

**Cuantificación de la oferta y demanda de
agua para consumo en la Escuela Agrícola
Panamericana, Zamorano**

Néstor Agustín Güity Zapata

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

Cuantificación de la oferta y demanda de agua para consumo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

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

Presentado por

Néstor Agustín Güity Zapata

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

Cuantificación de la oferta y demanda de agua para consumo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Presentado por:

Néstor Agustín Güity Zapata

Aprobado:

Erika Tenorio, M.Sc.
Asesora principal

Arie Sanders, M.Sc.
Director
Carrera de Desarrollo Socioeconómico
y Ambiente

Nelson Agudelo, M.Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

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

RESUMEN

Güity, N. 2009. Cuantificación de la oferta y demanda de agua para consumo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Valle del Yeguaré, Honduras. 42p.

El presente estudio se realizó con la finalidad de dar respuesta al fenómeno de crecimiento poblacional y de infraestructura que vive la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en función del recurso agua. Los resultados de oferta y demanda monitoreados en los tanques primarios de almacenamiento durante el periodo de estudio (febrero-septiembre 2009), indicaron que actualmente la oferta de agua para Zamorano es relativamente similar a la demanda. Zamorano cuenta con un abastecimiento promedio 1,679.26 m³/día y un consumo de 1,493.08 m³/día. Posteriormente se realizaron actividades de monitoreo, registro y evaluación de la calidad del agua de los manantiales y la estimación de su respectivo caudal en la Reserva Biológica Uyuca, con la finalidad de valorar la posibilidad de unir nuevas fuentes al sistema de agua de Zamorano. En dicho sitio se identificaron 28 manantiales de los cuales 93% ya estaban tomados por Zamorano o comunidades vecinas, por lo cual el caudal máximo posible de captación es de aproximadamente 10 L/seg en época seca. Posteriormente se analizó la calidad del agua de la montaña Santa Inés de la cual se determinó que los parámetros de turbiedad con 50 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) y coliformes, una fecal y 119 totales, excedieron el valor permisible que establece la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua de Honduras. Sin embargo, los niveles que presentaron no son impedimentos para la captación y potabilización de agua de Santa Inés, sí se garantiza la instalación de un sistema de tratamiento y captación eficiente.

Palabras clave: Oferta de agua, Demanda de agua, Calidad del agua, Tanques primarios de almacenamiento de agua, Reserva Biológica Uyuca, Montaña Santa Inés.

CONTENIDO

Portadilla.....	I
Página de firmas	II
Resumen	III
Contenido	IV
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
4. RESULTADOS	13
5. DISCUSIÓN.....	23
6. CONCLUSIONES.....	25
7. RECOMENDACIONES	26
8. LITERATURA CITADA.....	28
9. ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1. Días críticos por agua en Zamorano, Febrero-Junio 2009.	13
2. Promedios diarios de abastecimiento y consumo de agua en m ³ en Zamorano, 2009.	17
3. Demanda de agua por sectores usuarios en Zamorano, Febrero-Mayo 2009.	19
4. Demanda de agua por sectores usuarios en Zamorano, Junio-Septiembre 2009.	19
5. Fuentes de agua y su estado actual (parámetros generales), Reserva Biológica Uyuca, 2009.	20
6. Resultados de los parámetros bacteriológicos y generales, Santa Inés 2009.	21
7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, Santa Inés, 2009.	22

Figura

1. Esquema del sistema primario de captación de agua para la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, 2009.	9
2. Secuencia por hora de 5.00 pm a 11.00 am, del almacenamiento de agua en m ³ , en los tanques primarios de Zamorano, 2009.	15
3. Abastecimiento diario promedio de agua para Zamorano, periodo Abril-Junio, 2009.	16
4. Consumo diario promedio de agua para Zamorano, periodo Abril-Junio, 2009.	16
5. Promedios diarios de oferta y demanda de agua (m ³ /día) para Zamorano, periodo Abril-Junio 2009.	17
6. Oferta y demanda de agua en Zamorano, promedios diarios 2009.	18

Anexo

1. Resultados de los análisis de las muestras de agua procedentes de Santa Inés, UNILAB 2009.	31
2. Métodos de análisis utilizados para Santa Inés.	32
3. Esquema de un filtro de arena rápido.	33
4. Corte transversal de un sistema de filtros de arena rápido.	33
5. Sitios en donde se recolectó las muestras de agua en la Montaña Santa Inés.	34
6. Características de los manantiales situados en la Reserva Biológica Uyuca.	35
7. Fuentes de agua identificadas y su estado actual en la Reserva Biológica Uyuca, 2009.	36

1. INTRODUCCIÓN

El agua ha jugado un papel fundamental en la ejecución de múltiples actividades que han contribuido al desarrollo de las sociedades. Sin embargo, en la actualidad factores como el crecimiento de las demandas poblacionales, la implementación de sistemas ineficientes y la presión general sobre los recursos naturales, hacen que el agua se vuelva más limitada para ciertos sectores. De igual forma, paralelo al crecimiento poblacional se espera un crecimiento en rubros importantes como la agricultura o la generación de energía entre otras actividades que ejercen una demanda fuerte sobre el recurso.

Laguardia (2002), indica que “desde 1,940 las extracciones mundiales de agua dulce de todas las fuentes (es decir, el uso de agua de superficie o subterráneas) han aumentado en más del cuádruple.” Todas estas actividades manifestadas en diferentes labores influenciadas por el hombre hacen que el incremento de la demanda del agua sea mayor a medida pasan los años. Por otro lado, la ONU plantea que más de 1,400 millones de personas carecen de agua limpia y entre 4 y 6,000 millones (la mayoría niños) mueren cada año por enfermedades ligadas al agua. Otros datos revelan que un billón de personas no tienen agua limpia (PNUD, 2006).

Durante los últimos años la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (EAP), ha crecido en cuanto a población estudiantil, actividades productivas e infraestructura y existe la posibilidad de que esta tendencia continúe para los próximos años. Tal fenómeno abre un escenario propicio para el estudio y análisis de los suministros de agua de la institución. Cuantificar la oferta y demanda de agua para Zamorano, será de gran utilidad para aportar en la determinación correcta de el crecimiento máximo poblacional permisible en función del recurso agua. Además será de utilidad para planificar usos, regular el consumo e incentivar la práctica de actividades que contribuyan al cuidado y protección del vital líquido.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El agua que se obtiene del Cerro Uyuca es un recurso limitado que acusa escasez en la época seca que comprende los meses de noviembre a abril Garcia (2003). Tal hecho presenta una posible problemática a corto y mediano plazo para la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, dado que la reserva en mención en la actualidad es la única fuente de abastecimiento de agua potable para la misma.

Sí se considera que la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano está situada en su totalidad en el área rural de Honduras, es menester señalar que en este sector del país se registran los mayores problemas en cuanto a la captación y distribución de agua. En el área rural a nivel nacional se registra un total de más de 4,300 sistemas de abastecimiento del agua de las cuales el 57.3% de las fuentes corresponden a manantiales y el 34% a quebradas (ERSAPS, 2005). Por su parte el valle del Yeguaré en la cual se localiza Zamorano, cuenta con un total de 32 comunidades; algunas de estas tales como, El Jicarito, El Chorrito, El Chagüite, La Joya y otros usuarios no identificados que al igual que Zamorano captan agua de la Reserva Biológica Uyuca; lo anterior se traduce en una competencia con tendencia creciente por el recurso agua. Esta realidad alrededor del suministro de agua en la Escuela Agrícola Panamericana, plantea una problemática latente la cual es necesaria afrontar a la brevedad posible.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

La Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, se encuentra ubicada en el valle del Yeguaré municipio de San Antonio de Oriente, en el departamento de Francisco Morazán, Honduras y cuenta con una extensión territorial de más de 7,000 hectáreas. Este centro educativo de enseñanza superior por su naturaleza de internado y las múltiples actividades de enseñanza-aprendizaje que en él se ejecutan ejerce una presión sobre los recursos circundantes, la cual se estima ha venido creciendo paralelo al incremento de la comunidad zamorana.

Es importante considerar el aumento poblacional que ha vivido la EAP en los últimos años. En el primer periodo académico de 2004 por ejemplo, la población era de 847 estudiantes; cinco años después, para el primer periodo académico 2009, la comunidad estudiantil se incrementó en un 21.9% (Núñez, 2009). Como es de esperarse dicho incremento ha repercutido directamente en la demanda por agua en la EAP.

Por otro lado y como es lógico el crecimiento en población estudiantil ha sido paralelo a la construcción, remodelación y ampliación de edificios, así es que para agosto de 2009 se cuenta con 12 dormitorios estudiantiles, un total de 478 habitaciones, 88 viviendas, 79 edificaciones, las cuales incluye los salones de clase, laboratorios, módulos de Aprender Haciendo, plantas de procesamiento. Las cifras antes detalladas sumadas a los 691 empleados con los que cuenta Zamorano actualmente, (permanentes, 82.5%; proyectos 13% y 4.5% temporales) (Díaz, 2009) y las diferentes actividades que ellos ejecutan, ejercen una presión directa de uso sobre los recursos naturales, siendo el agua uno de los más afectados.

Dado lo anterior, es de importancia que previo a la expansión poblacional o de edificaciones, se estime la oferta y demanda del agua, como información base para la toma de decisiones más precisas cuando estas se requieran. Anexo a los beneficios antes señalados, este tipo de información es necesaria e importante que la ejecuten y posean instituciones educativas como Zamorano, dada su importancia en aspectos educativos o de investigación.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 General.

Cuantificar la oferta y demanda de agua para consumo de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano y evaluar la viabilidad de nuevas fuentes de captación de agua.

1.3.2 Específicos.

- Cuantificar la oferta y demanda de agua para consumo en la EAP durante el periodo comprendido entre Febrero y Septiembre.
- Evaluar la situación actual de las fuentes de agua en la Reserva Biológica Uyuca y la factibilidad de incorporación de nuevas fuentes.
- Identificar otras alternativas de suministro de agua potable para la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 RELACIÓN BOSQUE-AGUA Y SU CONSERVACIÓN.

Los bosques tropicales son importantes para el desarrollo sostenible por los bienes y servicios ecosistémicos (como ser el agua) que producen para la sociedad. Por lo cual es importante la realización de acciones en pro de favorecer los elementos que influyen en la relación bosque-agua (Pérez *et al*, s.f.).

Desde hace más de un siglo se aplica en el sector forestal, el concepto de rendimiento sostenido que juntamente con la ordenación de cuencas hidrográficas y otras medidas de conservación de suelos, aguas y de protección forestal, han contribuido a mantener la productividad y vitalidad de los bosques. Los recursos y las tierras forestales deberían ser objeto de una ordenación sostenible a fin de atender las necesidades sociales, económicas, ecológicas, culturales y espirituales de las generaciones presentes y futuras. Requerimientos que se refieren a productos y servicios forestales, como madera y productos de madera, agua, alimentos, medicamentos, combustible, vivienda, empleo, hábitat para la fauna y flora silvestres, diversidad en el paisaje, sumideros y otros productos forestales (FAO, 2005).

Es importante además considerar la infiltración en la relación bosque-agua debido al impacto que causa la precipitación y el escurrimiento. Se define entonces la infiltración como el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie y posteriormente, superado cierto nivel de humedad pasa a formar parte del agua subterránea, donde se saturan los espacios vacíos (Camapos, 1987). Dando origen a la formación de los manantiales o nacimientos de agua. Por otro lado, se debe considerar que la identificación y aprovechamiento de “nuevas” fuentes de captación de agua exige una labor mancomunada y sobre todo que garantice la sostenibilidad ambiental (Agudelo, 2009).

2.2 CALIDAD DEL AGUA.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud OMS, (2006) la gestión preventiva es el mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo, para lo cual es necesario procurar mantener en estado óptimo las características del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación y la fuente hasta su utilización por los consumidores. Según el Centro Nacional de Producción más limpia y Tecnologías Ambientales de Colombia (2009) la calidad del agua está regida por la definición y cumplimiento de parámetros químicos, físicos y biológicos (situación real).

Dados los múltiples usos que se le da o puede dársele al agua las exigencias en cuanto a calidad varían, es así como el agua para consumo humano debe tener un mínimo porcentaje de microorganismos infecciosos (Mariño, 2004). Es importante acotar que la concepción que se tiene por la terminología de calidad del agua guarda una relación estrecha con el uso que se le dé a la misma.

2.2.1 Agua potable.

La Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable de Honduras NTNCAP, (1995), la define como: toda agua que empleada para ingesta humana, no causa daño a la salud y cumple con las disposiciones de valores guías estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos. La Organización Panamericana de la Salud OPS (1988), plantea una serie de valores guías para la calidad del agua potable, tales valores representan el nivel (concentración o cantidad) de un componente que garantiza que el agua será agradable para los sentidos y no causara riesgo significativo alguno para la salud del consumidor. Es importante señalar en este sentido que ya sea por un fenómeno natural o influenciado por las actividades que el hombre desempeña, el agua destinada para potabilización corre el riesgo de contaminarse. Algunos de estos contaminantes de gran interés como ser las bacterias coliformes (fecales y totales), se describen a continuación.

2.2.2 Bacterias coliformes.

Es un grupo de especies bacterianas con características bioquímicas en común y de importancia relevante como indicadores de contaminación del agua. Las bacterias coliformes se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, pero también en la naturaleza (suelos, semillas y vegetales). La presencia de este grupo de bacterias en el agua para consumo afecta su calidad, dado que es un indicador de contaminación fecal, lo cual es de importancia para la prevención de enfermedades digestivas e hidrotransportadas como ser la diarrea entre otras (Gary y Glynn, 1999).

Las bacterias coliformes se dividen en dos grupos:

- A) **Coliformes fecales:** “Son microorganismos que tienen las mismas propiedades de los coliformes totales pero a temperatura de 44 o 44.5 °C. También se le designa como coliformes termo resistentes o termo tolerantes” (NTNCAP, 1995). La

medición de estos organismos constituye un mejor indicador que la contaminación misma por materia de origen fecal.

- B) **Coliformes totales:** se le conoce como un bacilo gram negativo no esporulado que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tenso activos con similares propiedades de inhibición de crecimiento no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35 o 37 °C, en un periodo de uno a dos días (NTNCAP, 1995). Este grupo incluye varios géneros, de los cuales todos pueden ser de origen fecal, es importante mencionar que estas bacterias pueden multiplicarse al encontrar un medio de materia orgánica.

2.2.3 Conductividad eléctrica.

Es una medida de la capacidad del agua en pasar corriente eléctrica que puede ser afectada por la presencia de aniones inorgánicos disueltos (carga negativa), como el cloro, nitratos, sulfatos, fosfatos y cationes (carga positiva) como el sodio, magnesio, calcio, hierro y aluminio (Tenorio, 2008). Según Solé (2005) “la medida de la conductividad requiere la compensación de la temperatura estándar escogida a 25 °C”.

2.2.4 pH.

El pH o potencial de hidrógeno del agua es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática, así como para sugerir su uso adecuado y representa una medida de la tendencia de alcalinidad o acidez de la misma. “El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua con compuestos químicos disueltos. Su expresión viene dada por el logaritmo de la inversa de la concentración del ion hidrogeno expresada en moles por litro” (Solé, 2005).

2.2.5 Turbiedad.

La turbiedad es un parámetro físico que se refiere a la habilidad del agua de dejar pasar la luz a través de ella, en cuanto el contenido de material en suspensión que se encuentra en el medio. La cantidad de luz puede ser difundida o absorbida por un fluido debido a la presencia de partículas suspendidas como arcilla, limo, arena, algas, plancton, microorganismos y otras sustancias. La turbidez es medida en unidades nefelométricas de turbidez UNT (Tenorio, 2008).

2.3 OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA.

El caudal es la medición (aforo) que se le da al agua que pasa por un riachuelo, río, tubería o por una sección normal de una corriente de agua, este conducto además de natural puede ser artificial; se expresa en unidades de volumen sobre tiempo (v/t) (Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental BVSDE, s.f.). De acuerdo con Millán (1996), entendemos como caudal la cantidad de fluido que atraviesa una sección dada por una unidad de tiempo (minutos, horas o segundos) y es expresado en m³.

El caudal está influenciado por la demanda hídrica, la cual consiste en el análisis del aprovechamiento del recurso hídrico inducido principalmente por los humanos. La Organización de las Naciones Unidas (2009) por su parte señala que la actual crisis de agua no tiene precedentes y atribuye tal situación a la constante movilización de la población mundial, el aumento y desarrollo global y el nivel de vida alcanzado por algunas naciones del mundo en desarrollo, sumadas a estas están las diferentes crisis que afectan a toda la humanidad: cambio climático, crisis económica y la de alimentación.

La oferta hídrica por su parte se denomina al análisis de las distintas variables hidrológicas a través del tiempo que aportan en la determinación de la disponibilidad de agua en un territorio, lo anterior establece una relación importante con la calidad y cantidad de agua disponible en el tiempo y espacio. Tal situación determina la oferta de agua para determinado sector usuario. Faith and Sustainable Technologies, FAST (s.f.) indica que la “oferta aprovechable de agua subterránea y superficial es aquella porción de agua apta para un fin específico, que puede utilizarse de manera económicamente eficiente, que estaría disponible a largo plazo y cuyo desvío del circuito natural es ecológicamente aceptable”.

Por otro lado si una sociedad posee una demanda de agua creciente y una oferta constante estará afectada por problemas de escasez. Se entiende por escasez a la limitante o dificultad que se presenta en determinado sitio para acceder a agua con calidad óptima. Todos los años se extraen alrededor de 3,830 km³ unos 3,800 millones de toneladas de agua dulce para consumo humano. El uso irracional del recurso está conduciendo a la humanidad a una crisis mundial, la cual si no es enfrentada de forma inmediata y mancomunada conllevará consecuencias catastróficas a mediano y largo plazo. La limitante del recurso agua a nivel mundial es sin lugar a duda uno de los problemas más graves a los que se afronta la humanidad (FAO, 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo entre los meses de Febrero a septiembre de 2009, en tres sitios puntuales los tanques primarios de almacenamiento de agua potable de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, La Reserva Biológica Uyuca y La Montaña de Santa Inés. El estudio se realizó durante la época seca del año, período en el cual se presentan mayores limitantes con relación a la oferta de agua para la EAP.

El estudio contempló la realización de mediciones de caudal, visitas de campo, revisión y análisis de información de las distintas unidades de Zamorano relacionados con el sistema de aguas y otros estudios en esta temática. Además fue necesaria la realización de diferentes entrevistas con personal del sistema de aguas potable de Zamorano. La secuencia en la cual se presentan los sitios en los cuales se realizó el estudio está relacionada con el orden utilizado en el periodo de toma de datos.

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

3.1.1 Tanques primarios de almacenamiento de agua, Jicarito.

Las estimaciones de caudal de entrada a Zamorano se realizaron en los tanques primarios de almacenamiento de agua propiedad de Zamorano. Los cuales están localizados en la comunidad de Jicarito, municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán a un kilómetro aproximadamente de la Escuela Agrícola Panamericana (Chávez, 2009).

El sistema primario de captación de agua para Zamorano (Figura 1), consta de alrededor de 11 estructuras colectoras en nacientes que conducen el agua hasta dos tanques de almacenamiento con una capacidad total de 1,022 m³/h. Los tanques distribuyen el agua hacia el campus de la EAP a través de tres válvulas de control y medición. En dichos tanques se realizan periódicamente actividades como son la cloración y neutralización del agua. Ambos reservorios tienen una capacidad total para almacenar 270,000 galones de agua con una altura de 3.2 metros (Chávez, 2009).

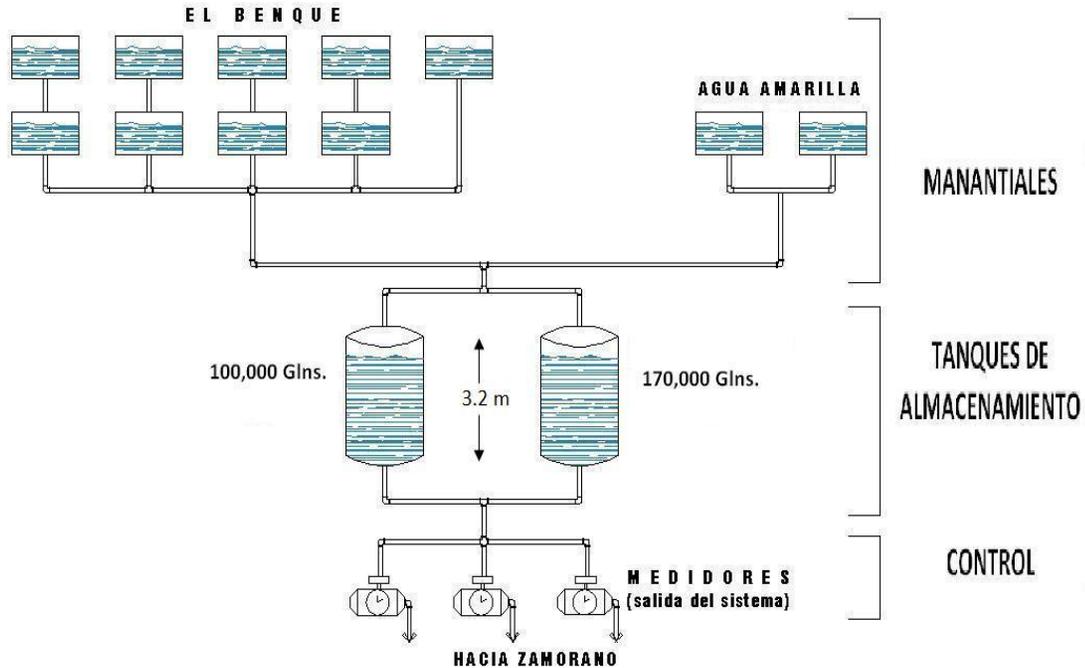


Figura 1. Esquema del sistema primario de captación de agua para la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, 2009.

Fuente: Dirección de Planta Física de Zamorano, modificado por el autor, 2009.

3.1.2 Reserva Biológica Uyuca.

La Reserva Biológica Uyuca, se localiza en el departamento de Francisco Morazán, Honduras entre el km. 17 y 24 carretera Tegucigalpa-Danlí, con altitudes desde 1,000 a 2,000 msnm, temperatura promedio anual en la parte baja de 22°C y en la parte alta de 16°C y una precipitación promedio anual de más de 2,000 mm (Gallo, 1997). Dicha reserva limita al sur con el Valle del Yeguaré, al norte con la microcuenca de la quebrada la Arena, al este con la aldea de Jicarito y San Antonio de Oriente y al oeste con la microcuenca de la quebrada de Río Grande (Mariño, 2004).

3.1.3 Montaña de Santa Inés.

La microcuenca de Santa Inés provee el agua utilizada para riego en Zamorano, se sitúa aproximadamente a siete kilómetros de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Se encuentra entre los municipios de Güinope, Yuscarán, El Paraíso y San Antonio de Oriente en el departamento de Francisco Morazán y limita con las microcuencas de las quebradas El Horno y La Jagua, con la montaña La Llorona y el Valle del Zamorano. Un total de 3,745.51 ha. en la montaña Santa Inés son propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (Herrera, 2001).

3.2 METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para la estimación de la oferta diaria de agua para Zamorano, se procedió a analizar los registros de consumo diario que posee la Dirección de Planta Física de Zamorano, así como los datos recolectados por el autor, en los tanques primarios de almacenamiento de agua de Zamorano. La oferta diaria de agua en Zamorano en m³/h se obtuvo aplicando una ecuación general de balance hídrico, la cual consiste en la realización de un cálculo (balance) de masas en el sistema, para ello se aplicó la siguiente ecuación:

$$\Delta \text{ Almacenamiento} = \Sigma \text{ entradas} - \Sigma \text{ salidas} \quad [1]$$

Por lo cual despejando para la sumatoria de entradas la ecuación resultante sería:

$$\Sigma \text{ entradas} = \Delta \text{ Almacenamiento} + \Sigma \text{ salidas} \quad [2]$$

3.2.1 Cambio en almacenamiento.

Para la estimación del cambio en almacenamiento se utilizaron los registros del volumen de agua acumulado en los tanques. Para lo cual se utilizó la ecuación siguiente:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \pi r^2 \times h \quad [3]$$

Donde:

r= radio del tanque (m)

h= altura del nivel del agua (m)

3.2.2 Nivel de agua en los tanques.

La altura del nivel de agua en los tanques se obtuvo mediante un transductor de presión Global Water® modelo WL15, depositado en uno de los tanques por el periodo comprendido entre los meses de abril-septiembre, se registraron los diferentes niveles (altura) de agua en los tanques en intervalos de tiempo previamente establecidos (tres minutos). Cabe indicar que en la parte externa de los tanques se cuenta con una manguera en la cual se puede observar el nivel del agua, lo cual sirvió para corroborar la veracidad de los datos registrados por el transductor.

3.2.3 Estimación de volumen de salida.

El sistema de almacenamiento de agua de Zamorano, posee tres medidores volumétricos (A, B y C), los cuales registran en metros cúbicos (m³), las salidas de agua hacia la EAP (Figura 1). Para realizar la estimación de las salidas se procedió a calcular la diferencia en los niveles de agua almacenados en un intervalo de 24 horas. La demanda total de agua para la EAP (estimación del volumen de salida) consistió en la sumatoria de la diferencia de salidas registradas en los medidores A, B y C. Por otro lado (en un día) se procedió al monitoreo de los parámetros generales (pH, conductividad y temperatura) por 24 horas, en intervalos de una hora.

3.3 RESERVA BIOLÓGICA UYUCA Y MONTAÑA SANTA INÉS.

En la Reserva Biológica Uyuca se realizaron un total de cuatro visitas de campo, por su parte para la montaña de Santa Inés se efectuaron dos. En la Reserva Uyuca la primera inspección se realizó con el objetivo de familiarizarse con el sitio, efectuar una apreciación rápida del área para visualizar e identificar posibles fuentes de captación de agua. Las visitas posteriores a la Reserva Biológica Uyuca se realizaron con la finalidad de: i) registrar las coordenadas geográficas Universal Transversor Mercator UTM, utilizando GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de los manantiales identificados ii) medir parámetros físico químicos generales del agua con la ayuda de un sensor multiparametro Oakton®, iii) recolectar muestras para el análisis bacteriológico y iv) realizar aforos volumétricos de las nacientes mediante la fórmula que se detalla a continuación:

$$Q= v/t \quad [4]$$

Donde:

Q= Caudal

v= Volumen

t= Tiempo

Por su parte las actividades en la Montaña Santa Inés consistieron en i) análisis bacteriológico y ii) medición de caudal, con la salvedad de que el aforo no se realizó en la quebrada, sino en el canal abierto que conduce el agua que Zamorano desvía para riego y sobre el cual existe un permiso de extracción. Para ello se usó de un correntómetro marca Geopacks Flowmeter (MFP51), con el que se estimó el caudal a partir de las siguientes ecuaciones:

$$Q= V \times A \quad [5]$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

V= Velocidad (m/s)

A= Área mojada del canal (m²)

$$V= 0.000854 \times C + 0.05 \quad [6]$$

Donde:

V= Velocidad (m/s)

C= Revoluciones por minuto

3.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA.

Las muestras recolectadas en la Reserva Biológica Uyuca y la montaña Santa Inés, se analizaron en el Laboratorio de Calidad del Agua de Zamorano. Posteriormente se realizó un análisis con mayor detalle en el laboratorio UNILAB, de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC).

Para el muestreo de las fuentes de agua en la montaña Santa Inés y la Reserva Biológica Uyuca se utilizaron bolsas de alambre plano Nasco Whirl-Pak, así como envases estériles de polietileno de alta densidad, los cuales fueron enjuagados dos veces, posteriormente fueron llenadas con agua. El volumen de muestra recolectada para los análisis fisicoquímicos fue de dos litros al utilizar recipientes plásticos de polietileno y de 532 ml. al utilizar bolsas estériles.

Las muestras recolectadas fueron analizadas en el laboratorio de aguas de Zamorano, en el cual se realizó el conteo de coliformes (fecales y totales) mediante el método de filtración de membrana. De las muestras recolectadas en Santa Inés se analizaron los parámetros de turbidez, sólidos sedimentables y nitratos; los métodos utilizados fueron el nefelométrico, cono imhoff y colorímetro respectivamente. Los resultados de los análisis (en campo y laboratorios) fueron comparados con los rangos permisibles en cuanto a parámetros bacteriológicos, organolépticos, fisicoquímicos y de sustancias no deseadas, que establece la Norma Técnica Nacional para la calidad del Agua Potable de Honduras.

4. RESULTADOS

4.1 TANQUES PRIMARIOS DE ALMACENAMIENTO, JICARITO.

4.1.1 Oferta de agua en Zamorano.

Durante el periodo de estudio los tanques de almacenamiento de agua de la EAP, contenían agua a un 80% a 85% de su capacidad. Se identificaron además un total de 35 días donde la demanda de agua superó a la oferta (días críticos), en ese sentido los meses de marzo y mayo registraron la mayor cantidad de días con un total de 14 y 10 respectivamente (Cuadro 1). Es importante considerar el hecho de que en el primer trimestre académico de Zamorano (enero – abril) la población se disminuye dadas las prácticas profesionales (pasantías) de los estudiantes de último año.

Cuadro 1. Días críticos por agua en Zamorano, Febrero-Junio 2009.

Mes	Días	Abastecimiento (m ³)	Consumo (m ³)	Diferencia
F E B R E R O	3	1,681.60	1,760.99	-79.39
	4	1,686.30	1,743.64	-57.33
	10	1,701.70	1,764.44	-62.74
	11	1,658.20	1,704.26	-46.06
	16	1,672.00	1,807.60	-135.60
	17	1,675.50	1,808.66	-133.16
	23	1,663.30	1,668.26	-4.96
	25	1,695.20	1,765.41	-70.21

Cuadro 1. Días críticos por agua en Zamorano, Febrero-Junio 2009 (continuación).

M A R Z O	2	1,672.50	1,836.57	-164.07
	4	1,643.40	1,663.13	-19.73
	5	1,652.50	1,672.21	-19.71
	9	1,632.90	1,934.13	-301.22
	10	1,613.40	1,672.37	-58.97
	11	1,641.00	1,987.44	-346.44
	16	1,642.30	1,680.43	-38.13
	18	1,629.80	1,793.24	-163.44
	23	1,616.70	1,664.82	-48.12
	24	1,511.60	1,768.89	-257.29
	25	1,608.40	1,677.82	-69.42
	27	1,437.30	1,568.12	-130.82
	30	1,578.70	1,875.47	-296.77
	31	1,516.20	1,758.26	-242.06
A B R I L	3	1,645.90	1,793.15	-147.25
	6	1,692.30	1,945.93	-253.63
	13	1,562.60	1,756.07	-193.47
	14	1,655.40	1,771.64	-116.2
	15	1,440.40	1,598.93	-158.53
	17	1,285.40	1,424.69	-139.29
	20	1,510.30	1,549.36	-39.06
	21	1,599.20	1,661.12	-61.92
M A Y O	4	1,570.90	1,586.37	-15.46
	11	1,512.60	1,517.81	-5.21
	12	1,522.50	1,564.60	-42.10
	13	1,516.20	1,586.53	-70.33
	14	1,508.40	1,551.54	-43.14
	18	1,523.20	1,561.50	-38.30
	19	1,648.30	1,737.85	-89.55
	25	1,488.00	1,488.007	-0.006
	26	1,517.40	1,631.57	-114.17
	27	1,507.40	1,658.27	-150.87
J U N I O	1	1,485.40	1,806.16	-320.75
	2	1,503.80	1,712.70	-208.90
	3	1,622.30	1,895.87	-273.57

Fuente: Dirección de Planta Física de Zamorano, 2009.

4.1.2 Parámetros generales de la calidad del agua, 2009.

Los parámetros de pH, temperatura se mantuvieron relativamente similares durante el tiempo de estudio. Los valores promedios fueron: pH = 4.75; temperatura = 20.73°C y conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$ = 70.34. En el monitoreo por un día a intervalos de una hora las entradas de agua en los tanques primarios de almacenamiento tuvieron un valor máximo de 109 m³/hora y un mínimo de 80 m³/hora; (28,794.75 y 21,133.76 galones por hora respectivamente).

4.1.3 Capacidad de almacenamiento del Agua, 2009.

La secuencia que sigue la demanda de agua por hora en la EAP en un día (Figura 2), en las primeras horas (3.00 am – 5.00 am) es creciente, se atribuye el hecho a que a esas horas unidades productivas como ganado lechero empiezan sus labores. Posteriormente entre las 6.00 am – 7.00 am, las válvulas son abiertas gradualmente, incrementándose así el abastecimiento hacia la EAP, a partir entonces de ese momento se registra una disminución en la cantidad de agua en los tanques. En horas de la mañana como en las tardes (jornada de labores en Zamorano) el comportamiento fue similar.

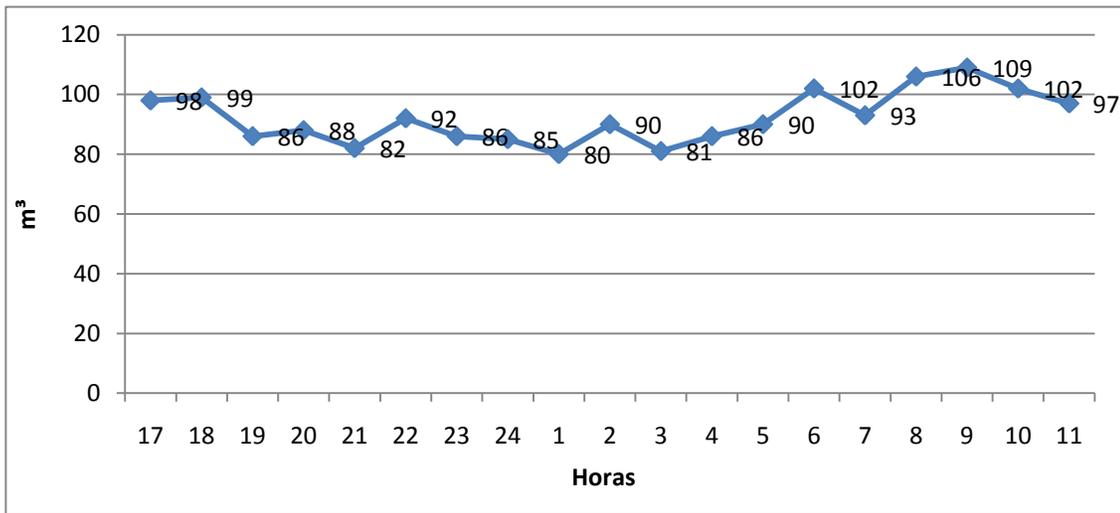


Figura 2. Secuencia por hora de 5.00 pm a 11.00 am, del almacenamiento de agua en m³, en los tanques primarios de Zamorano, 2009.

La entrada máxima de agua a los tanques primarios de almacenamiento de Zamorano, fue de 1,771.57 m³/día y la mínima de 1,059.80 m³/día (Figura 3), con una entrada promedio de 1,488.46 m³/día. Las salidas máximas y mínimas fueron de 1,677.40 m³/día y 1,059.80 m³/día respectivamente, con un promedio de consumo diario de 1,495.33 m³ (Figura 4).

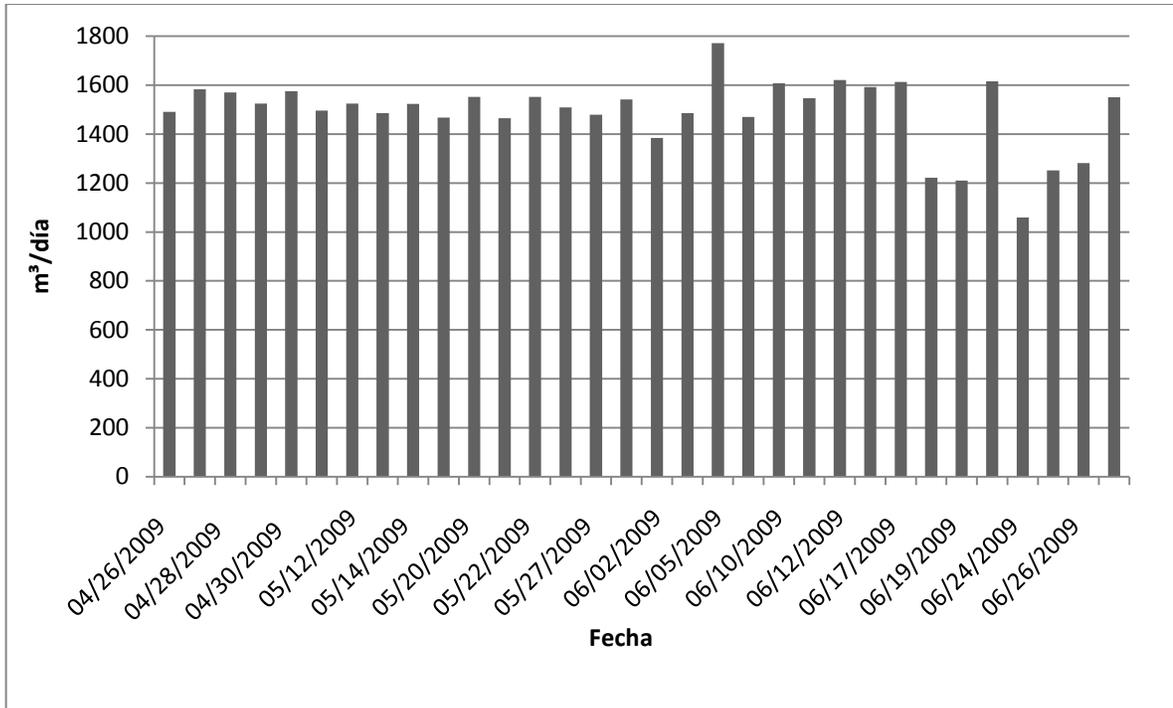


Figura 3. Abastecimiento diario promedio de agua para Zamorano, periodo Abril-Junio, 2009.

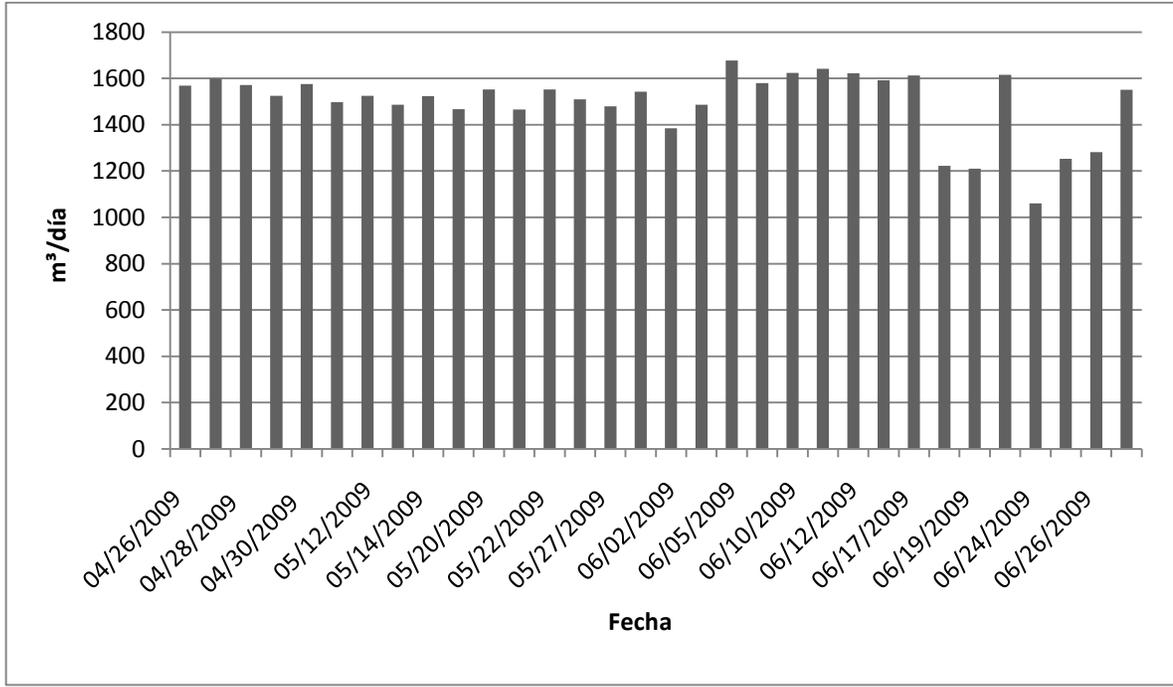


Figura 4. Consumo diario promedio de agua para Zamorano, periodo Abril-Junio, 2009.

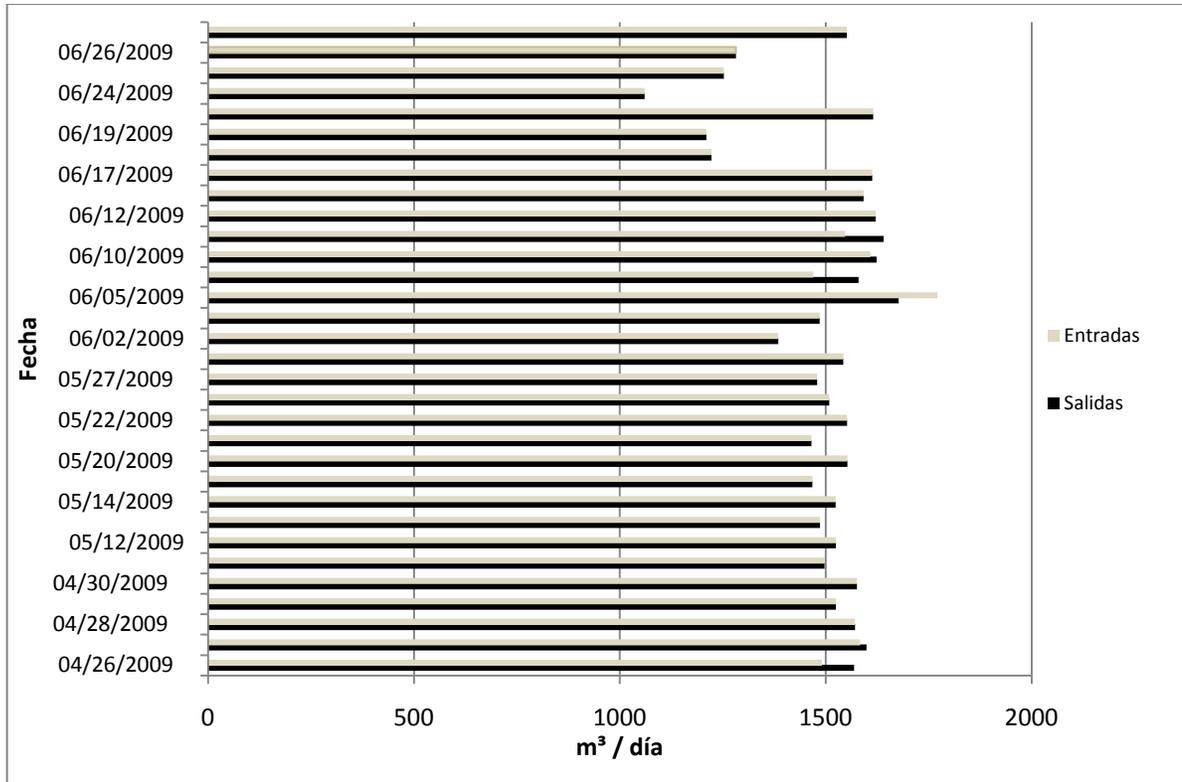


Figura 5. Promedios diarios de oferta y demanda de agua (m³/día) para Zamorano, periodo Abril-Junio 2009.

Durante el periodo comprendido entre los meses de febrero a septiembre de 2009, el promedio de abastecimiento diario en los tanques primarios de distribución de agua de la EAP fue de 1,679.15 m³, equivalente a un 12.4% más que el consumo de agua promedio, en el mismo periodo. El promedio de abastecimiento diario de agua en época seca (febrero-mayo) para la EAP fue de 1,598.18 m³, superando al promedio en la época seca por 69.97 m³. De mayo a septiembre (época lluviosa), el promedio de abastecimiento diario fue de 1760.13 m³ para un consumo promedio de 1,457.93 m³ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedios diarios de abastecimiento y consumo de agua en m³ en Zamorano, 2009.

Época	Mes	Abastecimiento	Consumo	Diferencia	Promedio época
Seca	Febrero	1,680.08	1,601.79	78.29	69.97
	Marzo	1,618.51	1,594.27	24.24	
	Abril	1,568.74	1,488.66	80.08	
	Mayo	1,525.41	1,428.15	97.26	
Lluviosa	Junio	1,879.83	1,490.39	389.44	302.41
	Julio	1,644.90	1,416.72	228.18	
	Agosto	1,766.99	1,488.33	278.66	
	Septiembre	1,749.64	1,436.30	313.34	

Fuente: Dirección de planta física, Zamorano, 2009.

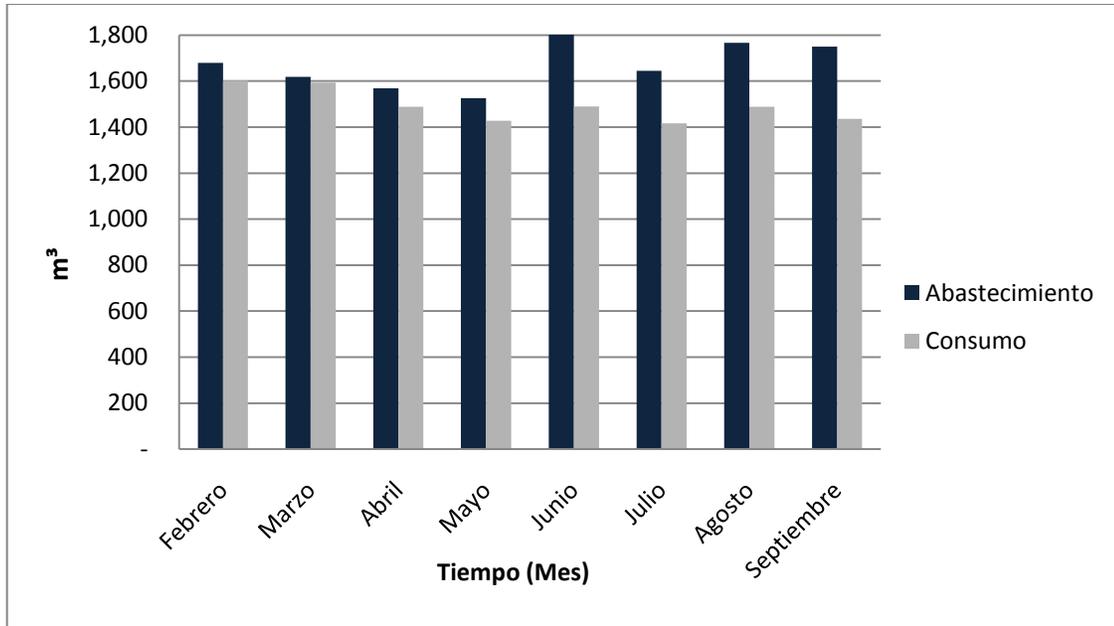


Figura 6. Oferta y demanda de agua en Zamorano, promedios diarios 2009.
Fuente: Dirección de planta física de Zamorano, 2009.

4.1.4 Demanda de agua por sectores usuarios, Zamorano 2009.

La dirección de planta física de Zamorano registra diariamente la cantidad en cuanto al uso de agua requerido en Zamorano, la institución esta sectorizada en 15 segmentos de los cuales cada una cuenta con un medidor volumétrico. Como lo señalan los cuadros 3 y 4 los sectores que más demandan de agua en Zamorano son los mismos durante todo el año.

El campus central es el sector usuario que demanda la mayor cantidad de agua con 28.1% (Cuadro 3 y 4). Es importante aclarar que los tributarios conectados a cada medidor volumétrico, son más en algunos casos (ejemplo el medidor del campus central incluye a todas las residencias estudiantiles exceptuando Rubén Darío y Maya) y por el contrario algunos otros solo cuentan con un medidor como es el caso de las plantas procesadoras de Zamorano.

Cuadro 3. Demanda de agua por sectores usuarios en Zamorano, Febrero-Mayo 2009.

Sector Usuario	Demanda (%)
Campus Central	30.30
Horticultura, Agronomía	18.57
Campus Alto	11.91
Monte Redondo	9.46
Zona II Horticultura	8.70
Plantel de mantenimiento y ciencias básicas	5.17
Planta de Lácteos	3.45
Establo de ordeño nuevo	2.88
Comedor estudiantil	2.38
Dormitorio Rubén Darío	2.18
Dormitorio maya	1.22
Planta de cárnicos	0.96
CEDA, carrera DSEA	0.79
Centro Kellogg	0.57
Planta hortofrutícola	0.50

Fuente: Dirección de Planta Física de Zamorano, 2009.

Cuadro 4. Demanda de agua por sectores usuarios en Zamorano, Junio-Septiembre 2009.

Sector Usuario	Demanda (%)
Campus Central	25.90
Horticultura, Agronomía	18.75
Monte Redondo	12.63
Zona II horticultura	11.08
Plantel de mantenimiento y ciencias básicas	7.99
Campus Alto	5.73
Planta de Lácteos	4.14
Establo de ordeño nuevo	3.61
Comedor estudiantil	2.87
Dormitorio Rubén Darío	2.70
Dormitorio maya	1.17
Centro Kellogg	1.12
Planta de cárnicos	1.05
CEDA, carrera DSEA	0.79
Planta hortofrutícola	0.46

Fuente: Dirección de Planta Física de Zamorano, 2009.

4.2 RESERVA BIOLÓGICA UYUCA.

4.2.1 Parámetros generales.

En la Reserva Biológica Uyuca se identificaron un total de 28 fuentes de agua de las cuales el 75% son arroyos (manantiales de agua). El porcentaje restante corresponde a cajas de distribución, la represa de captación antigua (no está en uso) y la represa de agua para la comunidad de Jicarito. Todos los puntos presentaron niveles de pH ácidos que oscilaron entre 4.36 y 6.17. Sin embargo, hubo presencia de coliformes en el 83.3% de las muestras analizadas, lo cual se atribuye a la existencia de contaminación fecal.

El 97% de los puntos identificados están siendo utilizados por Zamorano y otros usuarios (Figura 7). Además de la EAP, del Uyuca se abastecen las comunidades de Jicarito, el Chorrillo, el Chagüite y la Joya, sin embargo, en su mayoría su sistema de captación de agua es obsoleto e ineficiente. Se identificó un manantial que no ha sido tomado, sin embargo, el caudal que registra es bajo (0.9 L/seg).

El sitio denominado “Liquidámbar” fue el que registró un mayor caudal 9.2 L/seg. Durante la inspección se pudo observar que de este punto se está tomando agua de forma poco eficiente; no se conoce el usuario de esta fuente. Después de las actividades en la Reserva Biológica Uyuca se estima que el caudal posible a captar es de aproximadamente 10 L/seg (Anexo 7).

Cuadro 5. Fuentes de agua y su estado actual (parámetros generales), Reserva Biológica Uyuca, 2009.

	Altura msnm	pH	Conductividad μs/cm	Temperatura °C	Caudal L/seg	Coliformes Fecales	Coliformes Totales
Promedio	1,226.21	4.75	84.46	19.41	3.64	--	--
Mínimo	1,068.00	4.10	39.30	17.90	0.00	0.00	0.00
Máximo	1,570.00	6.17	190.80	20.80	9.20	1.00	28.00

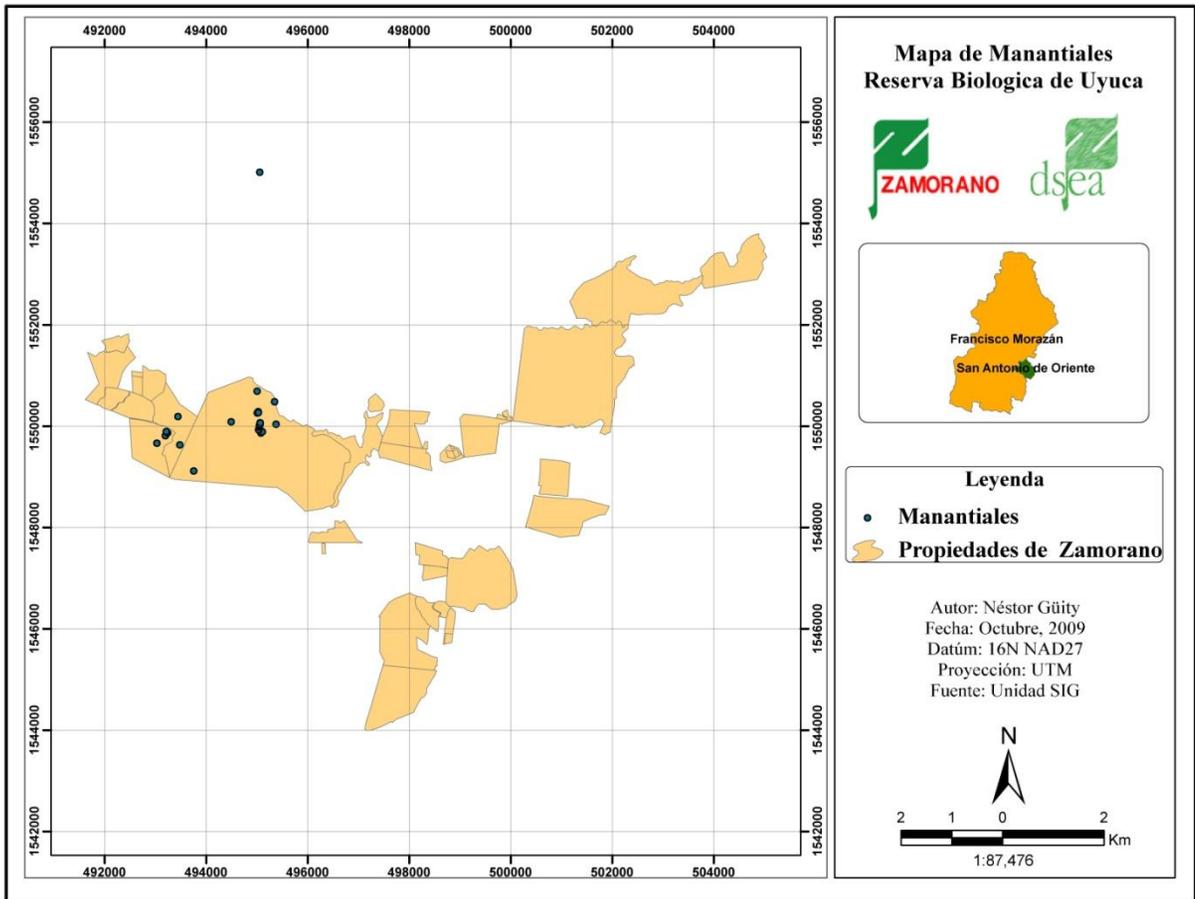


Figura 7. Manantiales identificados en la Reserva Biológica Uyuca.
Fuente: USIG Zamorano y el Autor.

4.3 CALIDAD DEL AGUA EN LA MONTAÑA SANTA INÉS.

El pH registrado en la montaña de Santa Inés fue de 7.1. Otros parámetros de importancia fueron el de coliformes fecales y totales, registrándose respectivamente un total de uno y 119 unidades formadoras de colonias para las dos muestras realizadas y el de turbiedad con un valor de cinco Unidades Nefelométricas de Turbidez, ambos por encima de la NTNCAP (Cuadro 6). A partir de los análisis realizados por UNILAB se concluyó que la turbiedad es el parámetro que está por encima de la NTNCAP (Cuadro 7).

Cuadro 6. Resultados de los parámetros bacteriológicos y generales, Santa Inés 2009.

Coordenadas		Altura msnm	Coliformes Fecales	Coliformes Totales	Conductividad	pH	Temperatura
Norte	Este						
505916	1544362	1,053	1 *	92 *	40.9	7.10	21.3
506050	1544185	1,100	0	27 *	45.5	7.21	22.1

Nota: *= Parámetros por encima de la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, Honduras.

Cuadro 7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, Santa Inés, 2009.

Análisis	Resultado	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Cloruros	1.77 mg/L	25	250
Conductividad	40.9 μ S/cm	400	--
Turbiedad *	50 UNT	1	5
Dureza Total	5.88mg CaCO_3 /L	400	--
Sulfatos	3.0 mg/L	25	250
Calcio	1.18 mg/L	100	--
Magnesio	1.14 mg/L	30	50
Sólidos Suspendidos totales	3.5 mg/L	--	100
Sólidos sedimentables	<0.1 mg/L	--	1
Nitrato (N- NO_3)	<0.01 mg/L	25	50
Nitrito (N- NO_2)	0.009 mg/L	--	0.1 ó 3.0
Hierro	0.06 mg/L	--	0.3
Manganeso	0.08 mg/L	0.01	0.5

Nota: *= Parámetro por encima de la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, Honduras.

5. DISCUSIÓN

La cuantificación de la oferta y demanda de agua para consumo en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano arrojó información que servirá como línea base para la toma de decisiones en virtud del crecimiento que la institución en mención está atravesando. Como punto inicial del estudio se concluyó que el abastecimiento y consumo de agua en la EAP es relativamente similar, lo cual plantea una problemática durante la apoca seca del año. Paradójicamente a esta realidad resulta interesante señalar que la dotación de agua en litros por persona por día (lppd) para la comunidad Zamorana es 4.52 veces mayor a los 120 lppd sugeridos para cubrir los requerimientos humanos en abastecimientos poblacionales (Sandiford *et al*, 1990). El hecho de que en Zamorano actualmente se registren niveles de consumo de agua similares a la oferta es atribuido al crecimiento acelerado de la comunidad Zamorano, particularmente la estudiantil (21% del 2004-2009), al mantenimiento de la oferta y el excesivo uso del agua por ciertos sectores usuarios en la EAP, los cuales reducen aun más la disponibilidad del agua en la institución en mención.

Torres (1999) planteó que en el año 1999 La Reserva Biológica Uyuca mantuvo una sobre-oferta de agua, la cual es suficiente para satisfacer la demanda de la EAP. Sin embargo, una década después en dicho sitio existe una competencia mayor por la captación de agua tanto por Zamorano como las comunidades cercanas. Cabe señalar que los parámetros generales de calidad del agua son similares a los encontrados 10 años atrás. De igual forma en el estudio de Torres (1999), como en el presente se registraron pH ácidos y la presencia de coliformes con cifras por encima del valor máximo permisible que establece la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable de Honduras, NTNCAP, lo cual enfatiza la necesidad de garantizar la implementación de acciones para mejorar su calidad previo a la distribución a la comunidad Zamorana.

Por otro lado, en la Reserva Biológica Uyuca existen diferentes usuarios además de Zamorano que captan agua, hecho que podría verse como una potencial problemática legal, dado que ciertas nacientes están situadas en los terrenos de Zamorano. Es importante considerar que la nueva Ley General de Aguas de Honduras (2009), en su artículo 61 señala que el aprovechamiento del recurso hídrico se regulará por tres principios: i) óptimo beneficio, humano social y económico, ii) perdurabilidad y protección del recurso y iii) la generación de impactos ambientales mínimos. Además dentro de los derechos de aprovechamiento por ministerio de ley, se señala que no se requerirá autorización especial para utilizar el agua en los usos comunes, definiendo uso común como: “aquellos que tienen por objeto la satisfacción de las necesidades primarias de subsistencia, incluyendo la bebida e higiene humana”.

Cabe señalar que esta ley en su artículo 25 indica que son de dominio público las aguas y sus espacios de cabida en lagos, lagunas, acuíferos subterráneos, plataformas marítimas, pantanos, espacios de apresamiento, de cursos continuos o discontinuos como cauces de ríos, vaguadas, canales naturales, obras de infraestructura como represas canales, acueductos, perpetuos e inalienable. Dicha ley explica que en manantiales y nacimientos de agua el dominio público comprenderá un área resultante de aplicar un radio de 30 metros alrededor del afloramiento de agua. Este nuevo marco normativo plantea la necesidad de revisar desde el punto de vista legal, la situación de cada una de las nacientes contempladas en el presente estudio previo a la toma de decisiones al corto y mediano plazo.

En este contexto es recomendable considerar una gestión integrada del recurso hídrico GIRH, la cual se refiere a un enfoque que pretende integrar el conocimiento de una diversidad de sistemas que deben considerarse en forma simultánea, bajo distintas disciplinas conocimientos y concepciones (Oviedo, s.f.). Dicha integración participativa y el respeto a las normativas vigentes son elementos necesarios para garantizar el éxito de cualquier iniciativa de esta índole y contribuir a una distribución más equitativa del recurso agua.

En la montaña de Santa Inés por su parte se registraron valores superiores en coliformes y turbiedad, al máximo permisible que establece la NTNCAP, sin embargo la captación y potabilización de tal sitio, es factible si se garantiza previamente la implementación de un sistema eficiente de tratamiento y distribución, como lo es el sistema de filtro de arena rápida; el cual tiene una capacidad de filtración 40 veces mayor que el sistema de filtros de arena lento (Gary y Glynn, 1999).

6. CONCLUSIONES

- El presente estudio confirmó que los niveles promedios de oferta (1,495.33 m³/día) y demanda (1,488.46 m³/día) de agua en Zamorano a lo largo del periodo de investigación son relativamente similares, hecho que ubica al recurso agua en la Escuela Agrícola en una posición de vulnerabilidad.
- Dada la explotación en cuanto a captación de agua de la Reserva Biológica Uyuca, durante el periodo de estudio no se observaron otras fuentes con caudal significativo como para considerar captación adicional de esta fuente. En dicho sitio existe una competencia por el recurso, sin embargo, en la mayoría de los casos la forma de captación del agua es ineficiente, afectando así la cantidad y calidad del agua previa a la llegada a su destino.
- Debido a las condiciones naturales y antropogénicas ciertos manantiales en la Reserva Biológica Uyuca han disminuido o perdido su caudal, otros por su parte presentan parámetros por encima de lo establecido en la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable de Honduras.
- De las muestras de agua estudiadas procedentes de la montaña Santa Inés, se concluyó que la turbiedad y coliformes (fecales y totales) fueron los parámetros por encima de los valores establecidos en la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable de Honduras. Sin embargo el agua procedente de la montaña Santa Inés es la fuente potencialmente más factible para ser anexada al sistema de captación y potabilización de agua de Zamorano.

7. RECOMENDACIONES

- Establecer un sistema práctico para el registro directo del caudal de entrada en los tanques primarios de almacenamiento de agua para la Escuela Agrícola Panamericana. En este sentido se recomienda utilizar medidores macro volumétricos. Además es importante considerar la ampliación de la capacidad de almacenaje de agua de los tanques primarios de Zamorano.
- Implementar un mecanismo viable y práctico con la incorporación de los estudiantes a través de ciertos módulos del Aprender Haciendo, para el monitoreo y registro periódico y continuo del estado de las fuentes de agua de la Reserva Biológica Uyuca y la montaña Santa Inés.
- Realizar actividades de mantenimiento (acceso y en el sitio), a las cercanías de los diferentes manantiales y fuentes de captación de la Reserva Biológica Uyuca y la montaña Santa Inés, considerando una protección mínima de 30 metros alrededor de cada afloramiento, en virtud de la categorización de dominio público para manantiales y nacimientos de agua que señala la ley de aguas de Honduras, 2009.
- Realizar un estudio desde la perspectiva jurídica de cada uno de los puntos de captación de agua en la Reserva Biológica Uyuca, priorizando los ubicados dentro de los límites de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Establecer alianzas participativas entre las autoridades de La Escuela Agrícola Panamericana Zamorano y las diferentes comunidades que captan agua de la Reserva Biológica Uyuca dentro de los terrenos de Zamorano, con el objetivo de conservar la reserva, realizar actividades de monitoreo y mantenimiento y que la misma sea aprovechada de mejor manera.
- Por el caudal que presenta, considerar a la montaña de Santa Inés como la principal fuente de captación de agua para la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Sin embargo, previo a la captación es necesario realizar otros estudios como ser el topográfico (en el cual Zamorano ya está trabajando), económico y ambiental.
- Realizar investigaciones en períodos de corto y mediano plazo en cuanto a cantidad, calidad y estado actual de las fuentes de agua de Zamorano, contribuyendo con una base de datos con permanente actualización, la cual será indispensable para la toma de decisiones en la Escuela Agrícola y servirá como línea base para investigaciones posteriores.

- Los resultados de la presente investigación fueron facilitados a la empresa AQUATEC- HONDURAS, la cual recomienda que por las características particulares del agua procedente de la montaña Santa Inés, es muy importante considerar para su tratamiento un sistema de filtros de arena rápido, el cual presenta ventajas como son filtración y distribución uniforme de las aguas de lavado, menor costo de mantenimiento y cajas de filtración menos profundas.
- Analizar y poner en práctica diferentes incentivos como ser el pago de tarifas, para incrementar la consciencia en cuanto a uso del agua en la comunidad Zamorano, priorizando los sectores usuarios que presentan una mayor demanda de agua en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

8. LITERATURA CITADA

Agudelo, N. 2009. Definición de manantiales, estado actual en la Reserva Biológica Uyuca (entrevista). Zamorano, HN. Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente.

BVSDE (Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental). S.f. fundamentos en el tratamiento del agua potable: Conceptos de hidrometría (en línea). Consultado 20 Jul 2009. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan3/041225/041225-04.pdf>. 1p.

Camapos, D. 1987. Procesos del ciclo Hidrológico. Infiltración, lluvia en exceso y humedad del suelo. 6-2p.

Chávez, J. 2009. Estado actual del sistema de almacenamiento de agua de la Escuela Agrícola Panamericana (entrevista). Zamorano. HN. Dirección de Planta Física, Zamorano.

Centro Nacional de Producción más limpia de Colombia, 2009. Evaluación de la calidad del agua (en línea). Consultado 30 May 2009. Disponible en: <http://www.cnplm.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID74.pdf>.

Cubillos, Z. 1988. Calidad del agua y control de la polución: Ambiente y Recursos Naturales. Venezuela. 7p.

Díaz, C. 2009. Cantidad de empleados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras (entrevista). Zamorano, HN. Oficina de Recursos Humanos.

ERSAPS (Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable de Honduras). 2005. Datos del sector agua potable y saneamiento. Consultado 15 de Sep 2009. Disponible en: <http://www.ersaps.gob.hn/portal/sector/>.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2005. Ordenación, conservación y desarrollo sostenible de los bosques. 21p.

FAO, 2007. Afrontar la Escasez del agua (en línea). Consultado 27 May 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0704sp4.htm>.

FAST (Faith and Sustainable Technologies). s.f. Estándares de calidad ambiental: Oferta Hídrica (en línea). Consultado 25 May 2009. Disponible en: http://www.fastonline.org/CD3WD_40/HDLHTML/ENVMANL/ES/VOL305.HTM#4.4%20OFERTA%20HÍDRICA.

Gallo, J. 1997. Análisis de la calidad del agua de los manantiales del cerro Uyuca. Tesis Ing. Agrónomo. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 17p.

García, M. 2003. Sistema de valoración para el agua potable en Zamorano. Tesis Ing. Gestión de Agronegocios. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 2p.

Gary, W., Glynn, H. 1999. Ingeniería Ambiental: Procesos de tratamiento de aguas, filtro de arena rápidos. 2da. ed. 402p.

Herrera, B. 2001. Valoración económica del agua en la micro cuenca Santa Inés, San Antonio de Oriente, Honduras. Tesis Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 16-17p.

Hilleboe, H. 2006. Departamento de Sanidad de Nueva York. Manual de tratamiento de aguas: Filtración rápida por arena. 93p.

Laguardia, A. 2002. Estudio Hidrológico para la microcuenca de la Quebrada Agua Amarilla, Zamorano, Honduras, C.A. Tesis Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 5p.

Ley General de Aguas de Honduras (Borrador), 2009. Decreto No.181-2009. Título III. Dominio, derechos y afectaciones jurídicas de las aguas. Artículos 25-61.

Mariño, D. 2004. Factibilidad para implementar un pago por servicios ambientales del recurso hídrico de la Reserva Biológica de la montaña de El Uyuca, Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 37-38p.

Millan, S. 1996. Automatización neumática y electro neumática. Unidades de caudal. 1ed. 47p.

Ministerio de Salud de Honduras. 1995. NTNCAP Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable: Normas técnicas de las descargas de agua residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. 3p.

Núñez, V. 2009. Incremento de la población estudiantil en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, 2004-2009 (entrevista). Zamorano, HN. Oficina de registro y asistencia financiera.

OMS (Organización Mundial para la Salud). 2006. Guías para la calidad del agua potable (en línea). Consultado: 25 Sep 2009. Disponible en:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2009. La crisis y demanda de agua (en línea). Consultado: 25 May 2009. Disponible en:
<http://www.unmultimedia.org/radio/spanish/detail/135614.html>.

OPS (Organización Panamericana de la Salud) 1988. Guía para la calidad del agua potable. Vol. 3. Control de calidad de agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. 1p.

Oviedo, K. s.f. Gestión integral de recursos hídricos, un paso para el desarrollo humano (en línea). Consultado 14 Sep de 2009. Disponible en: <http://arquivos.ana.gov.br/wfa/ca>. 21p.

Pérez, C., Locatelli, B., Vignola, R., Imbach, P. s.f. Importancia de los bosques tropicales en las políticas de adaptación al cambio climático (en línea). Consultado 10 Oct 2009. Disponible en: http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev51-52/rna51_Foro.pdf.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) 2006. El agua, un derecho en un mundo desigual (en línea). Resumen del informe sobre desarrollo humano 2006, Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. 15p. consultado 26 May 2009. Disponible en: http://hdr.undp.org/en/media/water_rights_and_wrongs_espanol.

Solé, A. 2005. Instrumentación industrial. Variables químicas, conductividad. 7 ed. 250p.

Sandiford, P., Porter, C., Orozco, G., and Pauw, J. 1990 Determinants of domestic water use in rural Nicaragua, *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 383-389p.

Tenorio, E. 2008. Guía práctica para la realización de muestreos de calidad del agua en microcuencas. Zamorano, Honduras. 3p.

Torres, C. 1991. Evaluación del efecto del huracán Mitch en la cantidad y calidad del agua en los manantiales de la montaña Uyuca. Tesis Ing. Agrónomo. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 37-38p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los análisis de las muestras de agua procedentes de Santa Inés, UNILAB 2009.

Análisis	Resultado	Incertidumbre Expandida	Valor Normal
NMP Coliformes Fecales	17/100 mL	N/A	-----
pH (21.3 °C)	7.10	± 0.02	-----
Color verdadero	248 Unidades Pt- Co	N/A	-----
Turbiedad	50 NTU	N/A	-----
Cloruros	1.77 mg/L	N/A	-----
Conductividad	40.9 µS/cm	N/A	-----
Alcalinidad total	17.10 mg CaCO ₃ /L	N/A	-----
Dureza Total	5.88 mg CaCO ₃ /L	± 0.07	-----
Calcio	1.18 mg/L	N/A	-----
Magnesio	1.14 mg/L	N/A	-----
Sulfatos	3.0 mg/L	N/A	-----
Sólidos Totales Disueltos	19.0 mg/L	N/A	-----
Sólidos Suspendidos totales	3.5 mg/L	N/A	-----
Sólidos sedimentables	<0.1 mg/L	N/A	-----
Nitrato (N-NO ₃)	<0.01 mg/L	N/A	-----
Nitrito (N-NO ₂)	0.009 mg/L	N/A	-----
Hierro	0.06 mg/L	N/A	-----
Manganeso	0.08 mg/L	N/A	-----

Información de muestra: Santa Inés, **Tipo de Muestra:** agua superficial,

Procedencia: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, **Cantidad:** 250 ml y 1 Gl.

Descripción de la muestra: liquido con leve turbidez y presencia de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: la muestra fue recibida en frascos plásticos proporcionados por UNILAB.

Anexo 2. Métodos de análisis utilizados para Santa Inés.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

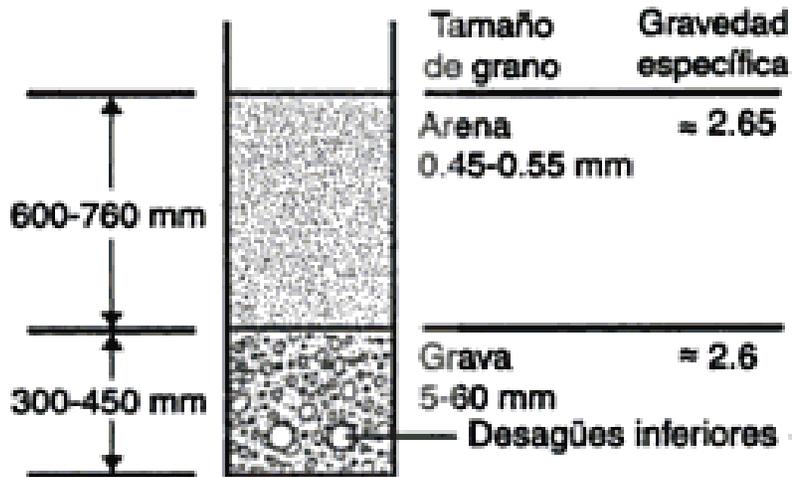
Análisis	Métodos
NMP Coliformes Fecales	9221 E. Fecal Coliform Procedure
pH	4500 H + pH value B. Electronic Method
Color verdadero	2120 Color C. Spectrophotometric single wavelength
Turbiedad	2130 Turbidity B. Nephelometric Method
Cloruros	4500-Cl Chloride B. Argentometric Method
Conductividad	Método 2510 B. Método de laboratorio (Electrodo)
Alcalinidad total y parcial	2320 Alkalinity B. Titration Method
Dureza	2340 Hardness. C. EDTA Titrimetic Method
Calcio (volumetría)	3500-Ca Calcium B. EDTA Titrimetic Method
Magnesio (volumetría)	3500-Mg Magnesium. B Calculation Method
Sulfato	4500 SO ₄ Sulfate E. Turbidimetric method
Sólidos Totales Disueltos	2540-C Total Dissolved Solids Dried at 180 °C
Nitrato	4500-NO ₃ Nitrogen (Nitrate) B. Ultraviolet spectrophotometric screening
Nitrito	4500- NO ₂ Nitrogen (Nitrite) B. Colorimetric Method
Hierro	3500-Fe Iron B. Phenantroline Method
Manganeso	HACH- Mn Manganese

Sistema de filtración recomendado para ser utilizado en la montaña de Santa Inés “Filtros de arena rápido”.

Los filtros de arena rápido conocidos también como filtros mecánicos de arena, tienen una capacidad de filtración 40 veces mayor que los filtros de arena lento. Una planta de filtración rápida por arena consiste en un lecho de arena, relativamente gruesa que elimine previamente los sólidos coagulados arrastrando después la sedimentación. En tal sentido el “tamaño efectivo” de la arena es usualmente de 0.35 a 0.55mm, siendo mayor que la de los filtros de arena lento (0.25 a 0.35 mm) (Hilleboe, 2006). Además es importante acotar que los filtros de arena rápido procesan agua a una velocidad de 4.8 a 9.6 m³/h. (Gary y Glynn, 1999).

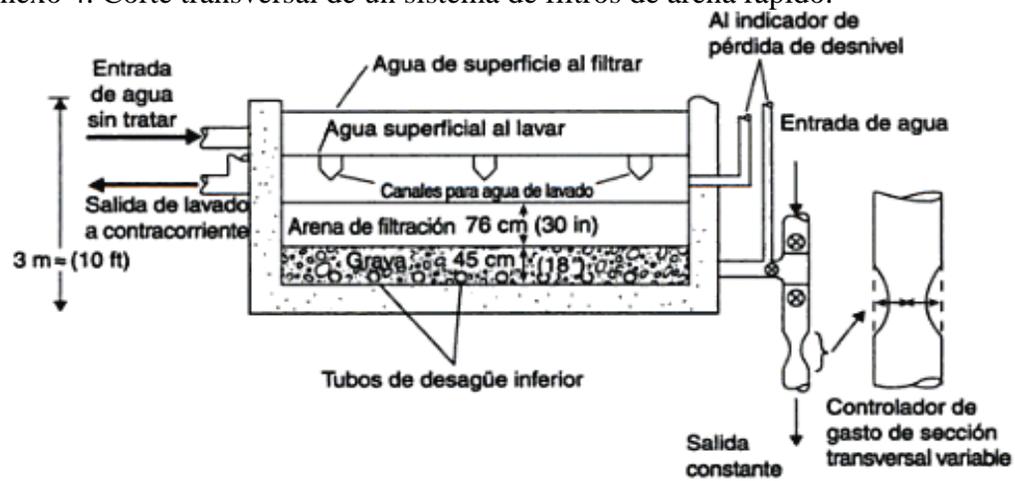
A este tipo de filtro se recomienda alojar en un edificio para proteger el agua de la intemperie y de posibles fuentes de contaminación. “El agua clarificada de los tanques de sedimentación o de floculación fluye al interior de la caja de filtro y recorre por gravedad le lecho filtrante hasta los desagües inferiores, los cuales conducen a depósitos de almacenamiento para el agua tratada” (Gary y Glynn, 1999). Es importante señalar que la velocidad a la cual se atraviesa un filtro disminuye a medida que se acumulen las partículas en los granos del filtro. La operación utilizada para limpiar a estos filtros se les conoce como lavado a contracorriente, la práctica de la misma va depender de la acumulación de partículas en los filtros, y consiste en el bombeo de agua a presión hacia arriba, esta práctica permite eliminar las partículas de suciedad más ligeras.

Anexo 3. Esquema de un filtro de arena rápido.



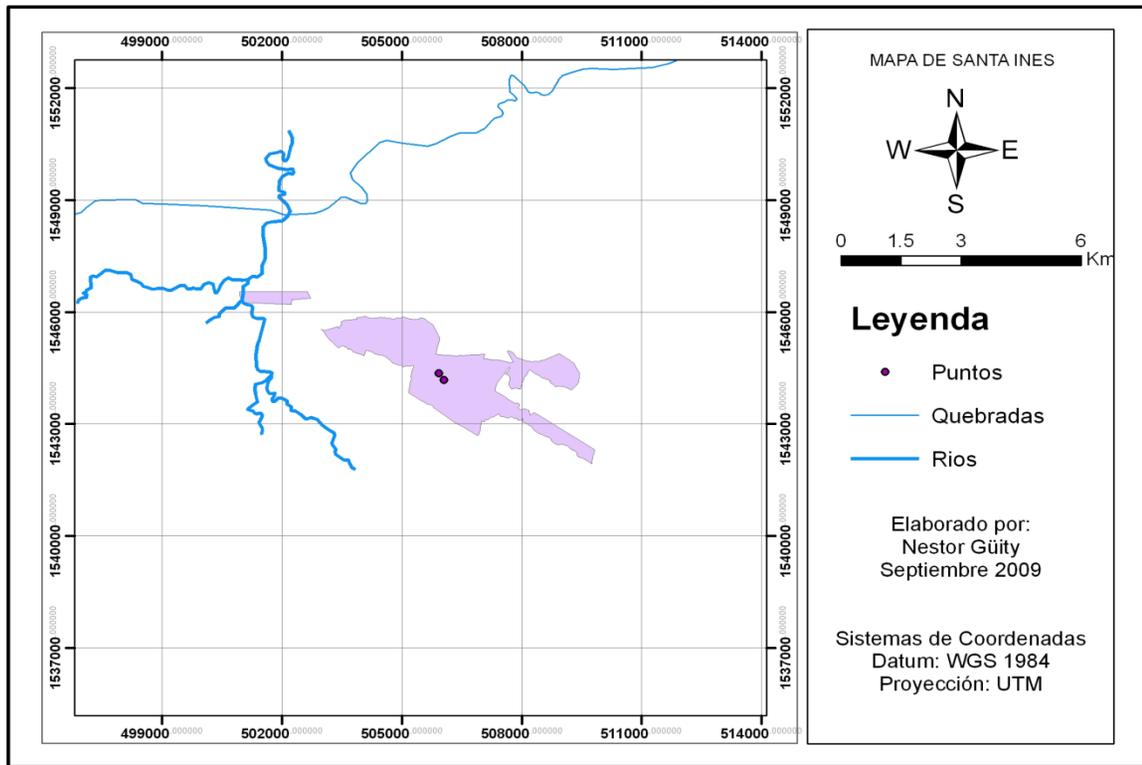
Fuente: Gary y Glynn, 1999.

Anexo 4. Corte transversal de un sistema de filtros de arena rápido.



Fuente; Gary y Glynn, 1999.

Anexo 5. Sitios en donde se recolectó las muestras de agua en la Montaña Santa Inés.



Anexo 6. Características de los manantiales situados en la Reserva Biológica Uyuca.

Punto	Descripción/Observaciones
1	Arroyo tomado, Localizado en el sitio denominado "La Manzana" a orillas de la carretera Pavimentada.
2	Arroyo recientemente tomado para la comunidad de Jicarito, Proveniente de la Quebrada la pita.
3	Caja de distribución de agua, localizada a cercanías de la carretera pavimentada.
4	Caja de distribución de agua, localizada a cercanías de la carretera pavimentada, en la cual vierten el agua los arroyos cercanos.
5	Caja de distribución de agua.
6	Arroyo tomado, con un caudal bajo (se está secando).
7	Arroyo ubicado a cercanías de la carretera pavimentada.
8	Caja de distribución de agua.
9	Arroyo ubicado a cercanías de la carretera pavimentada.
10	Arroyo completamente seco (No se observa agua).
11	Arroyo tomado ubicado a cercanías de carretera pavimentada.
12	Arroyo completamente seco (No se observa agua).
13	Arroyo tomado para el abastecimiento de la comunidad de el Chorrito.
14	Arroyo tomado, usuario desconocido.
15	Arroyo tomado, usuario desconocido.
16	Arroyo tomado localizado en el sitio denominado "el Mango".
17	Arroyo tomado localizado en el sitio denominado "el Mango".
18	Caja de distribución de agua.
19	Represa de agua para la comunidad del Chagiite.
20	Arroyo y nacimiento de agua, utilizado por la comunidad de Jicarito.
21	Arroyo y nacimiento de agua, utilizado por la comunidad de Jicarito "Agua Maria".
22	Toma de agua utilizada localizada en el sitio denominado "Liquidámbar".
23	Toma de agua, antes usada por la Comunidad de la Joya.
24	Sitio donde antes se localizaba la "presa vieja".
25	Arroyo de agua, se observa un caudal bajo, por lo cual representa cierta complejidad para su uso.
26	Arroyo tomado, usuario desconocido.
27	Arroyo tomado parcialmente ubicado en el sitio denominado "Liquidámbar".
28	Agua Cuesta Grande.

Anexo 7. Fuentes de agua identificadas y su estado actual en la Reserva Biológica Uyuca, 2009.

Punto	Coordenadas		Altura msnm	pH	Conductividad µs/cm	Temperatura °C	Caudal L/seg	Coliformes. Fecales	Coliformes. Totales
	Norte	Este							
1	495078	1549863	1,115	4.42	82.60	19.30	3.24	0	2
2	495107	1549887	1,116	4.36	87.40	19.90	D.N.R	0	17
3	495039	1549936	1,134	4.38	76.00	18.60	D.N.R	D.N.R	D.N.R
4	495035	1549926	1,132	4.50	72.10	19.30	D.N.R	D.N.R	D.N.R
5	495045	1549979	1,119	4.40	76.65	19.70	D.N.R	D.N.R	D.N.R
6	495045	1549988	1,123	D.N.R	D.N.R	D.N.R	0.05	D.N.R	D.N.R
7	495059	1550013	1,134	4.49	73.30	19.20	1.10	0	2
8	495053	1550021	1,129	D.N.R	D.N.R	D.N.R	D.N.R	D.N.R	D.N.R
9	495053	1550024	1,129	4.23	95.90	19.20	3.20	D.N.R	D.N.R
10	495059	1550027	1,133	D.N.R	D.N.R	D.N.R	0.00	D.N.R	D.N.R
11	495062	1550031	1,128	5.05	59.90	20.80	3.41	0	2
12	495058	1555009	1,130	D.N.R	D.N.R	D.N.R	0.00	D.N.R	D.N.R
13	495004	1550688	1,177	4.89	78.30	20.80	7.35	D.N.R	D.N.R
14	495062	1550067	1,143	4.37	72.50	18.60	4.52	D.N.R	D.N.R
15	495067	1550063	1,142	4.36	73.50	18.20	3.35	D.N.R	D.N.R
16	495008	1550259	1,166	5.39	49.20	20.70	4.21	0	28
17	495025	1550285	1,170	4.28	92.40	20.00	4.02	0	2
18	495032	1550264	1,172	D.N.R	D.N.R	D.N.R	D.N.R	D.N.R	D.N.R
19	494493	1550085	1,199	5.94	39.30	19.90	D.N.R	0	7
20	495349	1550481	1,068	4.59	74.80	20.40	D.N.R	0	0
21	495377	1550034	1,068	4.19	132.8	20.20	D.N.R	0	0
22	493197	1549809	1,565	4.73	123.4	18.40	6.37	1	16
23	493030	1549663	1,570	6.17	65.60	17.90	5.85	0	4
24	493243	1549867	1,528	6.10	72.70	18.00	4.30	D.N.R	D.N.R
25	493216	1549891	1,540	D.N.R	D.N.R	D.N.R	0.90	D.N.R	D.N.R
26	493447	1550187	1,566	D.N.R	D.N.R	D.N.R	2.20	D.N.R	D.N.R
27	493484	1549629	1,424	4.10	190.80	19.00	9.20	0	2
28	493757	1549115	1,314	D.N.R	D.N.R	D.N.R	2.20	D.N.R	D.N.R

Nota: D.N.R: Dato No Registrado.