

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE
OCHO COMUNIDADES EN EL MUNICIPIO DE SULACO, DEPARTAMENTO DE
YORO**

POR:

DARWIN MISAEL ESCOBAR PALMA

DIAGNÓSTICO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C. A.

JUNIO, 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE
OCHO COMUNIDADES EN EL MUNICIPIO DE SULACO, DEPARTAMENTO DE
YORO

POR:

DARWIN MISAEL ESCOBAR PALMA

JUAN ALBERTO CHAVARRÍA M.Sc.

Asesor Principal

DIAGNÓSTICO

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016

DEDICATORIA

A mi Madre, mi gran amor, mi mujer sagrada María Elena Palma Mencía. A ti mi guerrera invencible, luchadora incansable a ti dedico este título, por enseñarme que todo es difícil pero si tenemos la fe en DIOS y con perseverancia, nada es imposible. Por todo su amor incondicional que trasmitió en mí, a ella este triunfo por su empeño, entusiasmo y gran valor para formar cada uno de nosotros sus hijos. Porque nuestro señor JESUS siempre estuvo con usted para multiplicar grandemente esos bienes. Ya que nunca me faltó esa ayuda económica de su parte que con su esmero y sacrificio pudo darme y es así como usted me ha dado la mejor herencia que un hijo pueda recibir de sus padres. “El estudio” Gracias madre por haber creído siempre en mí. Éres la mejor entre todas, una gran señora estoy orgulloso de que seas mi madre. Eres mi honor y siempre estaré eternamente agradecido contigo.

A mi Padre, German Alfonso Escobar. Ya que gracias a tí, soy quien soy, con el solo hecho de engendrarme. A ti dedico este triunfo, porque sea como sea para nosotros tus hijos siempre hay en tí sanos consejos el cual hoy me han convertido en un hombre de bien. Gracias por su apoyo económico estaré eternamente agradecido con usted.

A Keyla Yajaira Rosales Rosales, la mujer que me enseñó el Amor. Y que a pesar de la distancia quizá fuiste tú la que más cerca estuvo de mí. Demostrándome ese amor que me ha llenado y me ha acompañado en todos los momentos ya sean de tristezas y derrotas, triunfos y alegrías, gracias por haber tenido tanta paciencia en todo este tiempo que duró mi carrera. Pero le doy la mayor de las gracias por haberme convertido en padre por primera vez ya que es un sentimiento tan grande al cual no se le encuentra explicación por ser tan inmenso y maravilloso. Dedico a tí, que eres el amor de mi vida y la que quiero que este a mi lado por siempre, este logro obtenido. Gracias por todo lo que has ayudado a construir en mí.

A mi hijo Daniel Caleb Escobar Rosales por qué es lo más bello que me ha dado DIOS ya que llevo a mi vida a dar las fuerzas necesarias para impulsarme en el transcurso de mi carrera y en el resto de mi existencia para ser cada día mejor. Te amo hijo mi triunfo también es tuyo y es para darte lo que anheles en la vida ya que eres lo más sagrado que tengo y también a las o los que vengan.

A mis hermanos: Roniel, por su apoyo moral y económico, por haber contribuido y estado siempre pendiente de mí, porque gracias a tí se alcanzó esta meta familiar. A Eduar por su apoyo moral y por verme como su ejemplo a seguir. Y a ti Mavis también te dedico este triunfo. Espero como hijos de DIOS siempre estar unidos para ser una gran familia.

A mi abuelita querida del alma Marta Escobar a la que tanto amo, a DIOS las gracias por haberme permitido tenerla conmigo celebrando este triunfo. Un honor en ser el primero de tu descendencia familiar en obtener un título a nivel superior. Y a usted abuelo José de la Paz Palma un honor en ser el primero de tus nietos en recibir un título universitario. Me siento orgulloso de ser parte de tu descendencia.

A mi sobrinita hermosa Arianna Suyapa Escobar Dubon que me lleno de alegría su llegada convirtiéndome en tío por vez primera y siendo la primera y única mujercita hasta ahorita en la descendencia de mis padres. También agradezco a mi cuñada Johana Dubon que siempre está al lado de mi hermano. A mis tías, tías políticas, tíos y tíos políticos que siempre estuvieron allí apoyándome, siendo ellos los primeros en darme su apoyo moral y hasta económico en mi vida estudiantil y de igual manera a mis primas y primos por sus muestras de aprecio y cariño y al resto de la familia y amistades.

A mi suegra Marta Estela Rosales Mencía que siempre me dio su respaldo, gracias por lidiar con mi hijo eso se admira, respeta y se ama de una suegra le estaré eternamente agradecido.

A Dimas Alonso Escobar Palma, Argentina Salguero y Doña Chela Rodríguez a ustedes dedico este triunfo en mi vida, gracias por haber confiado en mí, estaré eternamente agradecido con ustedes tanto por su apoyo moral como económico. Han sido ustedes participes de la mejor experiencia que una persona tenga en la vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

A DIOS por el solo hecho de regalarme la vida, por darme esa fe a la cual siempre me aferre y de la cual nacía actitud positiva para enfrentar los obstáculos que se me presentaban día con día. Gracias mi DIOS por guiarme en mi proceso de formación integral y ser mi luz en todo camino a cruzar, a ÉL debo todo lo que soy y lo que seré.

A mi alma mater la UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA porque se convirtió en mi segunda casa durante todo este tiempo. A sus autoridades por haber creado y seguir impulsando el Programa de Inclusión Social. Ph.D. Marlon Escoto, Ph.D. Carlos Ulloa, M.Sc. Oscar Redondo y M.Sc. Javier Reyes Luna. También al entonces Ministro del Instituto Nacional Agrario el Lic. Cesar Ham por el convenio creado entre UNA-INA para becar a hijos e hijas del sector campesino del país, del cual fui beneficiario.

Al M.Sc. Juan Alberto Chavarría, quien como asesor principal del comité evaluador del diagnóstico, fue la primera persona a la que me aboque y confió en mí desde ese instante. Gracias por aportar sus conocimientos en esta investigación y a los demás miembros del comité M. Sc. Jorge Cardona y al Ing. Keeryn López, por sus consejos y aportes que ayudaron a mejorar este documento.

Al pleno de la municipalidad de Sulaco, Yoro, en especial al honorable Señor Alcalde Municipal Don Santos Hernández por estar anuente al momento de avocarme hacia su persona.

A mis compañeros por su sincera amistad y comprensión durante todo este tiempo Lorena, Raquel, Yanelly, Ledby, Lesly, Omeda, Fernanda y Jorge. También a mis primeros amigos que tengo desde la que llegue a la UNA Henry (Chicuelo) Fabricio (Capy) Douglas (Colon) Landaverry (El Comandante) Rodrigo (Shumer) M. Sc. Jhunion Marcía y don Sabino Hernández.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTADO DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. General	2
2.2. Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 El agua y su vital importancia	3
3.2 El derecho humano al agua	3
3.3 Agua potable	4
3.4 ¿Qué es un servicio de agua potable?.....	4
3.5 Importancia del agua potable	4
3.6 Calidad de agua	5
3.6.1 Contaminación.....	5
3.6.2 Tipos de contaminantes	6
3.6.3 Control de contaminantes	6
3.6.4 Enfermedades intestinales	6
3.6.5 El monitoreo de la calidad del agua.....	7
3.6.6 Indicadores Microbiológicos del Agua.....	10
3.7 Índice de calidad de agua ICA	12
3.8 Norma técnica para la calidad de agua.....	12
3.9 Vulnerabilidad.....	13
3.9.1 Vulnerabilidad del servicio de agua potable.....	14
3.9.2 Escasez.....	14
3.10 Infraestructura del sistema de agua potable	15

3.10.1 Captación	15
3.10.2 Conducción	15
3.11 Tipos de tuberías	15
3.11.1 Hierro galvanizado (HG)	15
IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	18
4.1 Descripción del área de estudio.....	18
4.2 Materiales y Equipo	19
4.4 Desarrollo de la Metodología.....	19
4.4.1 Fase 1. Evaluar las condiciones y el manejo del sistema de agua potable.....	19
4.4.2 Fase 2. Análisis de la calidad del agua.	20
4.4.3 Fase 3. Describir y cuantificar enfermedades gastrointestinales en la población, de acuerdo a la calidad del agua.	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1 Organización de las ocho comunidades estudiadas del proyecto.....	23
5.2 Sistemas de agua potable de las ocho comunidades	24
5.2.1 Sistema de la Comunidad del Espino.....	24
5.2.2 Sistema de la Comunidad del Bufalo.....	26
5.2.3 Sistema de la Comunidad de Culan.	27
5.2.4 Sistema de la Comunidad Las Pilas.	28
5.2.5 Sistema de la comunidad del Pueblito.	29
5.2.6 Sistema de la Comunidad de La Vega.....	31
5.2.7 Sistema de la comunidad de Las Tunas.	33
5.2.8. Sistema de la Comunidad del Desmonte	34
5.2.9 Componentes y Sistemas de las Ocho Comunidades Estudiadas.....	36
5.3 Determinación de la calidad de agua en las ocho comunidades estudiadas.....	37
5.4 Descripción y cuantificación de las enfermedades gastrointestinales en la población, de acuerdo a la calidad de agua en las ocho comunidades estudiadas	48
VI. CONCLUSIONES	51
VII. RECOMENDACIONES.....	52
VIII. BIBLIOGRAFIA	53
ANEXOS.....	57

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Indicé para la calidad de agua.....	12
Cuadro 2 Normas técnicas para la calidad de agua	13
Cuadro 3 Clasificación del "ICA" Propuesto por Brown	21
Cuadro 4 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad del Espino	25
Cuadro 5 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad del Bufalo	26
Cuadro 6 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad de Culan.....	27
Cuadro 7 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad de las Pilas	29
Cuadro 8 Vulnerabilidad del sistema de agua de la comunidad del Pueblito.....	30
Cuadro 9 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad de la Vega.....	32
Cuadro 10 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad de las Tunas	34
Cuadro 11 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad del Desmonte.....	35
Cuadro 12 Vulnerabilidad de todos los componentes y sistemas de las comunidades	36
Cuadro 13 Parámetro de demanda bioquímica de oxígeno	40
Cuadro 14 Parámetro de oxígeno disuelto.....	43
Cuadro 15 Parámetro de sólidos disueltos totales	44
Cuadro 16 Estimación del índice de calidad de agua "ICA"	46
Cuadro 17 Resultados de los veintiún puntos de muestreos para análisis de calidad de agua	47
Cuadro 18 ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que han afectado a su comunidad?	48
Cuadro 19 Enfermedades según Centro de Salud Sulaco Yoro	50

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Mapa representando las ocho comunidades estudiadas	18
Figura 2 Parámetros de coliformes fecales	38
Figura 3 Parámetros del potencial de hidrogeno	39
Figura 4 Parámetros de la Turbidez	40
Figura 5 Parámetro de Color Verdadero	42
Figura 6 Parámetro de Fosfato	44
Figura 7 Parámetro de Nitratos	45
Figura 8 Enfermedades presentes en la población encuestada	48

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Matriz de Vulnerabilidad	58
Anexo 2 Veintiún puntos donde se tomaron las 44 muestras	59
Anexo 3 Encuesta de la vulnerabilidad del sistema de agua potable	60
Anexo 4 Imagen del sistema de agua potable de las ocho comunidades estudiadas	63
Anexo 5 Imagen de captación de la obra toma, Microcuenca Higüero Espino.....	64
Anexo 6 Imagen de ubicación de la obra toma.....	64
Anexo 7 Imagen de la conducción del sistema de agua	65
Anexo 8 Imagen del avance de la frontera agrícola en la parte inferior de la obra toma	65
Anexo 9 Imagen los 4 tanques ubicados en las áreas estudiadas	66
Anexo 10 Imágenes de las redes de distribución de tramo aéreo en las diferentes comunidades	67
Anexo 11 Imágenes de la socialización del diagnóstico, aplicación de boletas y matriz de vulnerabilidad en las ocho comunidades estudiadas.....	68
Anexo 12 Curvas de valoración del ICA de la NSF	70
Anexo 13 Resultados de análisis de calidad de agua realizados en el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados SANAA.	72

ESCOBAR, DARWIN MISAEL. 2016, Diagnóstico de la vulnerabilidad del sistema de agua potable en ocho comunidades: El Espino, El Bufalo, Culan, Las Pilas, El Pueblito, La Vega, Las Tunas y El Desmonte del municipio de Sulaco, Yoro. Diagnostico. Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad, Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras, 82 Pág.

RESUMEN

América Latina enfrenta problemas serios de abastecimiento: posee algunas de las zonas más húmedas del planeta y los desiertos más áridos, prestando, además, una alta contaminación de sus fuentes, en Honduras según la Organización Panamericana de la Salud, manifiesta que las investigaciones en agua y saneamiento son muy escasas, es por ello que la presente investigación está orientada a evaluar y analizar la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable de las comunidades del Bufalo Espino, Culan, Las Pilas, El Pueblito, La Vega, Las Tunas y El Desmonte. Las cuales se encuentran en la parte Nor-Este del municipio de Sulaco, Yoro, Para realizar el estudio se visitaron las comunidades, en las cuales se aplicó una encuesta a los pobladores logrando recopilar información sobre enfermedades y el manejo que se le brinda al sistema de abastecimiento de agua potable. También se conoció y se evaluó la infraestructura de cada sistema. Se establecieron veintiún puntos de muestreos para análisis de calidad de agua, realizando 44 muestras, en una sola jornada. 21 Físicos químicos, 21 microbiológicos, 1 DBO y 1 SDT el propósito de determinar la calidad del agua tanto para consumo humano, como para uso doméstico el cual resultado regular en la obra toma dicho estudio analizado con el índice de calidad de agua “ICA” y se identificó mediante la aplicación de encuestas algunas enfermedades prevaleciendo más la de fiebre y diarrea. Al realizar la evaluación de la vulnerabilidad de cada uno de los sistemas de agua potable los resultados obtenidos muestran que el nivel más bajo de vulnerabilidad lo presenta la comunidad de Las Pilas, en cambio la comunidad del Desmonte presenta el nivel más alto de vulnerabilidad. En el caso de los componentes de captación y conducción son el mismo en cada una de las comunidades debido a que es el mismo proyecto de agua potable. Las demás comunidades se encuentran en una mediana vulnerabilidad de casi el mismo nivel.

Palabras claves: Vulnerabilidad, Comunidades, Componentes, Sistemas, Parámetros, Calidad y Potable.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. El agua es indispensable para la vida, porque ningún organismo sobrevive sin ella. Es un constituyente esencial de la materia viva y la fuente de hidrógeno para los organismos. También influye en ellos a través de la atmósfera y el clima. Es el medio en el que se desarrolla la abundante y variada flora y fauna acuática. Los seres vivos están formados en su mayor parte por agua. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. 1996)

El agua es el fluido más valioso en el mundo, sin embargo el manejo de este recurso tan importante en nuestras vidas no ha sido el mejor. Debido a que no existe una conciencia globalizada sobre el manejo razonable de este vital líquido. Esto origina crisis por el uso del agua, que provoca enfermedades de origen hídrico, desnutrición, crecimiento económico reducido, inestabilidad social, conflictos por su uso y desastres ambientales, por lo que es necesario mantener un monitoreo constante en la protección de las zonas productoras de agua para poder equilibrar su uso.

Debido a la problemática antes mencionada se toma a bien trabajar en el municipio de Sulaco del departamento de Yoro. Donde se encuentra ubicada la Microcuenca El Higüero-Espino la cual beneficia a gran parte de su población. Realizando la presente investigación específicamente en ocho comunidades del Proyecto de Agua Potable conocido como “BUFALO MÁS OCHO” que abastece a 2,751.00 habitantes. En el cual se analizó la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable de ocho comunidades y para ver en qué condiciones está el agua que es suministrada a determinada población, se realizaron análisis de calidad de agua tanto físicos-químicos como microbiológicos. También se describió y cuantifico las enfermedades gastrointestinales que son originadas por la contaminación del agua

II. OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar la vulnerabilidad del sistema de agua potable en ocho comunidades del Municipio de Sulaco, Departamento de Yoro

2.2. Específicos

Evaluar las condiciones y el manejo del sistema de agua potable en ocho comunidades del proyecto “BUFALO MÁS OCHO” en el Municipio de Sulaco Departamento de Yoro

Determinar la calidad del agua, del sistema de agua potable en ocho comunidades del proyecto.

Describir y cuantificar las enfermedades gastrointestinales en la población, de acuerdo a la calidad de agua

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El agua y su vital importancia

El agua es un elemento esencial para la vida y todos somos conscientes que es necesaria para todos los seres vivos, para la producción de alimentos, electricidad, mantenimiento de la salud. También es requerida en el proceso de elaboración de muchos productos industriales, medios de transporte y es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra (ONU/WWAP 2003).

El agua es un recurso natural no renovable, es parte esencial de hombre, animales y plantas, en cuyos cuerpos, aproximadamente, el 72 % de su peso corporal está constituido por agua. Se ha comprobado que el agua es fuente de vida todos los seres vivos dependen de ella, pues, la vida empieza en el agua, (Contreras et al 2008).

3.2 El derecho humano al agua

El derecho a acceder al agua se enmarca en la categoría de Derechos Humanos, al menos como presupuesto de distintos derechos reconocidos en acuerdos internaciones, tales como el derecho a la vida, salud, calidad de vida, alimentación adecuada, entre otros. En otras palabras, el derecho a acceder al agua es un requisito previo para la realización de los demás derechos humanos (Valdés, 2010). El derecho al agua está reconocido expresamente como un derecho humano independiente en los tratados internacionales, las normas internacionales de derechos humanos comprenden obligaciones específicas en relación con el acceso a agua potable (ONU, 2011)

3.3 Agua potable

Se entiende por agua potable, el agua de consumo directo para beber, cocinar y de uso en la alimentación, así como para satisfacer las necesidades de higiene de las personas, que cumplan las condiciones indicadas por las directrices para la calidad de agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Varo et al. 2009). Según Varo et al (2009) El agua obtenida de una captación, ya sea de origen superficial o subterráneo, será analizada para determinar su composición físico-química y microbiológica, y, en función de sus características se aplicara el tratamiento idóneo que elimine impurezas y contaminantes que pueda contener, haciéndola apta para el consumo.

3.4 ¿Qué es un servicio de agua potable?

Es un servicio público que comprende una o más de las actividades de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento de recursos hídricos para convertirlos en agua potable y sistemas de distribución a los usuarios mediante redes de tuberías o medios alternativos, (UNATSABAR 2005).

3.5 Importancia del agua potable

Según la Organización Mundial de la Salud (2004) el agua es esencial para la vida y todos deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, salubre y accesible). La mejora del acceso a agua salubre puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la salubridad del agua de bebida sea la mayor posible. El agua de bebida salubre (agua potable), no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal, por lo tanto, para Núñez citado por Molina (2013) esta situación exige mayor atención en el tema por parte de las instancias encargadas de la administración del agua en muchos países del mundo.

El recurso hídrico en Honduras es abundante, pues se estima que hay una disponibilidad de 12,776 km² de agua per-cápita; sin embargo, su distribución no es equitativa en términos espaciales y geográficos. Como ejemplo se pueden mencionar las crecientes inundaciones en el litoral atlántico y la sequía en el centro y sur del país (Argüello, 2009). A esto se suma que la distribución de la población no siempre se ubica en las cuencas con mayor disponibilidad del recurso, por ejemplo Tegucigalpa, que concentra el 14% de la población del país se ubica en la cuenca del Río Choluteca, que es una de las más degradadas. Lo anterior incide en el acceso que la población tiene a este recurso y a los servicios asociados, encontrando déficit de cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento, especialmente en el área rural (Argüello 2009).

3.6 Calidad de agua

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDV) (2009), afirma que la calidad del agua es fundamental para la salud de las personas y los ecosistemas. Herrero (2003), expresa que la importancia mundial que ha adquirido dicha calidad y cantidad de agua, permite evidenciar que son muchos los factores que contribuyen a la mala calidad de la misma.

La evolución de la calidad de agua ha tenido un lento desarrollo, sino hasta finales del siglo XIX se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas (Herrero, 2003). Sin embargo la Michigan State University (2010), expresa que el agua contaminada es la mayor fuente global de enfermedades gastrointestinales y otras enfermedades, debido a que los patógenos en el agua contaminada pueden potencialmente contaminar y proliferarse en los alimentos, junto con los contaminantes químicos en el agua que también es perjudicial para la salud.

3.6.1 Contaminación

La contaminación del agua es un problema que nos debe de importar a todos. La preservación de este recurso es vital para la supervivencia de la humanidad, ya que involucra cada faceta de nuestra vida, desde la salud de los niños hasta la producción de los alimentos. (Galilea et al,

1997). La principal causa de contaminación del agua son; la falta de educación de los seres humanos, así como, el desarrollo industrial sin control ambiental estas son las que han originado desde hace tiempo que el agua se haya contaminado cada vez más. (Contreras et al 2008).

3.6.2 Tipos de contaminantes

Los contaminantes se comportan de diferente manera cuando se agregan al agua, los materiales no conservativos que incluyen a la mayoría de las sustancias orgánicas, algunas sustancias inorgánicas y muchos microorganismos se degradan por los procesos naturales de auto purificadora, de modo que sus concentraciones se reducen con el tiempo, el tiempo de descomposición de estos materiales dependen de cada contaminante en particular, de la calidad del agua receptora, de la temperatura y otros factores ambientales (Juárez, 2002).

3.6.3 Control de contaminantes

debido a la necesidad de conciliar las diferencias demandas de sus recursos hidráulicos, la mayoría de los países tienen cuerpos para controlar la contaminación y conservar, y tal vez mejorar, la calidad del agua, cuando se establecen métodos para el control de la contaminación del agua, los patrones se pueden basar ya sea en la calidad requerida en el agua receptora (enfoque de objetivos de calidad del río) o bien puede aplicarse directamente al efluente sin referencia al agua receptora (enfoque de patrones de emisión) (Juárez, 2002)

3.6.4 Enfermedades intestinales

- a) **Cólera:** la bacteria se encuentra generalmente en fuentes de agua o alimentos que han sido contaminado por las heces (excremento) de una persona infectada por el cólera. La infección suele ser leve o sin síntomas, pero en aproximadamente uno de cada 20 (5%) de las personas infectadas pueden desarrollar una enfermedad grave caracterizada por diarrea acuosa profusa, vómitos y calambres en las piernas. En estas personas, la

perdida rápida de líquidos corporales lleva a la deshidratación y el shock. Sin tratamiento, la muerte puede ocurrir en cuestión de horas, (RENAPRA 2007).

- b) **Diarrea:** La diarrea es ocasionada por una variedad de gérmenes, entre ellos los virus, las bacterias y los protozoos. Esta enfermedad hace que las personas pierdan líquido y electrolitos, lo cual puede provocar deshidratación y, en algunos casos, causar la muerte. Las intervenciones destinadas a prevenir las enfermedades diarreicas, en particular el acceso al agua potable, el acceso a buenos sistemas de saneamiento y el lavado de las manos con jabón permiten reducir el riesgo de enfermedad. (OMS 2013)

- c) **Fiebre tifoidea:** son infecciones de origen bacteriano que produce fiebre, dolores de cabeza, falta de apetito, disminución del ritmo cardíaco, un aumento del volumen de peso, la formación de manchas rosadas en el cuerpo, tos seca y constipación. Esta enfermedad puede ser benigna y sintomática, provoca la muerte en 1% de los casos.

- d) **Hepatitis viral A:** la hepatitis A es una enfermedad del hígado grave causada por el virus de la hepatitis A. los niños con el virus a menudo no tienen ningún síntoma, pero los pueden transmitir a sus padres o las personas encargadas de cuidarlos, quienes pueden quedar muy enfermos. La vacuna contra la hepatitis A protege contra esta (América of pediatrics, 2013).

3.6.5 El monitoreo de la calidad del agua

Muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua. Para ello, se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos. Unos se basan exclusivamente en análisis de las condiciones químicas, que si bien “en principio” son de una gran precisión, son testigos, de las condiciones instantáneas de las aguas, y los efectos de los contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento. Es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante y la capacidad resiliente y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos (Toro *et al.* 2003) citado por (Gutiérrez 2009).

3.6.5.1 Oxígeno Disuelto

Mitchell et al. (1991) citado por Cardona (2003) argumenta que el oxígeno disuelto es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua, ya que está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos.

3.6.5.3 Color

Según la OMS (sf) La apreciación de color en el agua de bebida, normalmente en la gama del marrón pardo, el rojo y/o el amarillo, es causada, generalmente, por la presencia de materias orgánicas coloreadas relacionadas con el humus de la tierra por donde discurre el agua a potabilizar. En determinadas circunstancias, aparecen coloraciones más intensas debido a la presencia de precipitaciones de sales de hierro y también como una alteración del color el emblanquecimiento que el agua puede adquirir, al producirse alteraciones en la presión de distribución, por incorporación de microburbujas de aire en su interior. Dicho emblanquecimiento desaparece de manera natural al dejar reposar el agua unos instantes

3.6.5.4 Temperatura

Según la OMS (sf) El agua fría tiene, por lo general, un sabor más agradable que el agua tibia, y la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar al sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. Es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. La temperatura es un parámetro que nos revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca el transferimiento de calor.

3.6.5.5 Potencial de hidrógeno (pH)

Indica las concentraciones de iones de hidrógeno en el agua (Seoánez 1999). Los cambios de pH en el agua son importantes para muchos organismos, la mayoría de ellos se han adaptado a la vida en el agua con un nivel de pH específico y pueden morir al experimentarse cambios en el pH (Mitchell *et al.* 1991). Ácidos minerales, carbónicos y otros contribuyen a la acidez del agua (Malina 1996), provocando que metales pesados puedan liberarse en el agua (Mitchell *et al.* 1991) citado por (Cardona 2003).

3.6.5.6 Fosfato

Mitchell *et al.* (1991) citado por Cardona (2003) sustenta que el fosfato orgánico es parte de las plantas y los animales que se adhiere a materia orgánica compuestas de plantas y animales vivos, ambos son los responsables de la presencia de algas y plantas acuáticas grandes. El exceso de fosfato ocasiona el proceso de eutrofización, que no es más que el enriquecimiento del agua por este compuesto principalmente de carácter antropogénico. El arrastre de tierras cultivadas con compuestos a base de fósforo, llega a los ríos inmediatamente después de una lluvia. Así como el vertido de aguas servidas domésticas.

3.6.5.7 Nitratos

De acuerdo a Mitchell *et al.* (1991) citado por Cardona (2003). los nitratos son obtenidos a partir de aguas de desecho descargadas directamente y de sistemas sépticos en mal funcionamiento. Estos muchas veces son colocados junto a pozos de agua, pudiendo contaminar el agua subterránea con nitratos, los cuales en niveles altos pueden ocasionar una condición llamada metemoglobinemia También se han encontrado altos niveles de nitratos en aguas subterráneas debajo de las tierras de cultivo, en las cuales el uso excesivo de fertilizantes.

3.6.5.8 Turbidez

De acuerdo a Mitchell *et al.* (1991) citado por Cardona (2003) es el resultado de sólidos suspendidos en el agua que reducen la transmisión de luz, estos sólidos suspendidos son variados, así pueden ser arcillas, limos, materia orgánica y plancton y hasta desechos industriales y de drenaje. Según Seoáñez (1999) en niveles altos de turbidez, el agua pierde la habilidad de apoyar la diversidad de organismos acuáticos, aumenta la temperatura al sostener partículas que absorben el calor de la luz solar y el agua caliente conserva menos oxígeno que el agua fría, así al entrar menos luz disminuye la fotosíntesis necesaria para producir oxígeno.

3.6.5.9 Sólidos totales disueltos

Según Malina (1996) citado por Cardona (2003), es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre. También es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía (Ongley 1997).

3.6.5.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Según Mejía (2005) es un parámetro que representa la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Esta es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros.

3.6.6 Indicadores Microbiológicos del Agua

Este tipo de contaminación se relaciona con la presencia de microorganismos patógenos de heces humanas y animales. Es común encontrarlo en los recursos hídricos superficiales, debido a su exposición. Es importante conocer el tipo, número de desarrollo de las bacterias en

el agua para prevenir o impedir enfermedades de origen hídrico. Es difícil detectar en una muestra organismos patógenos como bacterias protozoarios y virus debido a sus bajas concentraciones. Por esta razón, es que se utiliza el grupo de coliformes fecales, como indicador de la presencia de microorganismos (OPS, 1999 citado por Mejía 2005).

3.6.6.1 Coliformes totales.

Los coliformes son bacterias de origen entérico que normalmente son capaces de fermentar la lactosa con producción de gas. Sin embargo este comportamiento dista mucho de ser indiscutible. Son unos buenos indicadores microbianos de calidad de agua principalmente a que su detección y recuento en el agua son fáciles. Se denominan “Organismos Coliformes” las bacterias Gram.-negativas, en forma de bastoncillos que pueden desarrollarse en presencias de sales biliares u otros agentes tenso activos con propiedades de inhibición del desarrollo similar y fermenta la lactosa de 35 a 37°C produciendo ácidos - gas y aldehído en un plazo de 24 a 48 horas, son también oxidasa negativa y no forman esporas. Por definición las bacterias Coliformes presentan actividades de la beta- galactosidas (Guevara 2002).

3.6.6.2 Coliformes termotolerantes

Según OMS (1998) son los microorganismos coliformes capaces de fermentar la lactosa a 45 °C. Esta bacteria se encuentra en el excremento humano y de otros animales de sangre caliente entrando al sistema por medio de desecho directo de mamíferos y aves, entre otros (Mitchell *et al.* 1991). También pueden originarse en aguas provenientes de efluentes industriales, materiales vegetales en descomposición y suelos (OMS 1998). Esta bacteria ocurre de manera natural en el aparato digestivo humano y ayuda en la digestión de los alimentos y por sí sola no es patógena, sin embargo, asociada con otros organismos patógenos, causan complicaciones en la salud humana

3.7 Índice de calidad de agua ICA

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA). El índice de calidad de agua ICA-INSF está constituido por: nueve parámetros fisicoquímicos (González V, *et al*, 2013).

Cuadro 1 Índice para la calidad de agua

Parámetros	Unidad	Peso
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0.15
Potencial de hidrogeno	pH	12
DBO	Mg/l	0.10
Nitratos	Mg/l	0.10
Fosfatos	Cambio °C	0.10
Temperatura	NTU	0.10
Turbidez	Mg/l	0.08
Solidos Disueltos Totales	Mg/l	0.08
Oxígeno disuelto	% saturación	0.17

3.8 Norma técnica para la calidad de agua

La norma técnica de calidad de agua del país establece requisitos básicos los cuales deben responder a la calidad de agua para el consumo humano. Con el objetivo de proteger la salud pública mediante el establecimiento de los niveles adecuados o máximos que deben tener aquellos componentes o características del agua que pueden presentar un riesgo para la salud de la comunidad. Las regulaciones fisicoquímicas de esta norma incluye: el agua mineral natural reconocida o definida como tal por las autoridades nacionales (Republica de Honduras; Ministerio de Salud, 1995).

Cuadro 2 Normas técnicas para la calidad de agua

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máx. admisible
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 ml	0	0
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5 a 8.5	9
Turbidez	UNT	1	5
Color verdadero	Mg/ (Pt-Co)	1	15
Temperatura	°C	18 -30	30
DBO	mg/l	0,75 - 1,5	4
Fósforo Total	SD*	SD*	SD*
Oxígeno disuelto	SD*	SD*	SD*
Sólidos totales disueltos	mg/l	1,000	1,000
Nitratos	mg/l	25	50

3.9 Vulnerabilidad

En su significado más amplio, vulnerabilidad es la susceptibilidad o factor de riesgo interno de un componente o del sistema como un todo, de ser dañado total o parcialmente por el impacto de una amenaza. A la magnitud del daño cuantificado o medido se le denomina vulnerabilidad. La vulnerabilidad de los sistemas rurales de agua potable puede ser física organizativa y operativa y depende de las características estructurales, recursos con los que se cuenta para el manejo del sistema, capacitación del personal, métodos operativos, esquema administrativo, así como de la forma de organización y de las características de la institución que los agrupa. (Campero G. 2013)

Es entendida como un proceso multidimensional que concluye en el riesgo o probabilidad del individuo, hogar o comunidad de ser herido, lesionado o dañado ante cambios o permanencias de situaciones externas y/o internas (Busso 2001). En otras palabras según Gómez (2001). Vulnerabilidad es un concepto que incluye exposición, (el grado al cual un grupo humano o ecosistema entra en contacto con un riesgo en particular); sensibilidad (el grado al cual una unidad de exposición es afectada por la exposición) y resiliencia (capacidad para resistir o recuperarse del daño asociado con la convergencia de presiones múltiples).

La noción de vulnerabilidad suele ser acompañada con diversos adjetivos que delimitan el “a que” se es vulnerable. De este modo, puede encontrarse una creciente bibliográfica que utiliza la noción desde diversos enfoques. El uso más tradicional ha tenido relación con enfoques vinculados a temas económicos ambientales desastres naturales y con la salud física y mental de individuos. En los últimos años se han encontrado, aun con distintos grados de sistematización teórica, trabajos vulnerabilidad social, política, psicológica, cultural, demográfica, entre otros. En este sentido la vulnerabilidad es multidimensional en la medida que afecta tanta a individuos, grupos y comunidades en distintos planos de su bienestar formas y con diversas intensidades (Busso G. 2011).

3.9.1 Vulnerabilidad del servicio de agua potable

Los servicios de agua potable son un elemento fundamental para garantizar las condiciones de salud de la población y el desarrollo de un territorio. El análisis de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable se basa en la identificación de sus elementos "esenciales" de funcionamiento. (Pereira 2007). Siendo el objetivo de este estudio identificar, los aspectos vulnerables que pueden ser capaces de interrumpir el flujo del sistema hídrico de un proyecto de agua potable.

3.9.2 Escasez

Un reciente informe de Naciones Unidas advierte que si actualmente 18% de la población mundial (1.100 millones de personas) no tienen acceso al agua potable, dentro de 20 años serán más los países con problemas relacionados con ese recurso y que concentran las dos terceras partes de los habitantes del planeta, de los cuales, 385 millones estarán radicados en medio oriente. Por lo tanto el agua dulce se está convirtiendo en uno de los problemas más críticos de los recursos naturales que enfrenta la humanidad y se agrava porque la población mundial se está multiplicando rápidamente, lo que implica una gran y exigente demanda que no lograra ser lo suficientemente satisfecha por la cantidad de agua dulce existente y el uso inadecuado que se está haciendo de ella, (Agudel R. 2005).

3.10 Infraestructura del sistema de agua potable

3.10.1 Captación

El lugar de captación es el punto o puntos de origen para un abastecimiento, así como las obras de diferentes naturalezas que debe realizarse en su recogido. Las captaciones de agua superficiales pueden ser agua de lluvia (pluviales), de arroyos y ríos, de lagos o embalses (Pérez de C 2011).

3.10.2 Conducción

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua, se le llama línea de conducción, al conjunto integrado por tuberías y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión desde la fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde será distribuido (Martínez. et al 2012).

3.10.3 Red de Distribución

La red de distribución está considerada por todo el sistema de tuberías desde el tanque de distribución hasta aquellas líneas de las cuales parten la toma o conexiones domiciliarias. Las válvulas son el accesorio que se utilizan en las redes de distribución para controlar el flujo la ubicación y cantidad de válvulas de seccionamiento en una red de distribución se determinan con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones, manteniendo el servicio en el resto de esta. Mientras mayor número de válvulas se tengan en la red, menor será la parte sin servicio, en caso de una reparación, pero es más costoso el proyecto (UNATSABAR 2005).

3.11 Tipos de tuberías

3.11.1 Hierro galvanizado (HG)

Este tipo de hierro galvanizado es la opción cuando hay que instalar tuberías a la intemperie. Son muy populares en instalaciones pequeñas y en los interiores de edificios. Tienen una solides mecánica, disponibles universalmente, soldable. Aunque pierde gran parte de la protección contra la corrosión, se pueden soldar accesorios, contar y soldar codos a casi cualquier ángulo y es la tubería a usar para atravesar paredes de hormigón en depósitos y otros componentes (Arnalich 2010).

3.11.2 Policloruro de vinilo (PVC)

Es la tubería más popular por su bajo precio, facilidad de instalación y por estar universalmente disponible. Se fabrica en casi todos los diámetros, desde los más pequeños a los más grandes. Sin embargo considerado muy contaminante, por la liberación de dióxido y metales pesados, es inerte no reacciona con el cloro ni con la mayoría de compuestos químicos, no se corroe (Arnalich 2010).

3.12 Componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento

Los principales componentes hidráulicos en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, de acuerdo al tipo de suministro, son los siguientes (Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud).

Estructura de captación para aguas superficiales o subterráneas:

- ❖ Líneas de aducción, conducción y red de distribución
- ❖ Reservorio
- ❖ Cámaras de bombeos y re-bombeo
- ❖ Cámara rompe presión
- ❖ Planta de tratamiento
- ❖ Líneas de aducción, conducción y red de distribución
- ❖ Punto de suministro
- ❖ Pozos
- ❖ Otros

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en el Municipio de Sulaco ubicado en la parte sur del Departamento de Yoro. Limitando al norte, con el Municipio de Yorito, Yoro. Al sur, con el Municipio de San José del Potrero, Comayagua. Al este, con el Municipio de Marale, Francisco Morazán y al oeste, con el Municipio de Victoria, Yoro. El Municipio de Sulaco tiene una extensión territorial de 241.5 Km² Sus coordenadas son 14°54'40" Latitud Norte, 87°16'00" Longitud Oeste. El Municipio esta dividido en la cabecera municipal, 6 aldeas, 42 caseríos, 11 barrios y 5 colonias. Actualmente cuenta con 13,921 habitantes (INE. 2009). Desarrollando el estudio en ocho comunidades.

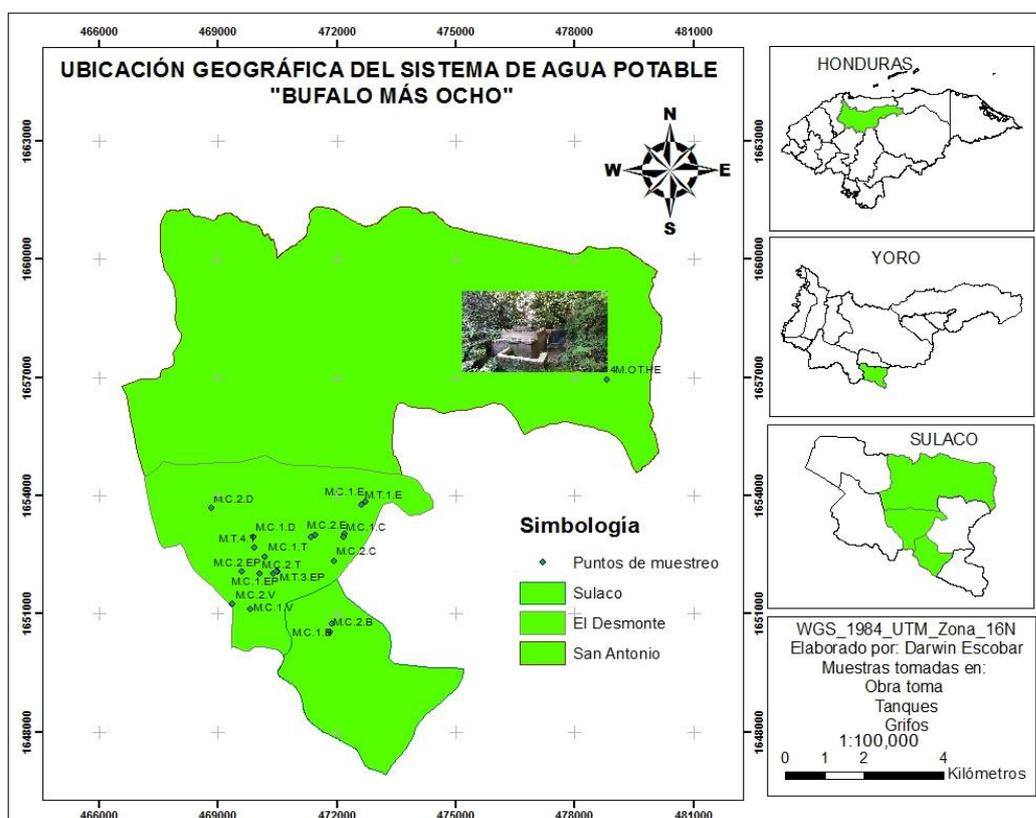


Figura 1 Mapa representando las ocho comunidades estudiadas

4.2 Materiales y Equipo

Para la evaluación y recolección de la información se necesitó la siguiente: Lápiz, marcadores, cartulina, libreta de campo, computadora, cámara, GPS, tablero, memoria, mascarillas, guantes de látex, alcohol, fósforos, jabón, paste, frascos winkler, bolsas plásticas especiales, botes y mochila de campo.

4.3 Método

Para la investigación se utilizara el método deductivo, el cual consiste en ir de lo general a lo particular, incluye como primer punto la observación de un hecho con el fin de conocerlo, en este caso la observación directa de la zona de estudio, como primer paso de inducción de esta forma poder realizar la recolección de datos (Rodríguez, 2007).

4.4 Desarrollo de la Metodología

4.4.1 Fase 1. Evaluar las condiciones y el manejo del sistema de agua potable

El estado de vulnerabilidad de los componentes se evaluó, según el caso, mediante indicadores situacionales actuales, de acuerdo al peso de calificación de la escala. Según, UNC/EPILAS. Los resultados verticales de cada componente indican su grado de vulnerabilidad y el total de la sumatoria coincidente entre las verticales y horizontales refleja la vulnerabilidad general de los sistemas de agua potable de las comunidades.

1. Se visitaron las comunidades en estudio para socializar y conocer e identificar los sistemas de agua potable. (ver anexo 13).
2. Se realizó evaluación participativa del sistema de agua potable en las comunidades
3. En la realización de la investigación se evaluó la vulnerabilidad mediante una boleta y/o encuesta (ver anexo 5) y matriz de vulnerabilidad. (Ver anexo 1, 2, 3 y 4.)

En la cual se enlistaron los indicadores y componentes a evaluar. (Captación, conducción, tanque y red de distribución) siendo medidos cada uno de ellos por indicadores los cuales

se evaluaron en el estudio sobre la vulnerabilidad del sistema de agua potable en ocho comunidades del proyecto “BÚFALO MÁS OCHO”

Captación: se realizó visitas de campo al lugar de captación de agua que abastece las ocho comunidades, donde se observó en qué condiciones se encuentra la obra toma. (Ver anexo 8)

Conducción: este componente se evaluó por medio de una caminata realizándola por todo el lugar donde se encuentra la conducción del agua, desde la captación hasta el primer tanque de almacenamiento del sistema. (Ver anexo 9)

Tanque: La evaluación se realizó mediante observación para identificar o detectar si el reservorio sufre algún daño. (Ver anexo 11)

Red de distribución: debido a que es muy difícil observar por donde va la red de distribución, esta se evaluó en reuniones con la población de cada una de las comunidades estudiadas, organizando pequeños grupos, estando presentes las personas que han fungido como fontaneros, los miembros de las juntas de agua y sus abonados de cada comunidad.

4.4.2 Fase 2. Análisis de la calidad del agua.

Se establecieron 21 puntos de muestreos los cuales fueron enumerados de la siguiente manera:

La obra toma, punto número 1, los tanques y grifos se enumeraron por comunidad.

Realizando una sola jornada de 44 muestras en los lugares seleccionados en ocho comunidades del proyecto de agua potable.

El muestreo se realizó de la siguiente manera:

En la obra toma del proyecto para determinar la calidad de agua se tomaron cuatro muestras. Una muestra para el análisis Microbiológico en una bolsa especial de 500 miligramos, una para el análisis físico químico en un bote de 1 litro, una muestra para el análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Solidos Disueltos Totales en un bote de 1 galón y una muestra para el análisis de Oxígeno Disuelto en un frasco de 100 miligramos.

En los cuatro tanques de almacenamiento de agua que abastece a las comunidades, se tomaron dos muestras. Una para el análisis físico químico en un bote de 1 litro y otra para el análisis Microbiológico en una bolsa de 500 miligramos. Nombrando como tanque 1. Al que está ubicado en la comunidad del Espino. El cual abastece a la comunidad antes mencionada, El Bufalo y Culan. Tanque 2. Que abastece a la comunidad de Las Pilas. Tanque 3. Que está ubicado en la comunidad del Pueblito abasteciéndose esta comunidad y La Vega. Y el tanque 4 que se encuentra ubicado en Las Tunas abasteciendo dicha comunidad y El Desmonte.

Para evaluar la parte de la red hídrica se tomaron dos muestras en el primer grifo para los análisis físicos químicos en un bote de 1 litro y para el análisis microbiológico en una bolsa de 500 miligramos de igual manera se realizó en el último grifo distribuido en cada una de las ocho comunidades estudiadas del proyecto de agua potable.

Las muestras colectadas en la Obra Toma. Se realizaron en CESCO (Centro de Estudio y Control de Contaminantes) excepto los análisis físicos químicos que se realizaron en el SANAA de la Ciudad El Progreso, siendo estudiados de acuerdo a los parámetros establecidos por índice de calidad de agua (ICA) de la NSF.

Cuadro 3 Clasificación del "ICA" Propuesto por Brown

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 50

Fuente: Lobos, José. Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande PAES 2002.

Utilizando la siguiente formula, para calcular el Índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (sub_i * w_i) \tag{1}$$

Dónde: w_i : Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno. Subi: Subíndice del parámetro i .

Las muestras colectadas en los tanques y grifos para los análisis físicos químicos se analizaron en el SANAA de la Ciudad El Progreso, Yoro. Y los microbiológicos se realizaron en CESCCO (Centro de Estudio y Control de Contaminantes) de San Pedro Sula y Tegucigalpa. Utilizando los parámetros establecidos por la normativa de calidad de agua potable en Honduras.

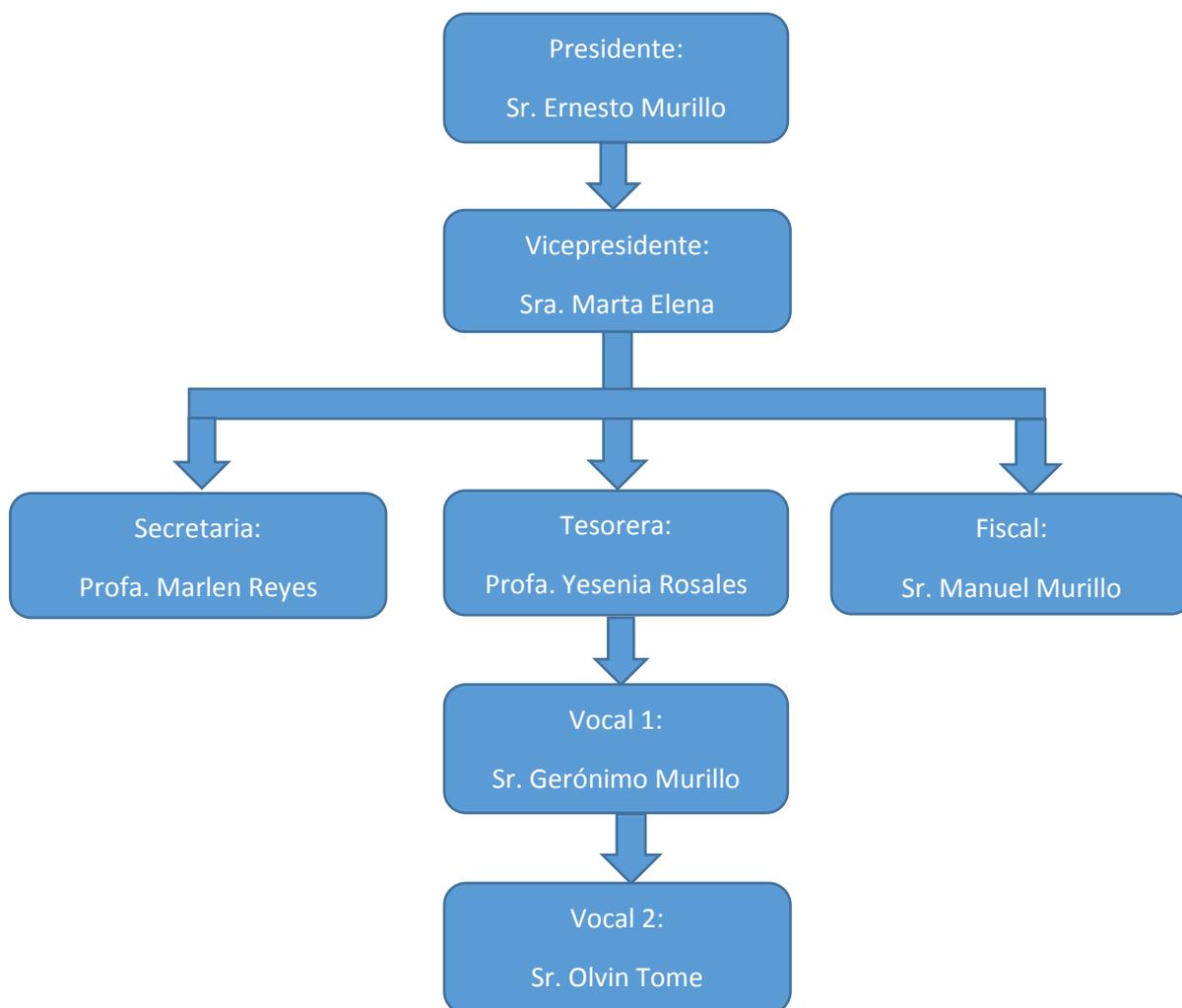
4.4.3 Fase 3. Describir y cuantificar enfermedades gastrointestinales en la población, de acuerdo a la calidad del agua.

- Se realizaron reuniones con miembros del proyecto de descentralización de la salud del municipio. Para poder documentar mediante sus informes las enfermedades intestinales que vienen padeciendo las personas en las ocho comunidades en estudio por ingerir el agua del sistema que los ha abastecido por más de 28 años.
- Se identificó algunas de las enfermedades gastrointestinales por medio de encuestas aplicadas en las reuniones organizando pequeños grupos, los cuales respondían a las interrogantes plantadas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Organización de las ocho comunidades estudiadas del proyecto.

El proyecto de agua potable “BUFALO MÁS OCHO” está organizado en juntas de aguas en cada una de las comunidades. Y en una junta general la cual es integrada por diferentes miembros de las comunidades del proyecto. La cual se describe a continuación:



Siendo el presidente de la junta general el fontanero del sistema de agua potable.

5.2 Sistemas de agua potable de las ocho comunidades

El lugar de captación de las ocho comunidades estudiadas en el proyecto de agua potable “BUFALO MÁS OCHO” Se ubica en la Montaña El Higüero, el área es de 49 ha. La Obra Toma mide 1.75 mts x 1.75 mts se encuentra a una altura de 929 msnm, ubicada a 10 kilómetros hasta conectar a los diferentes tanques de dichas comunidades (X = 0478820, Y = 1656950), esta fuente superficial es conocida como El Higüero-Espino, el lugar dispone de una buena fuente de abastecimiento para su sistema de agua potable, está cercado, donde se encuentra la presa y a su alrededor cuentan con una buena área de bosque pero la expansión de la frontera agrícola ya está en la zona inferior del naciente. (Ver anexo 10).

5.2.1 Sistema de la Comunidad del Espino.

Se ubica en la parte más alta de las ocho comunidades estudiadas, cuenta con una altura aproximada de 698 msnm. El mantenimiento y la operación del sistema de agua potable de la comunidad del Espino está controlado por una junta de agua, con el apoyo de esta y la comunidad cuentan con fondos los que les permiten pagar un fontanero, este brinda el mantenimiento al sistema, limpieza y reparaciones haciéndolo cada vez que es necesario. Actualmente esta comunidad al igual que el resto de comunidades del proyecto no están clorando ya que consideran que el agua que consumen viene limpia y sin contaminación, Antes si aplicaban Hipoclorito,

La red de distribución tiene una distancia desde el lugar de captación hasta el tanque de almacenamiento de 10 kilómetros que inicia desde el lugar de captación de 6 pulg. Hasta el tanque de almacenamiento que llega de 2 pulg. Cuenta con 2 ramales que dan lugar a 75 pegues.

El tanque de almacenamiento # 1 es el mismo que abastece a las comunidades del Espino, Bufalo y Culan, está ubicado en la parte alta de la comunidad El Espino (X = 0472627 Y = 1653765) con una altura de 719 msnm, el tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 5,000.00 galones de agua. Requiere de reparación en las paredes internas y externas haciendo un resane completo en su repello y pulido y luego una aplicación de un impermeabilizante

Sikatop seal 107 en la pared interior y pintura en el exterior del mismo, así como la construcción de un cerco perimetral. La entrada es de 2 pulg. Y la salida es de 1.5pulg.

Cuadro 4 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad del Espino

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA / EL ESPINO				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	1	2	2	2	7
TIPO DE SUELO	2	3	2	1	8
PENDIENTE	3	3	3	3	12
MANTENIMIENTO	2	2	2	1	7
OBRAS DE PROTECCIÓN	1	2	2	1	6
NIVEL DE ORGANIZACIÓN	1	2	2	2	7
TOTAL	10	14	13	10	47

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005).

Al evaluar el sistema de agua potable de la comunidad del Espino con la matriz de vulnerabilidad (cuadro 2.), se analizó cada componente resultando con una alta vulnerabilidad los componentes de conducción y tanque, esto es porque son los componentes que más se encuentran en mal estado, ya que en el tramo del lugar de captación y el tanque de almacenamiento hay tubos PVC. Que no están lo suficientemente enterrados estando a la intemperie de quebrarse y quemarse lo que puede conllevar a que el agua se pueda contaminar. (Fig.2.). Los otros componentes presentan una mediana vulnerabilidad y no presenta un buen estado de conservación. El tanque no cuenta con un cerco perimetral ni está asegurado con candado, y puede ser manipulado por alguien más que no sea el fontanero de la comunidad. Requiere una mayor organización para su limpieza al igual que el lugar de captación aunque este componente no presente alta vulnerabilidad.

5.2.2 Sistema de la Comunidad del Bufalo.

Es el más pequeño de las comunidades estudiadas, la altura aproximada es de 452 msnm, el mantenimiento y la operación del sistema de agua potable de la comunidad del Bufalo cuenta también con la junta de agua, el presidente de esta junta es el Sr. Juan Manuel Murillo el cuál se encarga de delegar en algunos miembros de su comunidad funciones como ser cuando se necesita personal de limpieza en la parte de conducción del sistema, y para otras actividades que el fontanero necesite apoyo.

La red de distribución de la comunidad del Bufalo tiene una distancia desde el lugar de captación hasta el tanque de almacenamiento es igual a El Espino de 10 kilómetros, ya que comparten el mismo tanque. Esta comunidad cuenta con un ramal que dan lugar a 29 pegues.

El tanque de almacenamiento esta ubicado a 3 km de la comunidad del Bufalo, el cual abastece a las comunidades del Espino y Culan.

Cuadro 5 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad del Bufalo

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA / EL BUFALO				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	1	2	2	2	7
TIPO DE SUELO	2	3	2	1	8
PENDIENTE	3	3	3	1	10
MANTENIMIENTO	2	2	2	2	8
OBRAS DE PROTECCIÓN	1	2	2	2	7
NIVEL DE ORGANIZACIÓN	1	2	2	1	6
TOTAL	10	14	13	9	46

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

En el cuadro 3. Se puede observar el análisis que se hizo del estado de vulnerabilidad que presenta la comunidad del Bufalo, siempre usando la matriz de vulnerabilidad esta comunidad presenta al igual que El Espino y Culan alta vulnerabilidad en los componentes de conducción y tanque, esto es porque comparten el mismo tanque. (Ver anexo 10.) Los demás componentes

de captación y red de distribución, resultaron con una mediana vulnerabilidad aunque no presenta un buen estado de conservación.

5.2.3 Sistema de la Comunidad de Culan.

Está a una altura aproximada de 550 msnm, también cuenta con una junta de agua, la cual se encarga del mantenimiento y la operación del sistema de agua potable de la comunidad, asistida de igual manera por el fontanero del proyecto que brinda el mantenimiento al sistema, limpieza y reparaciones cada vez que se requiera. Actualmente esta comunidad no está clorando al igual que las demás.

La red de distribución de la comunidad de Culan tiene una distancia desde el lugar de captación hasta el tanque de almacenamiento igual a El Espino y Bufalo de 10 kilómetros, porque comparten el mismo tanque. Esta comunidad cuenta con 2 ramales que dan lugar a 60 pegues.

El tanque de almacenamiento esta ubicado a 1 km de la comunidad de Culan ya que es el mismo que abastece El Espino y El Bufalo.

Cuadro 6 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad de Culan

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA / CULAN				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	1	2	2	2	7
TIPO DE SUELO	2	3	2	3	10
PENDIENTE	3	3	3	3	12
MANTENIMIENTO	2	2	2	1	7
OBRAS DE PROTECCIÓN	1	2	2	1	6
NIVEL DE ORGANIZACIÓN	1	2	2	1	6
TOTAL	10	14	13	11	48

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

Al evaluar el sistema de agua potable de la comunidad de Culan con la matriz de vulnerabilidad (cuadro 4.), se analizó cada componente resultando con una alta vulnerabilidad igual los

componentes de conducción y tanque. Debido a que también estas comunidades del espino y El Bufalo comparten el mismo tanque, siendo tres los caseríos que se abastecen del mismo. (Fig.2 el resto de los componentes presentan una mediana vulnerabilidad.

5.2.4 Sistema de la Comunidad Las Pilas.

Esta a una altura aproximada de 500 msnm. El mantenimiento y la operación del sistema de agua potable de la comunidad de Las Pilas está de igual forma que las demás, controlado por una junta de agua, con el apoyo de esta y la comunidad cuentan con fondos los que les permiten pagar un fontanero, este brinda el mantenimiento al sistema, limpieza y reparaciones haciéndolo cada vez que es necesario. Actualmente esta comunidad al igual que el resto de comunidades del proyecto no están clorando ya que consideran que el agua que consumen viene limpia y sin contaminación, Antes si aplicaban Hipoclorito,

En cuanto a la red de distribución tiene una distancia desde el lugar de captación hasta el tanque de almacenamiento de 10 kilómetros, cuenta en su mayoría con tubería PVC subterránea, que inicia desde el lugar de captación de 6 pulg. También tiene tubos HG en los pases aéreos. Hasta el tanque de almacenamiento que llega de 2 pulg. Cuenta con 2 ramales que dan lugar a 131 pagues.

Es la única comunidad que cuenta con un solo tanque de almacenamiento, y es el # 2 del sistema. Está ubicado en la parte alta de la comunidad (X = 0471453 Y = 1652990) con una altura de 559 msnm, el tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 5,000.00 galones de agua. Requiere de reparación en las paredes internas y externas haciendo un resane completo en su repello y pulido y luego una aplicación de un impermeabilizante Sikatop seal 107 en la pared interior y pintura en el exterior del mismo, es el único tanque que cuenta con un cerco perimetral. La entrada es de 2 pulg. Y la salida es de 1 pulg.

Cuadro 7 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad de las Pilas

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA / LAS PILAS				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	1	2	1	2	6
TIPO DE SUELO	2	3	2	1	8
PENDIENTE	3	3	2	1	9
MANTENIMIENTO	2	2	1	3	8
OBRAS DE PROTECCIÓN	1	2	1	2	6
NIVEL DE ORGANIZACIÓN	1	2	1	1	5
TOTAL	10	14	8	10	42

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

Esta es la comunidad donde el sistema de agua potable es menos vulnerable como se muestra en el cuadro , al hacer el análisis presenta una alta vulnerabilidad solo en el componente de conducción esto es porque es el componente que más se encuentra en mal estado, ya que en el tramo del lugar de captación y el tanque de almacenamiento hay tubos PVC. Que no están lo suficientemente enterrados los cuales ya se han quemado más de una vez, y algunos están quebrados lo que puede conllevar a que el agua se pueda contaminar. Ya en los demás componentes presenta una mediana vulnerabilidad donde la comunidad es la única de las ocho estudiadas en el proyecto “BUFALO MÁS OCHO” que cuenta con un solo tanque para su abastecimiento, por lo que se les facilita organizarse para su limpieza cuando lo requiere. La red de distribución esta mejor que el resto de las comunidades estudiadas.

5.2.5 Sistema de la comunidad del Pueblito.

Está a una altura aproximada 440 msnm al igual que las demás comunidades cuenta con su junta de agua, fungiendo como presidente el señor Napoleón Dubon y un fontanero el cual brinda el mantenimiento y operación del sistema de agua de la comunidad. El Pueblito obtiene su agua de la misma fuente superficial al igual que el resto de las comunidades del proyecto.

En cuanto a la red de distribución. Desde el lugar de captación hasta el tanque de almacenamiento, hay aproximadamente 11 kilómetros iniciando con tubos HG de 6 pulg. Y finaliza con tubos de 1 pulgadas, también tiene tubos PVC y HG en los pases aéreos. En la comunidad del Pueblito se encuentra también un tramo aéreo que se dirige hacia El Pozo con tubos de PVC y HG que atraviesa el Rio Tascalapa (ver anexo12). La comunidad cuenta con 2 ramales y 108 pegues de las viviendas incluyendo El Pozo.

La comunidad cuenta con un tanque de almacenamiento ubicado en (X = 0470481, Y = 1652069), con una altura 468 msnm. El tanque tiene la capacidad de almacenamiento de 10,000.00 galones, la limpieza y mantenimiento del lugar solo se realiza cuando es necesario. Requiere de reparación en las paredes internas y externas haciendo un resane completo en su repello y pulido y luego una aplicación de un impermeabilizante Sikatop seal 107 en la pared interior y pintura en el exterior del mismo, así como también con la construcción de un cerco perimetral. La entrada es de 1 pulg. y la salida es de 3 pulg.

Cuadro 8 Vulnerabilidad del sistema de agua de la comunidad del Pueblito

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA / EL PUEBLITO				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	1	2	2	3	8
TIPO DE SUELO	2	3	1	2	8
PENDIENTE	3	3	1	2	9
MANTENIMIENTO	2	2	2	3	9
OBRAS DE PROTECCIÓN	1	2	2	2	7
NIVEL DE ORGANIZACIÓN	1	2	2	3	8
TOTAL	10	14	10	15	49

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

En el cuadro 6 se muestra los resultados obtenidos del análisis de la comunidad del Pueblito que al realizar el análisis, siempre usando la matriz de vulnerabilidad esta comunidad presenta en los componentes conducción y red de distribución un estado vulnerable alto. Ya que estos son los que tienen mayor problema en su mantenimiento por ejemplo en el componente de conducción se observan los tubos PVC y estos deberían estar enterrados para no sufrir daños. Agregado a ello en el componente de red de distribución existe un tramo aéreo hacia El Pozo

el cual ya va más de una vez que los tubos han sufrido daños porque cierta parte del tramo aéreo es PVC y este material al estar expuesto al sol tiende a ser más frágil por lo que se rompe más fácilmente. Y también las fuertes lluvias han hecho ya que el río se desborde provocando de esta manera grandes inundaciones por lo que podría ocurrir que se lleve la tubería. No tiene una buena barrera o cerco que proteja el lugar, al igual al hacer la sumatoria de todos los componentes para sacar el estado del sistema sale que el sistema como un todo presenta vulnerabilidad media.

5.2.6 Sistema de la Comunidad de La Vega.

Está en la parte más baja con una altura aproximada de 425 msnm. Al igual que las demás comunidades cuenta con su junta de agua, fungiendo como presidente el señor Rafael Cruz Palma y un fontanero el cual brinda el mantenimiento y operación del sistema de agua de la comunidad. La Vega obtiene su agua de la misma fuente superficial al igual que el resto de las comunidades del proyecto.

En cuanto a la red de distribución. Desde el lugar de captación hasta el tanque de almacenamiento, hay aproximadamente 11 kilómetros iniciando con tubos HG de 6 pulg. Y finaliza con tubos de 1 pulgadas, también tiene tubos PVC y HG en los pases aéreos. En la comunidad La Vega se encuentra un tramo aéreo que se dirige hacia San José de La Vega con tubos de PVC que atraviesa el Río Tascalapa (ver anexo 12). La comunidad cuenta con 2 ramales y 95 pegues de las viviendas.

La comunidad comparte el mismo tanque de almacenamiento con El Pueblito ubicado en (X = 0470481, Y = 1652069).

Cuadro 9 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad de la Vega

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA / LA VEGA				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	1	2	2	3	8
TIPO DE SUELO	2	3	1	2	8
PENDIENTE	3	3	1	2	9
MANTENIMIENTO	2	2	2	3	9
OBRAS DE PROTECCIÓN	1	2	2	3	8
NIVEL DE ORGANIZACIÓN	1	2	2	2	7
TOTAL	10	14	10	15	49

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

En el cuadro 8 se muestra los resultados obtenidos del análisis de la comunidad de La Vega. Siempre usando la matriz de vulnerabilidad esta comunidad presenta en los componentes conducción y red de distribución un estado vulnerable alto, al igual que la comunidad del Pueblito. Debiéndose a que no hay organización para regular las válvulas, lo que generaría una equitativa distribución del líquido para que se abastecieran los pobladores de la zona que están del otro lado del río. De lo contrario estas personas solo se benefician en la época de invierno que es cuando se incrementa el nacimiento de agua donde está instalada la obra toma.

En el tramo aéreo que esta sobre el Río Tascalapa ya va más de una vez que los tubos han sufrido daños porque el tramo aéreo es PVC y este material al estar expuesto al sol tiende a ser más frágil por lo que se rompe más fácilmente. Y también las fuertes lluvias han hecho ya que el río se desborde provocando de esta manera grandes inundaciones por lo que ya ha ocurrido que se lleva la tubería. Las válvulas pueden ser manipuladas por alguien más que no sea el fontanero de la comunidad ya que no cuentan con la seguridad necesaria. Y al igual que se hizo la sumatoria de todos los componentes para sacar el estado del sistema sale que el sistema como un todo presenta vulnerabilidad media.

Siendo este componente antes mencionado y el de conducción los que están altamente vulnerables. Donde en el de conducción se observan los tubos PVC y estos deberían estar enterrados para no sufrir daños. Agregado a ello en el componente de red de distribución existe un tramo aéreo hacia El Pozo el cual ya va más de una vez que los tubos han sufrido daños

porque cierta parte del tramo aéreo es PVC y este material al estar expuesto al sol tiende a ser más frágil por lo que se rompe más fácilmente. Y también las fuertes lluvias han hecho ya que el río se desborde provocando de esta manera grandes inundaciones por lo que podría ocurrir que se lleve la tubería. y pueden ser manipuladas por alguien más que no sea el fontanero de la comunidad, no tiene una buena barrera o cerco que proteja el lugar, al igual al hacer la sumatoria de todos los componentes para sacar el estado del sistema sale que el sistema como un todo presenta vulnerabilidad media.

5.2.7 Sistema de la comunidad de Las Tunas.

Esta ubicada a una altura aproximada de 456 msnm. El mantenimiento y la operación del sistema de agua potable de la comunidad de Las Tunas está de igual forma que las demás, controlado por una junta de agua, con el apoyo de esta y la comunidad cuentan con fondos los que les permiten pagar un fontanero, el cual realiza el mantenimiento al sistema, limpieza y reparaciones haciéndolo cada vez que es necesario. Esta comunidad al igual que el resto de comunidades se abastece del mismo sistema de agua.

En cuanto a la red de distribución tiene una distancia desde el lugar de captación hasta el tanque de almacenamiento de 11.5 kilómetros, que inicia desde el lugar de captación de 6 pulg. Hasta el tanque de almacenamiento que llega de 1.5 pulg. También tiene tubos HG en los pases aéreos. Cuenta con 2 ramales que dan lugar a 80 piques.

Esta comunidad al igual que otras, también comparte tanque de almacenamiento con la Aldea El Desmonte, y es el # 4 del sistema. Está ubicado en la parte alta de la comunidad (X = 0469926 Y = 1652660) con una altura de 492 msnm, el tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 10,000.00 galones de agua. Requiere de reparación en las paredes internas y externas haciendo un resane completo en su repello y pulido y luego una aplicación de un impermeabilizante Sikatop seal 107 en la pared interior y pintura en el exterior del mismo, así como también con la construcción de un cerco perimetral. La entrada es de 1.5 pulg. Y la salida es de 2 y 4 pulg.

Cuadro 10 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad de las Tunas

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA / LAS TUNAS				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	1	2	2	1	6
TIPO DE SUELO	2	3	2	1	8
PENDIENTE	3	3	2	2	10
MANTENIMIENTO	2	2	2	1	7
OBRAS DE PROTECCIÓN	1	2	3	1	7
NIVEL DE ORGANIZACIÓN	1	2	2	1	6
TOTAL	10	14	13	7	44

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

Esta es la comunidad que al igual que Las Pilas presenta el sistema de agua potable menos vulnerable como se muestra en el cuadro, al hacer el análisis presenta una alta vulnerabilidad solo en el componente de conducción esto es porque es el componente que más se encuentra en mal estado, ya que en el tramo del lugar de captación y el tanque de almacenamiento hay tubos PVC. Que no están lo suficientemente enterrados los cuales ya se han quemado más de una vez, y algunos están quebrados lo que puede conllevar a que el agua se pueda contaminar. Ya en los demás componentes presenta una mediana vulnerabilidad. Y no presenta un buen estado de conservación más que todo en el tanque, la red de distribución es de las mejores comparadas con el resto de las comunidades.

5.2.8. Sistema de la Comunidad del Desmonte.

Está ubicada a aproximadamente a 3.5 Kilómetros de Sulaco con una altura aproximada de 449 msnm. Al igual que las demás comunidades cuenta con su junta de agua, fungiendo como presidente el señor Olvin Tome y un fontanero el cual brinda el mantenimiento y operación del sistema de agua de la comunidad. El Desmonte obtiene su agua de la misma fuente superficial al igual que el resto de las comunidades del proyecto.

En cuanto a la red de distribución. Desde el lugar de captación hasta el tanque de almacenamiento, hay aproximadamente 11.5 kilómetros iniciando con tubos HG de 6 pulg. Y finaliza con tubos de 1.5 pulgadas, también tiene tubos PVC y HG en los pases aéreos. En la

comunidad del Desmonte se encuentran también tramos aéreos que se dirigen hacia los Barrios de Guanacastales y Guamilito con tubos HG que atraviesa el Rio Tascalapa (ver anexo). La comunidad cuenta con 2 ramales y 154 pegues de las viviendas.

La comunidad cuenta con un tanque de almacenamiento ubicado en la comunidad de Las Tunas que es con la que comparte sus coordenadas son: (X = 0470481, Y = 1652069), con una altura 468 msnm. El tanque tiene la capacidad de almacenamiento de 10,000.00 galones, la limpieza

Cuadro 11 Vulnerabilidad del sistema de agua potable de la comunidad del Desmonte

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA / EL DESMONTE				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	1	2	2	3	8
TIPO DE SUELO	2	3	2	2	9
PENDIENTE	3	3	2	2	10
MANTENIMIENTO	2	2	2	2	8
OBRAS DE PROTECCIÓN	1	2	3	2	8
NIVEL DE ORGANIZACIÓN	1	2	2	3	8
TOTAL	10	14	13	14	51

.Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

Esta es la comunidad donde el sistema de agua potable es más vulnerable como se muestra en el cuadro 8, al hacer el análisis presenta una alta vulnerabilidad en la mayoría de sus componentes y esto es porque la comunidad está expuesta a sufrir daño en todos sus componentes, el componente de captación es el único que presenta mediana vulnerabilidad y la red de distribución ha sufrido daños en varias ocasiones por roturas de algunos tubos PVC, ya que están bien expuesto a ser quebrados no tienen ninguna obra de protección y no le brindan mantenimiento En cuanto al tanque de almacenamiento no se le brinda el mantenimiento adecuado, las tapaderas de las cajas donde se encuentran las válvulas están quebradas y sin ninguna seguridad. Esto se genera a que no hay organización para regular las válvulas, por lo que es necesaria la organización para distribuir de manera equitativa el líquido que abastecería a los pobladores de la zona que están del otro lado del rio. De lo contrario estas personas solo se benefician en la época de invierno que es cuando se incrementa el naciente de agua donde está instalada la obra toma.

5.2.9 Componentes y Sistemas de las Ocho Comunidades Estudiadas

Cuadro 12 Vulnerabilidad de todos los componentes y sistemas de las comunidades

TOTALES DE CADA COMPONENTE DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN OCHO COMUNIDADES DEL PROYECTO "BUFALO MÁS OCHO"					
Comunidades	Captación	Conducción	Almacenamiento	Red de Distribución	Totales de todos los Componentes de las comunidades
El Espino	10	14	13	10	47
El Bufalo	10	14	13	9	46
Culan	10	14	13	11	48
Las Pilas	10	14	8	10	42
El Pueblito	10	14	10	15	49
La Vega	10	14	10	15	49
Las Tunas	10	14	13	7	44
El Desmonte	10	14	13	14	51
Promedio/Comunidad	10	14	12	11	47

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

5.3 Determinación de la calidad de agua en las ocho comunidades estudiadas

Para la determinación de calidad de agua en las ocho comunidades se realizó una jornada de muestreos donde se tomaron en cuenta 21 puntos cuyos resultados fueron los siguientes:

Coliformes Termotolerantes

La Norma Técnica Nacional de Agua Potable. Establece que las unidades formadoras de colonias deben ser cero, como valor recomendado y de igual manera debe ser cero como valor máximo admisible en 100 mililitros.

Resultando dentro del valor recomendado y valor máximo admisible según la norma. Los siguientes puntos: punto uno de la obra toma en microcuenca Higüero Espino, punto uno en el tanque tres de la comunidad del Pueblito, punto dos del grifo uno del Pueblito, punto tres del grifo dos del Pueblito, punto dos del grifo dos de la comunidad de La Vega, punto uno del tanque cuatro de la comunidad de Las Tunas, punto dos del grifo uno de Las Tunas, punto uno del grifo uno de la comunidad del Desmonte y el punto dos del grifo dos del Desmonte.

No cumpliendo con el valor recomendado y valor máximo admisible, según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable. Los siguientes puntos: punto uno del tanque uno de la comunidad del Espino, punto dos del grifo uno del Espino, punto tres del grifón dos del Espino, punto uno del grifo uno de la comunidad del Bufalo, punto uno del grifo uno de la comunidad de Culan, punto dos del grifo dos de Culan, punto uno del tanque dos de la comunidad de Las Pilas, punto dos del grifo uno de Las Pilas, punto tres del grifo dos de Las Pilas, punto uno del grifo uno de la comunidad de La Vega y el punto tres del grifo dos de la comunidad de las Tunas. Esto se debe a la presencia de unidades formadoras de colonias. Para ver cuales están dentro y fuera de la Norma (Ver figura 2)

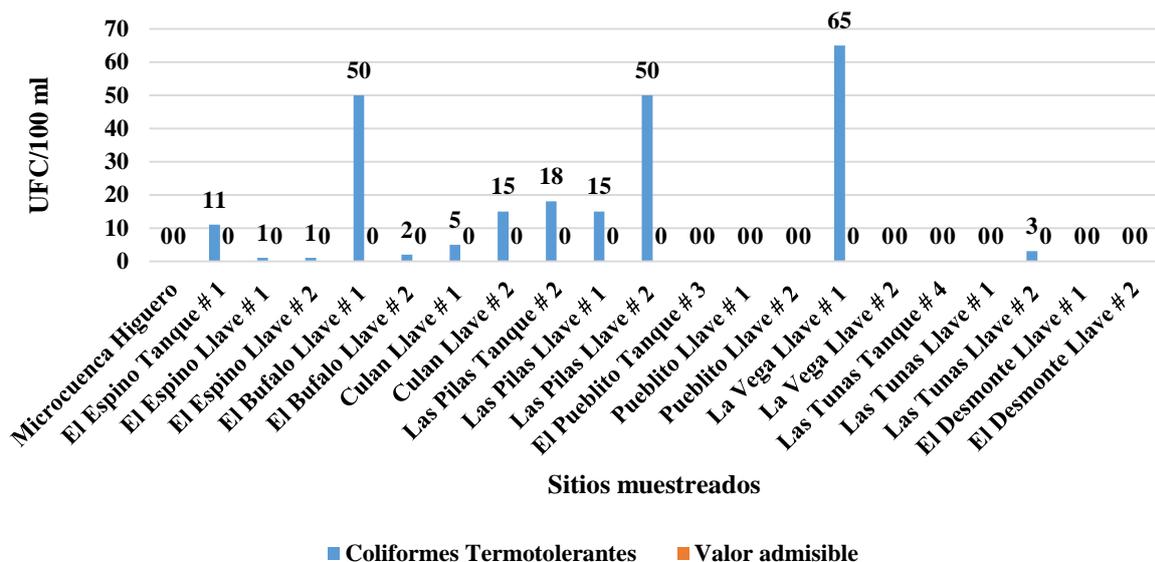


Figura 2 Parámetros de coliformes fecales

Los puntos que presentan contaminación por presencia de coliformes termotolerantes se debe a que se observó focos de contaminación como la ubicación de las letrinas y las tuberías que conecta de los sanitarios a las fosas sépticas cerca de la red de distribución que conecta a los grifos, por lo que se presume que hay filtración de agua contaminadas en las tuberías por resultados observados. Y de la misma forma en los dos tanques de almacenamiento ya que en la parte de conducción del sistema en los tramos aéreos la tubería es de PVC los cuales sufren roturas periódicamente.

Los Coliformes fecales, es un término que se designa principalmente a los órdenes de bacterias *Escherichia* y *Klebsiella* spp, las cuales son indicadoras por excelencia de contaminación fecal del agua por heces de origen humano. Citado por Mejía 2005

Potencial de Hidrógeno (pH)

Todos los puntos muestreados resultaron dentro del valor permisible según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable. (Ver figura 3) La cual establece su valor recomendado de 6.5 a 8.5 y como el valor máximo admisible de 9 por lo tanto no hay diferencia significativa en cada uno de los puntos.

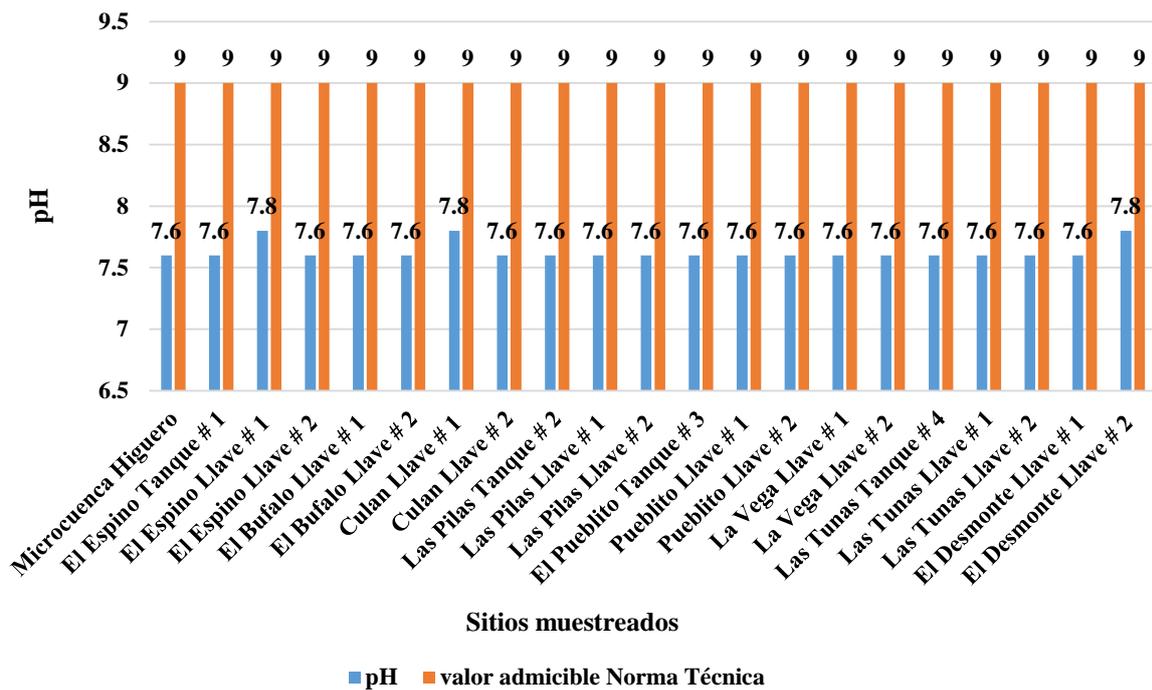


Figura 3 Parámetros del potencial de hidrogeno

Todos están dentro de lo normal; solamente en tres sitios muestreados salieron un poco altos pero siempre dentro de los rangos permisibles Según la Norma del País. El pH es posible asegurar que en la temporada lluviosa este aumenta conforme la precipitación incrementa, por lo tanto, un aumento de caudal influye en el empeoramiento de las condiciones de acidez del agua. El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina. Las aguas de pH menor de 6,5 son corrosivas debido al anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

En el punto número uno llamado Microcuenca El Higuero Espino (Obra Toma). El resultado obtenido en los análisis de los laboratorios se encontró dentro los valores permisibles de la Norma Técnica Nacional de Agua Potable. (Ver cuadro 13) La cual establece su valor recomendado de 0.75 – 1.5 y el valor máximo admisible de 4.

Cuadro 13 Parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Punto de Muestreo	Parámetro	Unidad	Resultado	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Obra Toma	DBO	mg/l	2.28	0.75 - 1.5	4

Los resultados obtenidos para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto de monitoreo correspondiente a la Obra Toma en la microcuenca El Higüero es de 2.28 mg/l respectivamente. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras.

Turbidez

En todos los puntos muestreados resulto dentro el valor permisible según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable. (Ver figura 4). La cual establece su valor recomendado de 1 y como el valor máximo admisible de 5 unidades nefelométrica de turbidez. Exceptuando el punto dos del grifo uno de la comunidad de Las Tunas debido a que no cumplió con los valores permitidos en la norma de referencia para turbidez. Con 5.2 unidades nefelométrica de turbidez.

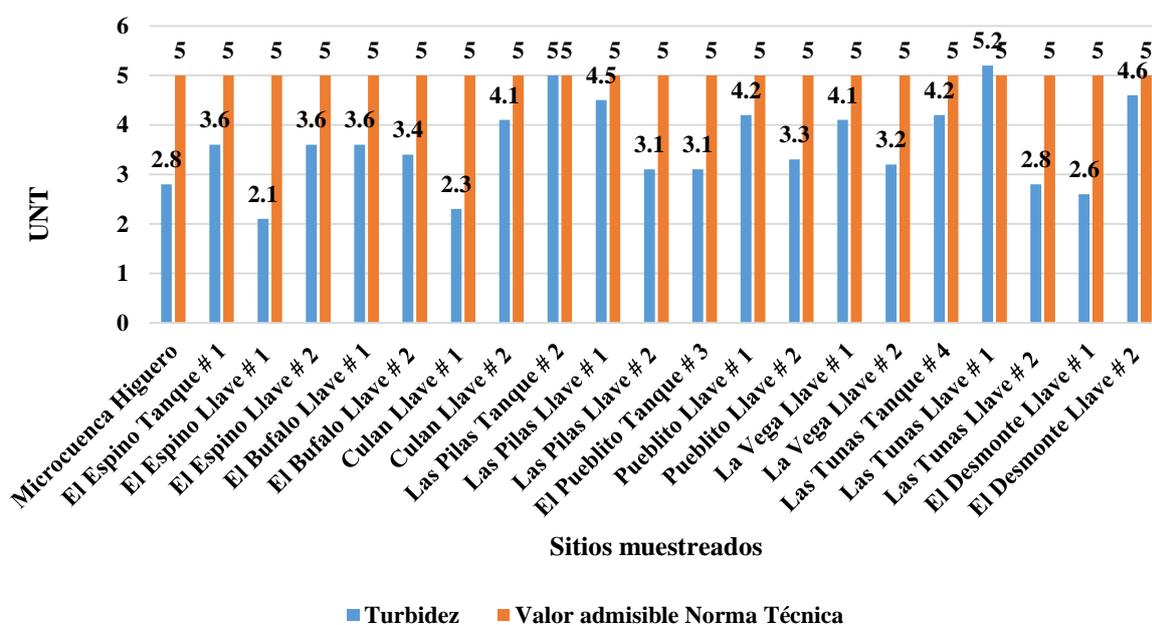


Figura 4 Parámetros de la Turbidez

La turbidez resultó alta solamente en el grifo dos de la comunidad de Las Tunas debido a que se observó que en su red de distribución que conecta al grifo estaba en mal estado y por lo tanto es allí que se encontraba el foco de contaminación.

Según Mejía 2005. La medición de la turbidez de manera rápida nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida. La turbidez es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones:

1. Estética: cualquier turbidez en el agua para beber, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos.
2. Filtrabilidad: la filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbidez.
3. Desinfección: un valor alto de turbidez es un indicador de presencia probable de materia orgánica y microorganismos que van a aumentar la cantidad de cloro u ozono que se utilizan para la desinfección de las aguas para abastecimiento de agua potable.

Color Verdadero

Todos los puntos muestreados resultó dentro el valor permisible según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable. (Ver figura 5) La cual establece su valor recomendado de 1 y el valor máximo admisible de 15 Mg/ (Pt-Co)

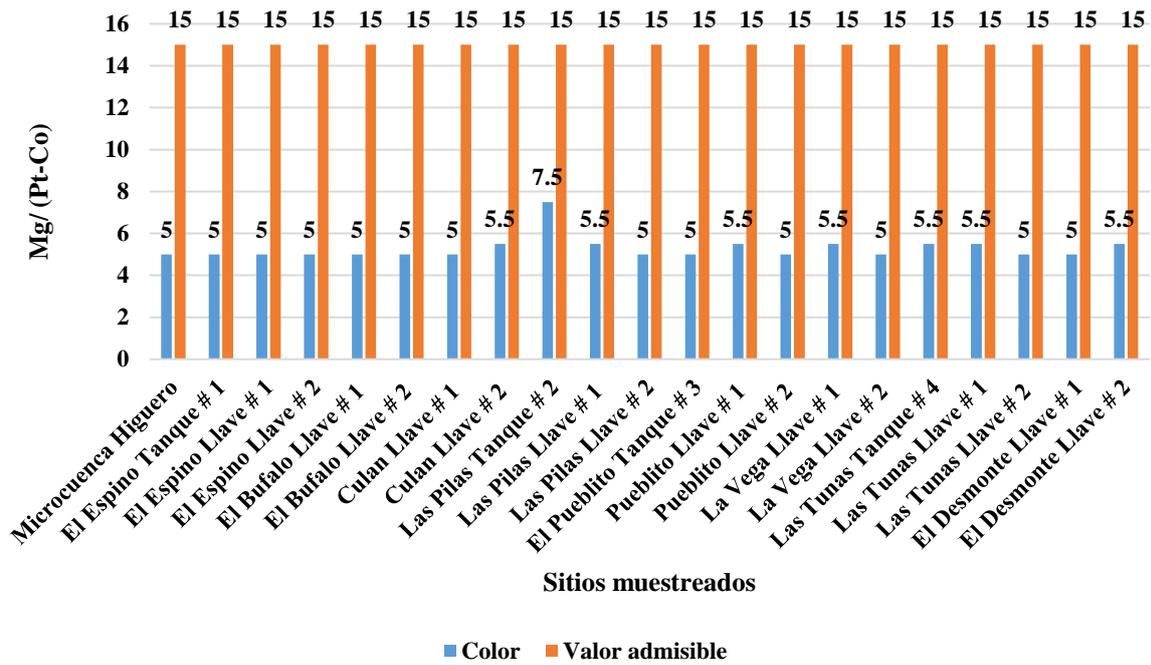


Figura 5 Parámetro de Color Verdadero

El agua de uso doméstico tiene como parámetro de aceptación el que deba ser incolora, parámetro que resultó dentro de los rangos permisibles en todos los puntos muestreados. Según Mejía 2005. Cuando el agua tiene color, tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración. Las aguas pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales, humus, materia orgánica y contaminantes domésticos. También menciona que El Color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina “Color aparente”, una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como “Color verdadero”, siendo este último el que se mide en esta determinación.

Oxígeno Disuelto

En el punto número uno en la Obra Toma de la Microcuenca El Higüero Espino. El resultado obtenido en el análisis del laboratorio es 7. El cual en la Norma Técnica Nacional de Agua Potable vigente en el País no hay un valor recomendado ni un valor permisible (Ver cuadro 14). Por lo que debido a ello no se puede analizar el Oxígeno disuelto.

Cuadro 14 Parámetro de Oxígeno Disuelto

Punto de Muestreo	Parámetro	Unidades	Resultado	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Obra Toma	SDT	Mg/l	400,00	1000	1000

La presencia de oxígeno en el agua es indispensable para la vida acuática y depende de las condiciones ambientales, ya que su cantidad aumenta al disminuir la temperatura o aumentar la presión. Para los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor el consumo de oxígeno. Por tanto el análisis de oxígeno disuelto es una prueba clave en la determinación de la contaminación del agua.

Fosfato

Para el parámetro de fosfato en la Norma Técnica Nacional de Agua Potable vigente en el País no hay un valor recomendado ni un valor permisible (Ver cuadro 2 de la Norma). Por lo que debido a ello no se puede analizar dicho parámetro.

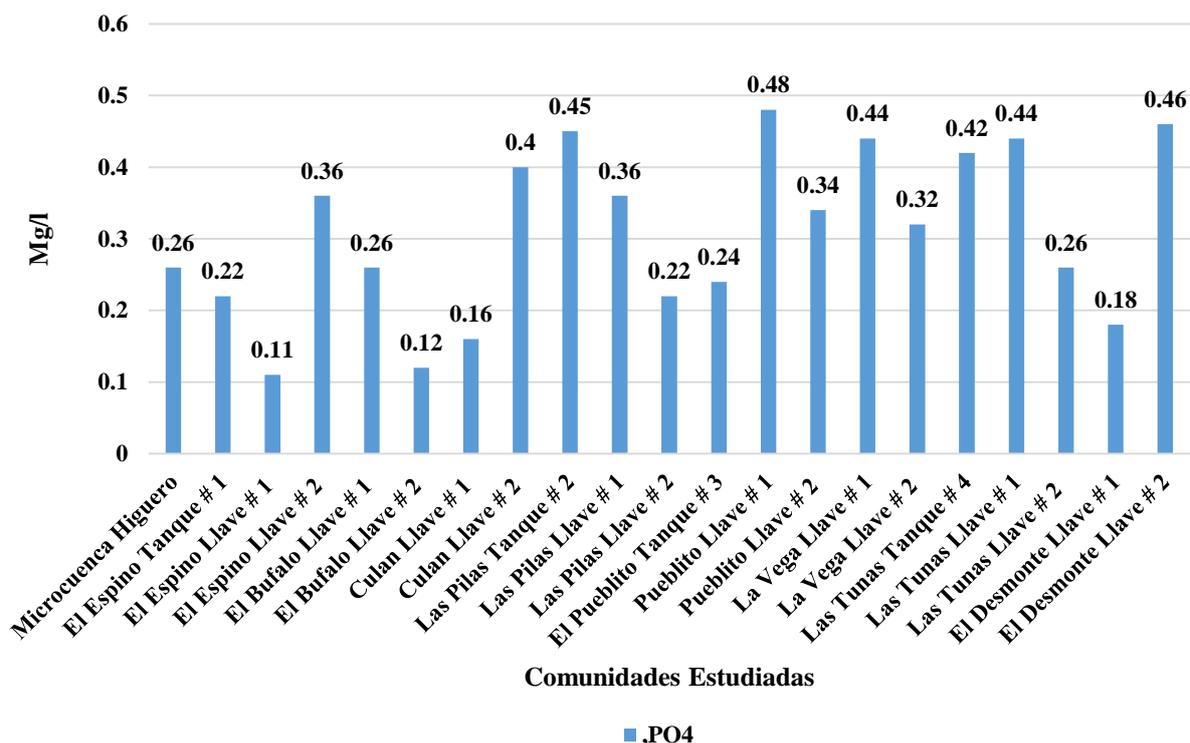


Figura 6 Parámetro de Fosfato

Para el reglamento según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable de Honduras y la OMS no se encuentran directrices como referencia pero lo ideal es que están bajos demostrando que no presenta filtraciones de fertilizantes en las muestras tomadas en los veintiún puntos

Solidos Disueltos Totales

En el punto número uno llamado Microcuena El Higüero (Obra Toma). El resultado obtenido en el análisis del laboratorio de SDT. No cumple con los valores permitidos en la norma de referencia para Solidos Disueltos Totales, ya que según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable. Su valor recomendado es de 1000 mg/l y como el valor máximo admisible de 1000 Mg/l. Siendo el resultado de 400 mg/l.

Cuadro 15 Parámetro de Solidos Disueltos Totales

Punto de Muestreo	Parámetro	Resultado	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Obra Toma	SDT	400,00	1000	1000

Este parámetro resultó fuera de la Norma, encontrándose por debajo de su valor recomendado y permisible de los valores establecidos según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable, en la muestra tomada de la Obra Toma. Los sólidos disueltos totales son todos aquellos materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración.

Nitratos

En todos los veintidós puntos muestreados, no cumple con los límites máximos permitidos en la norma de referencia para Nitratos, según la Norma Técnica Nacional de Agua Potable. Establece que su valor recomendado debe ser 25 y el valor máximo admisible de 50 Mg/l.

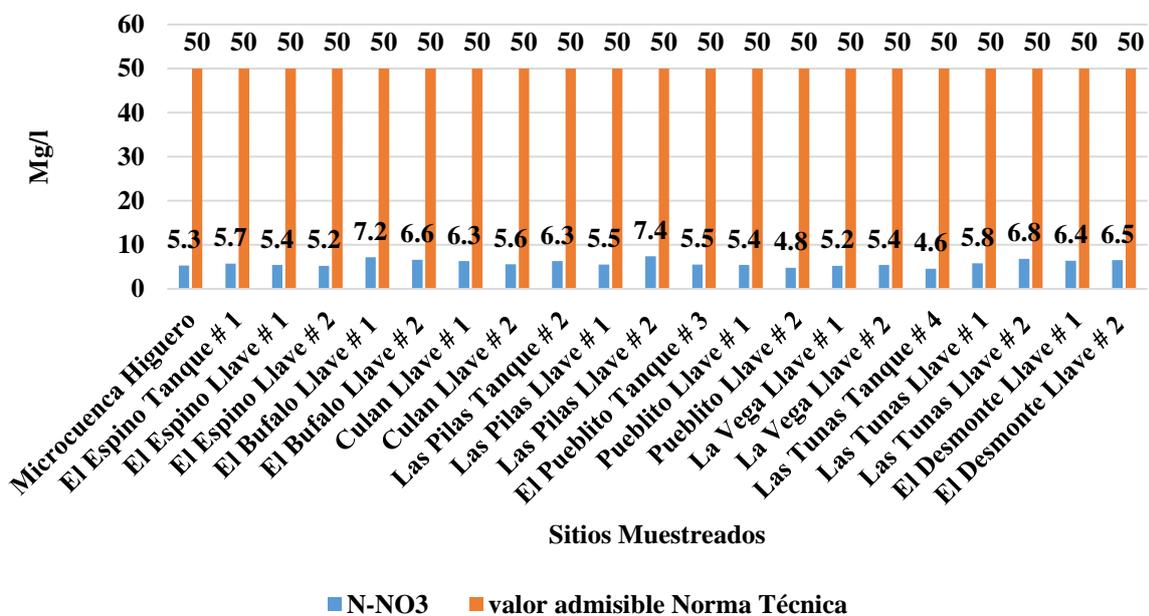


Figura 7 Parámetro de Nitratos

De acuerdo Mejía 2005. Estos parámetros resultaron fuera de los rangos normales, por lo que se puede considerar que existe cierto grado de contaminación por nitratos. Este elemento es una forma de nitrógeno que las plantas necesitan para crecer; en la agricultura se usan los fertilizantes con nitrógeno para enriquecer el suelo. Desafortunadamente los nitratos pueden contaminar las fuentes de agua potable. Altos contenidos de nitrato en el agua pueden causar la enfermedad llamada síndrome del bebé azul. Los nitratos cambian la hemoglobina que transporta oxígeno a meta hemoglobina, que no lo transporta; el principal aporte de nitratos se debe al uso excesivo de fertilizantes químicos.

5.3.1. Índices de la calidad de agua (ICA) por la (NSF)

El “Índice de Calidad de Agua” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a los parámetros establecidos por el ICA de la NSF (Ver Cuadro 1). Por lo que se determinó la calidad de agua, del sistema de agua potable en la Obra Toma de la Microcuenca El Higüero teniendo en cuenta que es la misma que abastece a las ocho comunidades estudiadas.

Cuadro 16 Estimación del índice de calidad de agua "ICA"

No.	Parámetros	Unidad de Medida	Peso Asignado	Jornada de Muestreo		
				Lectura original	Valor Q	ICA
1	Coliformes	UFC/100ml	0.15	0	98	14.7
2	DBO	mg/l	0.10	2.28	81	8.1
3	pH	a 20.6 °C	0.12	7.6	88	10.56
4	Turbidez	UNT	0.08	2.8	94	7.52
5	Temperatura	°C	0.10	19.5	9	0.9
6	Fosfatos	mg/l	0.10	0.26	85	8.5
7	Nitratos	mg/l	0.10	5.3	70	7
8	Oxígeno Disuelto	mg/l	0.17	7	6	1.02
9	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	0.08	400	46	3.68
Valor del ICA “REGULAR”						61.98

El agua con las que se abastecen las ocho comunidades estudiadas del proyecto, no es segura para el consumo humano, debido a que el índice de la calidad de agua que se realizó en la jornada de muestreo en la obra toma de la microcuenca El Higüero es de **61.98** según el ICA de la NSF las aguas con un índice de calidad de agua en categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. De acuerdo a Fernández (2005) el agua con un índice de calidad entre 51 a 70 debe tener un tratamiento potabilizador, necesario para poder ser consumida.

El ICA de la NSF agrupa a los principales indicadores de calidad de agua, pero esto no indica que las aguas superficiales de la microcuenca El Higüero son seguras para el consumo basado

en estos resultados. Ya que solo se realizó una sola jornada de muestreos y muchos parámetros no se tomaron en cuenta para determinar la calidad del agua, como ser dureza, color, sabor, metales pesados, plaguicidas, etc., los cuales no fueron considerados en esta investigación. El analizar la aptitud de un cuerpo de agua se facilita si los parámetros medidos son integrados en un factor común que califique objetivamente la salud del mismo (Mitchell *et al.* 1991).

Cuadro 17 Resultados de los veintinueve puntos de muestreos para análisis de calidad de agua

Sol. Por: Darwin Escobar	Sitios de muestreos	Temperatura	Turbidez	Color	pH	N-NO3	PO4	Coliformes Termotolerantes	DBO	Oxígeno Disuelto	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES
1	El Pueblito Tanque # 3	25.6	3.1	5	7.6	5.5	0.24	0			
2	Pueblito Llave # 1 (Esmeralda)	24.5	4.2	5.5	7.6	5.4	0.48	0			
3	Pueblito Llave # 2 (Lidia)	25	3.3	5	7.6	4.8	0.34	0			
4	Las Tunas Tanque # 4	25.6	4.2	5.5	7.6	4.6	0.42	0			
5	Las Tunas Llave # 2 (Albertina)	26.7	2.8	5	7.6	6.8	0.26	3			
6	El Desmonte Llave # 1 (Santos)	27.3	2.6	5	7.6	6.4	0.18	0			
7	La Vega Llave # 1 (Marvin)	24.2	4.1	5.5	7.6	5.2	0.44	65			
8	La Vega Llave # 2 (Gustavo)	25.7	3.2	5	7.6	5.4	0.32	0			
9	Las Pilas Llave # 1 (Cecilia)	24.8	4.5	5.5	7.6	5.5	0.36	15			
10	Culan Llave # 1 (Marina)	22.3	2.3	5	7.8	6.3	0.16	5			
11	Las Pilas Llave # 2 (Agosto)	20.8	3.1	5	7.6	7.4	0.22	50			
12	El Bufalo Llave # 1 (Ubalina)	19.8	3.6	5	7.6	7.2	0.26	50			
13	El Desmonte Llave # 2 (Mirian)	23.2	4.6	5.5	7.8	6.5	0.46	0			
14	El Bufalo Llave # 2 (Adalid)	19.8	3.4	5	7.6	6.6	0.12	2			
15	Las Pilas Tanque # 2	21.9	5	7.5	7.6	6.3	0.45	18			
16	El Espino Llave # 1 (Aníbal)	22.8	2.1	5	7.8	5.4	0.11	1			
17	Culan Llave # 2 (Deisy)	22.5	4.1	5.5	7.6	5.6	0.4	15			
18	Las Tunas Llave # 1 (Alonso)	23.5	5.2	5.5	7.6	5.8	0.44	0			
19	El Espino Llave # 2 (Aurora)	23.8	3.6	5	7.6	5.2	0.36	1			
20	Microcuenca Higüero	19.5	2.8	5	7.6	5.3	0.26	0	2.28	7	400
21	El Espino Tanque # 1	24.1	3.6	5	7.6	5.7	0.22	11			

5.4 Descripción y cuantificación de las enfermedades gastrointestinales en la población, de acuerdo a la calidad de agua en las ocho comunidades estudiadas

Encuestas aplicadas en las reuniones de manera grupal

Cuadro 18 ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que han afectado a su comunidad?

Enfermedades Más Comunes					
Comunidad	Enfermedades / No. de Casos				
	Diarrea	Cólera	Hepatitis	Fiebre	Otros
El Espino	2	0	0	3	0
El Bufalo	1	0	0	2	0
Culan	2	0	0	3	0
Las Pilas	2	0	0	5	0
El Pueblito	3	0	0	3	0
La Vega	3	0	0	4	0
Las Tunas	2	0	0	3	0
El Desmonte	3	0	0	7	0

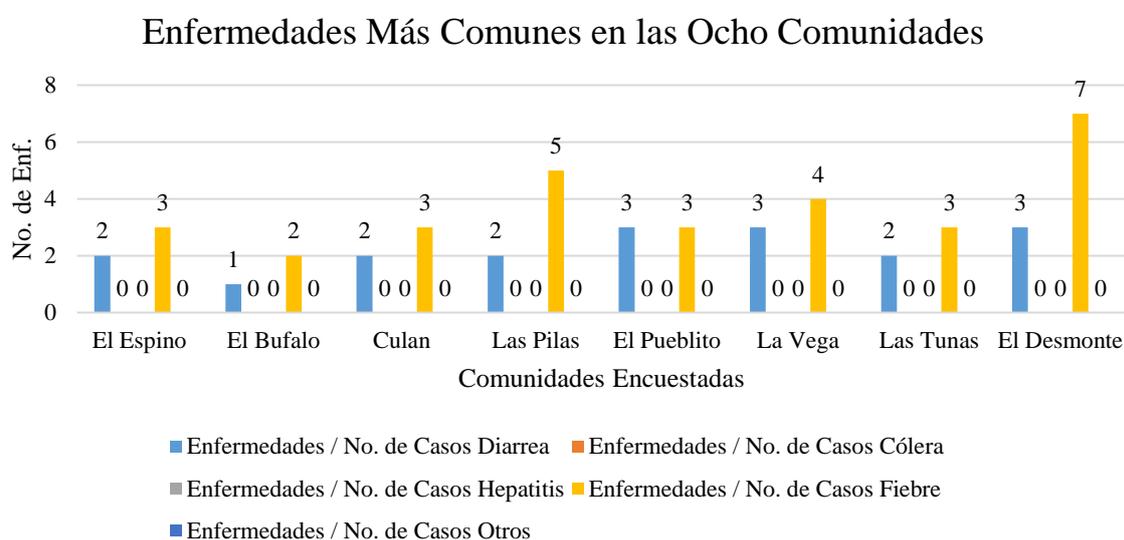


Figura 8 Enfermedades presentes en la población encuestada

Descripción de las enfermedades que afectan a la población de las ocho comunidades estudiadas:

Enfermedades diarreicas. Siendo la causa o vía de transmisión Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.

Fiebre paratifoidea y tifoidea. Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.

“LA DIARREA” es una de las que afecta mayormente a la población menor de 5 años. De las principales enfermedades en la población. Es la única enfermedad gastrointestinal Según el grafico.

Cuadro 19 Enfermedades según Centro de Salud Sulaco Yoro

PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD EN CESAMO DE SULACO										
Región Departamental de Salud Yoro No. 18										
EVALUACION ANUAL 2015										
menor de 5 años	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a			
	Otras Faringoam	Faringo Estreptoc	Diarrea	Asma y Bronquitis	Varicela	Disentería	Neumonía Broncone			
	187	83	54	35	6	3	0			
de 5 a 14 años	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9ª	10a
	FAV	PI	ITU	Sindr Febril	ASMA	EP	HTA	RC	Artralgias	FAE
	73	69	53	50	31	31	28	24	23	18
de 15 a 49 años	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9ª	10a
	FAV	RC	Sdm fbl	HTA	ITI	PI	EP	Artralgia	SDA	Asma
	325	242	153	148	115	108	83	50	49	42
de 50 y más años	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9ª	10a
	HTA	DIABETES	ITU	FAV	Sindr Febril	Artralgia	Asma	EP	Gastritis	Bron
	190	55	27	23	20	18	15	14	12	11

Fuente: Escobar, 2016. Referencias de Centro de Salud Sulaco (2015).

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis de vulnerabilidad realizados en el sistema de agua potable de las diferentes comunidades la valoración es de mediana vulnerabilidad, solo el componente de conducción presenta una valoración de alta vulnerabilidad

El Agua de abastecimiento de las ocho comunidades estudiadas tomadas en la Obra Toma. Según el Índice de Calidad del Agua “ICA” de la NSF presenta un estado de categoría “Regular” por lo tanto no es segura para el consumo humano, necesitando de esta forma tratamiento para ser consumida.

La población encuestada asume que las enfermedades se relacionan a la contaminación del agua, ya que la consumida por este sistema no recibe el tratamiento adecuado. Las enfermedades que se mencionaron al aplicar la encuesta son las mismas en las ocho comunidades y la sintomatología que presenta está relacionada con enfermedades causadas por el consumo de agua contaminada.

VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere a las juntas de agua tomar acciones y medidas, para mejorar la eficiencia del componente de conducción, en todas las comunidades según la matriz de evaluación vulnerabilidad su valoración es alta.

Realizar actividades en los componentes que se encuentran en condiciones estructurales de mediana y alta vulnerabilidad, realizando acciones de limpieza en el lugar de captación, revisión periódica en el sistema de conducción (tubería aérea); capacitaciones sobre prevención y mitigación.

Realizar un estudio epidemiológico que evidencie el impacto que tiene la ingesta del consumo de estas aguas sobre la salud en la población.

Es necesario profundizar en estudios de calidad de agua en la obra de captación del sistema siendo orientados para monitorear el estado del agua, considerando las implicaciones ambientales, sociales y económicas del mismo en las poblaciones consumidoras.

Planificar, diseñar, gestionar y ejecutar un nuevo proyecto de agua, organizándose para que se dé un buen manejo al sistema funcionando en todos sus componentes de captación, conducción, almacenamiento y red de distribución. Manteniendo el número de tanques debido a que todavía se encuentran en buen estado, siempre y cuando se le dé el debido mantenimiento, y de ser necesario aumentar el número de tanques para que de esa manera se de abastecimiento de forma equitativa a toda su población.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Argüello, M. 2009. Experiencias de agua potable y saneamiento con enfoque de gestión integrada de Recursos Hídricos en Honduras (en línea). Tegucigalpa, M:D:C: Honduras. Consultado 28 de octubre del 2015. Disponible en: <http://www.alianzaporelagua.org/documentos/GIRH-Honduras.pdf>

Arnalich. 2010. Abastecimiento de agua por gravedad (en línea). Edit. Arnalich. Pág. 226. Consultado el 28 de octubre de 2015. Disponibles en: https://books.google.hn/books?id=QTW4KIQ6BUYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Busso, G. 2001. Vulnerabilidad social: Nociones e implicaciones de política para Latinoamérica a inicio del siglo XXI (en línea) Santiago de Chile. Consultado el 15 de octubre de 2015. Disponible en: http://www.eclac.org/celade/noticias/paginas/9/12939/eps9_eclaro.pdf

Campero, G. Sistema de agua potable: riesgo vulnerabilidad y peligro (en línea) consultado el 26 de Octubre del 2015. (En línea) Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos98/sistemas-agua-potable-riesgo-vulnerabilidad-peligro/sistemas-agua-potable-riesgo-vulnerabilidad-peligro.shtml#ixzz3piISVSDz>

Cardona, A. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 158 p

Contreras et al. 2008. El agua un recurso para preservar (en línea) Consultado el 18 de octubre de 2015. Disponible en: <http://www.eventos.ula.ve/ciudadesostenible/documentos/pdf/agua.pdf>

Color, OMS, Sf. Agar agua (en línea). Consultado el 13 de junio de 2016. Disponible en <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>

CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2009. Agua potable, biodiversidad y reducción de la pobreza: Una guía de buenas prácticas. (En línea). 62 p. Consultado: 30 ago. 2015. Disponible en: http://www.unwater.org/wwd10/downloads/WWD2010_LOWRES_BROCHURE_ES.pdf

Gómez, J. 2001. Vulnerabilidad y medio Ambiente (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2015. 36pag. Disponible en: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/8283/jjgomez.pdf>

Guevara, O. 2002. Microbiología Acuática “Análisis Microbiológico del agua”, Apuntes Curso teórico práctico. UNAN-LEON, León Nicaragua. p. 12-16.

Herrero, A. 2003. La calidad del agua y su importancia en los alimentos. (En línea). 28(322):32-34 pp. Consultado: 30 ago. 2015. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/12-agua_importancia_en_alimentos.pdf.

Martínez M. Fernández D. 2012. Líneas de conducción por gravedad (en línea). SAGAPRA. P. 30. Consultado en línea el 27 de octubre del 2015. Disponible en: <http://www.itacanet.org/.../agua/.../Manual%20...>

ONU. Organización de las Naciones Unidas. 2011. El derecho humano al agua. (En línea). 60 p. Consultado el 10 sep. 2015. Disponible en: <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>

Mejía, 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 123p

Mitchell, M 1991. Manual de campo de proyecto del río. Una guía para monitorear la cantidad del agua del río Bravo. Segunda edición México 200 p.

Organización Panamericana para la Salud (POS), 1999 citado por Mejía, 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Gerónimo, Honduras (en línea). Consultado el 4 de Septiembre del 2015. Disponible en: <http://orto.catie.ac.cr/REPDOC/A0602E/A0602E.PDF>

Orellana G. 2005. Características del Agua Potable (en línea). Consultado el 23 de octubre de 2015. Pág. 7 disponible en: http://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).1996. Ecología y Enseñanza Rural. Nociones Ambientales Básicas para profesores rurales y extensionistas. Consultado 25 de octubre de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>

Pérez de C. 2011. Captación de aguas superficiales (en línea) Universidad Politécnica de Cartagena. Pág. 66. Consultado el 19 de octubre del 2014. Disponible en: <http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php>

Republica de Honduras; Misterio de Salud. 1995. Norma técnica para la calidad de agua potable. Acuerdo No. 084 31 jul. 1985, vigencia 04 oct. 1995. (en línea). 19 p. Consultado el: 07 sep. 2015. Disponible en: <http://www.salud.gob.hn/transparencia/transparencia/archivos/regulacion/leyes/NORMA%20TECNICA%20CALIDAD%20AGUA%20POTABLE%20%20Honduras.pdf>

Temperatura, OMS, (Sf) OMS (Organización Mundial de la Salud). 1998. Guías para la calidad del agua potable: Primer apéndice Tercera edición. Volumen 1. OMS, Ginebra, 1998. 190 Pág.

Universidad Michigan State University. 2010. Importancia en la Calidad del Agua. (En línea). 16 p. Consultado el: 30 ago. 2015. Disponible en: http://fskntraining.org/sites/default/files/spanish/FSKN_04_Water-Quality-Traducci%C3%B3n.pdf

UNATSABAR. 2005. Guia para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua (en línea). Consultado 21 de septiembre de 2015. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/043_dise%C3%B1o_de_redes_de_distribuci%C3%B3n/dise%C3%B1o_de_redes_de_distribuci%C3%B3n.pdf

Valdés, F. 2010. Análisis Legal del Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento. (En línea). 23 p. Consultado el: 06 sep. 2015. Disponible en: http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Analisis-legal-derecho-al-agua.pdf

Varo P. et al. 2009. Universidad de Alicante. Curso de manipulador de agua de consumo humano. Pág. 258. Consultado el 25 de septiembre del 2015. Disponible en: https://books.google.hn/books?id=qKOAkGkYE1QC&pg=PA95&lpg=PA95&dq=curso+de+manipulador+de+agua+de+consumo+humano&source=bl&ots=EZzqK_a0a&sig=t1y9Qt9HUE9uX4nTT_kgq1ZlcSE&hl=es&sa=X&ved=0CDoQ6AEwBWoVChMI3LCE8IzqyAIVClseCh3jsgDO#v=onepage&q=curso%20de%20manipulador%20de%20agua%20de%20consumo%20humano&f=false

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Vulnerabilidad

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA /				TOTAL
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	TANQUES	RED DE DISTRIBUCIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN					
TIPO DE SUELO					
PENDIENTE					
MANTENIMIENTO					
OBRAS DE PROTECCIÓN					
NIVEL DE ORGANIZACIÓN					
TOTAL					

INDICADORES DE MEDICIÓN						
Peso	Estado de conservación	Tipo de suelo	Pendiente	Mantenimiento del sistema	Obra de protección	Nivel de organización
1	Bueno <input type="checkbox"/>	Compacto <input type="checkbox"/>	Baja <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Con obras de protección <input type="checkbox"/>	Organizados <input type="checkbox"/>
2	Regular <input type="checkbox"/>	Medio <input type="checkbox"/>	Medía <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Con obras insuficientes <input type="checkbox"/>	Poco organizados <input type="checkbox"/>
3	Malo <input type="checkbox"/>	Suelo deslizante <input type="checkbox"/>	Alta <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	No hay obras <input type="checkbox"/>	Nada organizado <input type="checkbox"/>

POR COMPONENTE		
CALIFICACIÓN	VALORACIÓN	
I	Alta Vulnerabilidad	+ 13
II	Mediana Vulnerabilidad	7 - 12
III	Baja Vulnerabilidad	0 - 6

POR SISTEMA		
CALIFICACIÓN	VALORACIÓN	
I	Alta Vulnerabilidad	+ 49
II	Mediana Vulnerabilidad	25 - 48
III	Baja Vulnerabilidad	0 - 24

Fuente: Referencias de UNC/ EPILAS (2005)

Anexo 2 Veintiún puntos donde se tomaron las 44 muestras

MUESTREOS REALIZADOS EN LAS OCHO COMUNIDADES						
No. de Muestras	Localidad	Tipo de Análisis	Coordenadas	Altura (msnm)	Nombre del Dueño de Casa	Tomada
M. C 1	El Espino	MB.	Y= 1653846	698	Aníbal Hernández	Llave
		FF.QQ	X= 0472708			
M. C 2	El Espino	MB.	Y= 1653011	618	Aurora Murillo	Llave
		FF.QQ	X= 0472201			
M. T 1	El Espino	MB.	Y= 1653765	719		Tanque
		FF.QQ	X= 0472627			
M. C 1	El Bufalo	MB.	Y= 1650742	453	Ubalina	Llave
		FF.QQ	X= 0471885			
M. C 2	El Bufalo	MB.	Y= 1650542	451	Adalid	Llave
		FF.QQ	X= 0471816			
M. C 1	Culan	MB.	Y= 1652943	600	Marina Rosales	Llave
		FF.QQ	X= 0472168			
M. C 2	Culan	MB.	Y= 1652331	541	Deysi Figueroa	Llave
		FF.QQ	X= 0471932			
M. C 1	Las Pilas	MB.	Y= 1652934	525	Cecilia	Llave
		FF.QQ	X= 0471350			
M. C 2	Las Pilas	MB.	Y= 1652061	465	Agusto Palma	Llave
		FF.QQ	X= 0470504			
M. T 2	Las Pilas	MB.	Y= 1652990	559		Tanque
		FF.QQ	X= 0471453			
M. C 1	El Pueblito	MB.	Y= 1652026	454	Esmeralda	Llave
		FF.QQ	X= 0470399			
M. C 2	El Pueblito	MB.	Y= 1652055	437	Lidia	Llave
		FF.QQ	X= 0469606			
M. T 3	El Pueblito	MB.	Y= 1652069	468		Tanque
		FF.QQ	X= 0470481			
M. C 1	La Vega	MB.	Y= 1651116	428	Marvin Caballero	Llave
		FF.QQ	X= 0469821			
M. C 2	La Vega	MB.	Y= 1651233	423	Gustavo Escobar	Llave
		FF.QQ	X= 0469352			
M. C 1	Las Tunas	MB.	Y= 1652445	456	Alonso Domínguez	Llave
		FF.QQ	X= 0470177			
M. C 2	Las Tunas	MB.	Y= 1652001	433	Albertina Linares	Llave
		FF.QQ	X= 0470033			
M. T 4	Las Tunas	MB.	Y= 1652667	492		Tanque
		FF.QQ	X= 0469926			
M. C 1	El Desmonte	MB.	Y= 1652940	449	Santos Hernández	Llave
		FF.QQ	X= 0469892			
M. C 2	El Desmonte	MB.	Y= 1653673	458	Mirian Rosales	Llave
		FF.QQ	X= 0468829			
M. 1	Montaña El Higüero	MB.	Y= 1656950	929		Microcuencia
M. 2		FF.QQ				Microcuencia
M. 3		D.B.O – S.D.T	X= 0468820			Microcuencia
M. 4		O.D				Microcuencia

Anexo 3 Encuesta de la vulnerabilidad del sistema de agua potable

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**Diagnóstico de la Vulnerabilidad del Sistema de Agua Potable del Proyecto
de Agua Bufalo Más Ocho**

Fecha: ____/____/____/

No. de Boleta

Nombre del encuestador: _____

1. DATOS PERSONALES DEL (A) ENCUESTADO(A)

Nombre del (a) _____

2. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA

Departamento _____ Municipio _____

Aldea _____ Caserio _____

3. INFORMACIÓN Y ESTADO GENERAL

3.1 Tipo de sistema de agua

3.1.1 sistema de agua potable _____

3.1.2 Fuente de agua: Río Quebrada Nombre _____

3.1.3 En qué año fue construido el sistema de agua potable _____

3.1.4 Sistema de aguas residuales: Fosa séptica Letrina No cuenta Otros

4. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DEL AGUA

4.1 Disposición, costos y algunas enfermedades que han surgido al consumir agua del proyecto Búfalo más Ocho.

4.1.1 ¿Cuántos días a la semana dispone de agua potable? _____

4.1.2 ¿Cuántas horas por día dispone del servicio de agua potable?

Desde las _____ Hasta las _____

4.1.3 ¿El agua que recibe es de buena calidad?

Sí No

4.1.4 La cantidad de agua que recibe es: Suficiente Poca

4.1.5 ¿Se han presentado enfermedades gastrointestinales por el consumo de agua en:

Su familia En la comunidad

4.1.6 ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que han afectado a su comunidad?

Diarrea Cólera Hepatitis Fiebre otros _____

4.2 Usos que le dan al agua del sistema de agua potable

Consumo Cocinar Aseo personal Lavar ropa Actividad agrícola Otros

4.2.1 ¿Le da algún tipo de tratamiento al agua del sistema de agua potable?

Sí No

4.2.2 ¿Qué tipo de tratamiento le ofrece _____

4.2.3 ¿cada cuánto lo hace _____

5. ORGANIZACIONES COMUNITARIAS

5.1 ¿Existe junta de agua en la comunidad? Sí No

5.2 ¿Cuál es la función de la junta de agua en la comunidad?

5.3 ¿Reciben apoyo de instituciones gubernamentales empresa privada u ONG's? _____

6. MANTENIMIENTO

6.1 ¿Cuánto paga por el servicio de agua potable? _____

6.2 ¿Cantidad de personas beneficiadas o que se abastecen del sistema de agua potable en la comunidad?

6.3 Tiempo de mantenimiento

6.3.1 ¿Cada cuánto le da mantenimiento al sistema de agua potable:

Cada mes Cada 6 meses Cada año Cada 2 años No le da mantenimiento

6.3.2 ¿Cada cuánto realizan asambleas?

Cada mes Dos veces al mes Nunca

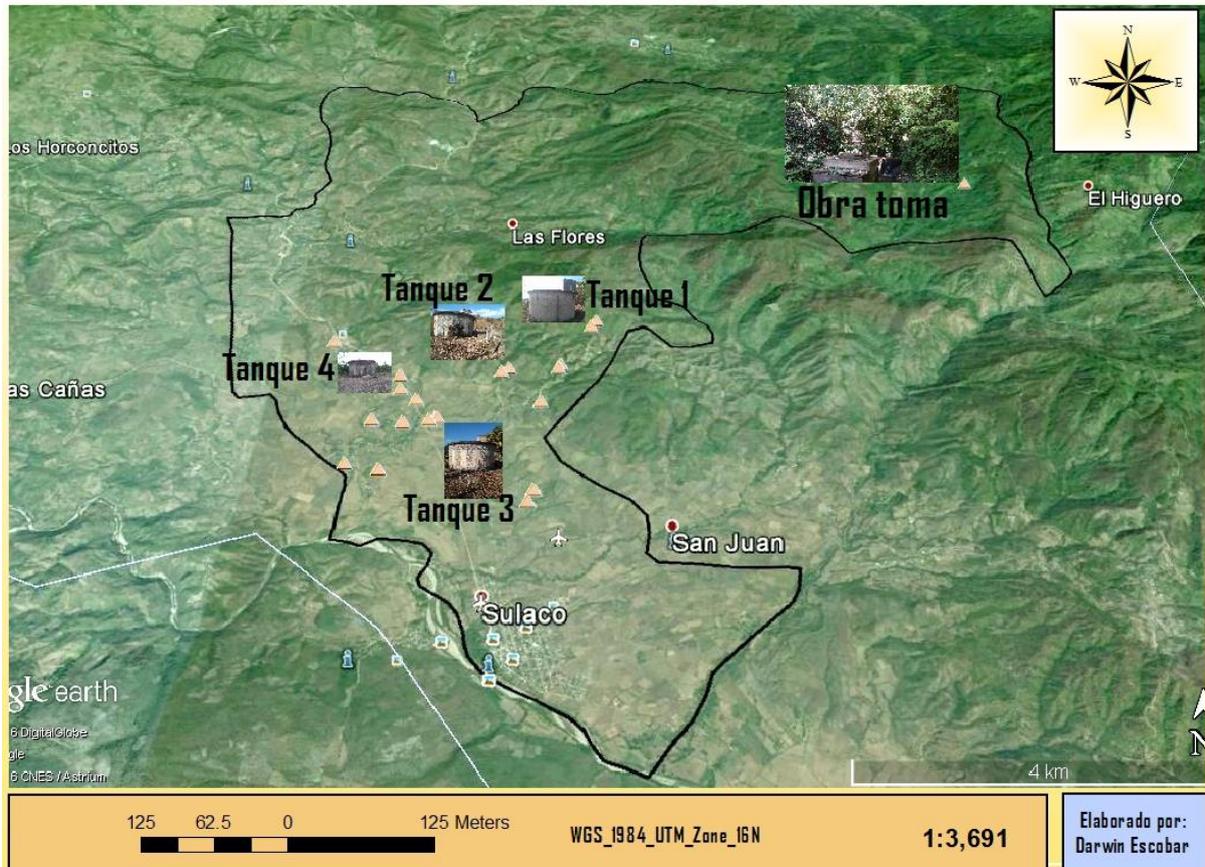
6.3.3 ¿Qué tipo de tratamiento le brinda al agua potable en la vivienda?

Lava y desinfecta el agua de la pila: Si No

Cambia de galera Cambia de llave Hervir el agua Clora el agua

Anexo 4 Imagen del sistema de agua potable de as ocho comunidades estudiadas

Sistema de Agua Potable en Ocho Comunidades del Proyecto "BUFALO MÁS OCHO"



Anexo 5 Imagen de captación de la obra toma, Microcuenca Higüero Espino



Anexo 6 Imagen de ubicación de la obra toma



Anexo 7 Imagen de la conducción del sistema de agua



Anexo 8 Imagen del avance de la frontera agrícola en la parte inferior de la obra toma



Anexo 9 Imagen los 4 tanques ubicados en las áreas estudiadas

Tanque # 1 El Espino



Tanque de #2 Las Pilas



Tanque # 3 El Pueblito



Tanque # 4 Las Pilas



Anexo 10 Imágenes de las redes de distribución de tramo aéreo en las diferentes comunidades

Red de Distribución tramo aéreo El Pueblito



Red de Distribución tramo aéreo La Vega



Red de Distribución Tramo aéreo El Desmonte



Anexo 11 Imágenes de la socialización del diagnóstico, aplicación de boletas y matriz de vulnerabilidad en las ocho comunidades estudiadas

El Espino



El Bufalo



Culan



Las Pilas



El Pueblito



La Vega



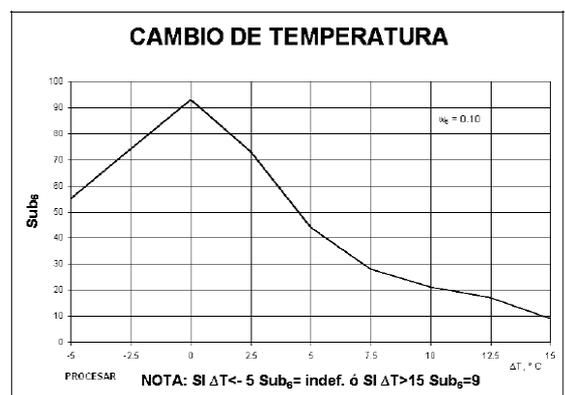
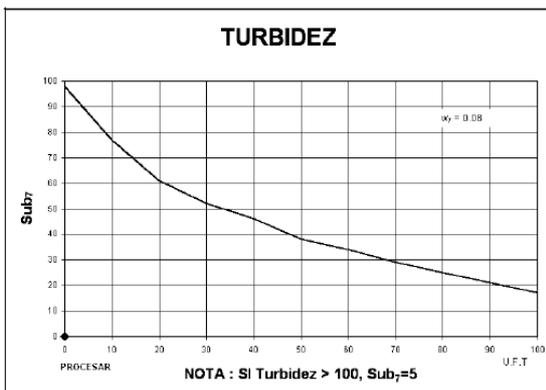
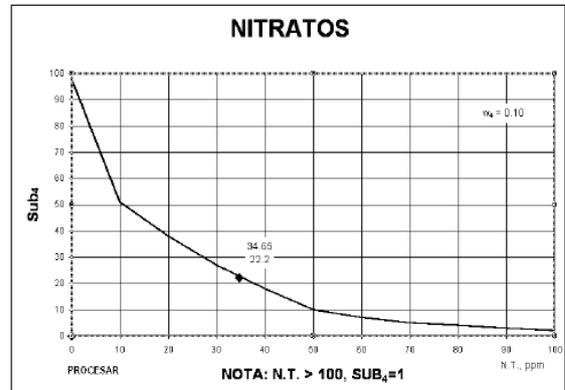
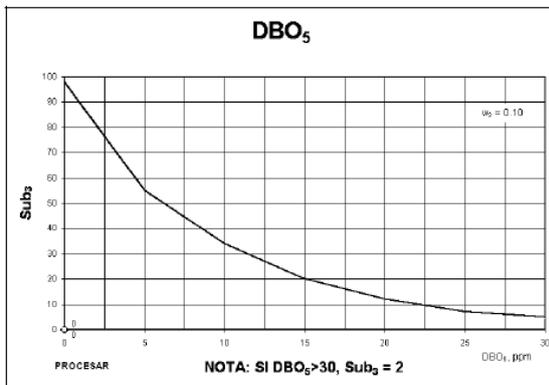
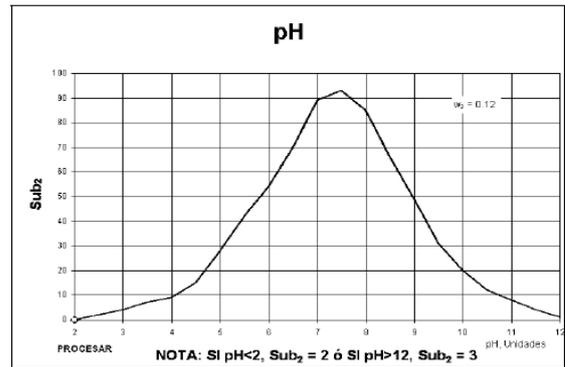
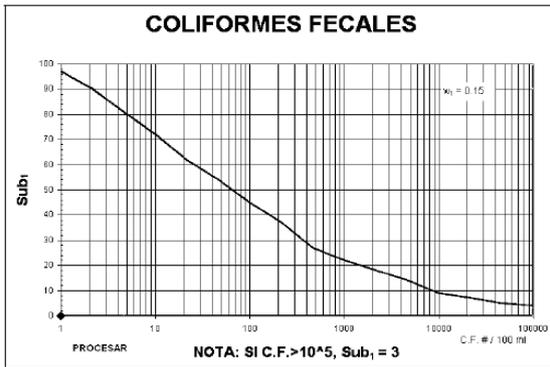
Las Tunas

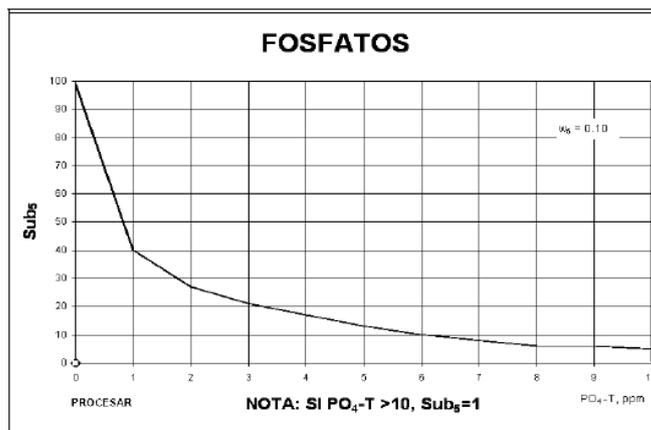
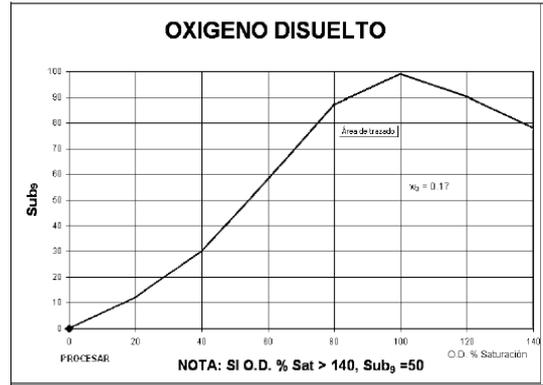
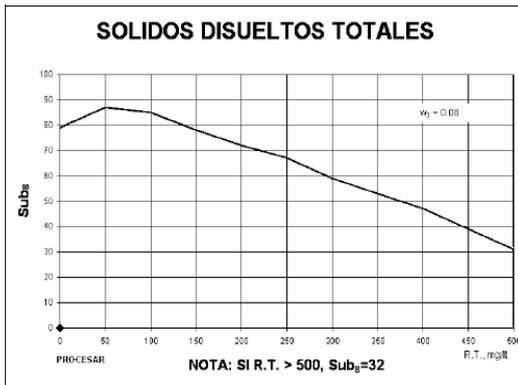


El Desmonte



Anexo 12 Curvas de valoración del ICA de la NSF





Anexo 13 Resultados de análisis de calidad de agua realizados en el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados SANAA.

Sol. Por: Darwin Escobar	Sitios de muestreos	No.	Fecha	Turbidez	Cond.	color	pH	TDS	Ca	Mg	N-NO3	N-NO2	-PO4	-SO4	CaCO3	Fe	N-NH3
1	El Pueblito T # 3	7,136	12/04/16	3.1	277	5.0	7.6	138.5	35.2	12.8	5.5	0.018	0.24	4.8	88	0.02	0.01
2	Pueblito G # 1 (Esmeralda)	7,137	12/04/16	4.2	269	5.5	7.6	134.5	36	13.1	5.4	0.022	0.48	5.0	90	0.03	0.02
3	Pueblito G # 2 (Lidia)	7,138	12/04/16	3.3	285	5.0	7.6	142.5	34.4	12.6	4.8	0.017	0.34	4.2	86	0.02	0.01
4	Las Tunas T # 4	7,139	12/04/16	4.2	278	5.5	7.6	139.0	36.8	13.4	4.6	0.024	0.42	4.4	92	0.04	0.02
5	Las Tunas G # 2 (Albertina)	7,140	12/04/16	2.8	280	5.0	7.6	140.0	32.0	11.7	6.8	0.016	0.26	3.8	80	0.01	0.01
6	El Desmonte G # 1 (Santos)	7,141	12/04/16	2.6	279	5.0	7.6	139.5	35.6	13.0	6.4	0.025	0.18	6.2	89	0.01	0.01
7	La Vega G # 1 (Marvin)	7,142	12/04/16	4.1	268	5.5	7.6	134.0	37.6	13.7	5.2	0.017	0.44	6.6	94	0.04	0.02
8	La Vega G # 2 (Gustavo)	7,143	12/04/16	3.2	269	5.0	7.6	134.5	32.0	11.7	5.4	0.012	0.32	6.0	80	0.02	0.02
9	Las Pilas G # 1 (Cecilia)	7,144	12/04/16	4.5	274	5.5	7.6	137.0	35.2	12.8	5.5	0.023	0.36	5.8	88	0.04	0.03
10	Culan G # 1 (Marina)	7,145	12/04/16	2.3	282	5.0	7.8	141.0	33.6	13.2	6.3	0.034	0.16	5.4	84	0.02	0.02
11	Las Pilas G # 2 (Agusto)	7,146	12/04/16	3.1	283	5.0	7.6	141.5	32.8	12.0	7.4	0.026	0.22	4.6	82	0.03	0.01
12	El Bufalo G # 1 (Ubaldina)	7,147	12/04/16	3.6	286	5.0	7.6	143.0	34.4	12.6	7.2	0.028	0.26	4.7	86	0.03	0.01
13	El Desmonte G # 2 (Mirian)	7,148	12/04/16	4.6	288	5.5	7.6	144.0	36.0	13.1	6.5	0.024	0.46	5.2	90	0.04	0.03
14	El Bufalo G # 2 (Adalid)	7,149	12/04/16	3.4	274	5.0	7.6	137.0	35.2	12.8	6.6	0.026	0.12	5.6	88	0.03	0.02
15	Las Pilas T # 2	7,150	12/04/16	5.0	286	7.5	7.6	143.0	34.8	12.7	6.3	0.018	0.45	6.3	87	0.04	0.03
16	El Espino Llave # 1 (Aníbal)	7,151	12/04/16	2.1	284	5.0	7.8	142.0	31.2	11.4	5.4	0.016	0.11	6.4	78	0.02	0.02
17	Culan Llave # 2 (Deisy)	7,152	12/04/16	4.1	285	5.5	7.6	142.5	36.8	13.4	5.6	0.028	0.40	5.7	92	0.04	0.03
18	Las Tunas Llave # 1 (Alonso)	7,153	12/04/16	5.2	288	5.5	7.6	144.0	36.0	13.1	5.8	0.025	0.44	5.6	90	0.04	0.03
19	El Espino Llave # 2 (Aurora)	7,154	12/04/16	3.6	286	5.0	7.6	143.0	34.4	12.6	5.2	0.026	0.36	5.2	86	0.03	0.01
20	Microcuenca Higüero	7,155	12/04/16	2.8	289	5.0	7.8	144.5	35.2	12.8	5.3	0.027	0.26	6.3	88	0.02	0.01
21	El Espino Tanque # 1	7,156	12/04/16	3.6	287	5.0	7.6	143.5	33.6	12.3	5.7	0.032	0.22	4.4	84	0.03	0.01