

Evaluación del sistema de potabilización en la Escuela Agrícola Panamericana

Angélica Lucía Colindres Mejía

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2010

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIO-ECONÓMICO Y AMBIENTE

Evaluación del sistema de potabilización en la Escuela Agrícola Panamericana

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Desarrollo Socio-Económico y Ambiente en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Angélica Lucía Colindres Mejía

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2010

Evaluación del sistema de potabilización en la Escuela Agrícola Panamericana

Presentado por:

Angélica Lucía Colindres Mejía

Aprobado:

Erika Alejandra Tenorio, M.Sc.
Asesora Principal

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

Donaldo Chávez, M.A.E.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

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

RESUMEN

Colindres, A. 2010. Evaluación del sistema de potabilización en la Escuela Agrícola Panamericana. Proyecto especial de graduación del programa de ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, 42p.

Agua de consumo de óptima calidad es indispensable para el abastecimiento de cualquier población o comunidad. El sistema de tratamiento de agua potable del Zamorano tiene aproximadamente 25 años de antigüedad y en el mismo realizan tratamientos primarios de alcalinización correctiva de pH y desinfección. Durante el periodo de julio a septiembre de 2010 se realizaron estudios en los diferentes sitios de captación de agua, en la red de distribución (grifo en un punto medio y final del sistema) y en los puntos de consumo final (oasis en residencias estudiantiles). Se midió diariamente la concentración de cloro libre y total, pH y turbidez en la red de distribución para evaluar la eficiencia de los procesos de cloración y alcalinización. Se cuantificaron cargas bacterianas tanto en las nacientes como en los oasis estudiantiles mediante el método de filtración de membrana con el propósito de determinar posible presencia de bacterias fecales y riesgos a la salud. Los resultados demuestran que el proceso actual de alcalinización es ineficiente en alcanzar un pH neutro para el agua de la comunidad (Promedio de 3.8). Por otro lado, los valores de cloro libre son fluctuantes a lo largo de la semana y en valores promedio por encima de los valores recomendados por la OPS 1.5 mg/L. Se encontraron adicionalmente conteos de coliformes fecales en 5 de 12 oasis ubicados en cada una de las residencias estudiantiles. Finalmente se hicieron pruebas de dosificación para determinar las cantidades adecuadas de soda Ash y de hipoclorito de Calcio que se deben aplicar para corregir los procesos de alcalinización y desinfección.

Palabras clave: alcalinización, cloración, tratamiento de agua.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resúmen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
Siglas.....	vi
Símbolos y abreviaturas.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3. METODOLOGÍA.....	9
4. RESULTADOS.....	12
5. DISCUSIÓN.....	19
6. CONCLUSIONES.....	21
7. RECOMENDACIONES.....	22
8. LITERATURA CITADA.....	23
9. ANEXOS.....	25

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Análisis de los arroyos de abastecimiento de agua a Zamorano (23 julio 2010).....	18
Figura	Página
1. Cloro libre diario promedio en el comedor estudiantil Doris Zemurray y el módulo de ganado porcino (n días=8).	12
2. Cloro diario total promedio en mg/L en el comedor estudiantil Doris Zemurray y el módulo de ganado porcino (n días=8).	13
3. pH diario promedio en el comedor estudiantil Doris Zemurray y el módulo de ganado porcino (n días=8).	13
4. Valores diarios de turbidez del comedor estudiantil Doris Zemurray y el módulo de ganado porcino.	14
5. Coliformes no fecales en residencias estudiantiles (19 de Julio 2010).	15
6. Coliformes fecales y no fecales en residencias estudiantiles (21 julio 2010).	16
7. Coliformes fecales y no fecales en residencias estudiantiles 12 agosto 2010.	17
8. Ubicación de Arroyos que abastecen actualmente a EAP Zamorano.	18
Anexo	Página
1. Anexo 1. Análisis de T student para cloro libre, entre comedor Doris Zemurray y modulo de ganado porcino.	25
2. Anexo 2. Análisis de T student para el pH, entre comedor Doris Zemurray y modulo de ganado porcino.	26
3. Anexo 3. Análisis de T student para turbidez, entre comedor Doris Zemurray y Modulo de ganado porcino.	27
4. Anexo 4. Imágenes de los tipos de oasis de las residencias estudiantiles de la EAP.	28
5. Anexo 5. Imágenes de los arroyos que abastecen el sistema de distribución de la EAP.	30
6. Anexo 6. Tabla de análisis de agua EAP 2009(UNILAB)	34

SIGLAS

EPA:	Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos
NESC:	Servicio Ambiental Nacional de Estados Unidos
NYSDH:	Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York
OMS:	Organización Mundial para la Salud
OPS:	Organización Panamericana de la Salud
UPRM:	Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

CaCO ₃ :	Carbonato de calcio
Ca (OCl) ₂ :	Hipoclorito de calcio
Cl ₂ :	Cloro
HClO:	Acido hipocloroso
HCl:	Ácido clorhídrico
H ₂ O:	Agua
Kg/día:	Kilogramos por día
L:	Litros
mg/L	miligramos por litros
Na ₂ CO ₃ :	Bicarbonato de sodio
pH:	Potencial de Hidrogeno
rpm:	Revoluciones por minuto
UFC/100 ml ⁻¹ :	Unidades formadoras de colonias en 100 mililitros
UNT:	Unidades Nefelométricas de Turbidez
USD:	Dólares americanos
μ S/cm:	Micro Siemens por centímetro cuadrado
NaOH:	Hidróxido de sodio

1. INTRODUCCIÓN

Agua potable es aquella que se considera apta para el consumo humano ya que representa riesgos a la salud humana y adicionalmente cuenta con la aceptación de los consumidores por su apariencia estética (turbidez, olor, color, sabor) y su composición química (acidez, alcalinidad). Por esa razón, un agua destinada a consumo debe cumplir con los valores establecidos por las autoridades de salud competentes a nivel nacional e internacional, ya que estos constituyen un indicador que alerta sobre posibles riesgos o alteraciones en las fuentes de donde el agua se regula mediante los procesos de tratamiento (OPS, 2003).

Un sistema de potabilización de agua debe contar con los protocolos de control de calidad y de evaluación, tanto del agua cruda como del agua tratada. En la evaluación del proceso de tratamiento, se deben efectuar estudios detallados de carácter fisicoquímico, y microbiológico desde sus fuentes principales, en los puntos de tratamiento y en la red de distribución en su totalidad para determinar las condiciones y la calidad que se les ofrece a los consumidores.

El agua potable distribuida entre la comunidad Zamorano tiene procedencia de trece vertientes de la Reserva Biológica de Uyuca. El sistema de tratamiento de agua potable del Zamorano tiene aproximadamente 25 años de antigüedad, cuenta con una red de conducción desde las nacientes hasta dos tanques de almacenamiento en los cuales se realizan dos procesos de tratamiento: alcalinización para ajustar el pH del agua y cloración con fines de desinfección para posteriormente distribuirla a los usuarios de la EAP. A la fecha no se ha realizado un monitoreo diario de la eficiencia de ambos procesos de tratamiento o una evaluación exhaustiva de la calidad del agua en los puntos finales de consumo de los estudiantes.

Para garantizar la calidad del agua potable de acuerdo al tratamiento que se utiliza actualmente en la EAP se deben realizar un control de la eficiencia de los procesos de alcalinización y desinfección en el agua de consumo para asegurar la calidad del agua local y la salud de los habitantes. El presente estudio pretende evaluar de manera más detallada los procesos que se efectúan en el sistema actual de agua potable con el fin de proponer mejoras a corto y largo plazo que puedan asegurar la calidad del agua de consumo para la comunidad zamorana.

1.1 OBJETIVOS

1.2 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad del agua de consumo y los procesos actuales de potabilización en la EAP, con el fin de presentar alternativas de mejora a corto plazo y garantizar la salud de los consumidores.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la eficiencia de los procesos de alcalinización y desinfección.
- Proponer mecanismos de mejora del proceso actual de potabilización.
- Evaluar el estado y calidad de las fuentes de abastecimiento.
- Evaluar la calidad bacteriológica del agua en los puntos de consumo final en las residencias estudiantiles.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Según la OPS-OMS (2003) la calidad de los servicios de agua potable en Honduras no es en su mayoría adecuada para la salud de los usuarios. Más del 90 % del abastecimiento de agua potable es discontinuo. Solamente el 44 % cuenta con cloración efectiva y no se dispone de apropiados técnicas de control y monitoreo de la calidad del agua. Esto sin duda es una de las causas más importantes de que en Honduras las enfermedades de origen hídrico representan el primer lugar de morbilidad y el segundo en mortalidad infantil.

Para conocer la calidad del agua es elemental realizar análisis que permitan determinar el estado de la misma. La presencia de bacterias, análisis básicos a realizar en la evaluación de la calidad de agua indican por ejemplo que el agua puede estar contaminada por organismos patógenos presentes en heces fecales y pueden implicar un riesgo para la salud humana (EPA, 2009).

El agua potable es aquella que cumple con las políticas establecidas por instituciones nacionales e internacionales, es considerada consumible utilizado para uso domestico que no ocasionan perjuicios a la salud del consumidor (OPS, 2005).

2.2 TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Los métodos básicos de tratamiento de agua que son utilizados tienen como principal objetivo eliminar las impurezas presentes en el agua. Sin embargo, ciertos componentes en el agua se eliminan sustituyéndolo por otras sustancias, y en otros casos las sustancias añadidas tienen como propósito ofrecer ciertas características deseables al agua potable (NYSDH, 2006).

A continuación se describen los procesos mas frecuentes llevados a cabo en plantas potabilizadoras.

- La sedimentación es el primer proceso donde se elimina o divide las partículas suspendidas más pesadas del agua. Estas son separadas por la acción de la gravedad, no requiere ningún tipo de agente químico en la operación.
- La coagulación es el proceso donde son añadidas sustancias químicas, con el propósito de originar agregados finamente divididos, para una rápida sedimentación.

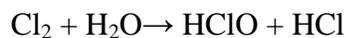
- La floculación, reúne las partículas que no están estables y las aglomera facilitando la sedimentación por el peso y tamaño. A pesar de la aplicación de agentes coagulantes, el proceso de mezcla y la floculación, el agua puede aun contener sólidos, es por eso que es recomendable filtrar el agua posteriormente.
- La alcalinización es el proceso en el cual el agua tiene capacidad de neutralizar ácidos. Donde los ácidos débiles como el bicarbonato, carbonato contribuyen a la alcalinidad. La alcalinidad es influenciada por la presencia de carbonatos, la temperatura, fuerza iónicas y de la composición general del agua.
- La desinfección es el proceso comúnmente utilizado para eliminar o controlar la presencia de organismos patógenos en el agua. A través de la EPA, el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica y la Ley de Agua Potable Segura en el año de 1986, establecieron como objetivo la implementación de procesos de desinfección en los que se asegura el control de microorganismos peligrosos, no distribuir exageradas cantidades ya que la toxicidad del agua podría afectar, y minimizar la formación de subproductos indeseable en el proceso de la desinfección.

2.2.1 Desinfección

La desinfección es un proceso que es utilizado para la reducción del número de microorganismos patogénicos hasta alcanzar una concentración innocua. Consecuentemente, debe prestarse cuidadosa atención a la selección y operación del equipo clorador, el cual debe suplir las necesidades del abastecimiento de agua, según las condiciones del sitio (NYSDH, 2006).

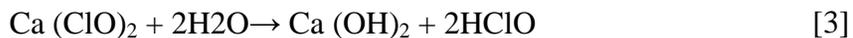
Dentro del sistema de agua es recomendable que el cloro sea aplicado en dos etapas diferentes del proceso de tratamiento, al entrar y al salir. En la salida del agua, se añade cloro en exceso (cloro residual) para que siga actuando como desinfectante a medida que el agua pase por las cañerías de distribución. En el interior de las cañerías podrían aparecer bacterias que se adhieren a las paredes y forman una capa de microorganismos bacteriológicos. Es importante que la cantidad de cloro residual sea la adecuada, porque si se excede en cantidad favorece la formación de tóxicos y provocar el rechazo de la población a causa de su sabor y olor.

El desinfectante más frecuentemente utilizado es el hipoclorito de calcio es un compuesto sólido de color blanco, con una concentración de 65% de cloro que se disuelve rápidamente en el agua. Es corrosivo con olor fuerte, que debe ser alejado de materiales orgánicos como la madera, ropa ya que al tener contacto pueden generar suficiente calor y causar fuego o explosión. El Hipoclorito de calcio absorbe la humedad, formando gas de cloro (NESC *et al.* s. f.). El Cl₂ cuando es disuelto con agua, se hidroliza y generar ácido hipocloroso y ácido clorhídrico.



[1]

En el caso de los hipocloritos, se produce una disociación de ambas sales de acuerdo a las ecuaciones:



Hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio, forman ácido hipocloroso, que es el desinfectante utilizado comúnmente en el tratamiento de agua potable. El ácido hipocloroso es más efectivo que el ión hipoclorito, este hecho podría estar relacionado con la inexistencia de carga en la molécula de ácido hipocloroso. Al ser una molécula neutra, es más fácil penetrar la pared bacteriana como resultante de la actividad bactericida. A pH menores de 7.5 la cantidad de hipoclorito para desinfectar el agua es mucho menor que la necesaria para esa misma agua a pH superior a 7.5. El cloro y sus compuestos son utilizados también en: control de olores y sabores, prevención de crecimiento de algas, eliminación de hierro y manganeso, destrucción de ácido sulfhídrico y eliminación de colorantes orgánicos (ITC, s.f.).

2.2.2 Alcalinización

Según la OPS (2005) la alcalinización es el proceso en el cual se agregan un álcali, cuando se tratan aguas ácidas o modificar el pH de la misma, y de esta forma optimizar los procesos de coagulación. Los aniones de los ácidos débiles como ser los carbonatos, bicarbonatos favorecen que el agua sea alcalina. El bicarbonato representa la forma química con la más alta contribución en la alcalinidad del agua (UPRM, s.f.).

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua para controlar la corrosión y la incrustación de la red de distribución (OMS, 2007). Algunos alcalinizantes utilizados comúnmente para el tratamiento de agua potable son el carbonato de calcio y la Soda Ash los cuales se describen a continuación.

La Soda Ash o carbonato sódico Na_2CO_3 , es un producto inodoro, de color blanco. Tiene una concentración de 99.8 % y una solubilidad de 71 g/l en el agua. La Soda Ash tiene muchos usos además de ser un alcalinizante, puede ser utilizado en productos farmacéuticos, en cosméticos como un aditivo, y en productos foto-químicos. La Soda Ash puede causar irritación en los ojos, la piel, el sistema respiratorio y el riesgo de dolor de garganta y sangrado de la nariz a causa de exposiciones prolongadas. Debe conservarse en lugares secos, y en contenedores cerrados y la utilización de equipo de protección personal antes de utilizar el alcalinizante (Solvay Chemicals, 2008).

El carbonato de calcio o calcita es utilizado como alcalinizante. Es de apariencia sólida de color blanco, inodoro, se descompone al calentarse a altas temperaturas, produce dióxido de carbono. Al tener contacto con la piel provoca resequedad, enrojecimiento de los ojos, y tos al ser inhalado. El carbonato de calcio no es un producto inflamable, sin embargo se debe manipular utilizando equipo de protección personal (ECOSUR, s.f.).

2.3 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA MONITOREO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Para estar al tanto de la calidad del agua se evalúa la eficiencia de los parámetros que permiten analizar la condición en que se encuentra una fuente o tratamiento del agua en particular. En muchos casos los recursos son limitados y no es posible proceder con un control tan exhaustivo de la fuente de agua. Se hace necesario tomar en cuenta que para poder tener un control preliminar se debe comenzar por analizar los siguientes parámetros: Cloro residual, turbiedad, pH, conductividad, parámetros relacionados con la aceptabilidad en el agua (color, sabor, olor, hierro, manganeso) y parámetros bacteriológicos (Benqlilou, *et al.* 2004). En este estudio se incluyeron los parámetros más significativos los cuales se describen a continuación.

2.3.1 Turbiedad

La turbiedad, es la habilidad del agua de dejar pasar un rayo de luz a través de ella. Se origina por coloides o partículas en suspensión como, arcilla, limo, tierra finamente dividida (OPS, 2005). La turbiedad es causada por partículas que se encuentran suspendidas y disminuyen la transparencia del agua. Se mide utilizando un turbidímetro en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

La remoción de la turbiedad, requiere del uso de coagulantes, acondicionadores de pH y ayudantes de coagulación. Para un tratamiento adecuado debe considerar el tamaño y comportamiento de las partículas existentes (estructura, composición, forma), ya que esto afecta la calidad estética en el agua, lo que la hace poco agradable a la vista de los consumidores (OPS, 2005).

Adicionalmente y mas allá de ser un problema estético, la turbidez está asociada a otros parámetros de interés para la salud, como bacterias, fosfatos, metales y pesticidas que se adhieren a las partículas en suspensión causantes de la turbidez. Según la Secretaria de Salud de Honduras el valor recomendado de turbidez es de 1 UNT y un valor máximo admisible de 5 UNT.

2.3.2 pH

Según la Norma Técnica Nacional de Calidad de Agua de Honduras (1995) el pH de aguas crudas y tratadas debe ser de 5 a 8.5 para un mejor control del comportamiento de otros constituyentes existentes en el agua, como por ejemplo el cloro. El pH afecta la

acción desinfectante del cloro, específicamente la del cloro residual combinado. En condiciones ácidas se inhibe la acción desinfectante del cloro.

Uno de los principales problemas que se presentan cuando el pH es menor a 7 es la corrosión en las partes metálicas que se encuentran en contacto con el agua. El pH del agua es el factor principal que determina la solubilidad de muchas de las tuberías y de las láminas que se forman a causa de la corrosión de los productos (Letterman, 1999).

El pH no es el determinante principal de efectos adversos en el agua y la alerta a la salud no surge del consumo de agua ácida como tal. El pH del estómago, que contiene ácido clorhídrico, por ejemplo se encuentra entre 1.0 y 3.5. Otros alimentos de consumo diario pueden tener pH ácidos, como el jugo de limón, con un pH de 2.4, y vinagre, con un pH de 2.8 y no representan una amenaza para la salud. Una relación directa entre la salud humana y el pH del agua potable es imposible de determinar, porque el pH está estrechamente relacionado con otros aspectos de la calidad del agua como la coagulación y la desinfección. El efecto en la salud es de forma indirecta a causa del grado de corrosión de los metales, en la ingestión de metales por las tuberías y cañerías corroídas o inadecuada desinfección (OMS, 2007).

La presencia de algunos metales como el hierro generalmente se debe a que el pH del agua es menor a 7. La corrosión del agua es uno de los principales problemas en el agua potable. El deterioro de los materiales puede causar problemas a largo plazo como ser, reparaciones, cambios del sistema. La corrosión de tuberías tiende a incrementar las concentraciones de ciertos metales como ser plomo, cadmio, cobre, hierro y zinc, que generalmente dan el sabor metálico al agua de consumo (Letterman, 1999).

Las corrosiones en las tuberías de distribución de agua perjudican la salud de los consumidores ya que el cuerpo tiene mecanismos diseñados para absorber una cantidad considerable de hierro, sin embargo al encontrarse en exceso este entrará y afectará los tejidos y órganos vitales, como hígado, glándulas endocrinas y el corazón (Serrano, s.f.).

2.3.3 Parámetros Bacteriológicos

Según Letterman (1999) el agua de consumo humano debe estar libre de coliformes fecales y no fecales, los cuales no necesariamente son patógenos pero constituyen indicadores de contaminación bacteriana y fecal. Las bacterias pueden desarrollarse a lo largo de las diferentes conexiones de las tuberías por inadecuada acción desinfectante en el agua o acumulaciones sedimentarias. El conteo total de coliformes es utilizado para la medición de tratamiento de la reserva de agua, y un mejor control de los riesgos de la salud pública.

Para contar con un servicio de agua segura, es importante que la eliminación de bacterias sea una de las fases primordiales, además de prevenir que las bacterias puedan estar presentes en los lugares de abastecimiento.

En 1995 la Secretaria de Salud de Honduras decretó que en un abastecimiento con agua entubada tiene un valor recomendado de 0 UFC/100ml y un máximo admisible de 3 UFC (unidades formadoras de colonia)/100 ml en el caso de coliformes totales. En el caso de las coliformes termo tolerantes o fecales estos dos valores deben de ser de 0 UFC/100 ml.

3. METODOLOGÍA

3.1 ANÁLISIS DIARIOS DE CLORO Y TURBIDEZ

Con el fin de evaluar la eficiencia de los procesos de cloración y alcalinización en la EAP actuales, se realizaron dos muestreos diarios (10:30 a.m. y 4:00 pm) durante 28 días consecutivos en los meses de junio y agosto. Se seleccionaron como sitios de muestreo el Comedor Doris Zemurray y el módulo de Ganado Porcino. El primer sitio corresponde a un punto intermedio del sistema y el segundo es el punto final de la red de distribución de agua potable.

3.1.1 Aplicación de Cloro

Para analizar las muestras de agua potable se utilizó un kit de pruebas de cloro libre y cloro total marca HACH® modelo CN-70. Dicho análisis consiste en colocar un blanco de la 5 mL de la muestra el cual es comparado con la misma muestra después de haber sido tratada con Dietil- para-fenilendiamina (DPD) para el análisis de cloro libre y total. El DPD produce una coloración rojiza ante la presencia de cloro y la intensidad de la misma es directamente proporcional a la concentración de cloro en el agua de muestra.

3.1.2 pH

En el caso de las pruebas diarias de acidez se utilizó un potenciómetro de mano marca Eutech® modelo Eco Test pH2 a prueba de agua. Los análisis se hicieron *in situ* en los sitios seleccionados mediante inmersión del potenciómetro en agua de muestra y su posterior lectura.

3.1.3 Turbidez

Para la medición de turbidez se utilizó un turbidímetro de mano marca MicroTPW® de dos celdas. El turbidímetro fue previamente calibrado y los análisis se realizaron en el laboratorio de calidad de agua de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente.

3.2 CÁLCULO PARA APLICACIÓN DE ALCALINIZANTE Y CLORO

Se realizaron pruebas en laboratorio para evaluar la eficiencia y las dosis requeridas de dos alcalinizantes disponibles en el comercio local: Carbonato de Calcio (CaCO_3) y bicarbonato de Sodio (Na_2CO_3). El procedimiento para el cálculo de dosificación fue el siguiente:

- Se tomó una muestra de un litro de agua cruda de entrada a los tanques.
- Se preparó una solución madre de 1 g/litro de alcalinizante y otra de 1 g/litro de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ al 65%.
- Se añadió una dosis de un mg/ml de la solución madre de CaCO_3 al agua cruda y se agitó con un removedor magnético por un intervalo de 1 minuto a 75 rpm.
- Se registró el pH inicial del agua cruda y el final después de aplicada la dosis de CaCO_3 . Esto se repitió hasta obtener un pH en el agua de 6.5. Una vez alcanzado el pH mínimo establecido por la Norma técnica para la calidad de agua potable en Honduras se repitió el proceso de dosificación con la solución madre de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ hasta alcanzar una concentración de 1 mg/l de cloro.
- Finalmente los resultados obtenidos en el laboratorio se extrapolaron a los volúmenes de entrada promedio del sistema de Zamorano mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Aplicación Na}_2\text{CO}_3 \text{ (Kg)} = \frac{\text{DA} \times \text{T} \times \text{Q}}{1000,000} \quad [4]$$

En donde:

DA = dosis óptima de alcalinizante (mg/L)

T = periodo de aplicación (1 día)

Q = caudal de entrada a tratar (L/ día)

Asimismo la dosis requerida de hipoclorito de calcio se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Aplicación de Ca (OCl)}_2 \text{ (Kg)} = \frac{\text{D} \times \text{T} \times \text{Q}}{\text{C} \times 1000,000} \quad [5]$$

En donde:

DA = dosis de cloro (mg/L)

T = periodo de aplicación (mínimo cada 4 días)

Q = caudal a tratar (L/ día)

C = 0.65 Concentración de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

3.3 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO EN PUNTOS DE CONSUMO

Se tomaron muestras de los oasis de cada una de las residencias estudiantiles de Zamorano utilizando bolsas estériles NASCO Whirl-Pak HACH® y una hielera marca Coleman®. En el laboratorio se utilizó el equipo de filtración se colocaron cada una de las muestras a los filtros dentro de una lámina de membrana filtrante. Las muestras se colocaron en un plato petri en un medio de cultivo marca COLIBLUE® para coliformes totales y fecales fueron incubadas a $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

3.4 EVALUACIÓN DE LOS ARROYOS DE ZAMORANO

Se realizó un muestreo en las vertientes y nacientes que proveen agua a Zamorano, con el fin de analizar las condiciones de calidad que presentan en la actualidad. En cada una de ellas se analizó la conductividad para tener una idea de las características del agua cruda que entra al sistema del oxígeno disuelto. Así mismo se hizo un análisis bacteriológico a cada una de las muestras recolectadas de las nacientes y vertientes, utilizando la misma metodología que con los oasis de las residencias estudiantiles. Esto con el fin de determinar el estado de cada una de las nacientes y vertientes que suministran agua a Zamorano.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DIARIOS DE CLORO, POTENCIAL DE HIDRÓGENO Y TURBIDEZ

Los análisis de cloro, pH y turbidez fueron realizados en el comedor estudiantil Doris Zemurray y en el módulo de ganado porcino por 28 durante los meses de junio, julio y agosto. Los valores máximos de cloro libre en el comedor Doris Zemurray se encontraron los días miércoles y jueves. Los valores promedio para estos días son de 0.8 mg/L y 1.1 mg/L respectivamente, los cuales a su vez corresponden con los valores más altos en el módulo de cerdos (0.65 mg/L y 0.56 mg/L respectivamente). Durante estos dos días los resultados son mayores al valor máximo recomendado de 1mg/L para aguas tratadas según la Secretaria de Salud de Honduras (Figura 1).

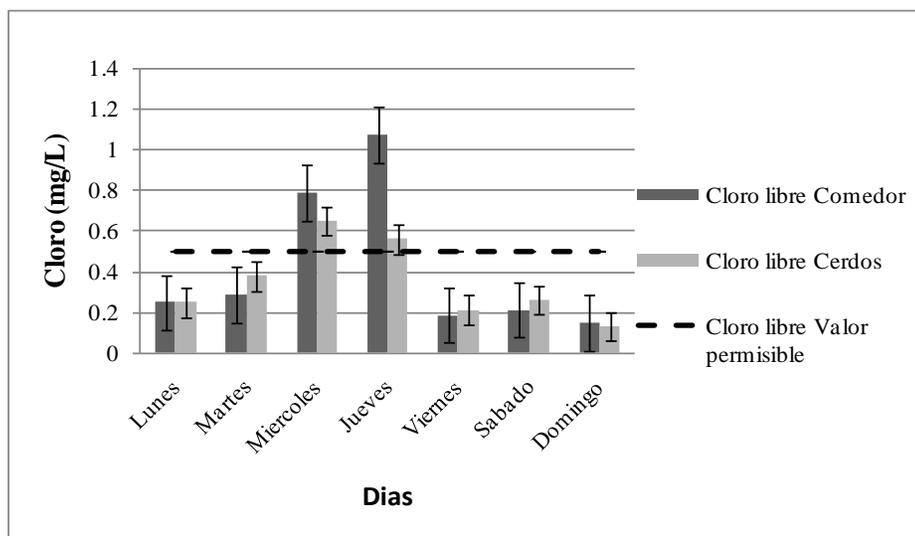


Figura 1. Cloro libre diario promedio en el comedor estudiantil Doris Zemurray y el módulo de ganado porcino (n días=8).

Los valores de cloro total registrados se encuentran dentro de los valores máximos permisibles, a excepción del día jueves con concentraciones de 1.8 y 1.5 mg/L en el comedor estudiantil y en cerdos respectivamente. La Secretaria de Salud de Honduras establece un valor máximo admisible de 1.5 mg/L de cloro que se observa como línea punteada en la Figura 2.

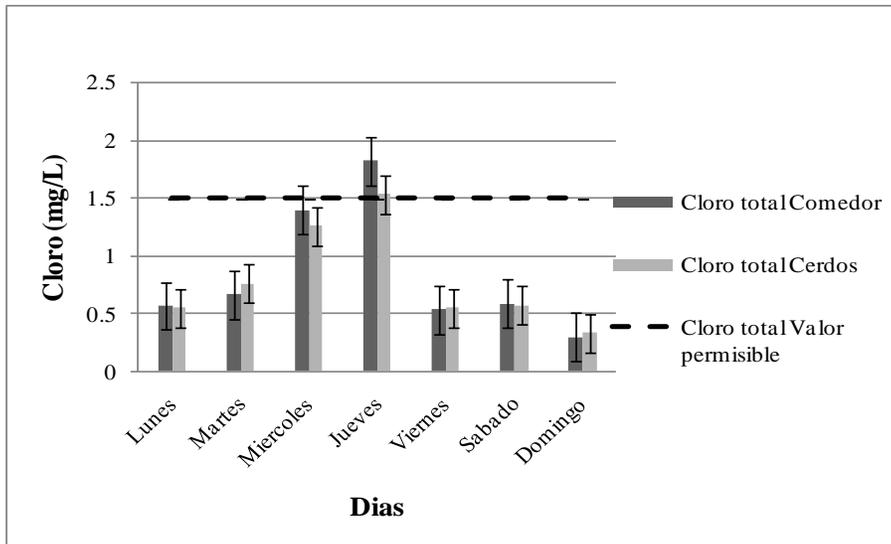


Figura 2. Cloro diario total promedio en mg/L en el comedor estudiantil Doris Zemurray y el módulo de ganado porcino (n días=8)

A diferencia del cloro libre y total, en ambos lugares de muestreo se registraron valores de pH constantes a lo largo de la semana con valores promedio máximos de 4.0 y 3.9 en el comedor estudiantil y en cerdos respectivamente, ambos durante los días miércoles. Todos los valores medidos durante el estudio se encontraron por debajo del valor mínimo permisible recomendado de 6.5 lo que indica agua ácida en el sistema de distribución (Figura 3).

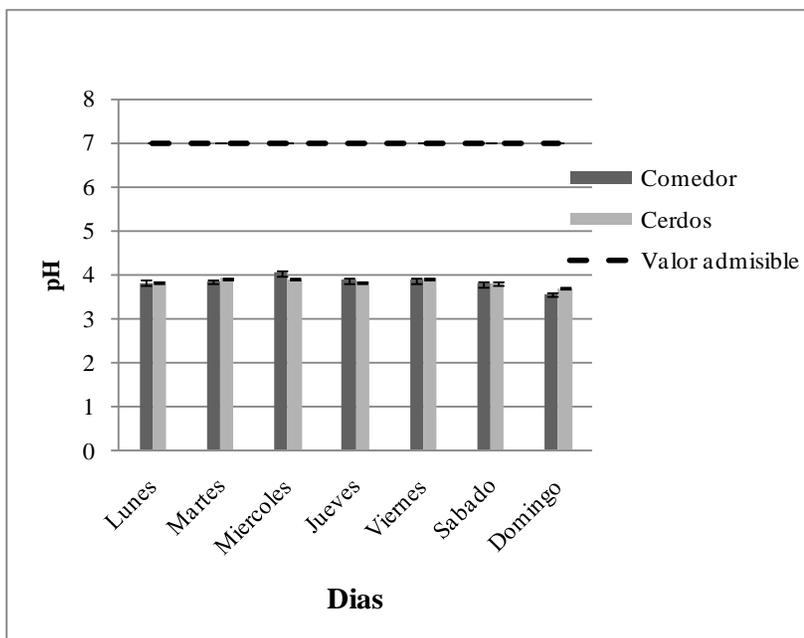


Figura 3. pH diario promedio en el comedor estudiantil Doris Zemurray y el módulo de ganado porcino (n días=8).

Las constantes precipitaciones durante los meses de muestreo afectaron la turbidez del agua en el sistema. El valor recomendado por la Secretaría de Salud de Honduras es de <1 UNT y el máximo admisible de 5 UNT. El día 6 de julio se registró el valor más alto de turbidez: 6.50 UNT y 6.0 UNT para el comedor estudiantil y el módulo de ganado porcino respectivamente (Figura 4). Solamente una de las 28 mediciones resultó en una turbiedad por debajo del valor recomendado, sin embargo se observa que la turbiedad no representa un problema alarmante considerando que las mediciones se hicieron durante la época lluviosa.

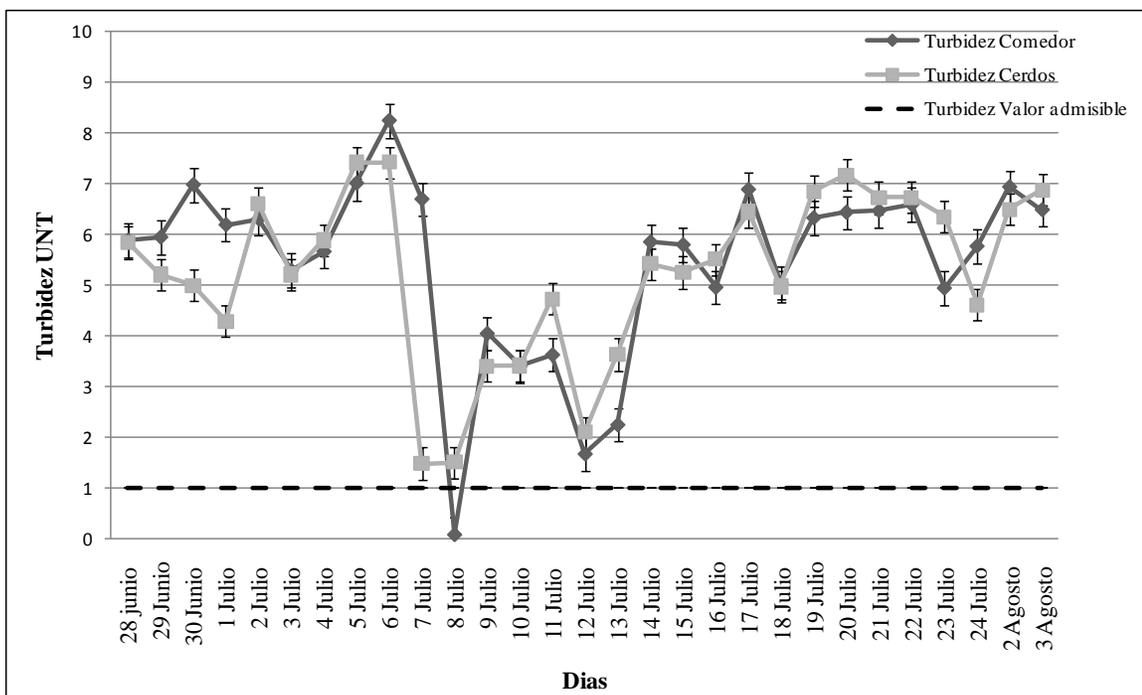


Figura 4. Valores diarios de turbidez del comedor estudiantil Doris Zemurray y el módulo de ganado porcino.

4.2 CÁLCULOS DE CLORO Y ALCALINIZANTE

Los cálculos de las soluciones adecuadas de alcalinizante y cloro, se obtuvieron a partir de un pH de 4.4 con un caudal de entrada de 1,850,000 L de agua. La dosificación de alcalinizante se realizó mediante una prueba con una solución madre de carbonato de calcio (CaCO_3) de 1 mg/mL con la cual el agua alcanza un pH de 6.65, a una dosis de 33 mg/L de CaCO_3 . La fórmula utilizada para determinar la cantidad adecuada se calculó multiplicando los 1,850,000 L al día de caudal de entrada por 33 mg/L de solución madre. La aplicación óptima encontrada es de 61.05 Kg/día para la aplicación de carbonato de calcio.

La dosificación de SODA ASH LIGHT (Na_2CO_3) se estimó mediante una solución madre de bicarbonato de sodio, donde el agua alcanza un pH de 6.65, en 30 mg/L de solución madre de Na_2CO_3 . Al igual que con el (CaCO_3) la dosis encontrada se multiplicó por

1,850,000L al día de caudal de entrada, obteniendo como resultado 55.5 Kg/día de aplicación para la Soda Ash.

Al comparar los costos de cada uno de los alcalinizantes, el precio correspondiente para la Soda Ash en el mercado es de USD 0.84 el Kg y el costo para el CaCO_3 es de USD 1.35 el Kg. Se calcula que al año, el costo total de cada alcalinizante para Zamorano bajo las dosis recomendada es de USD 30,082 para el CaCO_3 y USD17,016 para el Na_2CO_3 .

La aplicación de hipoclorito de calcio se cálculo utilizando 1.0 mg/L de Cloro, para 1,850,000 L/día de caudal, dividiéndolo entre la concentración de 65% de cloro, se obtuvo 11.4 Kg de aplicación de hipoclorito de calcio cada 4 días. El precio del hipoclorito de calcio en el mercado es de USD 125.03 los 45 Kg, teniendo como resultado que el costo por aplicación es de USD 32 y el costo total anual es de USD 2,889.

4.3 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO EN LAS RESIDENCIAS ESTUDIANTILES

En tres ocasiones, se recolectaron muestras para análisis bacteriológico en los oasis de las siete residencias estudiantiles: el 19 de julio (primer muestreo), 21 de julio (segundo muestreo) y el 2 de agosto (tercer muestreo). Durante el primer muestreo se encontró presencia de coliformes no fecales las residencias Maya 10 UFC/100mL, Sucre 4 UFC/100mL, Rubén Darío ala C 2 UFC/100mL y Mora con 1 UFC/100mL. (Figura 5).

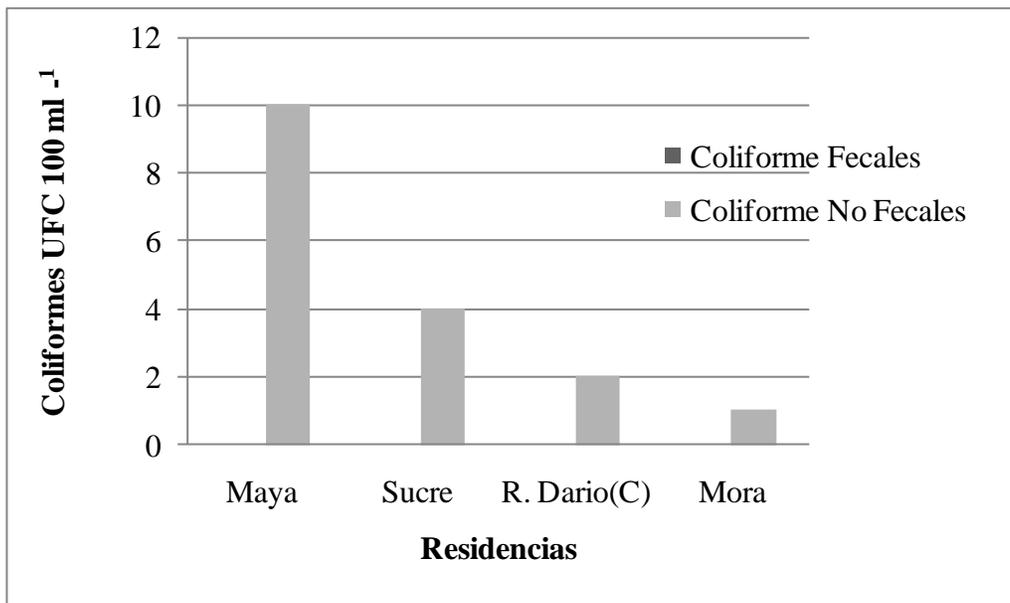


Figura 5. Coliformes no fecales en residencias estudiantiles (19 de Julio 2010).

En el segundo muestreo las residencias en las que se encontraron conteos de coliformes no fecales fueron: Maya 11 UFC/100mL, Sucre 9 UFC/100mL, Rubén Darío ala C 2 UFC/100mL, y Mora con 1 UFC/100mL. Por otro lado en Rubén Darío se encontró

presencia de coliformes fecales 3 UFC/100mL, así como en Sucre, Mora, Morazán y Barrios 1 UFC/100mL (Figura 6).

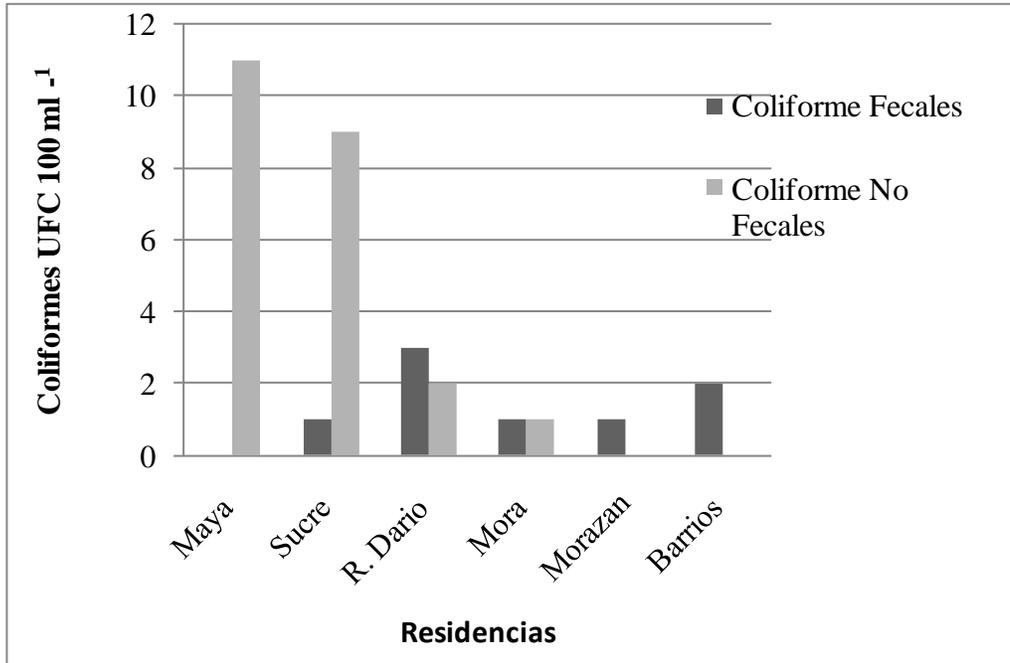


Figura 6. Coliformes fecales y no fecales en residencias estudiantiles (21 julio 2010).

En el tercer análisis de coliformes se encontró que la residencia Barrios presentó el valor máximo, con 70 UFC/100mL de coliformes no fecales y 6 UFC/100mL de coliformes fecales, Mora presentó 63 UFC/100mL y 13 UFC/100mL de coliformes fecales y no fecales respectivamente: Por otro lado en la residencia. Morazán se encontró 43 UFC/100mL de coliformes no fecales y 6 UFC/100mL y la residencia Sucre con 18 UFC/100mL de coliformes no fecales y 6 UFC/100mL de coliformes fecales. La residencia Rubén Darío se encontró la menor cantidad de coliformes no fecales de 2 UFC/100mL y 0 UFC/100mL de coliformes fecales.

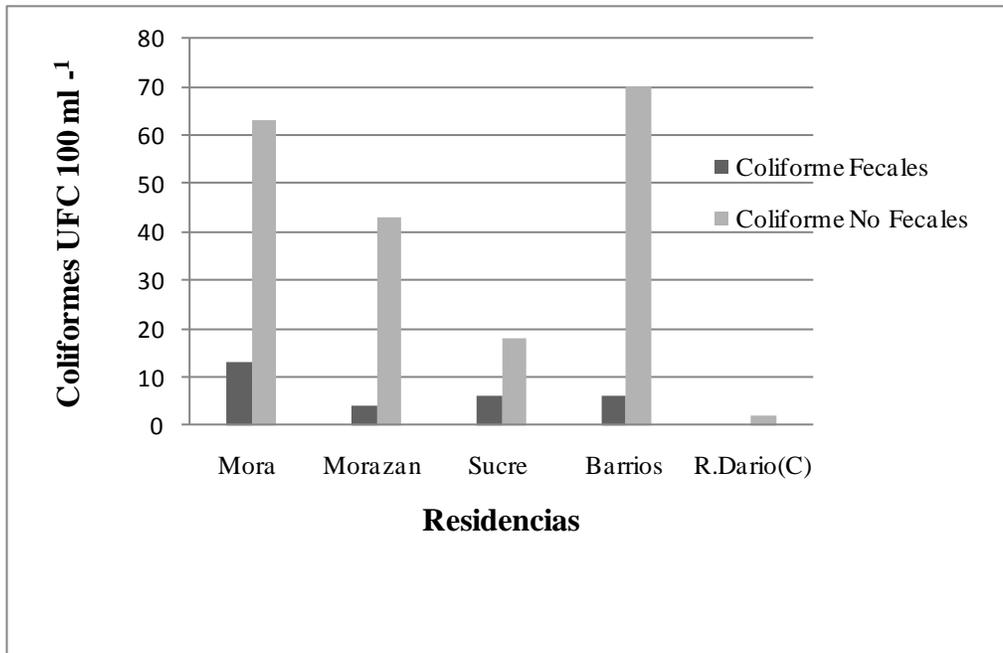


Figura 7. Coliformes fecales y no fecales en residencias estudiantiles 12 agosto 2010.

4.4 ANÁLISIS DE LOS ARROYOS

Se georreferenciaron y recolectaron muestras y analizaron 7 de los 13 arroyos de abastecimiento de Zamorano para diferentes parámetros de calidad de agua (Figura 8). Se encontró presencia de contaminación fecal en tres de los arroyos analizados (arroyo 6, arroyo 9 y caja colectora). El pH es bajo y similar en todos los arroyos (entre 4.0 y 6.18) y solamente en los arroyos de Cuevitas, arroyo 2 y arroyo 8 se encontraron valores de turbiedad elevados (>5UNT). Los demás parámetros analizados reflejan valores adecuados para agua destinada a consumo previo a ser tratada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de los arroyos de abastecimiento de agua a Zamorano (23 julio 2010)

Parámetro	1	2	3	4	5	6	7
Oxígeno Disuelto%	63.2	69.7	47.9	38.9	42.7	75.9	67.8
Temperatura	20.4	20.9	20.2	19.1	21.8	19.5	20.5
pH	6.18	5.86	4.92	4.26	4.33	4.5	4.05
Conductividad μ S/cm	61.6	79.2	0.44	72.46	75.7	72	142.3
Coliformes fecales UFC/100 ml	0	0	1	0	9	1	0
Otros coliformes UFC/100 ml	>200	66	>200	>200	>200	33	13
Coliformes totales UFC/100 ml	>200	>200	>200	>200	>200	34	13
Turbiedad UNT	26.2	11.75	4.74	36.7	1.37	2.83	0.08

Cuevitas 13: 1, Arroyo 2: 2, Arroyo 6: 3, Arroyo 8: 4, Arroyo 10: 5, Caja colectora 6, Agua amarilla 7.



Figura 8. Ubicación de Arroyos que abastecen actualmente a EAP Zamorano.

5. DISCUSIÓN

En la actualidad el agua de las fuentes que abastece Zamorano cuenta únicamente con dos procesos básicos de tratamiento de agua, desinfección y alcalinización, los cuales se aplican en intervalos de dos días. La dosificación de hipoclorito de calcio se realiza los días martes y jueves con una cantidad de 11.36 kg al día de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Los días lunes y viernes se aplican 6.36 kg de CaCO_3 mediante el uso de un hipoclorador por goteo con capacidad de 800 L utilizado desde 1994. Los resultados encontrados demuestran que la aplicación de CaCO_3 es muy inferior a una dosis que logre subir el pH del agua cruda hasta un rango de neutralidad. Según Letterman (1999) es necesario que el agua tratada que entre al sistema se eleve a un pH de 7 para que pueda favorecer los procesos de desinfección, evitar la corrosión y de esta forma mejorar la calidad del agua potable para la comunidad.

Los resultados de los análisis en los dos puntos clave de muestreo: el comedor estudiantil y el módulo de ganado porcino, reflejan que el sistema de tratamiento actual del agua no funciona de forma adecuada, ya que las concentraciones de cloro libre y total fluctúan a lo largo de la semana: se registraron valores elevados los días miércoles y jueves y valores bajos los sábados y domingos. Los resultados de cloro libre alcanzaron un valor promedio de 0.79 mg/L para el día miércoles y 1.1 mg/L para el día jueves en el comedor estudiantil y de 0.65 mg/L y 0.56 mg/L en el módulo de cerdos esos mismos días. Durante visitas a los tanques de almacenamiento se observó que tanto la selección del periodo de aplicación como la regulación del goteo en el hipoclorador contribuyen a la ineficiencia del sistema. El cloro debe ser aplicado de forma continua y la dosis debe ser estimada en función, tanto de la concentración deseada a lo largo del sistema, como del caudal de entrada al mismo (OMS, 2005). Para alcanzar un mejor funcionamiento y aplicación de cloro, el hipoclorador debe ser regulado para que pueda generar un goteo de 138.8 ml por minuto o 2,776 gotas/ min.

Los resultados en los análisis de pH para el comedor estudiantil y ganado porcino reflejan que la aplicación de alcalinizante no hace ningún efecto en el agua, ya que el valor de pH más alto registrado es de 4.3. El pH ácido que es el causante de la corrosión de las tuberías de distribución y del sabor metálico que contiene el agua de la localidad (Letterman 1999). La Norma Técnica de Honduras establece que el agua de consumo debe tener un valor de pH entre 6.5 a 8.

Los datos de turbidez reflejan valores variables, esto se debe a que la turbidez incrementa en los meses de lluvia, por el arrastre de sedimentos de los arroyos que aumenta en esa temporada. La EAP no realiza ningún tratamiento correctivo a la presencia de sólidos en

el agua, por lo que estos resultados son esperados en épocas lluviosas y en días posteriores a eventos de alta intensidad de precipitación.

Los análisis realizados a las fuentes de abastecimiento de agua de la Escuela Agrícola, exponen la importancia de realizar un mantenimiento periódico. Las zonas donde se localizan las fuentes de agua son zonas poco accesibles y están expuestas a ser destruidas y contaminadas por los habitantes de las aldeas vecinas. Las fuentes poseen una infraestructura deteriorada lo cual contribuye a que el agua no este en las condiciones adecuadas. Las fuentes proveedoras de agua a una comunidad, deben de estar en las condiciones óptimas para ser utilizadas en un sistema de potabilización (Mc Junkin, 1986).

Los resultados de los análisis bacteriológicos en las siete residencias estudiantiles demuestran que únicamente presentaron organismos bacteriológicos los oasis de las residencias Mora, Morazán, Barrios, Sucre, y Rubén Darío ala C. Las residencias que resultaron contaminadas por organismos bacteriológicos poseen oasis de presión con dispositivos arriba del grifo (tipo 1) a diferencia de las residencias que no presentaron organismos bacteriológicos que poseen oasis dispositivo de presión a lado opuesto (tipo2). La presencia de coliformes está relacionada con la vida útil de los oasis. El resultado obtenido refleja que la mayor cantidad de organismos bacteriológicos encontrados tiene procedencia de los oasis que tienen 12 años de funcionar. Por otro lado, se presume que el agua de los oasis es contaminada de forma directa por las personas que tiene contacto con los grifos, ya que los resultados de cloro libre descartan la presencia de bacterias en la red de distribución.

Las pruebas de dosificación de CaCO_3 y de Na_2CO_3 resultaron similares en cuanto a la dosis requerida para neutralizar el agua cruda. Se necesitan 33 mg/L de CaCO_3 y 30 mg/L de Na_2CO_3 para alcanzar un pH de 6.65 a partir de un agua cruda de 4.4. Al comparar los dos alcalinizantes estudiados, el Na_2CO_3 resulto ser más económico y eficiente que el CaCO_3 . El costo del CaCO_3 en el mercado tiene es de USD 30,080 al año, a diferencia del Na_2CO_3 que tiene un costo anual de USD17,051 Al ser aplicadas estas nuevas dosificaciones se mejoraría considerablemente el agua en el sistema, mejorando el pH del agua potable de la comunidad y reduciendo la corrosión de las tuberías y la presencia de metales en el agua (Letterman, 1999).

Los análisis de los arroyos realizados demuestran que el estado actual de las fuentes de abastecimiento de agua (ubicados cerca de la carreta que conduce a Zamorano hacia Tegucigalpa) se encuentran fuera de los parámetros establecidos por la norma (Secretaria de Salud de Honduras 1995). Sin embargo pueden ser controlados una vez que ingrese el agua de las fuentes al sistema de tratamiento.

6. CONCLUSIONES

- El proceso de desinfección en el sistema de agua de la EAP presenta deficiencias debido a que las concentraciones de cloro libre no son constantes a lo largo de la semana y fluctúan por debajo o sobre los valores recomendados por la Secretaría de Salud de Honduras.
- El proceso actual de alcalinización se efectúa con dosificaciones de CaCO_3 muy inferiores a las dosis necesarias para subir el pH del agua cruda a un valor mínimo de al menos 6.5. La dosis actual es de 1.1 mg/L y la dosis calculada en el presente estudio es de 33 mg/L de CaCO_3 y de 30 mg/L de Na_2CO_3 . La Dirección de Planta Física (encargada del tratamiento del agua potable de la EAP), al incorporar Na_2CO_3 en las dosis recomendadas mejorará el grado de acidez y por ende la corrosión y posible presencia de metales en el agua de consumo.
- El estado y calidad de las fuentes de abastecimiento no cumple con algunos parámetros analizados en el presente estudio, sin embargo el agua que proviene de las fuentes al entrar al sistema de tratamiento mejorara su calidad al recibir las dosis propuestas en el estudio.
- En los análisis bacteriológicos se observó mayor presencia de bacterias coliformes fecales en las residencias que utilizan oasis con dispositivo de presión sobre el grifo (tipo 1). Se concluye que, debido a que durante todo el periodo de estudio se encontró presencia de cloro libre en la red de distribución, esta contaminación fecal se debe a la manipulación de los dispositivos de los oasis por parte de los usuarios.

7. RECOMENDACIONES

- Capacitar o contratar personal permanente, responsable para aplicar las dosis adecuadas de cloro y alcalinizante recomendados en el estudio y llevar un registro de los valores de cloro y pH en el agua de la red.
- Incluir la medición de pH y cloro libre de forma continua como parte del Aprender-Haciendo de calidad de agua de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en coordinación con Planta Física. Se deberá establecer mediciones continuas y sistemáticas de esta forma que se lleve un mejor control de las temporadas y puntos más críticos que presente el sistema de tratamiento de agua.
- Se debe hacer una revisión mensual a los oasis de todas residencias, y asegurar que los estudiantes conserven los oasis limpios y desinfectados a diario para evitar posibles enfermedades por presencia de organismos patógenos.
- Es primordial realizar análisis mensuales en las zonas de captación de agua (13 arroyos), ya que las condiciones de las fuentes que proveen agua a Zamorano se encuentran fuera de los parámetros establecidos por la norma de la Secretaria de Salud de Honduras.

8. LITERATURA CITADA

Benqlilou H.; L. Laraki; Outair. Morocco. 2004. Approach for drinking water quality monitoring in rural areas Morocco's case. Preliminary characterization of the water source. Morocco. Consultado el 28 oct.2010. (Online).Formato pdf.Disponible en: <http://login.oaresciences.org/whalecomwww.iwaponline.com/whalecom0/ws/00405/0415/004050415.pdf>

ECOSUR. s.f. Carbonato de calcio. (En línea).Buenos Aires, Argentina. Consultado 28 oct.2010.Formatopdf.Disponible: http://www.ecosur.net/Sustancias%20Peligrosas/carbo nato _de _calcio.html.

EPA (Environmental Protection Agency, US).2000. Estableciendo estándares para agua potable segura. (En línea). Consultado 12 sept. 2010. Disponible en: <http://water.epa.gov/aboutow/ogwdw/agua/estableciendo.cfm>.

EPA (Environmental Protection Agency, US).2009. Drinking Water Contaminants. (En línea).Consultado el 19 de sept. 2010. Disponible en: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>.

EPA (Environmental Protection Agency US).2007. ¿Cual es el pH? (En línea). Consultado el 24 oct. 2010.Disponible en: <http://www.epa.gov/acidrain/measure/ph.html>

ITC, s.f. (Injection Technical Control Inc., Esp.). Cloración de agua potable. (En línea). Consultado el 19 sept. 2010. Formato Pdf.Disponible en: http://www.itc.es/pdf/Technical_documents/Agua-marca-Esp.pdf.

Letterman RD.1999. Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies. 5th Edition. McGraw-Hill.(Online). Available at:http://knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=587&VerticalID=0

McJunkin, E. 1988. Agua Y Salud Humana. Efectividad del tratamiento del agua en la salud pública. México, editores Noriega 231p.

NESC (National Environmental Service, US.); WVU (West Virginia University).s.f. Tecnología en Breve Desinfección. (En línea). Consultado el 19 de sept. Formato Pdf http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2010_tb/spanish/disinfection_DWFS OM149.pdf.

NYSDH (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York). 2006. Manual de tratamiento de aguas: Métodos de purificación del agua. Guerrero Torres Raúl. México, Limusa. 208p.

OMS. 2007. (Organización Mundial para la Salud, Swz.). pH in drinking-water. (En línea) Reino Unido Consultado: 24 oct. 2010. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/ph_revised_2007_clean_version.pdf.

OPS (Organización Panamericana de la Salud, Hon); OMS (Organización Mundial Para la salud). 2003. Análisis sectorial de agua potable en Honduras. Información sectorial básica (En línea). Consultado el 26 de sept. 2010. Formato pdf. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsasas/fulltext/honduras/partel.pdf>.

OPS (Organización Panamericana de la Salud, US). 2005. Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero. (En línea). Lima, Perú. Consultado el 11 de oct. 2010. Formato pdf. Disponible en: [http://www.scribd.com/doc/16665480/metodos-para-mejorar-la-calidad-de-agua-casera-](http://www.scribd.com/doc/16665480/metodos-para-mejorar-la-calidad-de-agua-casera)

Secretaria de Salud de Honduras. 1995. Norma técnica nacional para la calidad del agua potable. (En línea). Honduras. Consultado el 15 de sept. 2010. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/normas2/Norma-Hon.pdf>.

Serrano R., México, s.f. El Exceso de Hierro puede costarle la vida. (En línea). Consultado el 10 de oct. 2010. Disponible en: <http://www.saludymedicinas.com.mx/articulos/2205/el-exceso-de-hierro-puede-costarle-la-vida/5>.

Solvay Chemicals. United States. 2008. SODA ASH. (En línea). Consultado 12 oct. 2010. Formato pdf. Disponible en: http://www.solvaychemicals.us/static/wma/pdf/1/4/4/6/2/SodaAsh_IPH_SP.pdf

UPRM, s.f. (Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez,). (En línea) Parámetros físico-químicos: Alcalinidad. Formato pdf. Disponible en: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>

9. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de T student para cloro libre, entre comedor Doris Zemurray y modulo de ganado porcino.

One-Sample Test

	Test Value = 0					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Cloro libre comedor	4.098	28	0	0.42069	0.2104	0.63098
cloro libre cerdos	6.163	28	0	0.355172	0.23712	0.47322

P	t	Inferior	Superior	P
Cloro Libre Comedor		0.2104	0.63098	>0.05
Cloro Libre Cerdos		0.23712	0.47322	>0.05

Anexo 2. Análisis de T student para el pH, entre comedor Doris Zemurray y modulo de ganado porcino.

One-Sample Test

	Test Value = 0					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
pH comedor	94.892	28	0	3.837931	3.75508	3.92078
pH cerdos	121.152	28	0	3.85	3.78491	3.91509

P	t	Inferior	Superior	P
Ph Comedor		3.75508	3.92078	>0.05
Ph Cerdos		3.78491	3.91509	>0.05

Anexo 3. Análisis de T student para turbidez, entre comedor Doris Zemurray y Modulo de ganado porcino.

One-Sample Test

	Test Value = 0					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Turbidez comedor	16.408	28	0	5.442414	4.76299	6.12184
turbidez cerdos	16.853	28	0	5.25931	4.62008	5.89854

P	t	Inferior	Superior	P
Turbidez Comedor		4.76299	6.12184	>0.05
Turbidez Cerdos		4.62008	5.89854	>0.05

Anexo 4. Imágenes de los tipos de oasis de las residencias estudiantiles de la EAP.



Oasis (tipo 1)



Oasis (tipo2).

Anexo 5. Imágenes de los arroyos que abastecen el sistema de distribución de la EAP.



Arroyos 13 (cuevitas). Deposición de hierro.



Arroyo 2



Arroyo 6. Naciente



Arroyo 8. Hierro acumulado en las paredes.



Arroyo 10. Deposición de Hierro



Caja recolectora. Poco turbia



Agua Amarilla. Vertiente

Anexo 6. Tabla de análisis de agua EAP 2009(UNILAB)

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4098

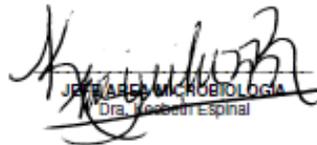
Identificación de muestra: TANQUE REDONDO #1, ENTRADA NACIENTE AGUA AMARILLA
 Tipo de muestra: FUENTE DE ABASTECIMIENTO Cantidad: 100 y 1000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DHA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 21/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	1 UFC/mL	N/A	-----
-NMP Coliformes Totales	<2/100 mL	N/A	Max: 500 /100mL
-pH (18,8 °C)	3,86	±0,03	6,5 – 8,5
-Dureza	15,0 mg CaCO ₃ /L	±0,90	-----
-Cloro Residual	<0,02 mg/L	N/A	-----
-Hierro	0,18 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,084 mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	1,16 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	9,50 mg/L	N/A	-----

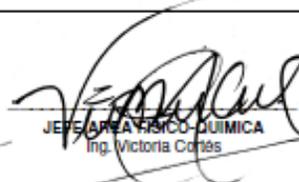
----- ULTIMA LINEA -----

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa whirlpack con bisulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k=2 Límite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
NA = No aplica.


JEF/AREA MICROBIOLOGIA
Dra. Keabeth Espinal



JEF/AREA FISICO-QUIMICA
Ing. Victoria Cortés



DIRECTORA GENERAL
Ing. Victoria Cortés

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4099

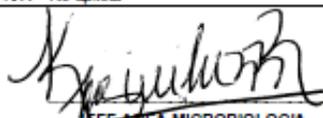
Identificación de muestra: TANQUE REDONDO #2, ENTRADA NACIENTE EL BENQUE.
 Tipo de muestra: FUENTE DE ABASTECIMIENTO Cantidad: 100 y 1000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DÑA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 21/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

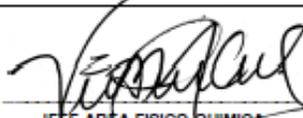
Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	1 UFC/mL	N/A	-----
-NMP Coliformes Totales	<2/100 mL	N/A	Max: 500 /100mL
-pH (19,2°C)	4,01	±0,03	6,5 – 8,5
-Dureza	9,0 mg CaCO ₃ /L	±0,57	-----
-Cloro Residual	<0,02 mg/L	N/A	-----
-Hierro	0,06 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,008 mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	0,58 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	5,7 mg/L	N/A	-----
----- ULTIMA LINEA -----			

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa wirlipack con biosulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k=2 Limite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
NA – No aplica.


 JEFE AREA MICROBIOLOGIA
 Dra. Keabeth Espinal


 JEFE AREA FISICO-QUIMICA
 Ing. Victoria Cortés


 DIRECCION TECNICA
 Ing. Victoria Cortés

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4102

Identificación de muestra: RASTRO.
 Tipo de muestra: AGUA POTABLE Cantidad: 100 y 1000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DHA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 21/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

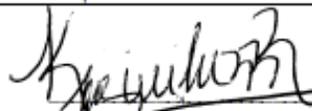
Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	381 UFC/mL	N/A	Max: 500 UFC/mL
-NMP Coliformes Totales	<2/100 mL	N/A	<2/100 mL
-pH (19,0°C)	4,45	±0,02	6,5 – 8,5
-Dureza	13,00 mg CaCO ₃ /L	±0,78	Max: 400 mg CaCO ₃ /L
-Cloro Residual	<0,02 mg/L	N/A	0,5 – 1,0 mg/L
-Hierro	0,18 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,021 mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	0,71 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	2,85 mg/L	N/A	-----

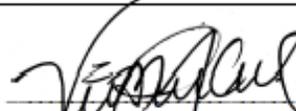
----- ULTIMA LINEA -----

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa wirlpack con tiosulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k-2 Límite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
NA - No aplica.


 JEFE AREA MICROBIOLOGIA
 Dra. Keebeth Espinal


 JEFE AREA FISICO-QUIMICA
 Ing. Victoria Cártes


 DIRECCIÓN TÉCNICA
 Ing. Victoria Cártes

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4101

Identificación de muestra: TANQUE CUADRADO.
 Tipo de muestra: AGUA POTABLE Cantidad: 100 y 1000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DRA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 21/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

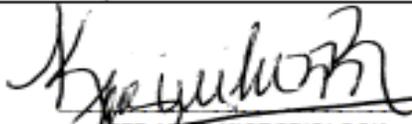
Análisis	Resultado	Incidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	6 UFC/mL	N/A	Max: 500 UFC/mL
-NMP Coliformes Totales	<2/100 mL	N/A	<2/100 mL
-pH (19,3°C)	4,01	±0,03	6,5 – 8,5
-Dureza	11,00 mg CaCO ₃ /L	±0,66	Máx: 400 mg CaCO ₃ /L
-Cloro Residual	0,08 mg/L	N/A	0,5 – 1,0 mg/L
-Hierro	0,06 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,033 mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	0,68 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	5,7 mg/L	N/A	-----

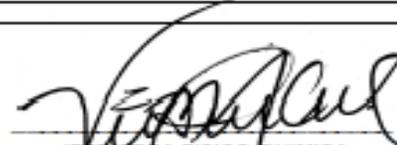
----- ULTIMA LINEA -----

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa wihpack con bisulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k=2 Límite de confianza 95%. ** Referencia de valores normales al reverso.
NA – No aplica.


 JEFE AREA MICROBIOLOGIA
 Dra. Keebeth Espinal


 JEFE AREA FISICO-QUIMICA
 Ing. Victoria Céspedes


 DIRECCION TECNICA
 Ing. Victoria Céspedes

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4105

Identificación de muestra: HORTOFRUTICOLA
 Tipo de muestra: AGUA POTABLE Cantidad: 100 y 1000 mL
 Proceendencia: ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DRA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 21/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

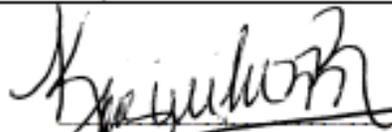
Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	1 UFC/mL	N/A	Max: 500 UFC/mL
-NMP Coliformes Totales	<2/100 mL	N/A	<2/100 mL
-pH (19,7 °C)	4,39	±0,02	6,5 – 8,5
-Dureza	11,00 mg CaCO ₃ /L	±0,66	Máx: 400 mg CaCO ₃ /L
-Cloro Residual	0,03 mg/L	N/A	0,5 – 1,0 mg/L
-Hierro	0,78 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,031 mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	0,67 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	2,85 mg/L	N/A	-----

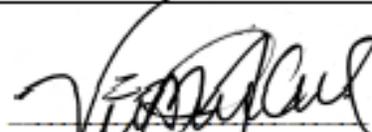
----- ULTIMA LINEA -----

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa wirthpack con tiosulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k=2 Limite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
 N/A = No aplica.


 JEFE AREA MICROBIOLOGIA
 Dra. Keabeth Espinal


 JEFE AREA FISICO-QUIMICA
 Ing. Victoria Cortés


 DIRECCIÓN TÉCNICA
 Ing. Victoria Cortés

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4103

Identificación de muestra: LACTEOS.
 Tipo de muestra: AGUA POTABLE Cantidad: 100 y 1000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DRA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 21/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

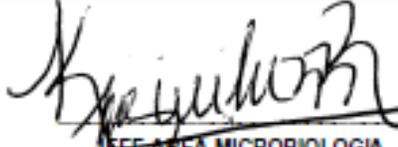
Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	1 UFC/mL	N/A	Max: 500 UFC/mL
-NMP Coliformes Totales	<2/100 mL	N/A	<2/100 mL
-pH (20,7 °C)	4,22	±0,03	6,5 – 8,5
-Dureza	10,00 mg CaCO ₃ /L	±0,60	Máx: 400 mg CaCO ₃ /L
-Cloro Residual	<0,02 mg/L	N/A	0,5 – 1,0 mg/L
-Hierro	0,33 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,019mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	0,64 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	5,70 mg/L	N/A	-----

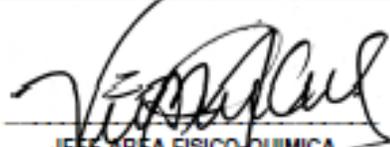
----- ULTIMA LINEA -----

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa wirlipack con isosulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k=2 Limite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
 NA – No aplica.


 JEFE AREA MICROBIOLOGIA
 Dra. Keabeth Espinal


 JEFE AREA FISICO-QUIMICA
 Ing. Victoria Cortés


 DIRECCIÓN TÉCNICA
 Ing. Victoria Cortés

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4100

Identificación de muestra: CAMPUS ALTO.
 Tipo de muestra: AGUA POTABLE Cantidad: 100 y 1000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DRA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 27/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

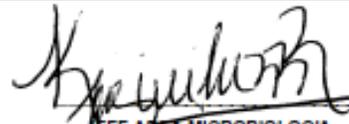
Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	<1 UFC/mL	N/A	Max: 500 UFC/mL
-NMP Coliformes Totales	<2/100 mL	N/A	<2/100 mL
-pH (18,9 °C)	4,38	±0,03	6,5 – 8,5
-Dureza	11,0 mg CaCO ₃ /L	±0,66	Máx: 400 mg CaCO ₃ /L
-Cloro Residual	<0,02 mg/L	N/A	0,5 – 1,0 mg/L
-Hierro	0,07 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,024 mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	0,76 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	3,8 mg/L	N/A	-----

----- ULTIMA LINEA -----

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa wihpack con tiosulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k=2 Limite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
NA = No aplica.


 JEFE AREA MICROBIOLOGIA
 Dra. Keabeth Espinal


 JEFE AREA FISICO-QUIMICA
 Ing. Victoria Cortés


 DIRECCIÓN TÉCNICA
 Ing. Victoria Cortés

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4104

Identificación de muestra: COCINA COMEDOR ESTUDIANTIL
 Tipo de muestra: AGUA POTABLE Cantidad: 100 y 1000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DRA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 21/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

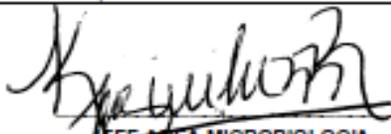
Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	1 UFC/mL	N/A	Max: 500 UFC/mL
-NMP Coliformes Totales	<2/100 mL	N/A	<2/100 mL
-pH (19,4°C)	4,23	±0,02	6,5 – 8,5
-Dureza	12,00 mg CaCO ₃ /L	±0,72	Max: 400 mg CaCO ₃ /L
-Cloro Residual	0,41 mg/L	N/A	0,5 – 1,0 mg/L
-Hierro	0,18 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,019 mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	0,71 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	3,8 mg/L	N/A	-----

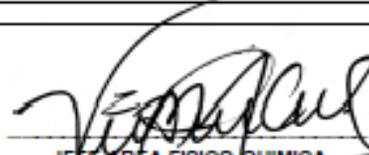
----- ULTIMA LINEA -----

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa wirthpack con bisulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k=2 Limite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
 N/A = No aplica.


 JEFE AREA MICROBIOLOGIA
 Dra. Keebeth Espinal


 JEFE AREA FISICO-QUIMICA
 Ing. Victoria Cortés


 DIRECCIÓN TÉCNICA
 Ing. Victoria Cortés

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 4097

Identificación de muestra: TANQUE REDONDO #1, ENTRADA NACIENTE EL BENQUE.
 Tipo de muestra: FUENTE DE ABASTECIMIENTO Cantidad: 100 y 1000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. MARCIA SUAZO
 Responsable toma de muestra: DRA. KEEBETH ESPINAL
 Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 07/06/2010 Fecha ingreso: 07/06/10; 3:00 PM
 Fecha de análisis: 07/06/10 – 21/06/10 Fecha entrega: 21/06/10

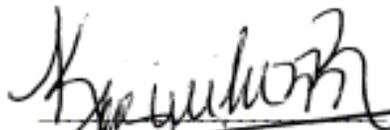
Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
-Recuento Total de Bacterias Heterotróficas	4 UFC/mL	N/A	-----
-NMP Coliformes Totales	<2 /100 mL	N/A	Max: 500 /100mL
-pH (18,8°C)	3.97	±0,03	6,5 – 8,5
-Dureza	12,00 mg CaCO ₃ /L	±0,72	-----
-Cloro Residual	<0,02 mg/L	N/A	-----
-Hierro	0,06 mg/L	N/A	Max: 0,3 mg/L
-Manganeso	0,014 mg/L	N/A	Max: 0,5 mg/L
-Aluminio	0,47 mg/L	N/A	Max: 0,2 mg/L
-Acidez	6,93 mg/L	N/A	-----

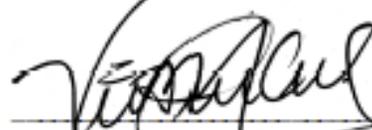
----- ULTIMA LINEA -----

Descripción de la muestra: Líquido transparente, libre de partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en condiciones de refrigeración en frasco plástico y bolsa wirlpack con biosulfato proporcionados por UNILAB.

Observaciones: * k=2 Límite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
NA = No aplica.


 JEFE AREA MICROBIOLOGIA
 Dra. Keabeth Espinal


 JEFE AREA FISICOQUIMICA
 Ing. Victoria Cortés


 DIRECCION TECNICA
 Ing. Victoria Cortés