

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA, USO DEL SUELO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ARIZONA, ATLÁNTIDA, HONDURAS.

POR:

LUIS ANTONIO BELTRÁN ALEMÁN

TESIS

PRESENTADA 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

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA, USO DEL SUELO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ARIZONA, ATLÁNTIDA, HONDURAS.

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE.

POR:

LUIS ANTONIO BELTRÁN ALEMÁN

ASESOR PRINCIPAL

JORGE ORBIN CARDONA HERNANDEZ, M.Sc.

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO 2016

DEDICATORIA

A **Dios** todo poderoso por brindarme el gran privilegio y la oportunidad de cumplir tan anhelado sueño de forjarme un futuro mejor, acompañándome a cada instante de mi vida dotándome de fuerzas y sabiduría en cada actividad que ejerzo en mi diario vivir.

A mis padres **Víctor Manuel Beltrán** y **Maria Cándida Alemán**, por su apoyo incondicional en todos los aspectos, de mi vida y los principios familiares que me inculcaron, que han sido cruciales para poder alcanzar el éxito en mi vida.

A mis hermanos y hermanas, **Efraín Beltrán, Rosa Dilia Beltrán, Ernestina Beltrán, Nery Beltrán, Miguel Beltrán e Isabel Beltrán** por ese gran ejemplo de gallardía por alanzar mejores condiciones de vida.

A mis **amigos** y **amigas** que estuvieron conmigo todo el tiempo y en el momento oportuno: **Nelson Arriaga, David Portillo, Adath Bertotty, Marisol Alfaro y Cindy Carballo.**

A mi compañero de lucha **Dixon Nohel Morales López** por ser un hermano, un amigo y un maestro en los procesos de liderazgo estudiantil que desempeñamos en conjunto.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento profundo a **DIOS** todo poderoso por regalarme la sabiduría, salud y sobre todo estar siempre conmigo a cada instante de mi vida brindándome su fortaleza para poder culminar con éxito mis estudios.

A mis padres **Víctor Manuel Beltrán** y **Maria Cándida Alemán** por todo el esfuerzo que han dado para que pueda hoy alcanzar mis metas.

A mis asesores el M.Sc. **Jorge Cardona** por su apoyo, paciencia y dedicación para la elaboración de esta investigación; el M. Sc. **Erlín Escoto**, Lic. **Alberto Iraheta** por el apoyo técnico y humano brindado para culminar este trabajo.

A la Dra. **Aracely Membreño** y todo el equipo del Centro de Estudios y Control de Contaminantes por su dedicación y desempeño prestado en el laboratorio para la realización de los análisis de las muestras de agua.

A las instituciones del municipio de Arizona: **Alcaldía municipal, Junta de Agua del proyecto nuevo**, por haberme brindado ese respaldo decidido en el proceso de la realización de esta investigación

A mi amada **Universidad Nacional de Agricultura** por genérame la mejor oportunidad de mi vida bajo el programa de inclusión social multicultural de poder formarme como profesional de ciencia y conciencia.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTADO DE CUADROS	ix
LISTADO DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Generalidades	3
3.1.1 Cuenca hidrográfica.....	4
3.1.2 Cuenca hidrológica	4
3.1.3 Microcuenca	5
3.2 Morfometría.....	5
3.2.1 Delimitación de la cuenca hidrográfica	5
3.2.2 Uso del suelo y su relación con la calidad del agua	6
3.2.3 La agricultura y su influencia en la calidad del agua	6
3.2.4 La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua.....	7
3.2.5 Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica	7
3.3 Calidad del agua	8
3.3.1 Los Sistemas de Información Geográfica en el manejo de los Recursos Naturales..	8
3.3.2 El uso de los Sistemas de Información Geográfica en la calidad del agua	9
3.4. El monitoreo de la calidad del agua.....	10
3.4.1 Indicadores físicos y químicos del agua	10
3.4. A Oxígeno disuelto.....	11

3.4. B Cloro residual libre	11
3.4. C Color verdadero	11
3.4. D Potencial de hidrógeno	11
3.4. E Temperatura	12
3.4. F Fosfato	12
3.4. G Nitratos	12
3.4. H Turbidez.....	13
3.4. I Sólidos totales disueltos	13
3.4. J Demanda Bioquímica de Oxígeno	14
3.4. L Indicadores microbiológicos del agua.....	14
3.4 M Coliformes totales	14
3.4. N Coliformes termotolerantes	15
3.5 Índice de calidad de agua ICA.....	15
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1 Materiales y equipos.....	18
4.2 Descripción del área de estudio.....	18
4.3 Metodología y Técnica utilizada en la investigación	19
4.3.1 Etapa 1: Características morfométricas de la microcuenca	19
4.3.2 Etapa 2: Análisis de la calidad del agua	20
4.3.4 Etapa 3: Índice de calidad del agua del río Arizona	22
4.3.5 Estimación del índice de calidad de agua “ICA”	23
4.3.6 Determinación de la calidad del agua de acuerdo a la norma técnica para la calidad del agua potable de Honduras	24
4.3.7 Cuadros de enfermedades relacionadas al consumo de agua	24
4.3.8 Correlación de los ICA de la NSF referente a los parámetros analizados en las muestras de la obra toma	25
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1. Delimitación de la microcuenca del río Arizona.....	26
5.1.1 Corroboración de la delimitación de la microcuenca río Arizona.....	27
5.2 Usos de suelo de la microcuenca río Arizona.....	28
5.3 Pendiente de la microcuenca río Arizona.....	30
5.4 Factor de forma de la microcuenca.....	31
5.5 Análisis de la calidad del agua	32
5.6 Parámetros bacteriológicos.....	33
5.7 Parámetros organolépticos.....	34

5.7.1 Color verdadero	34
5.7.2 Turbidez.....	35
5.8 Parámetros fisicoquímicos.....	36
5.8.1 Potencial de hidrógeno	36
5.8.2 Temperatura.....	37
5.8.3 Cloro residual	38
5.9 Desarrollo de la fórmula para determinar el (ICA) de la (NSF).....	39
5.9.1 Índices de la calidad de agua (ICA) por la (NSF)	39
5.10 Cuadros de enfermedades relacionadas al consumo de agua en el casco urbano del municipio de Arizona	43
5.10.1 Correlación de los resultados del ICA de la NSF con los nueve parámetros analizados	44
VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	48
VIII. BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la microcuenca del municipio río Arizona, Atlántida.....	19
Figura 2. Fórmula para calcular el índice de calidad de agua (ICA).....	22
Figura 3 Delimitación de la microcuenca del río Arizona	26
Figura 4. Corroboración de la delimitación de la microcuenca río Arizona.	27
Figura 5. Usos de suelo de la microcuenca río Arizona.	28
Figura 6. Mapa usos de suelo de la microcuenca.	29
Figura 7 Pendiente en porcentaje de la microcuenca río Arizona.	30
Figura 8. Sitios de muestreo en el casco urbano del proyecto “nuevo” del municipio de Arizona, Atlántida	32
Figura 9. Resultados de los coliformes termotolerantes en los sitios de muestreo tanque de almacenamiento, grifo 1, grifo 2 y grifo 3.	34
Figura 10. Color verdadero obtenido en mg pt-Co/L en los análisis realizados en los tres periodos de muestreo.	35
Figura 11. Turbidez en UNT obtenida en los análisis durante los tres muestreos	36
Figura 12. Datos del pH obtenido en las tres jornadas de muestreos.	37
Figura 13. Rangos de temperatura presentados en los tres muestreos	38
Figura 14. Cuadro de enfermedades del casco urbano del municipio de Arizona	44
Figura 15. Correlación de los ICA de la NSF con los nueve parámetros estudiados.....	45

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Usos del agua según el (ICA de la NSF).....	17
Cuadro 2. Análisis del índice de calidad de agua a través del ICA de la (NSF).....	21
Cuadro 3. Análisis en el tanque de almacenamiento según la (normativa técnica para la calidad de agua potable de Honduras).....	21
Cuadro 4. Análisis en los tres grifos de muestreo según la (normativa técnica para la calidad de agua potable de Honduras).	22
Cuadro 5. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”	23
Cuadro 6. Rangos de calidad del agua según el (ICA de la NSF).....	24
Cuadro 7. Usos de suelo de la microcuenca.....	28
Cuadro 8. Caudal en l/s durante los tres muestreos de la investigación.	33
Cuadro 9. Índice de la calidad de agua en el primer muestreo de la obra toma río Arizona.	40
Cuadro 10. Índice de la calidad de agua en el segundo muestreo de la obra toma río Arizona	41
Cuadro 11. Índice de la calidad de agua en el tercer muestreo de la obra toma río Arizona	42

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Protocolo para la toma de muestras para el análisis de agua según CESCOO.....	56
Anexo 2. Coordenadas de la delimitación de la microcuenca del río Arizona	59
Anexo 3. Examen de la calidad del agua de CESCOO	60
Anexo 4. Cuadros de enfermedades presentadas en el casco urbano de Arizona	61
Anexo 5. Curvas de valoración del ICA de la NSF.....	62
Anexo 6. Obra toma del proyecto “nuevo” abastecedor de agua del municipio de Arizona	64
Anexo 7. Delimitación de la microcuenca del río Arizona.	65
Anexo 8. Uso de suelo de la microcuenca del río Arizona.	66
Anexo 9. Toma de muestra de agua en la obra toma.	67
Anexo 10. Vía de acceso a la comunidad de Zanzíbar.....	68

RESUMEN

BELTRÁN, L. 2016. Caracterización morfométrica, uso del suelo y análisis de la calidad del agua en la microcuenca del río Arizona, Atlántida, Honduras. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho Honduras. 79 Pág.

Palabras clave: Morfometría, Uso del suelo, ICA, Coliformes Termotolerantes, SIG.

Esta investigación se realizó en la micruenca del río Arizona, misma que abastece al casco urbano del municipio de Arizona, este estudio se efectuó en los meses de Noviembre del año 2015 a Febrero del 2016, con el fin de conocer las características morfométricas, uso del suelo y determinar la calidad del agua brindada a la población. La metodología implementada consistió en realizar recorridos por la zona para obtener información sobre la delimitación, mapas de usos de suelo y pendiente de la microcuenca, utilizando herramientas del sistema de información geográfica (SIG), posteriormente se determinaron asignar los sitios de muestreo para las tres jornadas durante tres meses siendo los siguientes: obra toma, tanque de almacenamiento y tres grifos del casco urbano del municipio de Arizona, los análisis de la calidad del agua se realizaron en el laboratorio del CESCO los análisis de la obra toma fueron evaluados y analizados por el ICA de la NSF con un análisis estadístico multivariado de métodos de componentes principales, el resto de análisis se desarrollaron en comparaciones de acuerdo a los valores admisibles de la Norma Técnica Para la Calidad de Agua Potable de Honduras. Con los resultados obtenidos se correlacionaron con los cuadros de enfermedades presentadas en casco urbano de Arizona que tienen relación directa al consumo del agua, analizando tres: parasitismo intestinal, enfermedades en la piel y la diarrea, así poder relacionar la incidencia de la calidad de agua con la salud de la población que la consume.

I. INTRODUCCIÓN

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 forma parte de todos los procesos naturales de la existencia en el planeta tierra, por lo cual tiene un impacto muy significativo en todos los aspectos de la vida. Esto se debe a que cada organismo que habita este planeta depende del agua, esta se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de la historia. Pero también el agua es un recurso limitado, muy vulnerable y escaso en los últimos años, el sobre uso del suelo en las microcuencas incide directamente en la salud de los ecosistemas por ende influye directamente en la calidad del agua. 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.

Con la problemática antes mencionada se decidió realizar esta investigación con respecto a las características morfométricas, uso del suelo y análisis de la calidad del agua de la microcuenca del río Arizona, con el fin de lograr conocer la realidad sobre la calidad de agua que está recibiendo la población que es beneficiaria del proyecto “nuevo” abastecedor de agua a la zona Sur-este y Sur-oeste del municipio de Arizona y los posibles factores que influyen en la calidad de la misma.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar las características morfométricas, uso del suelo y la calidad del agua mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos en la microcuenca del río Arizona, Atlántida Honduras.

2.2 Específicos

Determinar las características morfométricas y uso de suelo de la microcuenca del río Arizona.

Analizar la calidad del agua en diferentes sitios del proyecto “**nuevo**” abastecedor del casco urbano del municipio de Arizona.

Conocer los cuadros de enfermedades relacionadas al consumo de agua en el casco urbano del municipio de Arizona.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades

Los recursos hídricos se encuentran en peligro, los más importantes y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los que les corresponde cuidarlos y utilizarlos. (Reynolds 2002).

Según la CEPAL (2002) cerca de una tercera parte de la población del planeta vive en países que sufren una escasez de agua alta o moderada. Unos 80 países, que representan el 40% de la población mundial, sufrían una grave escasez de agua a mediados del decenio de los noventas, y se calcula que en menos de 25 años las dos terceras partes de la población mundial estarán viviendo en países con escasez de agua. Se prevé que para el año 2020, el aprovechamiento de agua aumentará en un 40%, y que aumentará un 17% adicional para la producción alimentaria, a fin de satisfacer las necesidades de una población en crecimiento.

Según OPS (1993) Honduras tiene abundantes recursos hídricos. Existen dos sistemas fluviales que drenan desde las montañas centrales hasta el Mar Caribe y otras hacia el Océano Pacífico. A pesar de contar con estos recursos persisten los problemas relacionados a la cobertura y eficiencia de la calidad de los abastecimientos de agua y servicios de salud, su desenfadada contaminación, el agotamiento de las fuentes subterráneas, el deterioro de las aguas dulces se ha convertido en un problema serio, ya que aproximadamente solo el 30% de la población consume agua con los estándares establecidos por la Organización Panamericana de la Salud.

3.1.1 Cuenca hidrográfica

De acuerdo a Gutiérrez (2009) una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua; también se define como la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca “divisoras de aguas” se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. La cuenca la conforma componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora y fauna) y antropogénicos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema.

Según World Visión (2004) en la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales, allí el hombre desarrolla sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y desfavorables para su propio bienestar. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica.

3.1.2 Cuenca hidrológica

Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas constituidas por la cuenca hidrográfica y las aguas subterráneas. Cuando el relieve y fisiografía, tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo superficial para alimentar a otra cuenca hidrográfica. A esta configuración se le denomina “**cuenca hidrológica**”, la cual adquiere importancia cuando se tenga que realizar el balance hidrológico. Es muy importante conocer esta característica interna de la cuenca, porque en algunos casos se realiza el balance hidrológico sin considerar los aportes o fugas de una cuenca vecina a otra (World Visión 2004).

3.1.3 Microcuenca

El concepto de la microcuenca es considerado desde un principio como un ámbito de organización social, económica y operativa, además de la perspectiva territorial e hidrológica tradicionalmente considerada asimismo, es en la microcuenca donde ocurren interacciones indivisibles entre los aspectos económicos (bienes y servicios producidos en su área), sociales (patrones de comportamiento de los usuarios directos e indirectos de los recursos de la cuenca) y ambientales (Villanueva *et al.* 2003).

3.2 Morfometría

Según Jiménez (2009) la caracterización morfométrica es un inventario detallado de los recursos y las condiciones biofísicas, socioeconómicas y ambientales de la cuenca y sus interrelaciones. La caracterización está dirigida fundamentalmente a cuantificar las variables que tipifican a la cuenca con el fin de establecer la vocación, posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales con el ambiente, y las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan.

3.2.1 Delimitación de la cuenca hidrográfica

Consiste en definir la línea de *divortium aquarum*, que es una línea curva cerrada que parte y llega al punto de captación o salida mediante la unión de todos los puntos altos e interceptando en forma perpendicular a todas las curvas de altitudes del plano o carta topográfica, por cuya razón a dicha línea divisoria también se le conoce con el nombre de línea neutra de flujo. La longitud de la línea divisoria es el perímetro de la cuenca y la superficie que encierra dicha curva es el área proyectada de la cuenca sobre un plano horizontal (Faustino 2006).

3.2.2 Uso del suelo y su relación con la calidad del agua

Según Ongley (1997) la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos proveniente de agroquímicos. Esto justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a escala mundial.

IDEAM (2008) argumenta que el uso del suelo puede definirse como la localización geográfica y cuantificación de áreas con características físicas, biológicas y socioeconómicas propias, que la distinguen de otras áreas, su uso potencial sostenido y las necesidades de conservación para otros fines. Este concepto proporciona la información necesaria y provee las opciones disponibles para el desarrollo de políticas de ordenamiento territorial ambiental, en el contexto socioeconómico de cada región. Pero Sinhg (1989) aduce que el 80% del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua.

3.2.3 La agricultura y su influencia en la calidad del agua

La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química (FAO 1993).

En la mayor parte de los países latinoamericanos los problemas más sentidos se dan por la contaminación de fuentes no puntuales, caso de la agricultura, por el uso de agroquímicos, siendo estos residuos arrastrados por las lluvias a las fuentes hídricas (Wagner 2000).

3.2.4 La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua

La ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más comunes, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobrepastoreo, es un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico (Brooks *et al.* 1991).

Estudios realizados por Sandía *et al.* (1999) estiman que la agricultura constituye una de las actividades económicas más difundidas en el mundo, particularmente en las áreas rurales. Sin embargo el impacto de esta sobre el recurso hídrico reviste especial importancia. Ongley (1997) indica que la agricultura, a nivel mundial, utiliza el 70% de todos los suministros hídricos superficiales, lo cual representa el principal factor de degradación de estos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química. Por ejemplo, en la mayor parte de los Estados Unidos, la principal fuente de contaminación no puntual es la agricultura, específicamente por el amplio uso de fertilizantes, aplicación de estiércol de ganado, pesticidas y residuos de forrajes que son arrastrados por las lluvias hasta los cuerpos de agua.

Vidal *et.al* (2000) sostiene que el sobrepastoreo afecta la densidad del suelo, de tal forma que al ocurrir una lluvia o aplicar riego, la capacidad de infiltración, percolación del suelo es superada fácilmente, provocando el arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Se ha estimado que áreas ganaderas con terrenos de 1% de pendiente, es suficiente que ocho toneladas de peso seco por hectárea de estiércol sobre el terreno, para enriquecer las aguas superficiales con nitrógeno y fósforo, por su facilidad a ser transportados. Generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua.

3.2.5 Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica

Según Faustino (2001) una cuenca hidrográfica es una unidad de análisis y planificación para darle el enfoque integrado al estudio del recurso hídrico superficial y subterráneo. Es el

territorio o espacio de terreno limitado por cerros, partes elevadas y montañas, de los cuales se configura una red de drenaje superficial, que en presencia de precipitación de lluvias, forma el escurrimiento de un río para conducir sus aguas a un río más grande o a otro río principal, lago o mar.

En una cuenca hidrográfica se da el deterioro de los suelos, bosques y agua, daño a las aguas superficiales, los cuales se reflejan como una respuesta inmediata de la cuenca a las alteraciones en la ocurrencia temporal del flujo y el deterioro de la calidad de las aguas de ríos. Los recursos naturales de una cuenca (agua, suelo, biodiversidad) son renovables si se pueden reemplazarse por la vía natural o mediante la intervención humana. Por el contrario, son no renovables cuando no se les puede reemplazar en un periodo de tiempo significativo en términos de las actividades humanas a que están sometidos (Ramakrishna 1997).

3.3 Calidad del agua

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le han brindado menos atención. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las siete necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza 1976).

3.3.1 Los Sistemas de Información Geográfica en el manejo de los Recursos Naturales

El aumento de la actividad humana ha provocado importantes alteraciones e impactos en el medio ambiente una creciente necesidad de presentar soluciones y estrategias viene fortaleciéndose cada vez más, que conlleve a revertir los efectos de la degradación ambiental, y del agotamiento de los recursos naturales. Es necesario no disociar más el ambiente urbano

del ambiente natural, ver la ciudad o cuenca como un sistema ecológico, que posee fragilidades y que también es vulnerable, dado que depende de otros sistemas para mantenerse. Los sistemas de información geográfica son, probablemente, entre las herramientas de soporte, que más se adecua a este enfoque sistémico de gestión de recursos naturales, dadas sus características de integración y manipulación de grandes cantidades de datos espaciales y alfanuméricos (Vieira 2002).

Según Moreira (1996) los sistemas de información geográfica (SIG) permiten comprender de manera más clara los procesos y las fluctuaciones en el tiempo y espacio de cualquier evento que se presente, de manera que permita una gestión y toma de decisiones que afecten los recursos naturales. Además que permite la evaluación del impacto ambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos, permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y medidas del caso. De la cualidad de los SIG de manejar información geográfica surge su potencial para apoyar los estudios de conservación de la biodiversidad, ya que integran la localización y distribución en el espacio. Independientemente de los criterios de definición de diversidad biológica, ya sea del contexto local, paisajístico o ecosistémico.

3.3.2 El uso de los Sistemas de Información Geográfica en la calidad del agua

Según Tim *et al.* (1994) un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema de base de datos de entrada, manejo y presentación de los mismos, diseñada para manipular grandes volúmenes de información espacial y no espacial georreferenciada, provenientes de una amplia variedad de fuentes. A diferencia de Misiti *et al.* (2002) argumenta que los SIG en los últimos años se han venido utilizando como una herramienta que contribuye en la toma de mejores decisiones al tiempo de brindar soluciones de corto plazo a través de diseño de estrategias para proteger la calidad de los cuerpos de agua. En el caso específico del agua, el uso de los SIG, cada vez se hace más frecuente para evaluar la tendencia de la calidad del agua, así como el seguimiento y monitoreo de impactos de los variados usos del suelo sobre la calidad del agua en una cuenca, especialmente la contaminación por fuentes puntuales (

Misiti *et al.* 2002). Barcellos (2001) justifica que el SIG es una herramienta útil en la planeación de acciones de saneamiento y vigilancia de la salud pública e identificar grupos poblacionales vulnerables al impacto de la calidad del agua. Por otra parte, esta herramienta tecnológica permite obtener datos de satélites para ingresarlos a modelos calibrados y validados que simulan diversos procesos y/o escenarios relacionados al manejo de los recursos hídricos (Vásquez *et al.* 2000) por su parte Sáenz *et al.* (1997) argumentan que el uso de SIG es útil en la planificación del uso del suelo y además, ayuda a utilizar de mejor forma los recursos financieros al ser capaz de identificar áreas críticas de manejo en los recursos naturales.

3.4. El monitoreo de la calidad del agua

Muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-químicos y microbiológicos 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 (Gutiérrez 2009).

3.4.1 Indicadores físicos y químicos del agua

Los parámetros químicos son más relacionados con los agroquímicos, metales pesados y desechos tóxicos. Este tipo de contaminación fisicoquímica es el más usual en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales. Relacionado por la dinámica del flujo de agua, los contaminantes son más persistentes y menos móviles en el agua subterránea, como es el caso de la contaminación con nitratos por su movilidad y estabilidad, por la presencia de asentamientos urbanos o actividades agrícolas aledañas (Canter 2000).

3.4. A Oxígeno disuelto

Mitchell *et al.* (1991) 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.

3.4. B Cloro residual libre

Según la OMS (1993) el cloro libre en el agua de consumo humano se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH. El cloro residual combinado es el resultado de la combinación del cloro con el amonio (cloraminas), y su poder desinfectante es menor que el libre. La suma de los dos constituye el cloro residual total.

3.4. C Color verdadero

Ojeda (2012) argumenta que es la presencia de sustancias orgánicas, iones metálicos como hierro y magnesio, plancton y hierba, pueden ser el resultado de apariencias de color en el agua.

3.4. D Potencial de hidrógeno

Es un término empleado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Origina cambios en la flora y fauna de los cuerpos de agua y posee influencia sobre la toxicidad de compuestos como: amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, entre otros. (Ramírez 2011) Según Mitchell *et al.* (1991) 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.

3.4. E Temperatura

Este parámetro tiene influencia en el desarrollo de la fauna y la flora presentes en las corrientes de agua, especialmente cuando existen variaciones; puesto que eleva el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua y provoca la disminución del oxígeno disuelto (Ramírez 2011).

3.4. F Fosfato

Mitchell *et al.* (1991) 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.

3.4. G Nitratos

De acuerdo a Mitchell *et al.* (1991) 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.

3.4. H Turbidez

Es la capacidad que presenta el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz, interviniendo en la fotosíntesis de los ecosistemas acuáticos de los ríos. Se expresa en unidades de turbiedad sabiendo que una unidad de éstas corresponde al agregar 1 mg de SiO_2 a un litro de agua destilada. Requiere de una medición rápida, económica y de fácil interpretación. La turbiedad posee un origen inorgánico debido a la erosión de la cuenca del río, la cual aporta sedimentos en los cauces; o presenta un origen orgánico cuando es contribuida por las actividades antrópicas (Ramírez 2011).

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.

3.4. I Sólidos totales disueltos

Según Malina (1996) 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).

Son todos aquellos materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración. Este parámetro resultó dentro de los rangos normales en las seis muestras tomadas; puede denotar presencia de minerales (Mejía 2005).

3.4. J Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es un parámetro muy significativo cuando se trata de determinar la carga contaminante que generan los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargados en los ríos, en los que persisten condiciones aeróbicas (Ramírez 2011).

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.

3.4. L Indicadores microbiológicos del agua

Este tipo de contaminación se relaciona con la presencia de microorganismos patógenos de heces humanas y animales. Es común encontrárselo en los recursos hídricos superficiales, debido a su exposición. Es importante conocer el tipo, número y 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 1993).

3.4 M 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).

3.4. N 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.

3.5 Índice de calidad de agua ICA

El agua con un ICA mayor de 90 son capaces de tener una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería seguro para todas las formas de contacto directo con ella, ya que se encuentra en una forma muy similar o totalmente pura a como se encuentra en la naturaleza, sin ningún agente contaminante que la altere y no requiere de tratamiento.

El agua en un rango de 71 a 90 se considera como buena, aunque para su consumo requeriría una purificación menor, para cultivos que requieren de alta calidad de agua de riego, necesitaría de un tratamiento menor ya que se encuentra algún agente contaminante y por lo tanto es menor su calidad.

En el rango 51 a 70 se encuentra el agua regular, tiene generalmente menor diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas, es dudosa la pesca sin riegos a la salud. Es un agua contaminada por diversos agentes, para consumo humano necesita de tratamiento potabilizador aunque es utilizable en la mayoría de los cultivos.

Se encuentra en la categoría de mala, el agua en el rango de 26 a 50. Es inaceptable para su consumo y requiere de tratamiento, en el uso en agricultura se requiere de tratamiento o solo en cultivos muy resistentes. Ya se presenta una problemática con la contaminación.

El agua con un ICA de 0 a 25 se considera como pésima, es inaceptable para cualquier clase de contacto, ya sea consumo, actividades industriales y recreativas, o riego. Es una problemática de contaminación (**cuadro 1**).

Cuadro 1. Usos del agua según el (ICA de la NSF)

ICA	USOS				
	AGUA POTABLE	AGRÍCOLA	PESCA Y VIDA ACUÁTICA	INDUSTRIAL	RECREATIVO
91-100	No requiere purificación para consumo	No requiere purificación para riego	Pesca y vida acuática abundante	No se requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático
71-90	Purificación menor requerida	Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua	Pesca y vida acuática abundante	Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación	Cualquier tipo de deporte acuático
51-70	Tratamiento potabilizador necesario	Utilizable en mayoría de cultivos	Límite para peces muy sensitivos y dudosa la pesca sin riesgos de salud.	No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias
26-50	Inaceptable para consumo	Uso solo en cultivos muy resistentes o tratamiento necesario para la mayoría de los cultivos	Vida acuática limitada a especies muy resistentes e inaceptable para actividad pesquera	Tratamiento para mayoría de usos	Dudosa para contacto con el agua. Evitar contacto
0-25	Inaceptable para consumo	Inaceptable para riego	Inaceptable para vida acuática	Inaceptable para cualquier industria	Contaminación visible, evitar cercanía. Inaceptable para recreación

Fuente: Fernández y Solano, 2005

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales y equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación son los siguientes: computadora, GPS, hielera, pH-metro, termómetro, frascos winkler, comparador de niveles de cloro, vehículo, frascos esterilizados, frascos no esterilizados, Kits para monitoreo de agua en campo como ser indicador de pH, temperatura, coliformes termotolerantes y nitratos, flotador para aforo (botella plástica), cinta métrica, cronómetro, libreta de campo, cámara y datashow.

4.2 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la microcuenca del río Arizona que es donde se estableció el proyecto “nuevo” abastecedor de agua del casco urbano del municipio de Arizona, departamento de Atlántida. El municipio de Arizona tiene una extensión territorial de 553.1 Km² y está ubicado en la llanura costera del caribe a 30 km de la ciudad de Tela. Sus límites: al Norte: Mar Caribe, Sur: Municipio de Yoro, Este: Municipio de Esparta y al Oeste: Municipio de Tela. (**figura 1**).

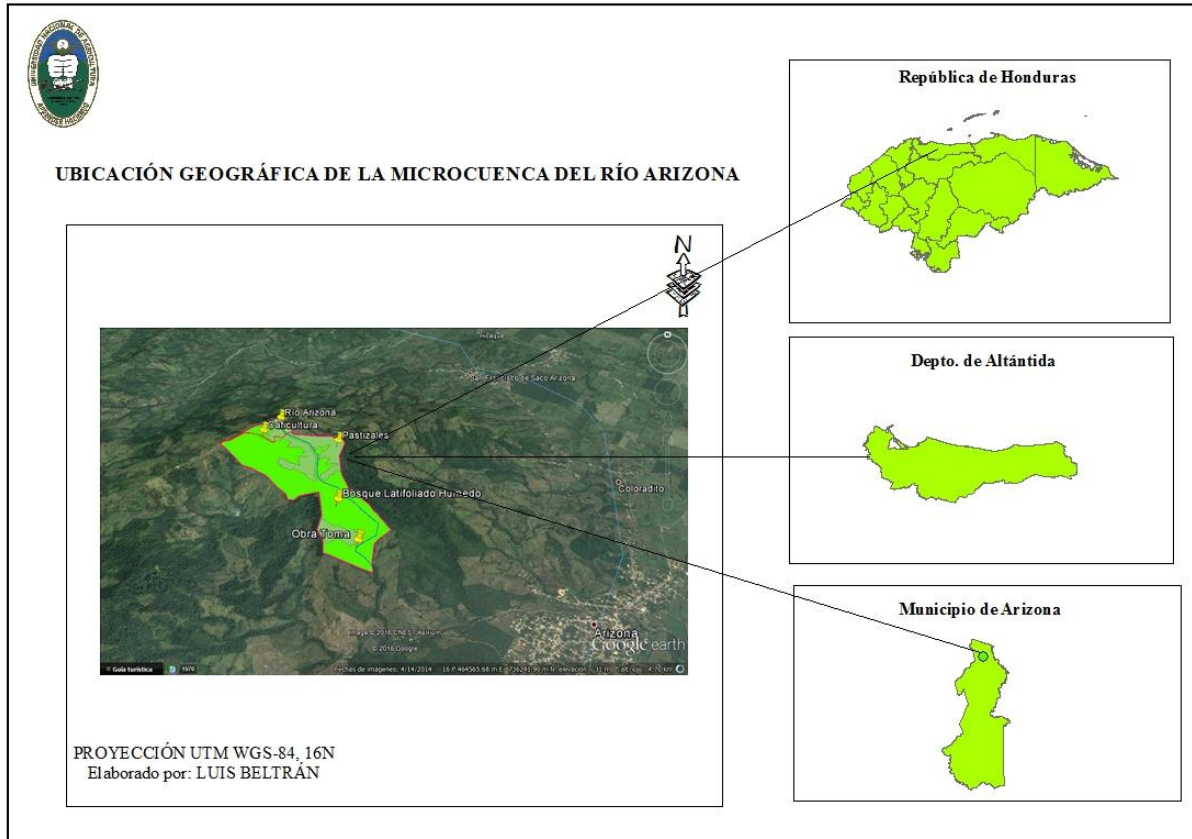


Figura 1. Ubicación de la microcuenca del municipio río Arizona, Atlántida.

4.3 Metodología y Técnica utilizada en la investigación

4.3.1 Etapa 1: Características morfométricas de la microcuenca

Esta etapa se realizó en campo, se levantó la información con Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), utilizando las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los datos que se recopilaron en esta primera etapa fueron procesados a través de un software de los SIG, el cual proporcionó resultados como: delimitación de la microcuenca, usos de suelo, pendiente, red hídrica y el factor de forma se determinó de acuerdo a la fórmula propuesta por (Horton 1945).

4.3.2 Etapa 2: Análisis de la calidad del agua

En esta etapa se realizó un análisis situacional de las condiciones de la microcuenca utilizando la información recopilada en la primera fase.

Las jornadas de muestreos se efectuaron cada mes, durante un periodo de tres meses, muestreando siempre los mismos sitios y analizando los mismos parámetros de acuerdo a los **(Cuadro 1, 2 y 3)**.

Los puntos de muestreo se determinaron de acuerdo a la ubicación del área de estudio quedando establecidos de la siguiente manera: punto número uno en la obra toma del proyecto, punto número dos en el tanque de almacenamiento, el tercero, cuarto y quinto punto se ejecutaron en tres grifos distribuidos en la zona Sur-este y Sur-oeste del casco urbano en el municipio de Arizona, primer grifo en el inicio de la red de distribución, segundo grifo en la zona intermedia y el último grifo en la parte final de la red de distribución del proyecto. Se realizaron las mediciones de caudales para la obra toma con el método del flotador, para los tres grifos con un recipiente con un volumen conocido. Durante las tres jornadas de muestreo en los puntos seleccionados en el proyecto **“nuevo”**

La toma de las muestras se llevó a cabo de acuerdo al protocolo establecido por el Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) **(anexo 1)** los análisis fisicoquímicos, microbiológicos para las muestras tomadas en la obra toma se estudiaron de acuerdo a los parámetros establecidos por índice de calidad de agua (ICA) de la National Sanitation Foundation **(NSF)**, con respecto a las muestras recolectadas en el tanque y grifos se usaron los parámetros recomendados por la normativa de calidad de agua potable en Honduras. Las muestras se procesaron en el laboratorio del Centro de Estudios y Control de Contaminantes **(CESCCO)** **(anexo 2)** la movilidad de las muestras se efectuó 12 horas después que fueron tomadas se conservaron en una hielera a 4°C hasta ser entregadas a los laboratorios en **(CESCCO)**.

La medición de temperatura de los distintos sitios de muestreos se realizaron en campo con un termómetro graduado del laboratorio del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), la medición del pH y el cloro residual también se realizó en campo con la ayuda de un pH-metro/colorímetro de medición indicadora, regida bajo la metodología utilizada por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

Cuadro 2. Análisis del índice de calidad de agua a través del ICA de la (NSF).

Sitio de muestreo Obra toma del proyecto “nuevo”					
Nº	Análisis	primer muestreo	segundo muestreo	tercer muestreo	jornadas de muestreos
1	Coliformes Termotolerantes	X	X	X	3
2	Concentración de iones hidrógeno pH	X	X	X	3
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno	X	X	X	3
4	Nitratos	X	X	X	3
5	Fosforo total	X	X	X	3
6	Turbidez	X	X	X	3
7	Sólidos disueltos totales	X	X	X	3
8	Oxígeno disuelto	X	X	X	3

Cuadro 3. Análisis en el tanque de almacenamiento según la (normativa técnica para la calidad de agua potable de Honduras).

Sitio de muestreo Tanque de almacenamiento del proyecto “nuevo”					
Nº	Análisis	primer muestreo	segundo muestreo	tercer muestreo	jornadas de muestreos
1	Coliformes Termotolerantes	X	X	X	3
2	Concentración de iones hidrógeno pH	X	X	X	3
3	Cloro residual libre	X	X	X	3
4	Color verdadero	X	X	X	3
5	Turbidez	X	X	X	3

Cuadro 4. Análisis en los tres grifos de muestreo según la (normativa técnica para la calidad de agua potable de Honduras).

Sitio de muestreo					
Tres grifos en la zona Sur-oeste y Sur-este del municipio de Arizona					
N°	Análisis	primer muestreo	segundo muestreo	tercer muestreo	Jornadas de muestreo
1	Coliformes Termotolerantes	X	X	X	3
2	Concentración de iones hidrógeno pH	X	X	X	3
3	Cloro residual libre	X	X	X	3
4	Color verdadero	X	X	X	3
5	Turbidez	X	X	X	3

4.3.4 Etapa 3: Índice de calidad del agua del río Arizona

Con la obtención de los resultados de los análisis de agua de la obra toma se logró determinar el índice de calidad del agua (ICA), se utilizaron todos los parámetros para poder calcular (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF), de esta forma se obtuvo la información sobre la calidad del agua que entra a red de distribución del proyecto, la fórmula utilizada para calcular el índice de la calidad de agua se presenta a continuación, siendo desarrollada por (Brown *et.al* 1970). Siendo una sumatoria de productos entre el eje “X” y “Y” la cual se realizó mediante la ponderación de los resultados de los análisis del laboratorio a través de las curvas de valoración de la calidad de agua de acuerdo a cada parámetro.

$$ICA = \sum_{i=1}^n qi * wi$$

Figura 2. Fórmula para calcular el índice de calidad de agua (ICA)

Donde:

n = Parámetros

w_i = Pesos relativos asignado a cada parámetro

q_i = Subíndice del parámetro i

Finalmente el valor obtenido de la función ponderada multiplicativa se interpreta mediante la clasificación del ICA propuesta por Brown

Cuadro 5. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

N°	Sub_i	w_i
1	Coliformes Termotolerantes	0.15
2	pH	0.12
3	DBO	0.1
4	Nitratos	0.1
5	Fosfatos	0.1
6	Temperatura	0.1
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos Disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

4.3.5 Estimación del índice de calidad de agua “ICA”

El “ICA” 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 en “General”.

Cuadro 6. Rangos de calidad del agua según el (ICA de la NSF).

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente	Blue	91 a 100
Buena	Green	71 a 90
Regular	Yellow	51 a 70
Mala	Orange	26 a 50
Pésima	Grey	0 a 25

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

4.3.6 Determinación de la calidad del agua de acuerdo a la norma técnica para la calidad del agua potable de Honduras

Con los muestreos que se tomaron en el taque de almacenamiento y los tres grifos se utilizó la norma técnica para la calidad del agua potable de Honduras, Con este método se busca conocer la calidad del agua que se brinda a la comunidad antes y después de ser clorada en el tanque de almacenamiento, con los resultados obtenidos se determinaron que parámetros influyen más sobre en la calidad del agua y su relación con las actividades antrópicas que se realizan en la microcuenca.

4.3.7 Cuadros de enfermedades relacionadas al consumo de agua

Con los cuadros de enfermedades presentadas en el casco urbano del municipio de Arizona relacionadas al consumo de agua se analizaron de acuerdo al mes en que se presentó la mayor incidencia de cada una de las enfermedades y así conocer la relación existente entre la época y las actividades antropogénicas realizadas en la microcuenca y su impacto en la salud de las personas.

4.3.8 Correlación de los ICA de la NSF referente a los parámetros analizados en las muestras de la obra toma

Se analizaron los resultados de las muestras de los nueve parámetros estudiados en la obra toma del río Arizona, a través del método estadístico multivariado de componentes principales, con este análisis se logró determinar la incidencia de cada parámetro respecto a los índices de calidad de agua (ICA) obtenidos en cada muestreo y se conoció la varianza de cada parámetro en relación al momento de la toma de muestra.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Delimitación de la microcuenca del río Arizona

La microcuenca del río Arizona, cuenta con una extensión territorial de 216 hectáreas, limita, al Norte con la comunidad de Zanzíbar, al Sur con las propiedades de Pedro Pineda y Ovidio Guardado, al Este con el proyecto “viejo” abastecedor de agua al municipio de Arizona y al Oeste con las propiedades de Francisco Chavarría.

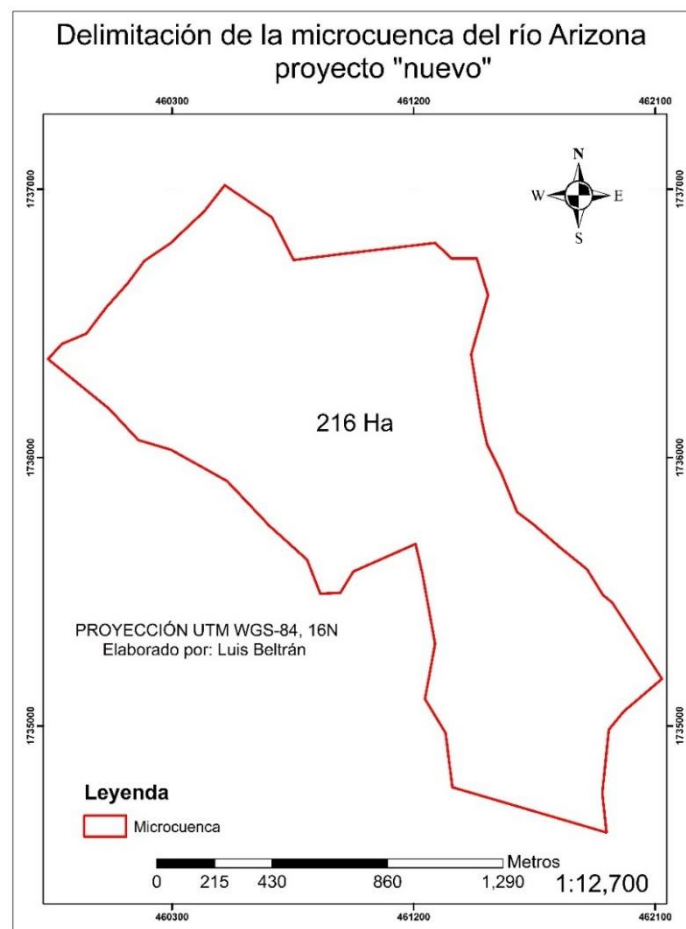


Figura 3. Delimitación de la microcuenca del río Arizona

5.1.1 Corroboración de la delimitación de la microcuenca río Arizona

De acuerdo al trabajo realizado en campo, la delimitación de la microcuenca del río Arizona presentada por el Instituto de Conservación Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) a través del geoportal, en la capa de microcuencas declaradas de Honduras, no concuerda en su totalidad con las coordenadas encontradas durante la investigación de la microcuenca del río Arizona donde se encuentra el proyecto “nuevo” abastecedor de agua al casco urbano del municipio de Arizona como lo presenta la (figura 4.) la comparación de las coordenadas se puede apreciar en el (anexo 2).

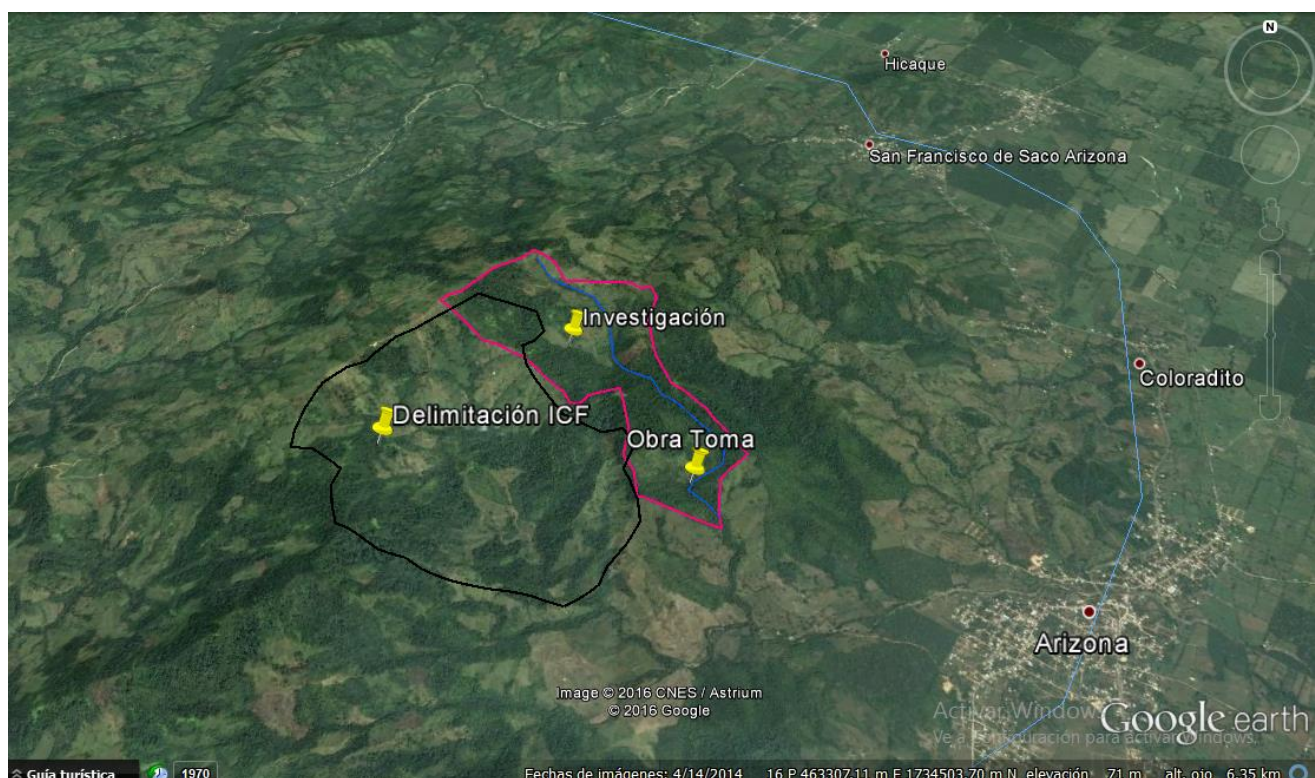


Figura 4. Corroboración de la delimitación de la microcuenca río Arizona.

5.2 Usos de suelo de la microcuenca río Arizona

La delimitación realizada, en la microcuenca del río Arizona, la cual cuenta con un área total de 216 hectáreas, de las cuales 155 hectáreas, son bosque latifoliado y representan el 71% perteneciente a la comunidad de Arizona y 60 hectáreas simbolizan el 24% las cuales son pastizales y 1 hectárea representa el 2% es caficultura siendo estas propiedades de origen privadas.

Cuadro 7. Usos de suelo de la microcuenca.

Tipos de usos de suelo	Área/Ha
Bosque	155
Pastizal	60
Caficultura	1
Área total de la microcuenca	216

La microcuenca del río Arizona cuenta con tres usos de suelo como se puede apreciar en la (figura 5.) como ser: bosque latifoliado húmedo presentando la mayor significancia con un porcentaje de 71%, los pastizales reflejaron 27% y la caficultura es la que tiene menor significancia respecto al uso del suelo con un 2% del área total de la microcuenca.

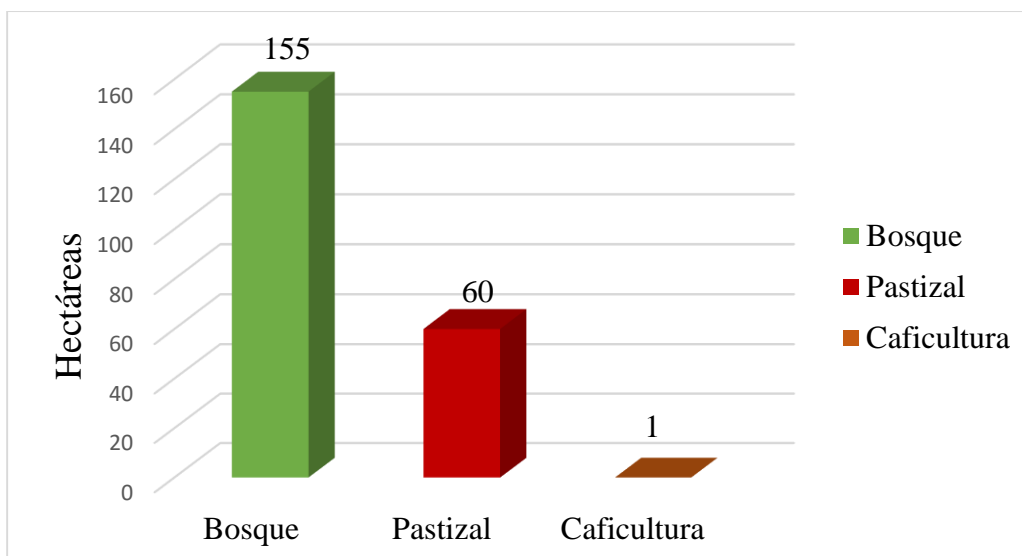


Figura 5. Usos de suelo de la microcuenca río Arizona.

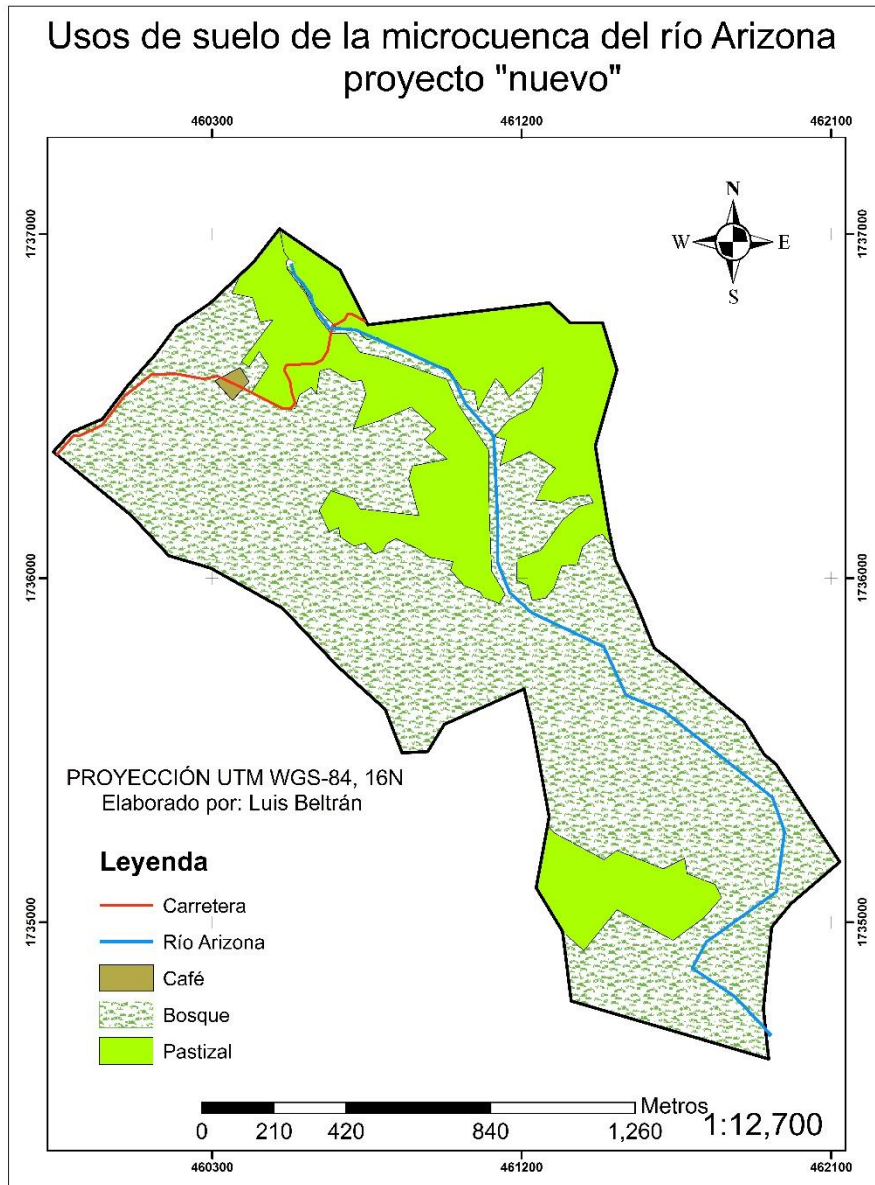


Figura 6. Mapa usos de suelo de la microcuenca.

De acuerdo a la herramienta de información geográfica que se utilizó en la investigación se determinó clasificar el porcentaje de la pendiente en cinco clases (**figura 7.**) con el fin de poder obtener datos con mayor precisión y así lograr desarrollar un análisis más acertado de la realidad de las condiciones actuales de la microcuenca.

5.3 Pendiente de la microcuenca río Arizona

La pendiente media de la microcuenca del río Arizona es de 30.44% según el decreto 98-2007; art 123 de la protección de fuentes y cursos de agua de Honduras. En los ríos y quebradas permanentes se establecerán fajas de ciento cincuenta metros (150 m), medidos en proyección horizontal a partir de la línea de ribera, si la pendiente de la microcuenca es igual o superior a treinta por ciento (30%); y de cincuenta metros (50m) si la pendiente es inferior de treinta por ciento (30%) (**figura 7.**)

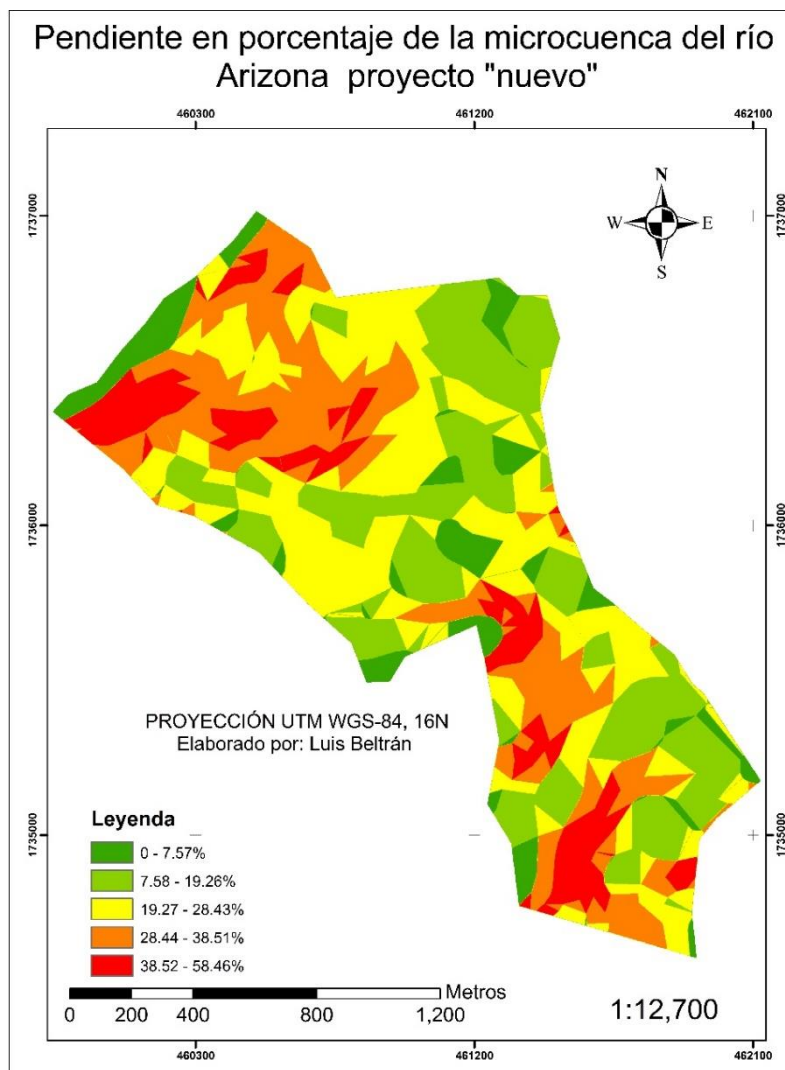


Figura 7. Pendiente en porcentaje de la microcuenca río Arizona.

5.4 Factor de forma de la microcuenca

En la caracterización morfométrica de la microcuenca, se llevó a cabo la determinación de la forma de la microcuenca, con el objetivo de conocer sus ventajas y sus desventajas relacionadas a su estructura orográfica se utilizó la siguiente fórmula de (Horton 1945).

$$R_f = \frac{A}{L_b^2}$$

Donde **Rf**= Factor de forma, **A**= Área de la microcuenca y **Lb**= Longitud de la microcuenca, medida desde la salida hasta el límite de la microcuenca, cerca de la cabecera del cauce más largo siguiendo una línea recta.

$$R_f = \frac{2.16km^2}{7.784km^2}$$

$$R_f = 0.27$$

El factor de forma de la microcuenca del río Arizona es de 0.27, según Horton (1945). Una microcuenca con un factor de forma con valores inferiores a **1**, tiende tener forma alargada y esta menos sujeta a avenidas, las cuales son lentas y sostenidas que una de la misma área y mayor factor de forma, es decir, valores mayores a **1** significaría una forma redondeada que sería susceptible a avenidas rápidas e intensas.

5.5 Análisis de la calidad del agua

Con la información obtenida en la primera etapa de la caracterización morfométrica, delimitación y el uso del suelo en la microcuenca del río Arizona, se realizó un análisis de las condiciones actuales de la microcuenca, con esta información se establecieron los sitios de muestreo quedando de la siguiente manera: punto número uno en la obra toma del proyecto, punto número dos en el tanque de almacenamiento, el tercero, cuarto y quinto punto se ejecutaron en tres grifos distribuidos en la zona Sur-este y Sur-oeste del casco urbano en el municipio de Arizona, primer grifo en el inicio de la red de distribución, segundo grifo en la zona intermedia y el último grifo en la parte final de la red de distribución del proyecto (figura 8.)



Figura 8. Sitios de muestreo en el casco urbano del proyecto “nuevo” del municipio de Arizona, Atlántida

5.5.1 Medición del caudal

En los resultados obtenidos en la medición del caudal durante los tres muestreos en la obra toma del río Arizona el mayor caudal se obtuvo en el segundo muestreo con 184 l/s. Este resultado se le atribuye a la presencia de precipitaciones una semana antes de realizar el aforo. Con respecto a los resultados presentados en los tres grifos el número dos presentó su mayor caudal durante los tres muestreos, debido a la orografía del terreno el cual cuenta con una diferencia de altura del tanque de almacenamiento a la ubicación del grifo de 14 metros, por tal razón la presión es mayor (**cuadro 8.**)

Cuadro 8. Caudal en l/s durante los tres muestreos de la investigación.

Fecha de muestreo	Obra toma río Arizona	Grifo 1	Grifo 2	Grifo 3
30/11/2015	150	0.53	1.33	0.67
12/01/2016	184	0.54	1.11	0.61
23/02/2016	179	0.40	0.87	0.61

5.6 Parámetros bacteriológicos

En los resultados obtenidos por el laboratorio de calidad de agua del centro de estudios y control de contaminantes (CESCCO) están por encima del valor establecido por la normativa técnica para la calidad de agua potable de Honduras. El valor más alto encontrado de coliformes termotolerantes se presentó en el primer muestreo en el grifo número 3 fue de 2500 UFC/100ml de coliformes termotolerantes como se muestra en la (**figura 9**). Estos resultados se le atribuyen a las actividades antropogénicas realizadas en la parte alta y media de la microcuenca, mismos que presentan un peligro a la población consumidora de agua de este proyecto. La presencia de coliformes termotolerantes en aguas superficiales, están directamente relacionadas con la escorrentía de lluvias y áreas lavadas por riego (Brooks *et.al.* 1991).

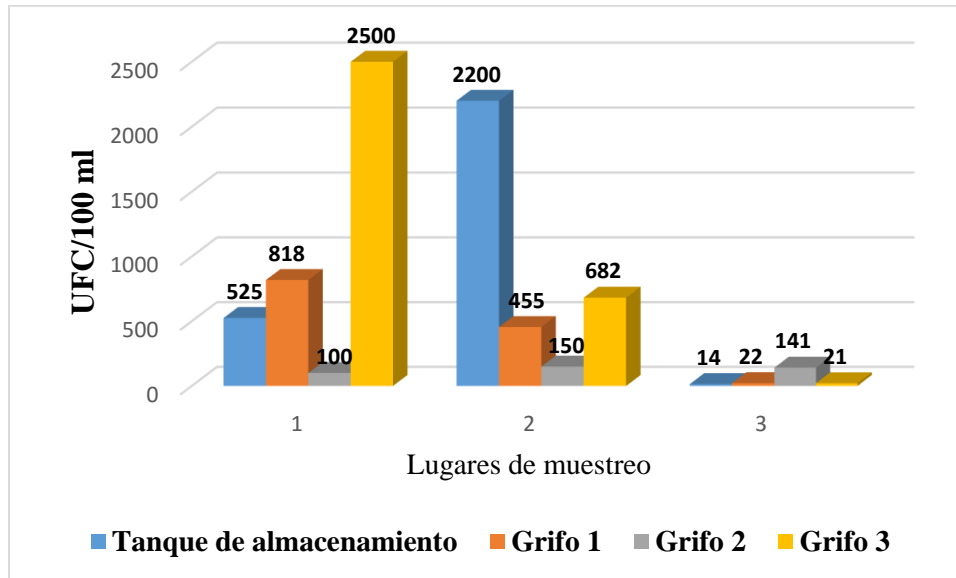


Figura 9. Resultados de los coliformes termotolerantes en los sitios de muestreo tanque de almacenamiento, grifo 1, grifo 2 y grifo 3.

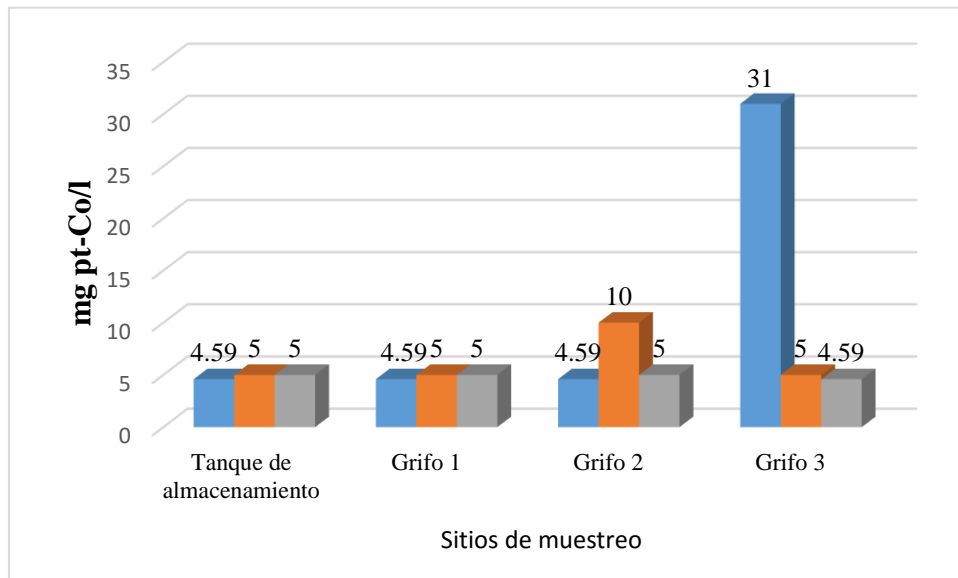
También los altos contenidos de sedimentación que se encuentran en la red de distribución que es el efecto de la erosión por escorrentía debido al sobre uso del suelo en la parte alta de la microcuenca mismos que alteran los niveles de coliformes termotolerantes presentes en los grifos y tanque de almacenamiento. En el tercer muestreo realizado los niveles de Coliformes Termotolerantes disminuyeron de manera significativa esto se le atribuye a la eficiencia de las purgas o limpieza a las las tuberías de distribución realizadas por la junta de agua del municipio de Arizona a la red de distribución en las cuales se drenaron cantidades considerables de sedimentación mismas que son hospederos de colonias bacterianas (**figura 9.**)

5.7 Parámetros organolépticos

5.7.1 Color verdadero

Los resultados obtenidos del color verdadero en los siguientes sitios de muestreo como lo representa la (**figura 10.**) en el grifo número tres durante el primer muestreo presentó el mayor resultado respecto a los demás sitios, esto se le atribuye a las actividades realizadas

en la parte alta de la microcuenca las cuales inciden en la erosión del suelo, por tal razón generan cambios en el color del agua, también influye la ubicación de grifo número tres dado que es una residencial que solo existen tres viviendas por ende el volumen de agua retenida durante tiempos considerables en la red de distribución es mayor que el consumo presentado en esa zona.



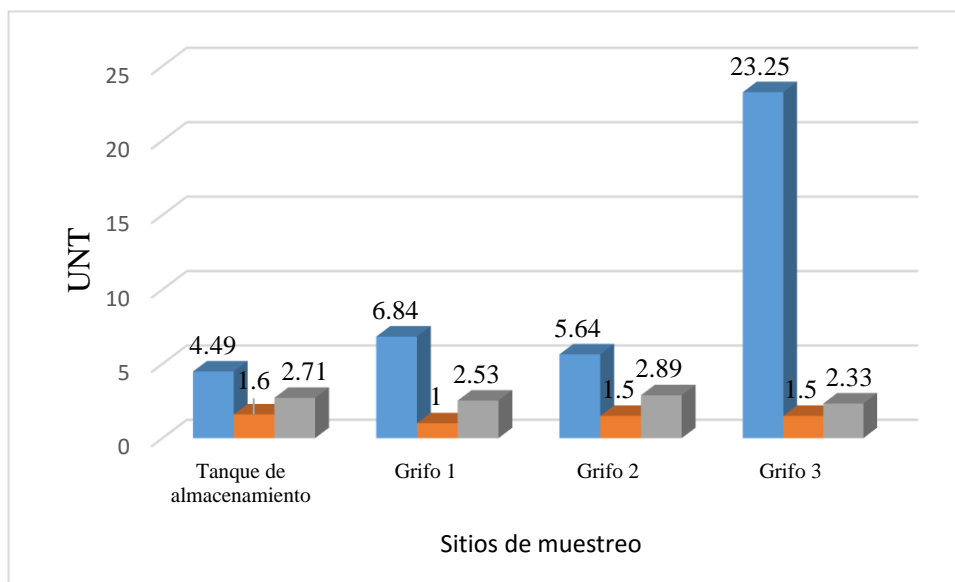
Valor admisible es de 15 mg pt-Co/l

Figura 10. Color verdadero obtenido en mg pt-Co/l en los análisis realizados en los tres periodos de muestreo.

5.7.2 Turbidez

Los resultados de los análisis mostraron que el primer muestreo presento los niveles más altos de turbidez respecto a los otros muestreos, como lo presenta la (**figura 11.**) siendo el grifo número tres que reflejo los estándares más elevados con 23.25 Unidades Nefelométrías de Turbidez (UNT), el cual está por encima del valor máximo admisible por la norma técnica para la calidad del agua potable de Honduras. Esto puede ser causado por la alta concentración de sedimentos que se encuentra en la red hídrica del proyecto “nuevo” que son el resultado de erosión del suelo de la parte alta de microcuenca, alterada por el sobreuso del suelo y la apertura de una vía de acceso a la comunidad de Zanzíbar, misma que en época de

lluvias altera su arrastre de sedimentos, también se le acredita estos resultados a la insuficiente cantidad de cloro residual encontrado en los grifos y tanque de almacenamiento del proyecto “nuevo” del municipio de Arizona, durante los muestreos de esta investigación.



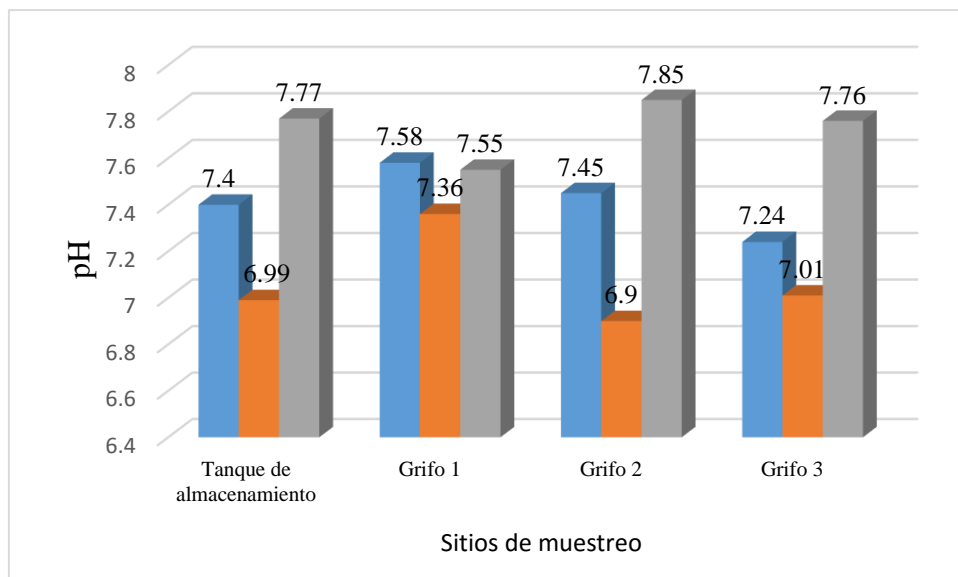
Valor admisible 5
Figura 11. Turbidez en UNT obtenida en los análisis durante los tres muestreos

La erosión y el transporte de sedimentos en el paisaje y en los ríos son las principales formas de transferencia de contaminantes en el medio ambiente. Los contaminantes absorbidos son acarreados en partículas finas, lo cual establece una asociación de problemas causados directamente por los sedimentos, entre ellos el aumento en la turbidez. El transporte y la sedimentación van ligados al tamaño y densidad de las partículas; entre más grandes y pesadas, más rápido se sedimentan los cauces de los ríos (Andreoli 1993).

5.8 Parámetros fisicoquímicos

5.8.1 Potencial de hidrógeno

Las concentraciones de Iones Hidrógeno encontrados en los análisis de los sitios de muestreos representados en la (**figura 12.**) se determinó que si cumplen con los valores recomendados por la norma técnica para la calidad del agua potable de Honduras que es 6.5 a 8.5 por tal razón el pH del agua de los sitios muestreados en el proyecto “nuevo” está apto para el consumo humano.



Valores recomendados son de 6.5 a 8.5

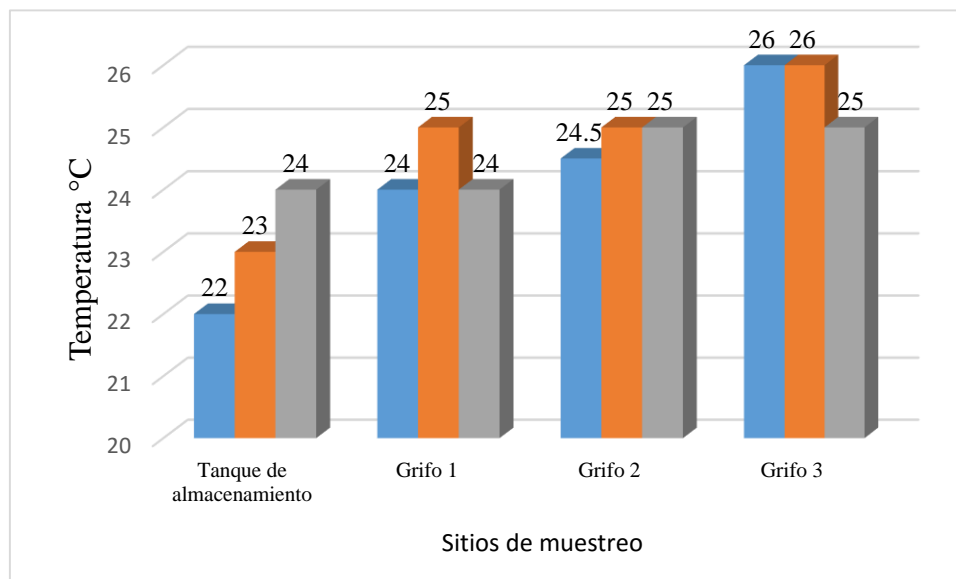
Figura 12. Datos del pH obtenido en las tres jornadas de muestreos.

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. Esto es confirmado por (SANAA 2002).

5.8.2 Temperatura

En los resultados de las temperaturas medidas en campo durante los periodos de muestreo se observaron entre 22 y 26 °C los cuales se encuentran dentro de los rangos recomendados por la norma técnica para la calidad del agua potable de Honduras que es de 18 a 30 °C. Estos resultados se le atribuyen a la presencia de un 71 % de vegetación en la microcuenca por tal

razón la temperatura del agua se mantiene en rangos considerables, también distancia de la obra toma al tanque de almacenamiento influye dado que solo es de 1.5km por consiguiente incide para mantener estas temperaturas (**figura 13.**)



Valores recomendados son 18-30 °C.

Figura 13. Rangos de temperatura presentados en los tres muestreos

La temperatura está relacionada directamente con el oxígeno disuelto y los cambios de metabolismo en los organismos que habitan en el ecosistema acuático. El aumento en temperatura disminuye la solubilidad de gases como el oxígeno y aumenta en general las sales. A temperaturas altas aumenta la putrefacción y en lugares de descargas de agua calientes se afecta el área y los organismos (Ocasio 2008).

5.8.3 Cloro residual

Los resultados obtenidos en campo de cloro residual en los siguientes puntos de muestreo fue de cero 0: tanque de almacenamiento, grifo 1, grifo 2 y grifo 3 los cuales durante los tres muestreos no mostraron presencia de cloro residual, por lo tanto, esto significa que el agua de consumo está más susceptible al crecimiento proliferado de bacterias por lo tanto tiene relación directa con la presencia de enfermedades relacionadas al consumo de agua en el

casco urbano del municipio de Arizona. Por consiguiente se determinó que la cantidad de cloro usado por la junta agua para tratar el agua es insuficiente referente a la cantidad dictaminada por la normativa técnica para la calidad de agua potable de Honduras, el valor recomendado es de 0.5mg/l

5.9 Desarrollo de la fórmula para determinar el (ICA) de la (NSF)

$$ICA = \sum_{i=1}^n qi * wi$$

Ejemplo:

Los coliformes termotolerantes con una lectura original del laboratorio de 650 UFC/100ml, se interpolan los valores del eje X con el eje Y mediante la ponderación de los resultados a través de la curva de la valoración de calidad de agua como lo muestra (**anexo 5.**) Después de realizar la interpolación se multiplica el valor encontrado en el grafico $qi * wi$ que es el peso relativo de los parámetros.

$$ICA = \sum_{i=1}^n 28 * 0.15$$

$$ICA = 4.2$$

5.9.1 Índices de la calidad de agua (ICA) por la (NSF)

El primer muestreo en la obra toma de la microcuenca del río Arizona se realizó en el mes de noviembre del año 2015, en dicho muestreo se presentó el resultado más significativo de coliformes termotolerantes siendo 650UFC/100ml por tal razón repercutió en obtener un ICA de 44.15 siendo el más bajo en comparación a los otros dos muestreos (**cuadro 9.**)

Cuadro 9. Índice de la calidad de agua en el primer muestreo de la obra toma río Arizona.

N°	Parámetros	Unidad de medida	Peso asignado	I muestreo 30/11/2015		
				Lec. Original	Valor Q	ICA
1	Coliformes termotolerantes	UFC/100ml	0.15	650	28	4.2
2	Potencial de Hidrógeno	20.4°C	0.12	7.43	93	11.16
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	0.1	0.99	90	9
4	Nitratos	mg/l	0.1	0	0	0
5	Fósforo Total	mg/l	0.1	0.01	42	4.2
6	Temperatura	°C	0.1	22	9	0.9
7	Turbidez	UNT	0.08	4.87	87	6.96
8	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	0.08	66	86	6.88
9	Oxígeno disuelto	mg/l	0.17	9.35	5	0.85
						44.15

El segundo muestreo en la obra toma de la microcuenca del río Arizona se efectuó en el mes de enero del año 2016, en este análisis fue el único caso que se encontró presencia de nitratos en la muestra de agua el resto de los análisis no presentaron nitratos debido a la interferencia de materia orgánica (**cuadro 10.**)

Cuadro 10. Índice de la calidad de agua en el segundo muestreo de la obra toma río Arizona

N°	Parámetros	Unidad de medida	Peso asignado	II muestreo 12/01/2016		
				Lec. Original	Valor Q	ICA
1	Coliformes termotolerantes	UFC/100ml	0.15	364	30	4.5
2	Potencial de Hidrógeno	20.4°C	0.12	6.85	80	9.6
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	0.1	0.99	93	9.3
4	Nitratos	mg/l	0.1	1.07	91	9.1
5	Fósforo Total	mg/l	0.1	0.02	93	9.3
6	Temperatura	°C	0.1	22	9	0.9
7	Turbidez	UNT	0.08	1.1	97	7.76
8	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	0.08	5	81	6.48
9	Oxígeno disuelto	mg/l	0.17	8	6	1.02
						57.96

El tercero y último muestreo en la obra toma se llevó a cabo en el mes de febrero del año 2016, en este muestreo se obtuvo la menor presencia de coliformes termotolerantes de acuerdo a los resultados de los análisis de (CESCCO) solo se encontraron 180UFC/100ml esta baja en los resultados se le atribuye a la dilución de la carga bacteriana debido al aumento del caudal del río Arizona por las precipitaciones presentadas en esa época (**cuadro 11.**)

Cuadro 11. Índice de la calidad de agua en el tercer muestreo de la obra toma río Arizona

N°	Parámetros	Unidad de medida	Peso asignado	III muestreo 23/02/2016		
				Lec. Original	Valor Q	ICA
1	Coliformes termotolerantes	UFC/100ml	0.15	180	40	6
2	Potencial de Hidrógeno	20.4°C	0.12	7.78	90	10.8
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	0.1	0.99	93	9.3
4	Nitratos	mg/l	0.1	0	0	0
5	Fósforo Total	mg/l	0.1	0.05	100	10
6	Temperatura	°C	0.1	22	9	0.9
7	Turbidez	UNT	0.08	2.32	95	7.6
8	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	0.08	37	84	6.72
9	Oxígeno disuelto	mg/l	0.17	8.1	4	0.68
						52

Es difícil verter criterios acerca del estado de salud de un cuerpo de agua mediante el análisis individual de cada indicador o parámetro. La calidad del agua es continuamente modificada temporal y espacialmente por diversos factores que interactúan en sinergias complejas difíciles de predecir y evaluar. 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).

El índice de la calidad de agua promediado de los tres muestreos en la obra toma de la microcuenca río Arizona es de **51.37** según el ICA de la NSF es una agua con condiciones regulares. 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, es precipitado asegurar que las aguas superficiales de la microcuenca del río Arizona son seguras para el consumo basado en estos resultados. Por ejemplo, muchos otros parámetros que también determinan la calidad del agua, como ser dureza, color, sabor, metales pesados, plaguicidas, etc., no fueron considerados en este estudio.

5.10 Cuadros de enfermedades relacionadas al consumo de agua en el casco urbano del municipio de Arizona

Los cuadros de enfermedades referentes al consumo de agua en el casco urbano del municipio de Arizona fueron tres las que reflejaron mayor significancia como ser: enfermedades de la piel, parasitismo intestinal y diarrea siendo el parasitismo el que presento mayor incidencia con 173 casos en el mes de enero mismo que se le atribuye a las altas concentraciones de materia orgánica en la red hídrica del proyecto “nuevo”, la diarrea y la enfermedad en la piel se presentaron de manera muy peculiar como se puede observar en la (**figura 14.**) se observan los primeros casos en los meses de agosto fechas cuando comienza la época lluviosa en el litoral atlántico manteniendo la diarrea este estándar hasta terminar dicha época a diferencia de la enfermedad en la piel que presenta una baja en el mes de septiembre y vuelve a presentarse de forma significativa en el mes de diciembre, esto se le atribuye a la concentración de sedimentos en la red hídrica, como resultados de la época lluviosa.

Brooks *et al.* (1991) sostienen que en la mayoría de procesos del uso del suelo intervienen los sedimentos; los aprovechamientos forestales, el fuego, la ganadería y la agricultura, con sus implicaciones, son solo algunas de las actividades asociadas a contaminación de aguas por sedimentos.

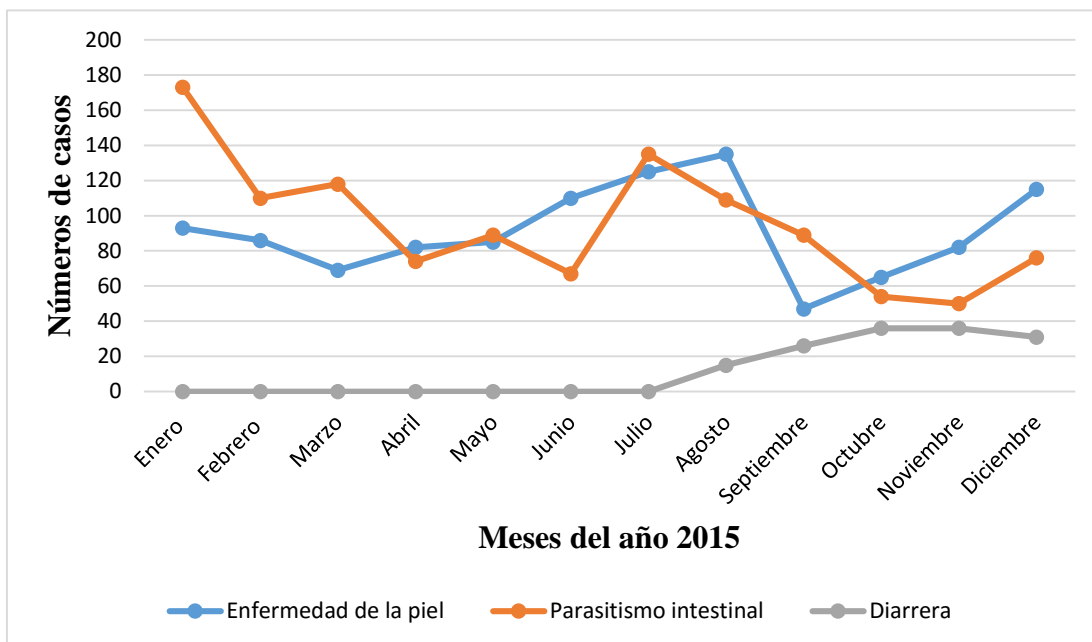


Figura 14. Cuadro de enfermedades del casco urbano del municipio de Arizona

5.10.1 Correlación de los resultados del ICA de la NSF con los nueve parametros analizados

La relación existente entre los nueve parametros del ICA de la NSF referentes a la calidad del agua medidos en la obra toma del proyecto “nuevo”. Se logró determinar con un 88% del análisis realizado de los componentes principales que algunos parametros tienen una relación directa (**figura 15.**)

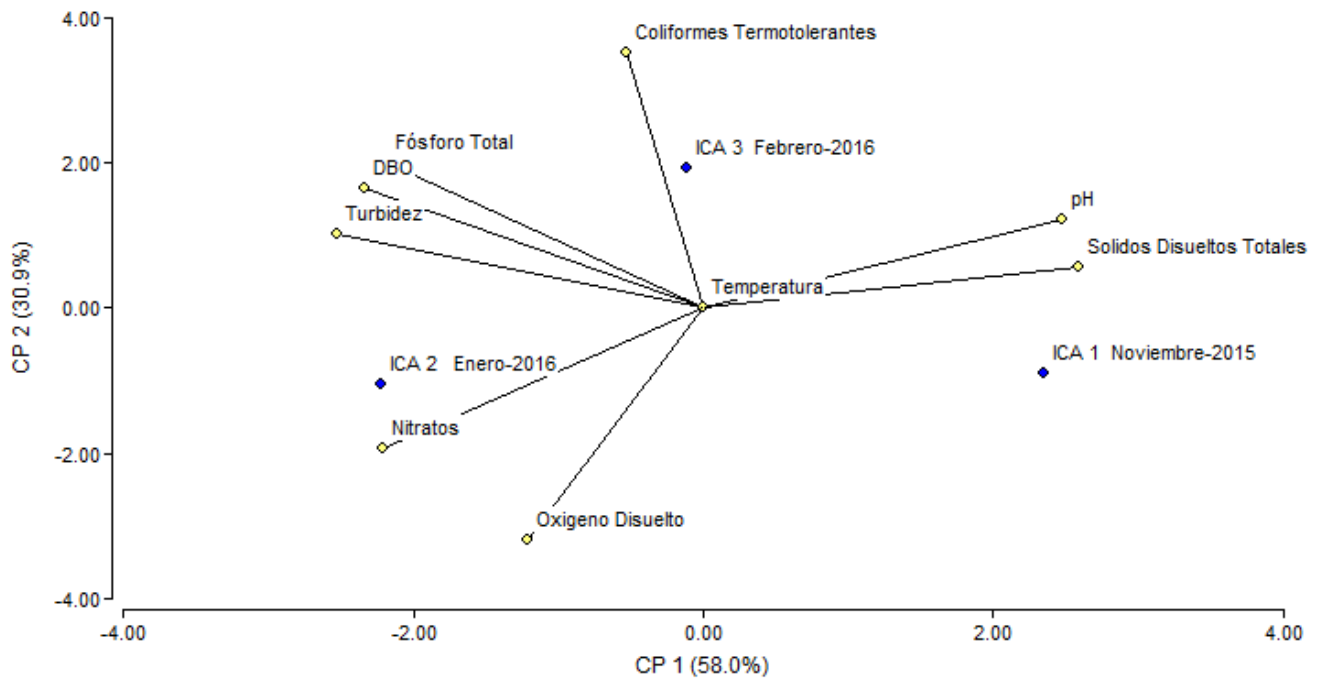


Figura 15. Correlación de los ICA de la NSF con los nueve parámetros estudiados.

El componente principal número uno (CP-1) con un 58% de análisis de la varianza dictamina que las variables **Solidos Disueltos Totales**, **pH** y **Turbidez** presentan relación directa con el ICA 1 del mes de Noviembre del año 2015 esto se le atribuye que es la época lluviosa en la zona, por ende los niveles de arrastre de sedimentos por escorrentia tienden a ser mayor. El ICA 2 del mes de Enero del año 2016, presentó una relacion directa con los nitratos esto es debido que no se presentoó interferencia de materia organica en la muestra, fue en ese unico muestreo durante la investigación que se determinó presencia de los mismos. En el (CP-2) con un 30.9% de análisis de la varianza describe que los Coliformes Termotolerantes presentaron su menor presencia en le ICA 3 del mes de febrero del año 2016, esta baja se atribuye al poco sedimento presente el río Arizona por la incidencia de las lluvias presentadas semanas atrás del muestreo. Segun Brooks *et.al.* (1991) La presencia de coliformes termotolerantes en aguas superficiales, están directamente relacionadas con la presencia de sedimentos por escorrentía de lluvias u otros vertidos o actividades antrópicas. La Temperatura no presento variabilidad significativa durante los tres muestreos se mantuvo en los niveles medios como los presenta la (**figura 15.**)

VI. CONCLUSIONES

La delimitación de la microcuenca del río Arizona, realizada por el Instituto de Conservación Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), no concuerda con las coordenadas encontradas en campo durante esta investigación en la microcuenca antes mencionada.

La apertura de una vía de acceso a la comunidad de Zanzíbar por la parte alta de la microcuenca, se considera uno de los principales focos de contaminación, debido a su ubicación con una pendiente mayor al 30%, por tal motivo el índice de arrastre por escorrentía tiende ser mayor generando solvatación al río Arizona.

Según el mapa de uso de suelo de la microcuenca, se evidencia principalmente en la parte alta y media, que tierras de vocación productoras de agua, están siendo utilizadas para pastizales y caficultura actividad que provoca: la deforestación, la erosión del suelo y la contaminación del agua.

Los tipos de contaminación más influyente en la calidad de agua del proyecto “nuevo” en Arizona son: bacteriológica y el aumento de la turbidez éstas debido a las actividades antropogénicas realizadas en la parte alta y media de la microcuenca las cuales influyen a la erosión de grandes cantidades de sedimento al cauce del río consecuencia de la deforestación desmedida en la microcuenca.

De acuerdo a los resultados presentados por el ICA de la NSF, en referencia a la calidad del agua de la obra toma del proyecto “nuevo” de la microcuenca del río Arizona es regular con un índice de 51.37.

Las tres enfermedades relacionadas al consumo de agua en el casco urbano del municipio de Arizona fueron el parasitismo intestinal, enfermedades en la piel y la diarrea, obteniendo niveles más altos el parasitismo intestinal en los meses post la época lluviosa esto se le atribuye a los altos contenidos de sedimentos presentes en la red de distribución.

VII. RECOMENDACIONES

Se debe reubicar la delimitación de la microcuenca del río Arizona presentada por el Instituto de Conservación Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) dado que se encuentra fuera de los límites del verdadero sitio abastecedor de agua al casco urbano del municipio de Arizona.

Es necesario incrementar el área de bosque en la microcuenca con el objetivo de proteger las zonas productoras de agua del municipio de Arizona, y así reducir los efectos de erosión y solvatación que afecta directamente la calidad de agua.

Establecer convenios de pagos con los propietarios a través de la municipalidad al gobierno central como responsable de la protección del ambiente, en conjunto con la participación de las juntas de agua y el pueblo en general la compra de los terrenos en áreas donde se encuentran los nacimientos de las fuentes de agua y proceder a reforestarlos y vigilarlos.

Se deben realizar aforos sistemáticos del caudal de entrada al tanques de almacenamiento para ajustar la dosificación de cloro aplicada según el volumen de agua que ingresa al tanque y hacer monitoreo de cloro residual en los grifos del sistema de distribución después de cada aplicación con el fin de reducir las colonias de coliformes termotolerantes.

La municipalidad de Arizona debe declarar una ordenanza municipal para prohibir establecer cultivos de palma africana en la parte alta y media de la microcuenca, con el fin de proteger las zonas productoras de agua.

Se deben realizar análisis de la calidad del agua en forma regular con el fin de conocer las condiciones del agua brindada a la población del municipio de Arizona y así poder tomar decisiones para reducir la vulnerabilidad a adquirir enfermedades relacionadas al consumo de agua.

Se sugiere un seguimiento a esta investigación en las microcuencas vecinas en el municipio de Arizona con el fin de obtener mayor información y así poder declararlas en un futuro no muy lejano para garantizar la producción de agua permanente.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Anaya, O 2012. Caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica chinchao, distrito de chinchao, provincia huanuco, región huanuco. Tesis de pregrado, Tingo María- Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.57p.

Andreoli C.1993. Influencias de la agricultura en la calidad del agua. En FAO. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Roma, Italia. p. 59- 74.

Brooks, K. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Ames, IA USA. Iowa State University Press. 392 p.

Canter, L 2000. Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Universidad de Oklahoma. Mc Graw Hill. Inc. US. 835 p.

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

Cloro residual, OMS, sf. Agar agua (en línea). Consultado el 10 de septiembre del 2015. Disponible en <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>.

Cuadrado, 2005. Estructura y composición florística del bosque ripario de la microcuenca del río Gaira, Magdalena, Colombia. Tesis de pregrado, Santa Marta, Colombia. Universidad del Magdalena. 89 p.

Faustino, J. 2006. Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba Costa Rica. 400 p.

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

Gutiérrez, Y 2009. Uso del suelo, vegetación ribereña y calidad del agua de la microcuenca del río Gaira, Santa Marta, Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 111p.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, CO). 2008. Guía técnico científica para la ordenación de las cuencas hidrográficas en Colombia 2 ed. Colombia. Imprenta Nacional. 92p

Jiménez, F. 2009. Reconocimiento inicial de la cuenca e identificación y caracterización de actores claves. Material de referencia en curso de maestría en manejo y gestión integral de cuencas hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. 14 p

Leiva, A. 2010. Caracterización de calidad de agua en el ciclo de consumo del municipio de Guaimaca, Francisco Morazán, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 29p.

Malina, J 1996. Water quality. in. Mays, L. eds. Water resources Handbook. USA. McGraw-Hill. 49 p.

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

Misiti, N *et.al* 2002. Protecting your community's water supply using GIS (en línea). Consultado el 09 de Agosto de 2015. Disponible en: Protecting Your Community's Water Supply Using GIS // Press o www.ssmgroup.com/news/press_release_read.asp?prid=20.

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.

Morales *et.al* 2013 Enfermedades prevalentes relacionadas con la calidad de agua que utilizan para el consumo humano, los pobladores de la comunidad la Calera, cantón Cotacachi, Ecuador. Tesis Lic. Universidad Técnica del Norte Facultad Ciencias de la Salud Carrera de Enfermería. 185p.

Moreira, A. 1996. Los sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. Revista Ambiente y Desarrollo. Vol XII No 2, pp. 80-86.

Ojeda, M. 2012. Caracterización fisicoquímica y parámetros de la calidad del agua de la planta de tratamientos de agua potable de Barrancabermeja. Tesis de pregrado. Colombia. Universidad Nacional de Santander.37p.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 1998. Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Segunda edición. Volumen 3. OMS, Ginebra, 1998. 255 p

Ongley, E 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio de la FAO riego y drenaje. Roma, Italia FAO. 116 p.

Organización Mundial para la Salud, (OPS). 1993. Consideraciones sobre el programa medio ambiente y salud en el Istmo Centroamericano San José, CR. 50P

Ramakrishna, B 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas, conceptos y experiencias Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) serie investigación y educación en desarrollo sostenible San José, CR 338 p.

Ramírez, C. 2011. Calidad del Agua: Evaluación y diagnóstico Medellín: Ediciones de La Universidad de Ingeniería Medellín. Colombia. 86 p.

Reynolds, J 2002. Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José. CR. 348 p.

Sandia, A *et.al.* 1999. Riesgos sobre la salud asociados a las actividades agrícolas: un caso de estudio de la geografía rural. Revista Geográfica Venezolana, 40(2):281-295.

Tim, U *et.al* 1994. Evaluating agricultural nonpoint-source pollution using integrated Geographic Information Systems and Hydrologic/Water Quality model. Journal Environmental Quality, 23:253p.

Vidal *et.al* 2000. Factor analyses for the water resources contamination due to the use the livestock slurries as fertilizer agricultural water management. 45 p.

Villanueva, M. 2002. Microcuencas. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México.

Wagner *et.al* 2000. Contaminación causas y efectos México, D f. Ediciones Garnika. 424 p.

ANEXOS

Anexo 1. Protocolo para la toma de muestras para el análisis de agua según CESCCO

ANALISIS FISICO QUIMICO Y ANIONES.

1. Utilizar frascos de plástico con tapa, limpios y de preferencia proporcionados por el laboratorio del CESCCO.
2. Enjuagar el frasco por lo menos tres veces con la muestra.
3. Al tomar la muestra llenar completamente el frasco e inmediatamente tapar.
4. Mantener la muestra en contenedores a menos de 10°C (refrigerada, no congelar la muestra), no requiere de preservantes.
5. El tiempo de recolección de la muestra hasta el inicio del análisis no debe exceder de 24 horas (leer las recomendaciones para cada análisis), por lo que se recomienda enviar las muestras de inmediato al laboratorio.
6. Identificar el lugar, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, persona encargada de tomar la muestra y otras observaciones adicionales.

RECOMENDACIONES

- La temperatura, el pH, la conductividad, oxígeno disuelto y el cloro residual debe determinarse en el lugar de muestreo.
- Para el análisis de Aceites y Grasas se deberá tomar la muestra en frascos de vidrio ámbar, 1 litro de muestra como mínimo.
- Para DBO₅, recolectar la muestra en frasco plástico o vidrio, 1 litro de muestra mínimo.

*Recepción de muestras: Lunes a jueves de 8:30 a 4:30 p.m., viernes hasta las 12:00m.
DBO Martes a Jueves de 8:30 a 3:00 p.m.*

Volumen mínimo de muestra: 2 litros para todos los parámetros excepto aceites y grasas y DBO

Recomendamos que antes de iniciar cualquier servicio se comunique a nuestras oficinas, en donde con todo gusto nuestros técnicos le proporcionaran cualquier información adicional y las recomendaciones para la toma, transporte y conservación de las muestras, además de facilitarle los frascos necesarios.

TEL. 231-1006, 239-0194 (Teg.), 556-5163 (SPS) y 882-4485 (Choluteca)

E-mail: cescco@cablecolor.hn

Web: <http://www.cescco.gob.hn>

ANÁLISIS BACTERIOLOGICO

Limpieza y desinfección de la llave.



A. Limpie la llave.

Retire de la llave cualquier objeto que se le haya adherido y que pueda causar salpicaduras y utilizando una tela limpia, frote la boca de salida para quitar cualquier suciedad que pudiera existir.



B. Abra la llave.

De vuelta a la llave del grifo hasta que alcance su flujo máximo y deje correr el agua durante 1-2 minutos.



C. Esterilice la llave.

Esterilice la llave durante un minuto con la llama encendida de una mota de algodón hidrófilo remojado en alcohol; como alternativa se puede utilizar un mechero de gas o un encendedor.



D. Abra la llave antes de la muestra.

Abra la llave cuidadosamente y permita que el agua fluya durante 1-2 minutos con un flujo medio.

Uso de la bolsa estéril de polietileno



1. Lavarse adecuadamente las manos con agua y jabón. Desprender el sello plástico de la bolsa por la línea punteada.



2. Abrir la boca de la bolsa halando las dos pestañas laterales. Tener cuidado que los dedos no hagan contacto con la parte interna de la bolsa.



3. Llenar hasta $\frac{3}{4}$ de la bolsa teniendo cuidado que esta no haga contacto con el grifo.



4. Cerrar la bolsa halando el alambre hacia los lados.



5. Darle 3 vueltas a la bolsa.



6. Unir los dos extremos del alambre y enrollarlos. Tener cuidado que estos extremos no perforen las bolsas.

Nota: Estas muestras deben ser transportadas en condiciones de refrigeración (hielera o termo a 4°C), NO CONGELADAS. Deben trasladarse al laboratorio inmediatamente después de ser tomadas.

Horario: Lunes a jueves de 8:30 a.m. a 3:00 p.m.

Anexo 2. Coordenadas de la delimitación de la microcuenca del río Arizona

N°	Delimitación ICF		Delimitación Investigación	
	X	Y	X	Y
1	460576	1736370	461910	1734585
2	460501	1736011	462120	1735171
3	461081	1735302	461590	1735808
4	461326	1735235	461422	1736354
5	460895	1733943	460753	1736742
6	459447	1734290	460513	1737051
7	459388	1734769	459845	1736362
8	458964	1735000	460877	1735492
9	459368	1735749	461218	1735690
10	460038	1736365	461340	1734758

Anexo 3. Examen de la calidad del agua de CESCO



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO
 Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.
 Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954
 Página Web: www.cesco.gob.hn E-mail: cesco.sema@gmail.com
CESCO-MC-PT09-F02-CAL



Pág. 1/1

Unidad de Calidad de Aguas INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO

Informe No. 205 Fecha: 30/03/2016 Orden de pago: 004 Fecha: 13/01/2016
 Recibo No. 2309701 Fecha: 13/01/2016 Valor: Lps. 5,005.00

1. Nombre del Solicitante: Luis Beltrán	2. Dirección del Solicitante: Arizona Atlántida
3. Tipo de Muestra: Agua superficial	4. Recolectada por: Luis Beltrán
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 23/02/2016 6:00 pm.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 24/02/2016 10:50 am.
7. Punto de Recolección: Obra toma proyecto nuevo, 481708 - 1734936	8. Procedencia de la muestra: Arizona Atlántida

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
096	25/02/2016	Part 5210 B	DBO ₅	mg/L	<1	-/-
	4/03/2016	Part 4500-PB-5, D	Fosforo total	mg/L	0,05	-/-
	24/02/2016	Part 4500-OC	Oxígeno disuelto	mg/L	8,1	-/-
	24/02/2016	Part 4500-H ⁺ B	pH	-/-	7,78 – 20,5	6,5 – 8,5
	24/02/2016	Part 2540 C	Sólidos disueltos	mg/L	37,00	1 000
	24/02/2016	Part 2130 B	Turbidez	UNT	2,32	5
MÉTODO APLICADO ¹ :		Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22th, 2012				
VALOR DE REFERENCIA ² :		Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable				
OBSERVACIONES: Todos los resultados se encuentran dentro de la norma de referencia. N.R.: No reportado por interferencia de materia orgánica según el uso. El cliente solicitó el parámetro de nitratos, pero no se realizó por problemas técnicos de laboratorio.						
Abreviaciones: DBO ₅ : Demanda Bioquímica de Oxígeno por cinco días -/-: No tiene unidades UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad						

DRA. ARACELY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Agua

LIC. CARLOS THOMPSON
 Director CESCO

No se permite reproducir parcial o totalmente el certificado de resultados sin aprobación escrita del laboratorio

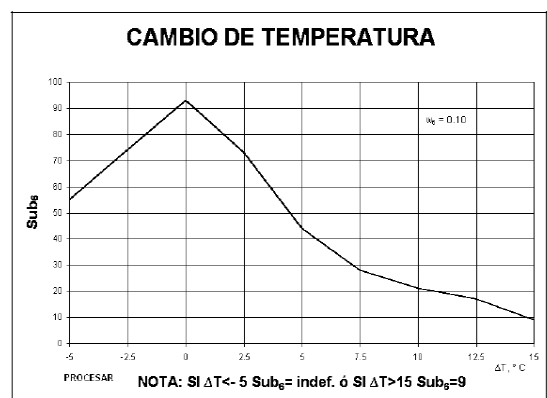
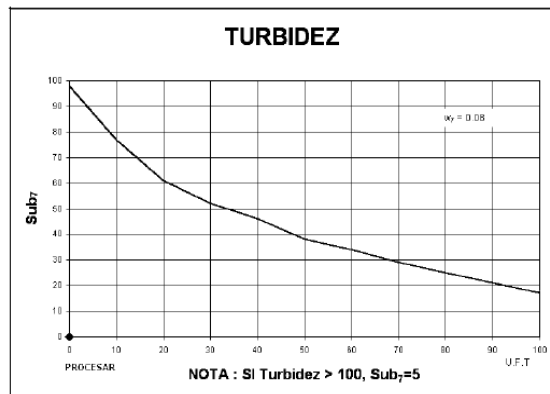
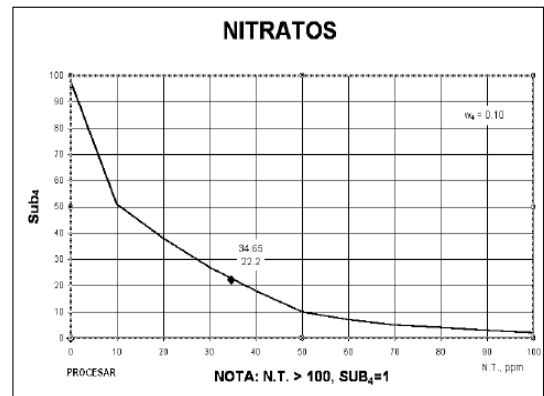
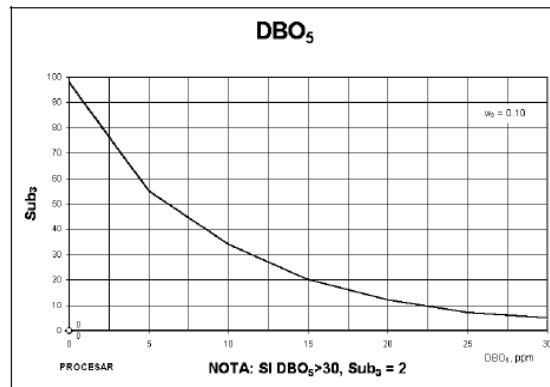
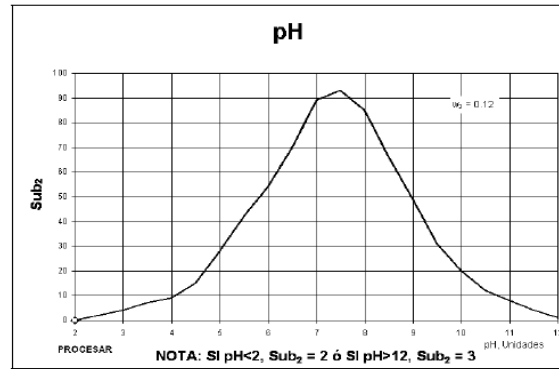
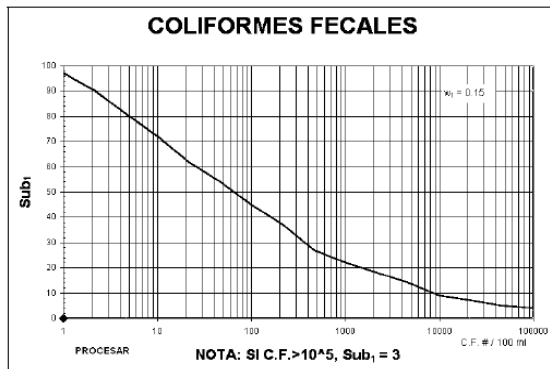
C. Archivo
 EDIFICIO PRINCIPAL: SECRETARÍA DE ENERGÍA, RECURSOS NATURALES AMBIENTE Y MINAS, 100 MTD. AL SUR DEL ESTADIO NACIONAL,
 TEL. (504) 2232-2011 (504) 2232-6250, APARTADO PORTAL 1389, 4710, www.sema.gob.hn
 DIRECCIÓN GENERAL CENTRO DE ESTUDIOS Y CONTROL DE CONTAMINANTES (CESCCO), TEL. (504) 2232-0194,
CESCO.SERNA@GMAIL.COM

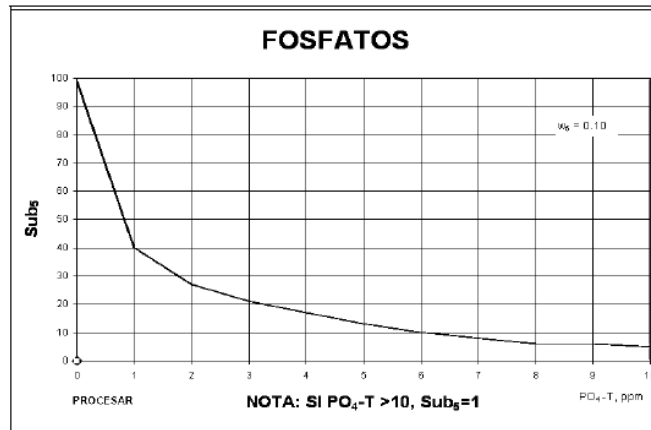
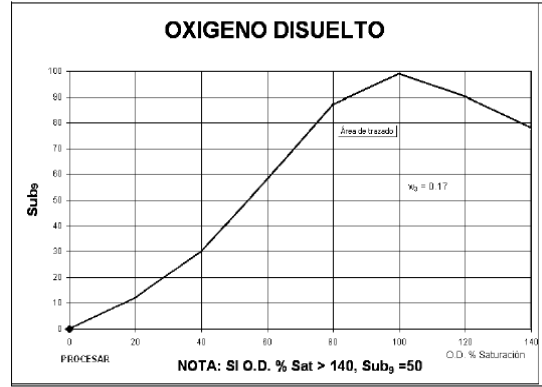
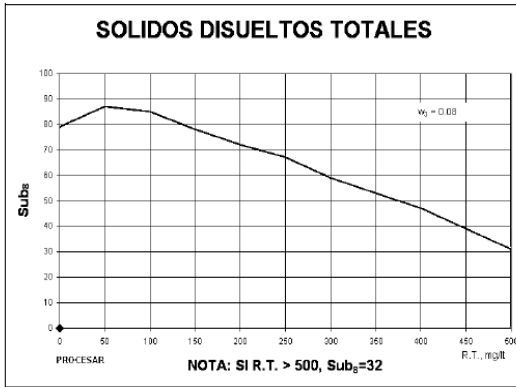
Anexo 4. Cuadros de enfermedades presentadas en el casco urbano de Arizona

N°	Mes	Morbilidad	<1 Año	1-4 Años	5-14 Años	15-19Años	20 y mas	Total
1	Enero	Enfermedades de la piel	8	15	30	40	0	93
		Parasitismo Intestinal	1	31	47	94	0	173
		Diarrea	0	0	0	0	0	0
2	Febrero	Enfermedades de la piel	10	17	16	43	0	86
		Parasitismo Intestinal	0	36	34	40	0	110
		Diarrea	0	0	0	0	0	0
3	Marzo	Enfermedades de la piel	3	14	18	34	0	69
		Parasitismo Intestinal	3	29	46	40	0	118
		Diarrea	0	0	0	0	0	0
4	Abril	Enfermedades de la piel	8	26	21	27	0	82
		Parasitismo Intestinal	0	22	24	28	0	74
		Diarrea	0	0	0	0	0	0
5	Mayo	Enfermedades de la piel	15	22	19	29	0	85
		Parasitismo Intestinal	0	26	27	36	0	89
		Diarrea	0	0	0	0	0	0
6	Junio	Enfermedades de la piel	13	23	24	50	0	110
		Parasitismo Intestinal	0	15	16	36	0	67
		Diarrea	0	0	0	0	0	0
7	Julio	Enfermedades de la piel	21	41	23	40	0	125
		Parasitismo Intestinal	4	33	46	52	0	135
		Diarrea	0	0	0	0	0	0
8	Agosto	Enfermedades de la piel	10	29	34	62	0	135
		Parasitismo Intestinal	1	40	32	36	0	109
		Diarrea	4	8	0	3	0	15
9	Septiembre	Enfermedades de la piel	11	8	7	21	0	47
		Parasitismo Intestinal	3	30	29	27	0	89
		Diarrea	14	11	0	1	0	26
10	Octubre	Enfermedades de la piel	12	20	10	4	19	65
		Parasitismo Intestinal	0	25	12	5	12	54
		Diarrea	9	21	0	0	6	36
11	Noviembre	Enfermedades de la piel	14	35	10	12	11	82
		Parasitismo Intestinal	1	13	11	9	16	50
		Diarrea	10	23	1	1	1	36
12	Diciembre	Enfermedades de la piel	13	23	28	12	39	115
		Parasitismo Intestinal	0	19	34	6	17	76
		Diarrea	5	16	6	0	4	31
Total								2382

Fuente CESAR Arizona, 2015

Anexo 5. Curvas de valoración del ICA de la NSF





Anexo 6. Obra toma del proyecto “nuevo” abastecedor de agua del municipio de Arizona



Anexo 7. Delimitación de la microcuenca del río Arizona.



Anexo 8. Uso de suelo de la microcuenca del río Arizona.



Anexo 9. Toma de muestra de agua en la obra toma.



Anexo 10. Vía de acceso a la comunidad de Zanzíbar.

