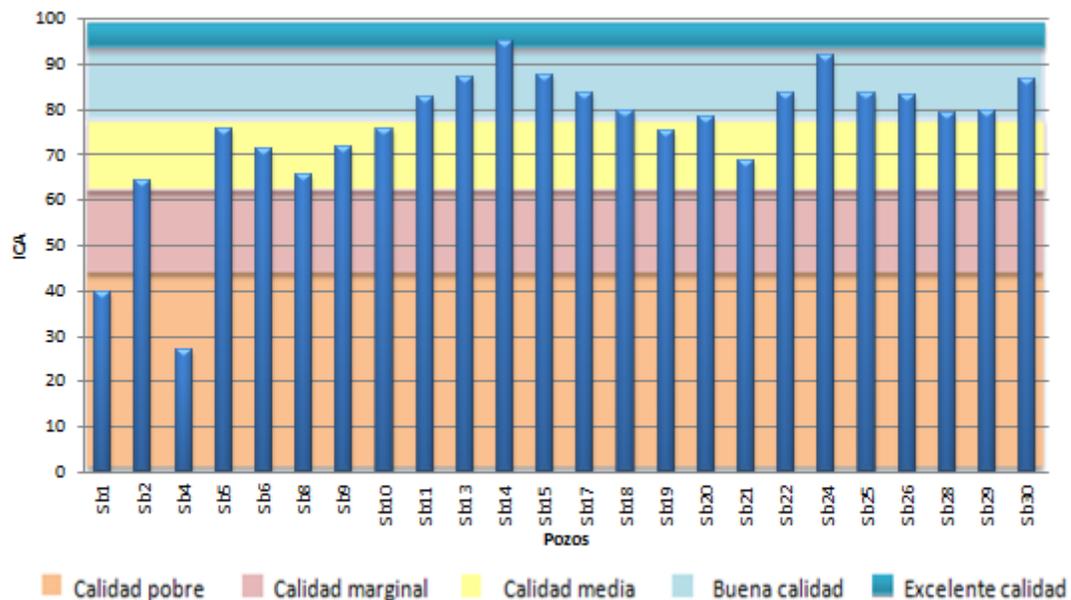


Figura 2. Índice Canadiense de Calidad de Agua subterránea en los pozos del Departamento de El Paraíso.

La conductividad eléctrica indica la presencia de minerales en el agua, este valor puede cambiar a causa de las actividades que se realizan en el suelo. Del total de los pozos analizados, un 54% no cumplía con los valores recomendados y se encontraron pozos con valores elevados (Figura 1) y muy por encima de los máximos permitidos por la normativa internacional.

El agua para el consumo humano debe ser incolora, es por ello que parámetros como el color y la turbidez son indicadores de contaminación en la misma. El color es un parámetro físico que indica la presencia de sustancias suspendidas o disueltas en el agua. El agua para el consumo humano debe tener un valor menor a 15 mg L<sup>-1</sup> Pt-Co (OMS 2006), ya que un agua con un valor superior a lo recomendado puede provocar problemas en la salud por la posible presencia de sustancias contaminantes. La turbidez indica la presencia de sustancias coloidales, minerales y orgánicas (Azario *et al.* 2004) y esta debería tener un valor menor a 5 UNT. Treinta y siete por ciento de los pozos analizados incumplieron con los valores permisibles en cuanto a color, mientras que 46% de los pozos incumplieron con los estándares de turbidez (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de pozos que incumplen con los valores establecidos para agua de consumo humano en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

<b>Parámetro</b>	<b>Límite máx-mín admisible</b>	<b>Porcentaje de incumplimiento</b>
pH	6.5-8.5	100
Conductividad eléctrica (µs/cm)	400	54
Sólidos totales disueltos (mg L <sup>-1</sup> )	1000	100
Coliformes fecales (UFC)	0	33
Otras coliformes (UFC)	3	87
Nitratos (mg L <sup>-1</sup> )	11	100
Nitritos (mg L <sup>-1</sup> )	3	100
Fosfatos (mg L <sup>-1</sup> )	1	71
Turbidez (UNT)	5	46
Color (Pt-Co)	15	37
Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	200	67
Alcalinidad (mg L <sup>-1</sup> )	300	46
Aluminio (mg L <sup>-1</sup> )	0.2	100
Cromo (mg L <sup>-1</sup> )	0.1	4
Níquel (mg L <sup>-1</sup> )	0.07	100
Cobre (mg L <sup>-1</sup> )	1.3	100
Zinc (mg L <sup>-1</sup> )	5	17
Arsénico (mg L <sup>-1</sup> )	0.01	100
Cadmio (mg L <sup>-1</sup> )	0.005	4
Plomo (mg L <sup>-1</sup> )	0.015	25

La alcalinidad es la capacidad del agua para neutralizar ácidos, la misma puede ser causada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos. La alcalinidad del agua, se debe principalmente a bases fuertes y ácidos débiles. La presencia de dureza en el agua subterránea es mayor que en las aguas superficiales. Esto se debe al origen de las formaciones geológicas con las que el agua ha estado en contacto. Al disolverse el magnesio y el calcio en el agua, provocan que la misma se convierta en agua calificada

como dura. Estudios no han encontrado daños ni riesgos a la salud humana por la presencia de alcalinidad ni de dureza en el agua, sin embargo, los niveles altos de la alcalinidad y la dureza causan problemas estéticos y mayor uso de jabón al momento del lavado (Digesa 2006). Setenta y siete por ciento de los pozos analizados incumplieron con los valores permisibles de dureza y el 46% de los pozos incumplieron con los valores permisibles de alcalinidad (Cuadro 3).

Los fosfatos pueden causar daños a la salud humana, debido a que afectan la hemoglobina y limita el transporte del oxígeno a los tejidos. El uso de fertilizantes y detergentes ocasionan la presencia de fosfatos en el agua (Digesa 2006). En los 24 pozos muestreados se pudo identificar que los fosfatos sobrepasaban el valor máximo  $< 1 \text{ mg/L}$  en la mayoría de los pozos. Se registraron valores desde  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  hasta  $2.2 \text{ mg L}^{-1}$ .

En el análisis de metales se pudo detectar la presencia de aluminio, cromo, níquel, cobre, zinc, arsénico y plomo, de estos el plomo y el zinc fueron los que se encontraron en concentraciones superiores. En el caso del Zinc la norma establece como valor máximo  $5 \text{ mg L}^{-1}$  y se logro detectar un valor máximo de  $22 \text{ mg L}^{-1}$  muy superior a lo permisible. En grandes cantidades, el zinc puede causar problemas a la salud humana como pequeñas llagas y erupciones cutáneas, úlceras en el estómago, pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad (Digesa 2006).

La presencia de coliformes fecales y otras coliformes no se incluyeron en el cálculo del CWQI, ya que este índice no toma en cuenta los parámetros bacteriológicos. El conteo de bacterias para cada pozo fue realizado por separado, mediante el método de filtración de membrana. Se detectó la presencia de coliformes fecales en ocho de los pozos muestreados y en los 24 pozos había otras coliformes (Figura 3).

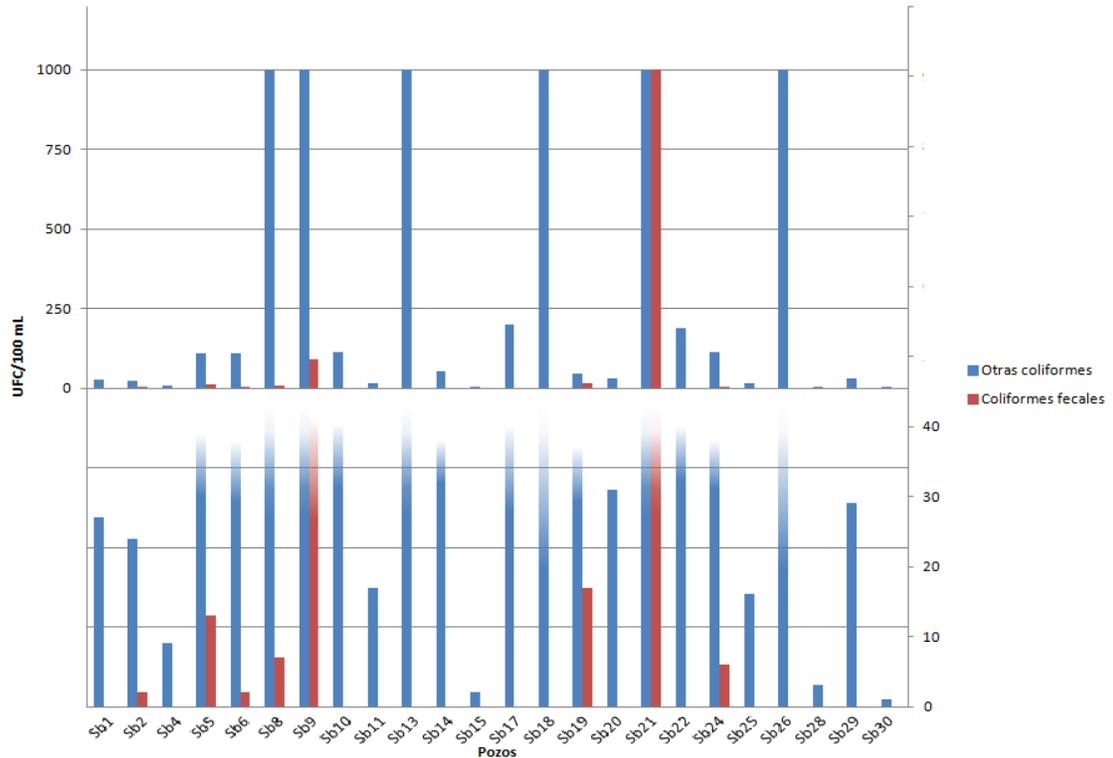


Figura 3. Cantidad de UFC/100 mL. de coliformes fecales y otras coliformes encontradas en los pozos del departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

**Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI).** Con el GWQI se categorizaron los 24 pozos, encontrándose siete pozos con calidad extremadamente pobre, cinco con calidad pobre, siete con calidad media, cuatro pozos con calidad buena y un pozo con calidad excelente. En esta categorización de los pozos, a diferencia del cálculo con el CWQI, se tomó en cuenta la cantidad de coliformes fecales y otras coliformes presentes en las muestras recolectadas (Figura 4). Se identificó que 33% de los pozos sobrepasó el límite de coliformes fecales permisible para agua de consumo humano establecido por la OMS y en 100% de los pozos se registraron valores superiores a lo permisible en cuanto a la presencia de otras coliformes.

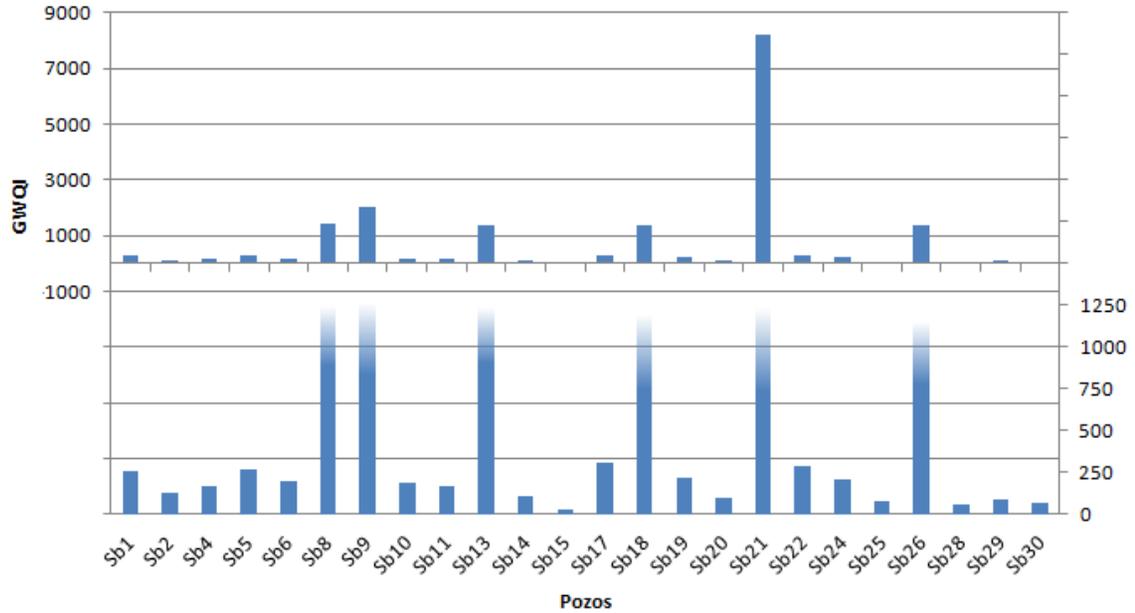


Figura 4. Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI) en los pozos del Departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

Las bacterias coliformes son microorganismos que se encuentran presentes en el ambiente. Estas bacterias pueden estar en el suelo y ante un evento de precipitación las mismas se quedan atrapadas en las rocas. Posteriormente pueden infiltrarse y llegar a contaminar el agua subterránea. Dentro del grupo de las bacterias coliformes también se pueden encontrar las bacterias coliformes fecales, estas bacterias se encuentran en los intestinos de los animales y los humanos (División de Salud Pública de Carolina del Norte 2009).

Los valores registrados durante el análisis de las coliformes en los pozos fueron muy superiores a los permisibles. La presencia de otras coliformes en las muestras llegaron a alcanzar valores de 1000 UFC/100 mL, como es el caso de los pozos sb8, sb9, sb13, sb18, sb21 y sb26 (Figura 4). La presencia de otras coliformes en el agua para consumo humano debe ser menor a 3 UFC/100 mL, por lo que estas aguas están muy contaminadas. En el caso de las coliformes fecales, la norma es estricta y no permite su presencia en el agua para el consumo humano, ya que son potencialmente perjudiciales para la salud. Se pudo detectar seis pozos con presencia de coliformes fecales. Esta contaminación pudo haber sido ocasionada por la presencia de animales en el sitio, así como la ubicación de baños improvisados a pocos metros de los pozos. Estos factores pueden propiciar la contaminación del agua de los pozos con heces fecales de los animales o los humanos.

**Diferencia entre índices.** Con el índice canadiense de calidad de agua subterránea (CWQI) se realiza la categorización del agua considerando si esta cumple o no con lo establecido por la norma de calidad de agua para consumo humano. Los pozos pueden ser categorizados desde calidad pobre hasta excelente, con esta categorización solo se toma en cuenta la cantidad de veces que los parámetros físicoquímicos incumplen con la norma.

Mientras que el Índice de calidad de agua subterránea (GWQI) toma en cuenta todos los parámetros medidos y los bacteriológicos (coliformes fecales y otras coliformes). Además a cada parámetro se le asigna un peso de acuerdo a su importancia para la salud humana, por lo que se tiene una clasificación más enfocada hacia la conservación de la salud.

**Comparación del Índice Canadiense de Calidad de Agua subterránea (CWQI) del año 2012 y 2013.** Se identificaron diferencias en 58% de los pozos muestreados en cuanto a las categorías en donde se ubicaban los mismos (Figura 5). Se evidenció un deterioro en la calidad del agua de los pozos sb1, sb4 y sb5 y 42% de los pozos restantes mantuvieron o mejoraron su calidad. Las diferencias pueden explicarse debido a que los pozos no han sido utilizados en el presente año, por lo cual ya no se les brinda el mantenimiento que los mismos requieren y se ve alterada la calidad del agua. Es importante mencionar que los periodos de muestreos realizados en el 2012, fueron distintos al 2013, debido a que las mediciones realizadas en el 2013 se llevaron a cabo solo en época lluviosa.

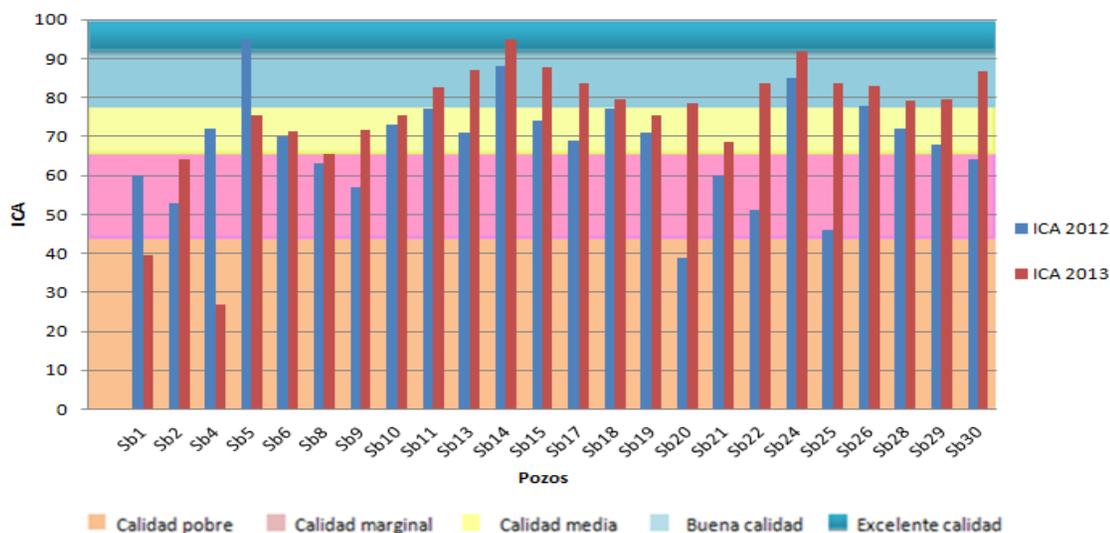


Figura 5. Comparación del índice canadiense de calidad de agua subterránea (ICA) en el año 2012 y 2013 en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

**Comparación del Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI) del año 2012 y 2013.** De los 24 valores calculados con el GWQI para el año 2013, 16 pozos fueron superiores al índice calculado para el año 2012 (Figura 6), ya que se encontraron mayores cantidades de coliformes fecales y otras coliformes presentes en el agua de los pozos muestreados. Los parámetros físico-químicos, no variaron en los años 2012 y 2013, excepto por la turbidez, el color y la conductividad eléctrica. La presencia de coliformes fecales y de otras coliformes, se encuentra relacionado con el nivel de turbidez y el color del agua.

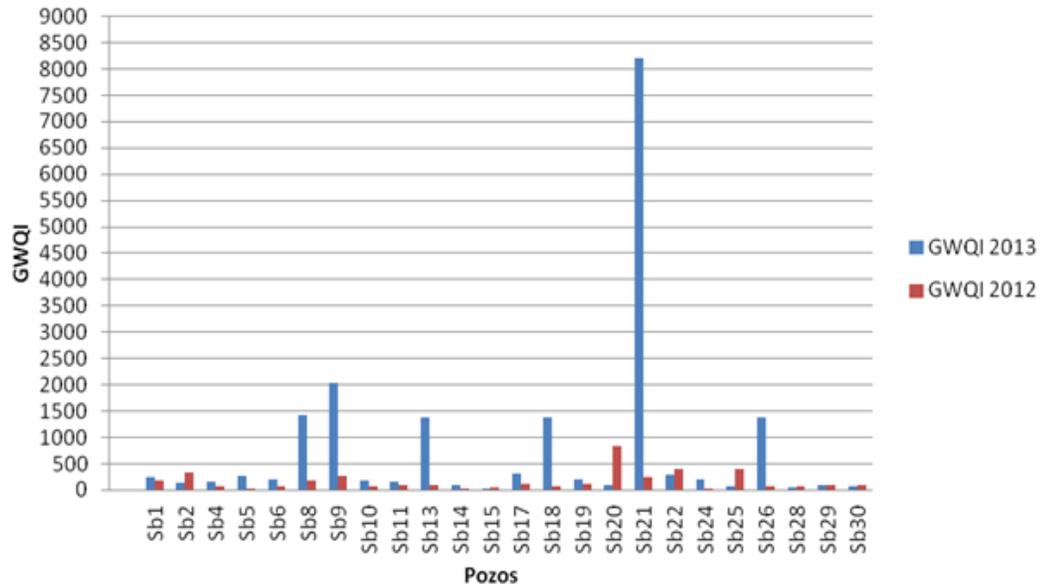


Figura 6. Comparación del índice de calidad de agua subterránea (GWQI) en el año 2012 y 2013 en el departamento de El Paraíso, Honduras.

**Muestreo bacteriológico y levantamiento de encuestas en los hogares.** La presencia de coliformes fecales y otras coliformes en el agua almacenada en los hogares fue variable en las diferentes comunidades. Las comunidades con mayor contaminación bacteriana fueron Emmanuel y Jacaleapa. Se pudo identificar un mayor deterioro en la calidad del agua en el pozo (punto de captación) de la comunidad de Emmanuel. Al analizar las muestras recolectadas en los hogares se registró un aumento de coliformes fecales, encontrándose en un hogar conteos superiores a 3, 000 UFC/100 mL. Se pudo contabilizar hasta 5, 200 UFC/100 mL de otras coliformes, lo que permite categorizar el agua como no apta para el consumo humano.

Las comunidades de Las Tunas y La Granjita cuentan con una mejor calidad de agua en el pozo (punto de captura) debido a que aunque existe presencia de coliformes termotolerantes de origen fecal, no existe la presencia de coliformes fecales. En las muestras analizadas de los hogares se encontraron coliformes fecales, encontrándose hasta >1000 UFC/100 mL y 7, 500 UFC/100 mL de otras coliformes, lo que indica que el agua está siendo mayormente contaminada en los hogares.

**Comparación de la calidad del agua en los puntos de captura y consumo final.** La calidad del agua intradomiciliaria se vió alterada por prácticas inadecuadas de higiene al momento de la manipulación del agua para el consumo. Algunos de los hogares, no utilizan el agua de los pozos para consumo directo, sino que la utilizan para la cocción, preparación de los alimentos y para lavar los utensilios de cocina. De igual forma las personas ingieren el agua y están expuestas a padecer algún tipo de enfermedad gastrointestinal.

**Análisis estadístico del muestreo y levantamiento de encuestas en los hogares.** El grado de contaminación del agua por coliformes fecales representaba la variable dependiente y el índice de bienestar humano, frecuencia de lavado de los recipientes y la aplicación de tratamiento al agua de consumo, son las variables independientes. La variable con mayor influencia en el grado de contaminación bacteriológica, es la frecuencia de lavado de los recipientes donde se almacena el agua (Cuadro 4). La segunda variable con mayor influencia en la contaminación bacteriana del agua fue el índice de bienestar humano, en el cual quedó evidenciado que las personas con mayor bienestar humano, le dan un mejor manejo al agua y por ende, consumen agua de mejor calidad. Variables como el nivel de escolaridad y las capacitaciones recibidas tienen una correlación negativa en cuanto al nivel de contaminación del agua que indica que estas variables no influyen en la calidad del agua consumida en los hogares de las comunidades muestreadas.

Cuadro 4. Análisis discriminante de las variables socioeconómicas en las comunidades de Jacaleapa, las Tunas, la Granjita y Emmanuel del departamento del Paraíso, Honduras, 2013.

<b>Variables</b>	<b>Función</b>
Índice de bienestar humano	0.114*
Frecuencia de lavado (0= Diario, 1= cada dos días, semanal)	0.965*
Aplica tratamiento (0=No, 1=Sí)	0.106
<b>Punto céntrico del grupo</b>	
Menor contaminación	0.467
Mayor contaminación	-0.301
Correlación canónica	0.357
Significancia	0.90

## 4. CONCLUSIONES

- El agua en los pozos muestreados se ve mayormente afectada por la contaminación bacteriana, el material en suspensión y otros elementos que alteran el color. Esto se refleja en los conteos de las coliformes fecales, las otras coliformes, la turbidez y el color, los cuales sobrepasaban los valores permitidos por la OMS.
- Las comunidades como la Granjita y las Tunas tenían una mejor calidad de agua en los pozos y en los hogares, caso contrario en las comunidades de Jacaleapa y Emmanuel, en donde se logró identificar la presencia de coliformes fecales y otras coliformes.
- Los aspectos socioeconómicos como la calidad de vida de las personas en las comunidades, condiciona la calidad del agua encontrada en los hogares. Las familias con un índice de bienestar mayor, consumen agua con mejor calidad en aspectos bacteriológicos en las comunidades evaluadas.
- Los resultados de los índices utilizados para la categorización del agua de los pozos, mostraron diferencias entre sí. El CWQI, no contempla para su cálculo las bacterias coliformes; mientras que el GWQI incluye coliformes para la categorización de los pozos. Es por ello, que se obtienen mayores valores con el CWQI, ubicándolos en mejores categorías de calidad en comparación con el GWQI.
- La calidad de los pozos muestreados es variable en comparación con el año 2012 en parámetros como la turbidez, el color, la dureza, los nitratos y los nitritos, lo que refleja la variabilidad del agua subterránea y valida la importancia de su monitoreo frecuente.
- Con relación a los aspectos bacteriológicos, existe un marcado deterioro en la calidad del agua en los puntos de consumo de las comunidades evaluadas en comparación con los puntos de captura, lo que pone en riesgo la salud de los consumidores, a pesar de los esfuerzos realizados por la fundación Texas Water Mission de garantizar agua de calidad a través de la perforación de pozos.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar una evaluación constante de las condiciones de las estructuras de extracción del agua y del sello de los pozos, para prevenir la contaminación del agua por infiltración de las sustancias o los microorganismos perjudiciales para la salud.
- Realizar un monitoreo constante de los pozos en diferentes épocas del año, de esta forma se podrán identificar los parámetros que tienen mayor variabilidad. Así se mantendrán mejores registros sobre los cambios en la calidad del agua.
- Analizar los parámetros bacteriológicos de cada pozo muestreado con más de un método, para realizar un mejor conteo de las coliformes fecales y otras coliformes y de esta forma obtener resultados más exactos.
- Realizar el levantamiento de encuestas y muestreos en hogares y pozos, a principio de año (temporada seca), ya que los pozos son más utilizados en este periodo de tiempo. Esto permitirá obtener un mejor tamaño de muestra y por ende, mejores resultados.
- Llevar a cabo capacitaciones en las comunidades que utilizan el agua de los pozos. Incluir temas sobre las prácticas de higiene adecuadas para el manejo del agua, desde su captación, transporte y almacenamiento, a fin de reducir la contaminación en cualquiera de estos puntos.

## 6. LITERATURA CITADA

Abessi, O., S. Sharifi., H. Meraji., M. Saeedi. 2010. Development of Groundwater Quality Index. *Environmental Monitoring and Assessment* 163(1):327-335.

Alimohammadi, M., M.V. Amin., A.H. Mahvi., R. Nabizadeh., K. Nadaffi., S. Yousefzadeh. 2013. Development of innovative computer software to facilitate the setup and computation of water quality index. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 10(1):1-32.

Andino, L.F., Ramos, A.C. 2011. Caracterización regional de la calidad del agua subterránea y superficial del departamento de El Paraíso. Tesis Ing. Desarrollo Socioeconómica y Ambiente. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 41 p.

Azario, R., Leandro, M., Celia, M., María G. 2004. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. *Higiene, sanidad y ambiente* 4(1):72-82.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2001. Canadian Water Quality Index 1.0. Manitoba, Canadá. 5 p.

Clesceri, L. S., A. D, Eaton., A. E, Greenberg. 1998. Standard Methods for the examination of water and waste water. 20 ed. Washington, USA. American Public Health Association. 161 p.

Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 2012. Sistemas de potabilización de agua aislados en zonas rurales (en línea). Consultado 7 de noviembre de 2013. Disponible en <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1891517819.pdf>

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental, Perú). 2006. Parámetros Organolépticos. (en línea). Consultado 17 de junio de 2012. Disponible en [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

División de Salud Pública de Carolina del Norte. 2009. Protéjase de las bacterias coliformes en el agua de su pozo (en línea). Consultado 25 de octubre de 2013. Disponible en [http://www.ncdhhs.gov/espanol/salud/bacterias\\_coliformes.pdf](http://www.ncdhhs.gov/espanol/salud/bacterias_coliformes.pdf)

El Heraldo. 2013. Fallecen tres niños por males gastrointestinales (en línea). Honduras. Consultado 11 de octubre de 2013. Disponible en: <http://www.elheraldo.hn/Secciones-Principales/Regionales/Fallecen-seis-ninos-por-males-gastrointestinales>

Flores, I.N.2009. Agua subterránea: El agua que no vemos. Vera Cruz, México. Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad Veracruzana. 22(1):1-5

Grupo del Banco Mundial. 2011. Agua en la región de América Latina y el Caribe (en línea). Consultado 9 de octubre de 2013. Disponible en: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/EXTSPPAISES/LACINSPANISHEXT/0,,contentMDK:21873804~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:489669,00.html>.

Hach Company. 2004. Datalogging colorimeter handbook: Procedures manual. Hach Company. United State of America, 616 p.

Kazez, R. s.f. Los estudios de casos y el problema de la selección de la muestra: Aportes del sistema de matrices a datos (en línea). Consultado el 20 octubre de 2013. Disponible en: [http://www.uces.edu.ar/institutos/iaepcis/8\\_jornada\\_desvalimiento/kazez.pdf](http://www.uces.edu.ar/institutos/iaepcis/8_jornada_desvalimiento/kazez.pdf)

Lewis, W. J., Foster, S.S.D., Drasar, B.S. 2002. Análisis de contaminación de las aguas subterráneas por sistemas de saneamiento básico (en línea). Consultado 9 de octubre de 2013. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind46/analisis/analisis.html>.

Naraqi, J.D., B.O Ogunbanjo., A.J Trevett. 1993. Shigella bacteraemia in adults. Papua, Nueva Guinea. The Fellowship of Postgraduate Medicine. 69(812):466-468.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. Guías para la calidad de agua potable (en línea). Ginebra, Suiza. Consultado 17 de junio de 2012. Disponible en [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_fulll\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf)

Segovia, D.T. 2009. Honduras: ¿Golpe a la democracia? (en línea). Tegucigalpa, Honduras. Consultado 15 de Junio de 2012. Disponible en [http://lahaine.org/b2-img09/dax\\_honduras.pdf](http://lahaine.org/b2-img09/dax_honduras.pdf).

UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). 2010. Reducir la Mortalidad de Niños menores de 5 años (en línea). Consultado 16 de junio de 2013. Disponible en <http://www.unicef.org/honduras/ODM4.pdf>.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2007. Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report. Burlington, Ontario, Canada. 60 p.

Velasco, H.G. 2012. Caracterización del agua subterránea por medio de índices de calidad de agua en el Departamento del Paraíso, Honduras. Tesis Ing. Ambiente y Desarrollo. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 40 p.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Índice Canadiense de Calidad de Agua (CWQI) en los pozos del Departamento de El Paraíso.

<b>Pozo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>CWQI</b>	<b>Categoría de calidad</b>
Sb1	La Chapetona	40	Pobre
Sb2	Iglesia Manos de Dios	64	Marginal
Sb4	Eben Ezer	27	Pobre
Sb5	El Robledal	76	Media
Sb6	San Matías	71	Media
Sb8	El Espinito	66	Media
Sb9	Las Crucitas	72	Media
Sb10	Colonia Emanuel	75	Media
Sb11	La Resurrección	83	Buena
Sb13	Linaca	87	Buena
Sb14	San Marcos Abajo	95	Excelente
Sb15	Las Tunas	88	Buena
Sb17	Pescadero 2	84	Buena
Sb18	Ocobas	80	Buena
Sb19	San Cristobal	75	Media
Sb20	Zamorano, Jamastrán	78	Media
Sb21	San Lorenzo	69	Media
Sb22	Jacaleapa	84	Buena
Sb24	Morocelí	92	Buena
Sb25	El Galpón	84	Buena
Sb26	Ojo de agua 1	83	Buena
Sb28	La Granjita	79	Media
Sb29	Santa María, Jamastrán	80	Buena
Sb30	El Zarzal	87	Buena

Anexo 2. Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI) en los pozos del Departamento de El Paraíso

<b>Código</b>	<b>Ubicación</b>	<b>GWQI</b>	<b>Categoría de calidad</b>
Sb1	La Chapetona	25	Pobre
Sb2	Iglesia Manos de Dios	130	Media
Sb4	Eben Ezer	166	Media
Sb5	El Robledal	265	Pobre
Sb6	San Matías	195	Media
Sb8	El Espinito	1428	Extremadamente pobre
Sb9	Las Crucitas	2041	Extremadamente pobre
Sb10	Colonia Emanuel	186	Media
Sb11	La Resurrección	171	Media
Sb13	Linaca	1383	Extremadamente pobre
Sb14	San Marcos Abajo	105	Media
Sb15	Las Tunas	29	Excelente
Sb17	Pescadero 2	304	Extremadamente pobre
Sb18	Ocobas	1388	Extremadamente pobre
Sb19	San Cristobal	214	Pobre
Sb20	Zamorano, Jamastrán	101	Media
Sb21	San Lorenzo	8208	Extremadamente pobre
Sb22	Jacaleapa	288	Pobre
Sb24	Morocelí	211	Pobre
Sb25	El Galpón	75	Buena
Sb26	Ojo de agua 1	1391	Extremadamente pobre
Sb28	La Granjita	57	Buena
Sb29	Santa María, Jamastrán	90	Buena
Sb30	El Zarzal	70	Buena

Anexo 3. Modelo de encuesta socioeconómica aplicada en las comunidades de Jacaleapa, las Tunas, la Granjita y Emanuel, en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

Escuela Agrícola Panamericana Evaluación de la calidad del agua Encuesta a hogares						
<b>A. Información básica</b>						
Nombre del Encuestador (a):	Fecha: / /2013		Hora:			
Departamento:	Municipio:					
Dirección:						
Persona entrevistada (jefe del hogar):	Mujer <input type="checkbox"/>	Hombre <input type="checkbox"/>				
Edad:						
Nivel de escolaridad (jefe de hogar):	Primaria incompleta: <input type="checkbox"/>	Secundaria completa <input type="checkbox"/>				
	Primaria completa <input type="checkbox"/>	Técnico <input type="checkbox"/>				
	Secundaria incompleta: <input type="checkbox"/>	Universitaria: <input type="checkbox"/>				
Fuente de ingreso principal:	Asalariado Agrícola <input type="checkbox"/>	Asalariado <input type="checkbox"/>				
	Asalariado no Agrícola <input type="checkbox"/>	No asalariado <input type="checkbox"/>				
<b>B. Información sobre la vivienda</b>						
Uso:	Solo vivienda <input type="checkbox"/>	Vivienda y otra actividad <input type="checkbox"/>				
Tiempo de vivir en la casa:						
Tenencia de la vivienda:	Propia <input type="checkbox"/>	Alquilada <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>			
	Adobe <input type="checkbox"/>		Quincha <input type="checkbox"/>			
Materia predominante de la pared de la casa:	Madera <input type="checkbox"/>		Otro <input type="checkbox"/>			
	Bloques <input type="checkbox"/>					
Materia predominante en el piso:	Tierra <input type="checkbox"/>	Baldosa <input type="checkbox"/>				
	Cemento <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>				
Número de dormitorios de la casa:						
¿Posee energía eléctrica?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
Teléfono celular / fijo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
Televisión por cable	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
Posee carro propio	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
Red de agua	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
Red de desagüe	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
Fosa séptica/ Letrina/ inodoro/ Otro	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
Ubicación (dentro o fuera de la casa) / Distancia de la casa						
El uso de la letrina/inodoro es	Exclusivo de la vivienda <input type="checkbox"/>	Compartido con otras viviendas <input type="checkbox"/>				
<b>C. Información acerca de la familia</b>						
¿Cuántas personas habitan en la vivienda? _____						
¿Cuántas personas trabajan? _____						
¿Cuál es la edad de las personas que trabajan? _____						
<b>D. Información sobre el abastecimiento de agua</b>						
¿De dónde obtiene su agua?						
Medio por el que la reciben	Acarreada <input type="checkbox"/>	Llave por el que la reciben <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>			
¿Quiénes acarrear el agua?	Madre <input type="checkbox"/>	Padre <input type="checkbox"/>	Hijos mayores de 18 años <input type="checkbox"/>			
	Niños <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Especifique _____			
¿Cuántas veces al día acarrear agua?						
¿Cuánto tiempo le toma transportar el agua?						
¿Actualmente cuales otras fuentes de agua utiliza para uso doméstico?	Rio <input type="checkbox"/>	Agua embotellada <input type="checkbox"/>	Especifique _____			
	Pozo <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>				
¿Cómo es el agua?		Muy bueno <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Malos <input type="checkbox"/>	Muy malos <input type="checkbox"/>
	Olor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>D. Salud</b>						
Recientemente algún miembro de la familia ha padecido de alguna enfermedad?	Fiebre <input type="checkbox"/>	Cólera <input type="checkbox"/>	Especifique _____			
	diarrea <input type="checkbox"/>	Disentería <input type="checkbox"/>				
	Vómito <input type="checkbox"/>	Otra <input type="checkbox"/>				
¿De qué se enferman más en la casa?	Tos/gripe <input type="checkbox"/>	Tristeza/depresión <input type="checkbox"/>	Gastritis <input type="checkbox"/>			
	Diarrea/Vómito <input type="checkbox"/>	Problema de la piel <input type="checkbox"/>	Dolor de cab <input type="checkbox"/>			

¿Cuántos de los niños han tenido diarrea en el último mes? (Solo niños menores de 5 años)		No aplica		<input type="checkbox"/>	
¿Almacena usted el agua para consumo humano?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
¿Qué tipo de recipientes utiliza para almacenar el agua?	Balde plástico Barro	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pila Lata	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
¿Utiliza algún tipo de tapadera para los recipientes en donde almacena el agua?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
¿Con qué saca el agua que está guardada para usarla?	Vaso/Pocillo Cucharón	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Paila de plástico Otro	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especifique _____
¿Dónde mantiene el utensilio con el que saca el agua?	Aire libre Cubierto	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	En el recipiente Guardado	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
¿Cuál es la frecuencia de lavado de los recipientes donde almacena el agua?					
¿Qué utiliza para lavar los recipientes?					
¿Se lava las manos después de ir al baño?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
¿Se lava las manos antes de preparar los alimentos?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
¿Se lava las manos antes de ingerir los alimentos?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
¿Qué utiliza para lavarse las manos?					
¿Qué hace usted con las verduras y frutas antes de comerlas o cocinarlas?	Lavarlas Pelarlas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Nada	<input type="checkbox"/>	
¿El agua antes de ser consumida recibe tratamiento?	Ninguno Hierva	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Cloro Otro	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Especifique _____
¿Reciben visitas del personal de la Secretaría de Salud?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Especifique (tiempo):
¿Cuál fue el motivo de la visita					
¿Existe una junta comunal de agua?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
¿Usted forma parte de la junta?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
¿Existe un encargado de mantenimiento del pozo?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Especifique:
¿Colabora con el mantenimiento del pozo?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Especifique:
<b>E. Capacitaciones</b>					
¿Han recibido algún tipo de capacitación sobre higiene y manejo del agua?	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
¿Cuándo fue la última capacitación?					
¿Cómo considera las capacitaciones recibidas?	Muy útil A veces útiles	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Poco útil Nada útil	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

¿Qué institución/organización ha facilitado las capacitaciones?	
¿Quién ha recibido las capacitaciones?	
<b>F. Apreciación del entrevistador</b>	
¿Se observan animales domésticos?	_____
¿Qué tipo de animales domésticos?	_____
Ubicación	_____

Anexo 4. Fotografía en el sitio de muestreo del pozo de la comunidad de Jacaleapa en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



Anexo 5. Fotografía del sitio de muestreo del pozo de la comunidad de Emmanuel en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



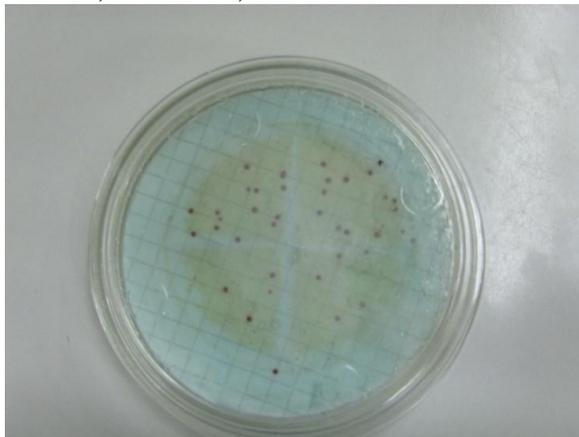
Anexo 6. Fotografía en el sitio de muestreo de la comunidad de La Granjita en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



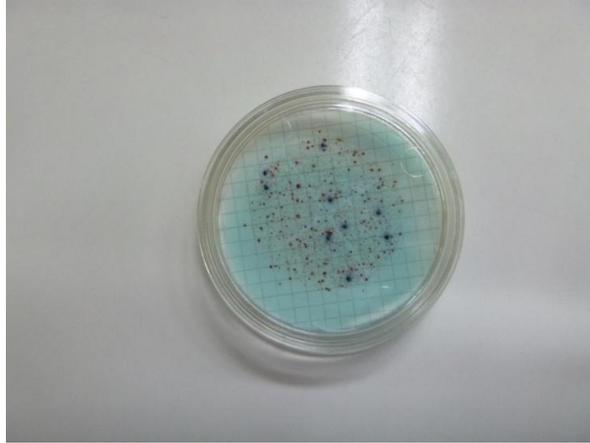
Anexo 7. Fotografía en el sitio de muestreo de la comunidad de Las Tunas en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



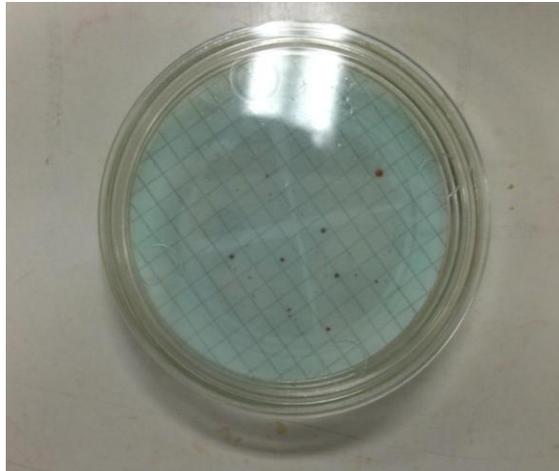
Anexo 8. Fotografía del conteo bacteriológico en el pozo de la comunidad de las Tunas en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



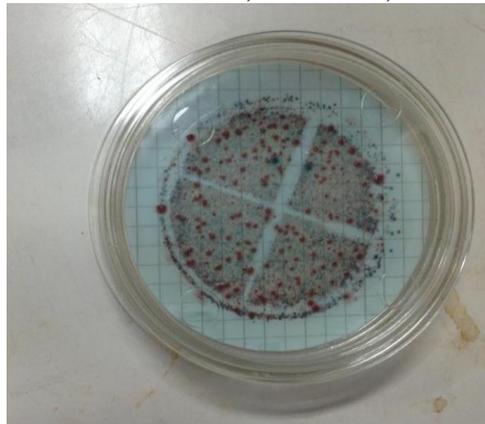
Anexo 9. Fotografía del conteo bacteriológico en uno de los hogares de la comunidad de las Tunas en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



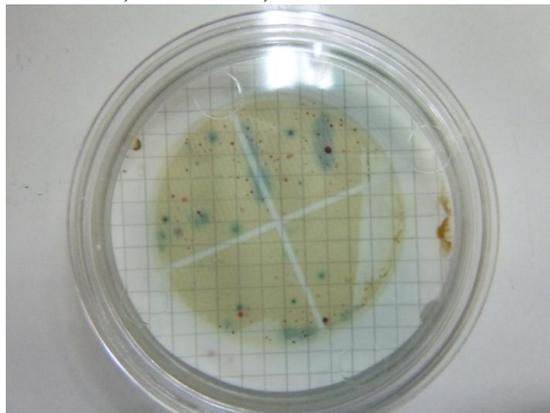
Anexo 10. Fotografía del conteo bacteriológico en el pozo de la comunidad de La Granjita en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



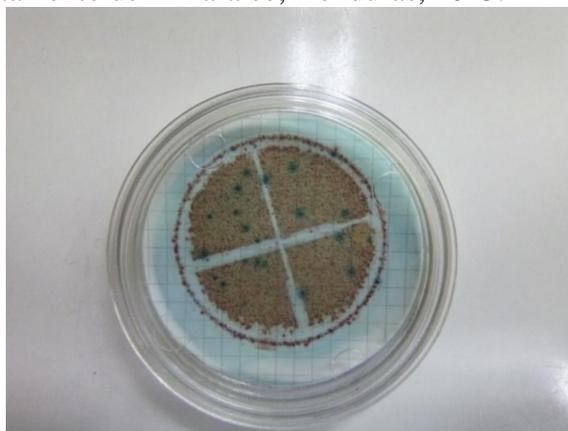
Anexo 11. Fotografía del conteo bacteriológico en uno de los hogares de la comunidad de La Granjita en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



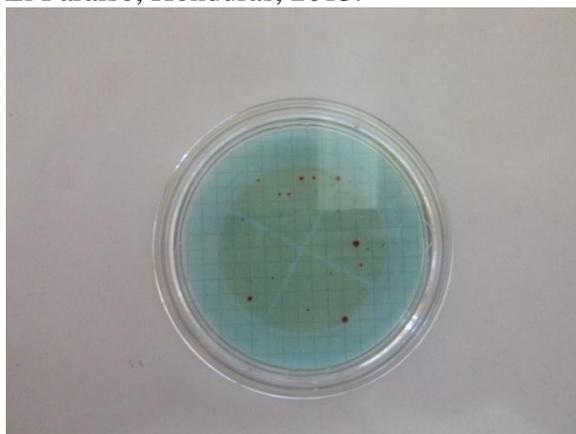
Anexo 12. Fotografía del conteo bacteriológico en el pozo de la comunidad de Emmanuel en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



Anexo 13. Fotografía del conteo bacteriológico en uno de los hogares de la comunidad de Emmanuel en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



Anexo 14. Fotografía del conteo bacteriológico en el pozo de la comunidad de Jacaleapa en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.



Anexo 15. Fotografía del conteo bacteriológico en uno de los hogares de la comunidad de Jacaleapa en el departamento de El Paraíso, Honduras, 2013.

