

CALIDAD DEL AGUA POTABLE Y SALUD AMBIENTAL EN LA CUENCA DE SANTA INES

POR

Rodrigo Palomas Pereira

T E S I S

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

El Zamorano, Honduras

Diciembre, 1994

BIBLIOTECA WILSON FORBES
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 85
TEGUCIGALPA HONDURAS

CALIDAD DEL AGUA POTABLE Y SALUD AMBIENTAL EN LA CUENCA DE
SANTA INES

Por

Rodrigo Salinas Pereira

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos del autor.

BIBLIOTECA WILSON POPENO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 43
TESUGUALPA HONDURAS



Rodrigo Salinas Pereira

Diciembre de 1994.

DEDICATORIA

A mis papas Luis y Alcira, por todo su amor, comprensión y fuerza que me han dado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Mauricio y Marco por ser verdaderos amigos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque sin El no hubiera sido posible el logro de este trabajo.

Al Doctor Alonso Moreno y George Pilz por darme la oportunidad de continuar con mis estudios en la institución y poder concluirlos.

A mis tres asesores, Michael Lee, Margoth de Andrews y Johann Kammerbauer por su intensa colaboración y trabajo.

Al Ing. Aurelio Revilla por facilitar las instalaciones del Laboratorio de la Planta de Productos Lácteos.

A Julio García, técnico del Departamento de Recursos Naturales por su valiosa colaboración en el diseño de mapas.

A todo el personal del Departamento de Recursos Naturales, y de modo especial a Tim Longwell y Silvia Chalukian por brindar su amistad.

A todos los compañeros que ingresaron conmigo en el Programa de Ingeniero Agrónomo al Departamento de Recursos Naturales por su cooperación, amistad y comprensión.

A doña Leticia Ruiz por su cariño y hospitalidad que me ha brindado.

INDICE GENERAL

	Página
TITULO	i
APROBACION	ii
DERECHOS DE AUTOR	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCION	1
A. Agua como fuente de vida	1
B. Situación de la cuenca de Santa Inés	3
II. REVISION DE LITERATURA	6
A. Situación actual de las cuencas en Centro América y Honduras	6
B. Situación actual de la cuenca de Santa Inés	7
C. Manejo de cuencas hidrográficas	9
D. Monitoreo en salud ambiental	9
1. Aspectos generales	9
2. Problemas, causas y efecto	10
E. Tipos de fuente de agua	12
1. Factores que afectan las fuentes de agua de pequeñas comunidades	13
a. Contaminación bacteriológica	13
b. Contaminación física	14
F. Calidad del agua	14
1. Control en la calidad del agua	15
G. Actividades sanitarias y de higiene en una cuenca	17
H. Medidas sanitarias	19
I. Implicaciones sobre la salud en el consumo de agua contaminada	21
1. Calidad bacteriológica del agua potable	23
2. Calidad del agua respecto a la turbiedad	26
3. Calidad del agua respecto al pH.	27

III. MATERIALES Y METODOS	29
A. Descripción de la zona de estudio	29
1. Identificación de las casas y sus habitantes	30
B. Requerimiento de laboratorio	33
C. Metodología de estudio	34
D. Análisis de resultados	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	43
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES	69
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
VIII. ANEXOS	75

INDICE DE CUÁDROS

	Página
Cuadro 1. Problemas, causas y efectos de la contaminación del agua	11
Cuadro 2. Rangos de salubridad de las fuentes	20
Cuadro 3. Clasificación de uso de tierra en Santa Inés según García (1993)	30
Cuadro 4. Listado de las personas que habitan la microcuenca	33
Cuadro 5a. Comparación de cantidad de coliformes fecales/ 100 ml entre la casa y su fuente	44
Cuadro 5b. Valores de turbiedad y pH en la fuente	46
Cuadro 6. Clasificación de grados de riesgo en fuentes y casas	47
Cuadro 7a. Cantidad y porcentaje de los grados de riesgo en la fuente	49
Cuadro 7b. Cantidad y porcentaje de los grados de riesgo en la casa	50
Cuadro 8. Comparación de cantidad de coliformes fecales/ 100 ml entre fuente subterránea y superficial	51
Cuadro 9a. Variables que forman parte de la contaminación del agua en la casa y en la fuente	53
Cuadro 9b. Educación ambiental en la microcuenca	55
Cuadro 9c. Condición socio-económica y uso de la tierra en la cuenca	59

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa posicional de casas, fuentes y letrinas en la microcuenca de Santa Inés.	31
Figura 2. Cantidad de coliformes fecales/ 100 ml según muestras tomadas en la fuente y en la casa	48
Figura 3. Mapa cartográfico del área de la cuenca de Santa Inés	61

INDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1. Encuesta para determinar fuentes potenciales de contaminación en la cuenca de Santa Inés	76
ANEXO 2. Hoja de reporte	87
ANEXO 3. Prueba de Chi cuadrado para probar diferencia de contaminación entre la fuente y la casa . .	88
ANEXO 4. Prueba de Chi cuadrado para probar diferencia de contaminación entre las fuentes subterráneas y superficiales	89

RESUMEN

Para poder desarrollar el perfil de salud ambiental de una comunidad rural se comenzó con el presente estudio, teniendo en consideración que el consumo de agua limpia, sin contaminantes, es primordial para mantener buena salud. El estudio se realizó en la cuenca de Santa Inés, ubicada al sur este del Valle del Zamorano. La microcuenca tiene 34 viviendas situadas de una manera muy dispersa en su superficie. Para el logro del estudio los objetivos planteados fueron:

Determinar la calidad del agua potable en el área mediante análisis bacteriológico, de turbidez y pH.

Identificar debilidades relacionadas a salud ambiental, uso del agua e higiene doméstica.

Determinar las actividades humanas y relacionarlas con la calidad del agua.

Para lograr lo descrito, se procedió a la ubicación de casas, fuentes y letrinas. Posteriormente, para identificar el grado de contaminación y riesgo sobre la salud, se hizo la toma de muestras de agua y su análisis.

Para poder identificar debilidades relacionadas a salud ambiental, se entrevistó a los jefes de familia de una manera informal, de tal forma que la información recolectada fue muy confiable.

El análisis de las muestras dió como resultado que existen diferencias significativas en el número de coliformes

fecales en el agua de las fuentes y de la casas. El agua que es propiamente para consumo de las personas, en las localidades muestreadas, tienen significativamente más del doble del número de coliformes que existen en las fuentes. También se encontró que hay diferencia significativa en el número de coliformes existentes en las fuentes subterráneas y superficiales. En la fuentes superficiales existe más de tres veces el número de coliformes que existe en las fuentes subterráneas.

En base a las encuestas, se llegó a la conclusión que el comportamiento y actitud de los pobladores es inconsistente en el control de la propia salud ambiental. Y en definitiva, existe una contaminación aguas arriba que afecta la calidad del agua aguas abajo.

I. INTRODUCCION

A. Aqua como fuente de vida

El agua es esencial para el hombre, sin ella no existiría vida sobre la tierra. Los asentamientos humanos se han hecho en regiones cercanas a lagos, a lo largo de ríos y manantiales naturales o agua subterránea. En realidad, en los lugares donde vive la gente se dispone de cierta cantidad de agua, pero esto no quiere decir que la fuente sea de capacidad suficiente para bebida, higiene, aseo de la casa y ropa; ni tampoco que el agua sea segura y de buena calidad.

El consumo de agua limpia, sin contaminantes, es primordial para mantener buena salud. Las organizaciones internacionales y locales se han preocupado por mitigar el problema del consumo de agua contaminada; para esto han visto la necesidad de crear valores guía (representan el nivel de aceptación del organismo humano a distintos elementos que pueden ser nocivos) como un medio de control del consumo de agua segura.

Según el Centro Internacional de Agua y Saneamiento, (1983), los abastecimientos de agua accesibles, seguros,

junto con un saneamiento apropiado, son necesidades básicas y componentes esenciales de la atención primaria de la salud.

El agua potable es un término utilizado en diferentes formas; pero en general es la que es utilizada para beber. Por otra parte agua potable se define como el líquido que no tiene sabor, olor ni color. El consumidor evalúa la calidad y aceptabilidad del agua basándose esencialmente en esos criterios. De esta manera es que existen situaciones en las que los organismos internacionales como OMS por ejemplo, clasifican el agua potable en base de su calidad física, biológica y química con normas establecidas según estudios de salud y epidemiología. Otra es la situación con la gente del area rural, donde se busca la mejor fuente de agua, utilizando su criterio personal en cuanto a zona protegida, agua limpia, clara y accesible.. Teniendo en cuenta la realidad de las condiciones existentes en las áreas rurales de Latinoamérica en su conjunto, es llamada agua potable al agua que de una u otra manera es ingerida por la gente, pudiendo ser ésta contaminada o no contaminada.

En 1992, 320 millones de personas de la población mundial vivían en países con déficit o extrema escasez de agua, pero esta cantidad podría sobrepasar los 3 mil millones hacia el año 2025. A fines de la Década del Agua de las Naciones Unidas en 1990, la mitad de la población de los

países en desarrollo aún no contaba con facilidades sanitarias, y un tercio carecía de agua potable (Raymond, 1994).

La calidad del agua y otras enfermedades del ser humano relacionadas con la salud ambiental son influenciadas por actividades antropogénicas que deterioran el ambiente donde se desenvuelve el hombre.

B. Situación de la cuenca de Santa Inés

En Honduras, como en otros países de Centro América, la protección y manejo de cuencas para el uso de las fuentes de agua son inadecuadas. Generalmente, es posible ver que la gente no tiene una apreciación de los impactos e influencias de actividades aguas arriba y aguas abajo. Solamente se hace énfasis en las actividades de manejo en el área del sitio del sistema de agua (pozo, cabeza de manantial, etc) y no en la cuenca, aguas arriba, donde existen los problemas más serios a largo plazo.

Este estudio plantea la problemática en el contexto de Santa Inés; una cuenca con algunas características indicativas de las condiciones generales que son importantes en las regiones rurales de Honduras.

En el mundo existen sistemas comunitarios de abastecimiento de agua que con buena organización y cuidado de las fuentes y sistema de distribución logran obtener agua de muy buena calidad y en cantidad suficiente. En la cuenca de Santa Inés, lugar donde se llevó a cabo el presente estudio, existen familias viviendo en condiciones de subsistencia y no tienen ningún tipo de protección ni cuidados estrictos de las fuentes de agua potable. Esto es debido a la falta de organización probablemente por la dispersión de las casas. Tampoco hay una conciencia fuerte de la importancia de la higiene para mantener buena salud.

El propósito de este estudio es conocer la situación de las familias de la cuenca que geográficamente se encuentra muy cerca de la EAP. Dado que la institución ha desarrollado un interés por el área y se está dedicando a la compra de tierra en los terrenos de Santa Inés es necesario un conocimiento profundo de la salud ambiental, actividades humanas y situación socio-económica.

Para poder desarrollar el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la calidad del agua potable en el área mediante análisis bacteriológico, de turbidez y de pH.
- Identificar debilidades relacionadas a salud ambiental, uso del agua e higiene doméstica.

- Determinar las actividades humanas y relacionarlas con la calidad del agua.
- Documentar los resultados para orientar programas futuros de extensión para el uso apropiado de la cuenca.
- Desarrollar el perfil de salud ambiental de una comunidad rural.
- Establecer los problemas con respecto a calidad de agua, si el grado de contaminación es considerable y si la contaminación es causada en la fuente o en la casa.

El énfasis de este estudio ha sido en los sistemas de aprovechamiento de las familias y las condiciones inmediatas alrededor las fuentes de agua. Pero también, se incluyó algunos pasos para preparar el campo para otros estudios orientados al manejo múltiple de la cuenca. Pudiéndose tomar en cuenta la situación humana elaborada en esta tesis y los requisitos para mejorar o mantener las fuentes de agua y su calidad para la población residente.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Situación actual de las cuencas en Centro América y Honduras

En Centro América existe un crecimiento acelerado de la población (2.9% anual en promedio) y diversos problemas relacionados con la gran cantidad de personas viviendo en condiciones de pobreza y extrema pobreza (BCIE, 1992). Esto repercute en la sobreexplotación y mal uso de los recursos naturales en general e hídricos en particular excediendo así la tasa de renovación de los mismos. De esta manera es que el BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica) plantea que no puede desligarse el tratamiento de la problemática ambiental de lo que es el desarrollo socio-económico de los países, y todo ese conjunto con el nivel y calidad de vida de su población.

En Honduras muchas cuencas se encuentran degradadas y otras en vías de degradación debido a las actividades antropogénicas tanto por falta de educación como por la mala utilización de los recursos naturales. Para evitar y remediar esta situación se necesita un mejor manejo de cuencas; por eso es que SECPLAN (1989), plantea que el manejo

de cuencas tiene como objetivo obtener una producción óptima en la calidad y retención del agua, para su mejor regulación, mayores nacimientos, y para la conservación de la estabilidad del suelo y la vegetación.

Debido a las características de composición y distribución de la población en Honduras, el aprovisionamiento de agua potable y los sistemas de eliminación de excretas han presentado algunas dificultades en cuanto a la ampliación de su cobertura. Así es que la población abastecida con agua potable para 1989 era de 68,2% y la población con servicios de saneamiento de 59,5% (SECPLAN, 1989).

Esto indica que gran parte de la población no cuenta con servicios adecuados de agua potable y saneamiento. La situación es más evidente en el área rural que repercute en epidemias y altas tasas de mortalidad. Todo esto relacionado con aprovisionamientos de agua de mala calidad y de insuficiente cantidad.

B. Situación actual de la cuenca de Santa Inés

En la investigación hecha por García (1993), se pone de manifiesto que entre el 6 al 7% del área total de la microcuenca existen asentamientos humanos. En la quebrada

del Matahambre, al comienzo de la zona delimitada, en la parte baja de la microcuenca, se encontró, con nueve meses de aforo que el caudal medio mensual es de 0,083 m³/seg y clasificada como buena el agua para riego.

En la microcuenca de la quebrada Santa Inés, no ha existido una clara definición del uso adecuado de sus tierras (García, 1993). Es posible que el uso actual que tiene la tierra, haya influido y siga influyendo en forma negativa en la producción de agua y en su calidad.

García (1993) destaca que sólo 27,6 ha (2,5% del área total) están siendo utilizadas en explotaciones agrícolas. El documento aclara que aunque este número parece no ser significativo, los efectos de este uso de tierra podrían ser muy perjudiciales.

Otra preocupación dentro la investigación de García (1993), fue la zona de recarga o bosque muy húmedo montano bajo subtropical, con una superficie de 525 ha. Hoy solamente queda 69,4 ha (6,5% del área total y 13% de la zona de recarga) de bosque natural latifoliado en estado relativamente maduro.

C. Manejo de cuencas hidrográficas

La FAO (1992), define una cuenca hidrográfica como "una zona delimitada topográficamente que desagua mediante un sistema fluvial, es decir, la superficie total de tierras que desaguan en un cierto punto de un curso de agua o río".

Para el buen manejo de una cuenca hidrográfica se debe tener en cuenta los problemas por los que pasan gran parte de éstas, efectos antropogénicos generalmente. Para ello debemos entender muy bien lo que es degradación de una cuenca. Según la FAO (1992), define degradación como "la pérdida de valor en el tiempo, incluyendo el potencial productivo de tierras y aguas, acompañada de cambios pronunciados en el comportamiento hidrológico de un sistema fluvial que se traduce en una peor calidad, cantidad y regularidad en el tiempo del caudal hídrico".

D. Monitoreo en salud ambiental

Teniendo en cuenta que el desarrollo de los recursos depende de la interacción de todas las actividades que tienen lugar en una cuenca, se puede observar:

1. Aspectos generales

En una cuenca las tierras altas y bajas están conectadas

físicamente a través del ciclo hidrológico (FAO, 1988). La falta de agua suficiente para diluir los residuos y en general el deterioro de la calidad del agua de las zonas altas genera contaminaciones más serias incluyendo problemas de salud pública.

2. Problemas, causas y efecto

Para poder ilustrar los problemas, las causas y efectos de la contaminación del agua, el siguiente cuadro muestra los problemas predominantes que influyen en la calidad del agua.

Cuadro 1. Problemas, causas y efectos de la contaminación del agua

Problemas mayores	Contaminación hecha por los usuarios	Contaminación por el saneamiento del lugar
Factores ambientales	Punto de agua sin protección Higiene ambiental pobre Disposición de desperdicios domésticos	Infiltración por los pozos de las letrinas Fugas y rebalses de tanques sépticos
Causas mayores	Animales en confinamiento Estancado de aguas de desperdicio y desagüe Contaminación en la toma de agua Escasa higiene personal Defecación abierta Deposición de heces en fuentes de agua y arrojado de desperdicios Lavado y bañado en las fuentes de agua	Pozos de letrinas muy profundos Pozos de letrinas muy cerca de las fuentes Suelos muy gruesos y rajados Pozos de letrinas muy pequeños Suelo obstaculizado Tapa de tanque agrietado
Efectos mayores	Contaminación fecal Deterioro en olor sabor y apariencia Transmisión de enfermedades Contaminación química	Contaminación fecal Contaminación por nitratos Deterioro en olor, sabor y apariencia Transmisión de enfermedades

Fuente: Lee, 1990

E. Tipos de fuente de agua

El agua circula continuamente a través del interminable ciclo hidrológico de precipitación o lluvia, escurrimiento,

infiltración, retención o almacenamiento, evaporación, reprecipitación, y así sucesivamente. Se entiende por fuente de abastecimiento de agua "aquel punto o fase del ciclo natural del cuál se desvía o aparta el agua temporalmente para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza" (Hilleboe, 1974).

Para el abastecimiento de agua, las personas dependen de dos tipos de recursos, las fuentes de agua subterránea y superficiales.

- Abastecimientos subterráneos.- Generalmente, las comunidades pequeñas son las que emplean abastecimientos subterráneos de agua, por lo limitado que resulta el volumen de un acuífero; aunque más del 50% de la población urbana de Latinoamérica en general también está en esta posición. A partir de este recurso es que se pueden construir pozos ya sean profundos o poco profundos; sin embargo, en lugares montañosos como es una cuenca hidrográfica, lo que más abunda son los manantiales (Water for the World, 1984).

Los manantiales aparecen donde un estrato que lleva agua alcanza la superficie del terreno, o donde las fisuras de la roca "aflora" a la superficie, en condiciones tales que el agua subterránea es forzada a través de las grietas (Hilleboe, 1974).

- Abastecimientos superficiales.- Por lo general, las aguas

de corriente superficial no son seguras para el consumo humano debido a la contaminación superficial y suele ser necesario un tratamiento; sin embargo, en lugares cercanos donde nacen estas corrientes podría ser no peligroso su consumo (Ward et al, 1985).

1. Factores que afectan las fuentes de agua de pequeñas comunidades

El presente estudio enfoca la contaminación bacteriológica y física (por erosión). A continuación se describen estos dos aspectos.

a. Contaminación bacteriológica

Muchas fuentes de agua en zonas rurales de países en desarrollo son usadas para funciones múltiples, incluyendo agua para beber, para consumo de los animales y para lavado de ropa. El documento preparado por el IRC (1991), da a conocer que la mayor parte de la contaminación microbiológica es causada por la población local, esto debido a deposición de heces y desperdicios en lugares no adecuados. La protección insuficiente de pozos y nacederos de actividades humanas, animales alrededor y posiblemente la falta de una infraestructura protectora, facilita la contaminación de fuentes de agua. Así también, el drenaje inapropiado o deficiente que permite que el agua de desperdicio, junto con otros contaminantes se infiltren en los acuíferos.

También los desperdicios humanos, especialmente las heces, son depositados cerca de la fuente de agua por comodidad (IRC, 1991). El efecto de la defecación abierta es que el material fecal es lavado y va hacia las fuentes de agua durante lluvias fuertes o es transportado a la fuente por personas o animales.

b. Contaminación física

Muchos de los problemas que afectan la calidad del agua son causados por cambios en el uso de la tierra debido al incremento de la población y la presión que se ejerce sobre los recursos.

El cambio de bosque a terrenos de cultivo, donde se provoca el descubrimiento del suelo por ausencia de cobertura, hace que la escorrentía superficial aumente y al mismo tiempo haya un incremento en la turbiedad del agua. Este efecto puede incurrir en la salud por la falta de floculación y filtración de varios elementos tóxicos. La elevada turbiedad deteriora los sistemas de distribución y dificulta una adecuada desinfección (Blaikie, 1985).

F. Calidad del agua

Un servicio adecuado de agua debe contar con la suficiente cantidad, calidad y disponibilidad. Estas tres

características son cualidades de un abastecimiento digno para la humanidad.

Puesto que el agua es esencial para la vida, la mayor prioridad es que los consumidores cuenten con este elemento, aún cuando su calidad no sea enteramente satisfactoria. No obstante, una vez detectada una situación de posible riesgo, es necesario considerar la probabilidad de que el riesgo se convierta en peligro real. También analizar sus consecuencias eventuales y la disponibilidad de otras fuentes, para adoptar una decisión en cuanto a la aceptabilidad del riesgo (OMS, 1988).

No podemos confiar por completo en nuestros sentidos cuando se trata de juzgar la calidad del agua potable, y la ausencia de efectos sensoriales negativos no garantiza la inocuidad de ese elemento (OMS, 1988). Por eso se crearon las Guías para la Calidad del Agua Potable, cuyo objetivo es proteger la salud pública y, por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes del agua que puedan representar un riesgo para la salud y el bienestar de la comunidad.

1. Control en la calidad del agua

Existen formas de prevención de enfermedades en las que las personas pueden intervenir en el manejo del agua y

sanidad. Por ejemplo IRC (1989), explica la relación del consumo de agua segura contra agua contaminada. El riesgo de consumir agua contaminada es contraer enfermedades diarreicas u otras infecciones que pueden pasar de una simple enfermedad hasta poder causar la muerte. El agua es segura cuando no hay nada en ella que pueda causar enfermedades y, uno de los problemas para el agricultor rural es que no puede ver si el agua está contaminada o no.

Ningún análisis químico o bacteriológico de muestras, sin importar la minuciosidad con que se efectúe, puede sustituir al conocimiento total de las condiciones que existen en la fuente y en el sistema de distribución. Las muestras representan un punto aislado en el tiempo y los resultados de los análisis se informan con posterioridad a los hechos. La contaminación es a menudo eventual e intermitente y tal vez no se descubra mediante muestreos ocasionales (OMS, 1988).

El mismo documento de la OMS explica que en las zonas rurales surgen problemas especiales en cuanto a las inspecciones sanitarias, en particular las dificultades físicas y económicas de examinar innumerables sistemas pequeños de abastecimiento de agua. Los esfuerzos de los organismos encargados de la inspección deben encaminarse fundamentalmente a:

- a) Alentar y estimular a los individuos y grupos de la comunidad a realizar mejoras por sí mismos.
- b) Proporcionar información sobre técnicas comprobadas.
- c) Prestar asistencia técnica para la selección de sitios, el diseño y la construcción.

G. Actividades sanitarias y de higiene en una cuenca

El IRC (1989), propone la prevención de la contaminación del agua dentro el proceso de colección y su uso. Si la fuente de agua no esta contaminada, no quiere decir que el agua que se va a beber no estará contaminada. Muchas veces los miembros de las familias rurales cometen el error de tomar los recipientes con las manos sucias o recipientes que han sido utilizados incorrectamente y lavados en forma inadecuada. Narayan (1993), agrega que el potencial de contaminación es también influenciado por las condiciones sanitarias en la casa, en la disposición e higiene personal. Por ejemplo, si los recipientes de almacenamiento se dejan sin cubrirlos, moscas, perros, vacas, o manos sucias pueden contaminar el agua.

El documento de IRC agrega que pueden haber actividades cerca la fuente que contamina por escorrentía superficial. Por ejemplo, ganado que pasa cerca, pesticidas que corren con el agua de lluvia si el terreno de cultivo está muy cerca,

pájaros que beben de la fuente u otros animales.

Otro cuidado que se debe tener es el deposito seguro de las excretas. Un lugar seguro es la letrina; la construcción de letrinas no se considera una acción determinante para que no ocurra contaminación. Las heces pueden ser depositadas en lugares donde sea seguro y no pueda haber contaminación. La contaminación se produce cuando las heces son expuestas al contacto por animales o humanos, cuando son expuestas a moscas que podrían ir hacia la comida diaria, o cuando las heces son lavadas hacia una fuente de agua (Water for the World, 1984).

Una letrina es un lugar seguro si es que se toman medidas como elección de una ubicación adecuada, buena construcción, mantenimiento, limpieza diaria y que no contenga moscas. La falta de estos cuidados puede resultar en una contaminación mayor (SANAA & UNICEF, sf).

Existen algunas letrinas más seguras que otras; sin embargo, la construcción y uso de cualquiera de ellas dependerá de las condiciones locales en cuanto a disponibilidad de agua, tipo de terreno, disponibilidad de dinero, educación y otros. Existen letrinas de fosa simple, ventiladas, lavables o de cierre hidráulico y aboneras (SANAA & UNICEF, sf).

Otro aspecto de mucha importancia es la deposición o drenaje seguro del agua de desperdicio. Si el agua queda estancada puede causar la transmisión de enfermedades por insectos. Algo recomendable es que esta agua se drene hasta un lugar donde sea aprovechada e infiltrada sin problemas, por ejemplo una plantación de árboles energéticos, una huerta de árboles frutales u otros parecidos. El drenaje debe ser dirigido hacia un lugar donde no haya peligro de contaminar el sitio de una llave o pozo (Narayan, 1993).

E. Medidas sanitarias

Las medidas sanitarias son una forma de evaluar los riesgos. Examina la calidad técnica de un punto de suministro de agua, la fuente de agua, la manera de uso del consumidor, el entorno de higiene ambiental y las causas potenciales de contaminación. De esta forma se pueden tomar acciones que contribuyan a la mejora de los sistemas de distribución, protección de las fuentes o manejo y protección de los diversos recursos que comprenden una cuenca (IRC, 1991).

La Organización Mundial de la Salud (1988), ha determinado indicadores de calidad y parámetros para evaluar en forma confiable los rangos de salubridad de las fuentes de agua y los niveles de riesgo para las transmisiones de

enfermedades, los cuales se listan a continuación en el cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos de salubridad de las fuentes de agua

Grado de riesgo		<u>E. coli</u> -Coliformes fecales/ 100 ml	Factor de riesgo
A	=	0	No hay riesgo
B	=	1-10	Bajo riesgo
C	=	11-100	Inter. a alto riesgo
D	=	101-1000	Contaminación total, alto riesgo
E	=	> 1000	Contaminación total, muy alto riesgo

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS), 1988.

Un buen indicador de la calidad del agua es el número de bacterias coliformes que posee ésta. También monitoreos regulares de turbiedad proveen algunos parámetros de contaminación, ya sea debido a erosión o presencia de material en suspensión (IRC, 1991).

Según Lloyd y Helmer (1991), existen tres parámetros críticos y complementarios esenciales para la evaluación microbiológica de la calidad higiénica de agua potable, los cuales son:

Parámetro	Valor guía
Cantidad de coliformes fecales	0/100 ml
Cloro residual	0,2 - 0,6 mg/l
Turbidez	<1 UTN y nunca >5 UTN

Hay una fuerte justificación para dirigirse a la prueba

de coliformes fecales como la única prueba bacteriológica en programas base de monitoreo. La presencia de alguna bacteria coliforme fecal contradice a las guías de la OMS (1988) cuyo valor es cero/100 ml en agua potable. Las aguas subterráneas con frecuencia van acorde con este valor pero en áreas donde la protección de aguas subterráneas es pobre, pueden ser encontrados niveles demasiado altos de contaminación de coliformes totales. En los países en desarrollo es común encontrar más de 85% de todos los suministros rurales y con frecuencia 100% de pozos abiertos contaminados con alta variabilidad de números de bacterias coliformes totales (Lloyd y Helmer, 1991).

I. Implicaciones sobre la salud en el consumo de agua contaminada

El agua puede actuar como transportador de microbios y causar enfermedades. Un suministro confiable de agua segura juega un rol importante en la prevención de enfermedades, especialmente porque le facilita a las personas, la higiene doméstica y alimentaria. El peligro más común y más difundido relativo al agua potable es el de su contaminación, sea esta directa o indirecta, debido al efecto de aguas servidas, o de otros desechos como la excreta del hombre o de los animales. Si dicha contaminación es reciente y entre los factores que contribuyeron a ella se hallan agentes

portadores de enfermedades entéricas transmisibles, es posible que estén presentes algunos de los organismos vivos causales de las mismas. Beber agua así contaminada, o emplearla en la preparación de determinados alimentos, puede producir mayor número de casos de infección (OMS, 1988).

Hay cinco tipos de enfermedades relacionadas con el agua y la higiene (Raymond, 1994).

a) Enfermedades transmitidas por el agua, tales como tifoidea, cólera, disentería, diarrea y hepatitis infecciosa se contagian por beber agua contaminada o por lavar alimentos, utensilios y manos en ella.

b) Infecciones de la piel y de los ojos, tales como tracoma, sarna, conjuntivitis, sepsis de la piel y úlceras se propagan mediante agua contaminada utilizada para la higiene personal.

c) Enfermedades basadas en el agua, llamadas así porque el vector que las transmite es un organismo acuático invertebrado, incluyen la esquistosomiasis, transmitida por caracoles y el gusano redondo, transmitida por un crustáceo microscópico.

d) Enfermedades relacionadas con el agua, que son transmitidas por vectores que se crían en el agua, tales como mosquitos (malaria, dengue, filariasis, fiebre amarilla), moscas negras (ceguera de río) y moscas tsetsé (fiebre tsetsé).

e) Otras infecciones, como los parásitos intestinales, son causadas principalmente por una mala higiene.

1. Calidad bacteriológica del agua potable

La contaminación fecal del agua potable puede incorporar una variedad de diversos organismos patógenos intestinales-bacterianos, virales y parasitarios cuya presencia está relacionada con enfermedades y portadores de tipo microbiano que puedan existir en ese momento en la comunidad. Las bacterias patógenas intestinales se hallan diseminadas a lo largo y ancho del planeta (OMS, 1992)¹. Aquéllas cuya presencia ha sido detectada en agua potable contaminada: *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* enterotoxigena, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica* y *Campylobacter fetus*; pueden ser causantes de enfermedades cuyo índice de gravedad va desde una ligera gastroenteritis hasta casos graves y, a veces fatales, de disentería, cólera o tifoidea (OMS, 1988).

Otros organismos, cuya presencia en el ambiente es natural y a los que no se considera patógenos, también pueden producir, en ocasiones, enfermedades de tipo "oportunista". La presencia de esos organismos en el agua potable puede causar infecciones, sobre todo en aquellas personas cuyos mecanismos de defensa naturales, locales o generales, se hallan disminuidos. Esto es más probable que suceda en casos

¹ WHO, 1992. WHO Guidelines for drinking-water quality. 2da edición. Vol. 3 (Borrador no editado)

de gente de edad muy avanzada, de muy corta edad, y de pacientes hospitalizados, por ejemplo, por quemaduras, o sometidos a terapia inmunosupresiva. El agua potable que usan los pacientes para beber y bañarse, si contiene gran cantidad de organismos como *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella* y *Serratia*, puede producir una serie de infecciones que afectan a la piel y las membranas mucosas de los ojos, oídos, nariz y garganta (OMS, 1988).

El manual de HACH (1992), explica claramente que el uso de organismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de los organismos patógenos mismos, es un principio de aceptación universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua. Lo ideal sería que el hallazgo de dichas bacterias indicadoras denotara la presencia posible de todos los organismos patógenos pertinentes. Los organismos indicadores abundarán en los excrementos, pero estarán ausentes, o existirán solo en números reducidos en otras fuentes; serán fáciles de aislar, identificar y enumerar y deberán ser incapaces de desarrollarse en el agua. Igualmente deberán sobrevivir más tiempo en el agua que los gérmenes patógenos y serán más resistentes a los desinfectantes, como podría ser el cloro.

En la práctica, todos estos criterios no pueden darse en

un solo organismo, aunque las bacterias coliformes cumplen muchos de ellos, especialmente la *Escherichia coli*, que es el principal indicador de contaminación por materia fecal de origen humano o animal. Existen otros microorganismos que satisfacen algunos de estos criterios, aunque sin alcanzar el grado de las bacterias coliformes, y que en determinadas circunstancias, pueden usarse también como indicadores suplementarios de contaminación fecal. La significación que pueda adjudicarse a la presencia o ausencia de determinados indicadores fecales varía con cada organismo y especialmente con el grado de relación que dicho organismo guarda con las heces (OMS, 1992).

El término organismos coliformes (coliforme total) "se aplica a todo bacilo gram-negativo, capaz de desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes (tensioactivos) que tengan propiedades similares inhibitorias del crecimiento y que sean capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 35° a 37°C, con producción de ácido, gas y aldehído, en un lapso de 24 a 48 horas; también son oxidasa-negativas y no forman esporas. Aquéllas que poseen las mismas propiedades a una temperatura de 44° a 44,5°C se conocen como bacterias coliformes fecales termotolerantes. Estas últimas, cuando fermentan tanto la lactosa como otros sustratos adecuados, como el manitol, a temperaturas de 44° ó 44,5°C, con producción de ácido y gas y que también forman indol a partir

del triptófano, se consideran como E. coli presuntivas. Los coliformes fecales al formar lactosa con el medio de cultivo se tornan de color amarillo y se puede confirmar que se trata de E. coli mediante la demostración de un resultado positivo en la prueba del rojo de metilo, al no producir acetilmetilcarbinol y no utilizar citrato como única fuente de carbono" (OMS, 1988).

2. Calidad del agua respecto a la turbiedad

Según la OMS (1988), la turbiedad en el agua se debe a la presencia de materias en suspensión, tales como arcilla, sedimentos, partículas orgánicas coloidales, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad es una expresión de ciertas propiedades del agua para esparcir la luz y para absorberla; es un parámetro cuya importancia depende en gran medida de la técnica de medición.

La turbiedad del agua tiene relación con, o afecta a, muchos indicadores de la calidad del agua potable. La materia particulada puede ser también una fuente de

nutrientes y servir de protección para algunos microorganismos (OMS, 1988).

El mismo documento explica que cuando una turbiedad que exceda el valor guía de 5 Unidades de Turbiedad

Nefelométricas (UTN) es generalmente objetable para los consumidores. Así, una turbiedad excesiva puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección. Este problema también estimula el crecimiento de bacterias en el agua y, de por sí, ejerce una significativa demanda de cloro. Es de vital importancia que en la producción de agua potable segura, usando cloro como desinfectante, se mantenga la turbiedad baja, de preferencia por debajo de 1 UTN.

3. Calidad del agua respecto al pH

El pH de un sistema acuoso es una medida del equilibrio ácido-base alcanzado por diversos compuestos disueltos y, en la mayor parte de aguas naturales, está controlado por el sistema de equilibrio dióxido de carbono (anhidrido carbónico)-bicarbonato-carbonato. Este sistema involucra varios equilibrios de diversos componentes, todos ellos se afectan por la temperatura. En el agua pura, se produce una disminución en el pH de aproximadamente 0.45 conforme sube la temperatura a 25°C (HACH, 1992).

Es imposible determinar una relación directa entre la salud humana y el pH del agua potable, debido a que el pH tiene una estrecha relación con otros aspectos de la calidad del agua. En la medida en que el pH afecta los diversos métodos de tratamiento de agua que contribuyen a la remoción de virus, bacterias y otros organismos dañinos, podría

sostenerse que el pH ejerce un efecto indirecto sobre la salud. Esto es porque el pH puede formar compuestos y disolución de algunos compuestos. El pH aceptable para el agua potable fluctúa entre 6,5 y 8,5 y estos son los valores guía propuestos. Cuando no se cuenta con un sistema de distribución, la gama aceptable de pH puede ser más amplia, especialmente para abastecimientos que no tienen sistema de distribución por tubería (OMS, 1988).

III. MATERIALES Y METODOS

A. Descripción de la zona de estudio

Geográficamente el área está localizada entre los 13° 56' 11" y 13° 58' 40" latitud norte y entre los 86° 54' 26" y los 86° 58' 16" longitud oeste, Honduras, Centro América.

La cuenca tiene un área de 1056 ha, medido en el programa de Dibujo Asistido por Ordenador (AutoCAD), aunque García hizo su medición en la hoja cartográfica de Yuscarán obteniendo como resultado 1077,5 ha. El área se extiende desde los 900 hasta los 1775 metros sobre el nivel del mar (msnm). En la actualidad, casi la mitad de la superficie de la microcuenca es propiedad de la EAP, como se puede apreciar en mapas de terrenos de la Escuela en existencia en el Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica. Es una microcuenca con asentamiento humano y los efectos antropogénicos que trae consigo este efecto en cuanto a contaminación del agua. Presenta bosques degradados, cultivos en tierras no aptas, ganadería extensiva, abastecimientos de agua con escasa higiene ambiental y una demanda grande por el agua para consumo aguas abajo.

García (1993), realizó estudios en los que clasificó el área como se aprecia en el cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de uso de tierra en Santa Inés según García (1993)

	<u>% del área total de la cuenca</u>
- Cultivo de maíz y/o frijol	1,2
- Barbecho	32
- Huerta	1,3
- Pinar natural	59
- Bosque latifoliado	<u>6,5</u>
	100

1. Identificación de las casas y sus habitantes

En la microcuenca delimitada topográficamente (figura 1) existen 34 casas habitadas actualmente con un total de 169 personas.

De acuerdo con el propósito de este estudio, uno de los primeros trabajos principales fue la ubicación, documentación e involucración de la gente residente en la cuenca. El objetivo fue identificar e incluir todas las familias de la cuenca en el estudio para tener no una muestra, sino un censo universal del rango y naturaleza individual de las condiciones de salud ambiental de la cuenca. Este hecho parecía factible durante la fase de planificación por razón que la población es pequeña y el acceso es relativamente fácil a toda la cuenca.

Cada casa se numeró según la posición conforme se las fue visitando, no tienen ningún orden de importancia. La numeración se hizo por facilitar el nombramiento, la identificación y el análisis de datos que se obtuvo de cada una de las casas.

A continuación (cuadro 4) se listan las casas habitadas durante la recolección de datos del presente estudio, con el nombre del jefe de familia o en su defecto de la ama de casa.

Cuadro 4. Listado de las personas que habitan la microcuenca

No. de casa	Jefe de fam. o ama de casa
1	José Leonardo Reyes
2	Raymundo Ochoa
3	Ermeregildo Reyes
4	Santos Rodríguez
5	María Rodríguez
6	Rogelio Amador
7	Felipe Amador
8	Reyna Ferrera
9	Ana Rosa Núñez
10	Jesús Díaz
11	Vicente Ortega
12	Adela Carranza
13	Adrian Reyes
14	Modesto Colindres
15	Mariano Ortega
16	Reyna Ferrera
17	Isabel Barahona
18	Adripino Trujillo
19	Maribel Santos
20	Amilcar Ochoa
21	Rosa Delia Vargas
22	María Zelaya
23	María Zelaya (hija)
24	Jesús Lagos
25	Amado Cáseres
26	Santos Cáseres
27	José Durón
28	Ernesto Durón
29	Nicolás Martínez
30	Juán José Ferrera
31	María Antonia Reyes
32	Alejandro Flores
33	José Francisco Reyes
34	Ermeregildo Flores

B. Requerimiento de laboratorio

El análisis bacteriológico se llevo a cabo en el laboratorio de la Planta de Productos Lácteos del Departamento de Zootecnia.

Para el análisis bacteriológico en el laboratorio, se utilizó los siguientes equipos y materiales:

- * Equipo de medición de campo de Del Agua
- * Incubador a temperatura constante de 44,5°C
- * Autoclave
- * Balanza analítica
- * Conservadora
- * 15 platos petri
- * Rollo de papel traza
- * Medio de cultivo Membrane Lauryl Sulphate Broth
- * Alcohol
- * Metanol
- * 120 filtros de membrana
- * 120 almohadillas absorbentes
- * 20 frascos de muestreo
- * Dispositivo de filtración
- * Tubo de turbidez
- * Papel pH

C. Metodología de estudio

Al iniciar el estudio se procedió al sondeo del lugar, se visitó a cada una de las casas explicando a los habitantes el por qué de la visita y la importancia de su colaboración para la investigación. También se verificó la existencia de

casas ocupadas y desocupadas y una ubicación preliminar, en el campo, de las casas en un mapa a escala 1:50,000.

Para poder identificar debilidades relacionadas a salud ambiental, uso del agua e higiene doméstica; así como para poder determinar las actividades humanas que se llevan a cabo en la cuenca, se elaboró una encuesta (anexo 1), orientada a jefes de familia de las 34 casas existentes en la microcuenca. La encuesta incluyó información general de actividades de los miembros de la casa, observaciones del tipo de vivienda y condiciones físicas en su terreno. Descripción del tipo de abastecimiento y ubicación del punto de agua y fuente del que se proveen los habitantes, involucrando la calidad del agua por características organolépticas. Comprende un análisis de la higiene de las personas que tienen en actividades domésticas y en la cuenca en general, cuidado de contaminación por los animales; así como una pequeña descripción del lugar y uso de la tierra.

Se pudo involucrar en el desarrollo de la encuesta algunos aspectos socio-económicos como la situación legal que tienen los agricultores sobre los terrenos, tipo de sistema de abastecimiento para poder evaluar la facilidad de compra de manguera o tubería y por otro lado acceso a centros de educación y de salud.

Se hizo una prueba de la encuesta en la zona de Galeras que se encuentra fuera la cuenca pero cerca de ésta; para comprobar la claridad y validez de las preguntas y así la valoración de la metodología. Se hicieron algunos cambios de ordenación y se llegó a la conclusión que debía ser llenada de una manera informal.

De este modo es que se procedió a llenar las encuestas a lo largo de las visitas, elaboradas con un método informal de conversación, de tal forma que la información fuera de mayor confiabilidad. Se utilizó este método por sugerencia del Dr. J. Bentley, antropólogo con experiencia en toma de datos de encuestas. Se enfatizó en el esfuerzo por conseguir datos verídicos para poder desarrollar un estudio serio y de información confiable para información futura. Durante las conversaciones se dieron algunas recomendaciones agronómicas y de salud ambiental.

En visitas posteriores se identificó la ubicación de las fuentes de cada casa con ayuda de los propietarios. Una vez conocida la ubicación de la fuente se procedió a la toma de muestras para los análisis bacteriológicos, de turbidez y pH.

De cada punto de muestreo de agua se tomaron tres muestras con intervalos de un mes y medio entre repeticiones, esto para obtener datos más confiables e identificación de

posibles variantes.

Después de un análisis y consideración de los datos, se limitó el número de muestras por haber varias casas con una fuente en común y con el mismo sistema de distribución. Para el caso, fueron muestreadas 19 casas y su respectiva fuente de agua .

El presente estudio considera fuente superficial al agua que corre por la quebrada de la cuenca. Las muestras fueron tomadas de localidades de la quebrada donde captan o colectan agua los usuarios. Se considera agua subterránea aquella que aflora en lugares específicos. Los manantiales están ubicados en diferentes partes del área de estudio. Las muestras no fueron tomadas propiamente del nacedero por la dificultad de toma de agua para la muestra o la diversidad de estos puntos que al fin convergen en un pozo pequeño.

Los resultados de análisis de campo se registraron en hojas de reporte previamente preparadas para cada casa (anexo 2), en las cuales se detalla el tipo de fuente (manantial o quebrada), el número de coliformes fecales/ 100 ml en la fuente de la casa que pudo ser del balde, tinaja o llave. Por último la turbidez y el pH respectivo.

El análisis de turbidez y pH se realizaron directamente

en el campo por existir cambios graduales por sedimentación, cambios de temperatura y posibles disoluciones, también por su fácil lectura e interpretación del resultado. El análisis de turbidez se realizó con el tubo de turbidez del equipo de pruebas para muestras de agua de Del Agua. El pH se analizó con papel pH.

El análisis bacteriológico se elaboró en el Laboratorio de la Planta de Productos Lácteos para asegurar la no contaminación de la muestra y poder desarrollar un proceso más completo y seguro del análisis. Se contó con el equipo de prueba de agua de Del Agua (fabricado por CEPIS), dotado para hacer los análisis en el campo; sin embargo, no se llevó a cabo de esta manera por las razones antes mencionadas.

El análisis bacteriológico se realizó de acuerdo a las siguientes etapas:

1) Esterilización de frascos en autoclave. Para esto se procedió a tapar el frasco sin enroscar demasiado, luego se envolvió en papel traza, se esterilizó por 10 min a 121°C en autoclave y se secó. Por último se almacenó para su posterior uso.

2) Esterilización del dispositivo de filtración. Este debe estar seco. Se pone el dispositivo de filtración en la

posición floja pero no libre. Luego se vierte 0,5 ml (aprox. 10 gotas) de metanol en el vaso de muestreo y se enciende cuidadosamente dejándolo que arda por unos pocos segundos. Cuando todavía esté encendido, se tapa herméticamente con el dispositivo de filtración en posición invertida y se mantiene en esta posición por 15 min antes de volver a utilizarlo.

3) Esterilización de platos petri con almohadilla absorbente². Estos se envuelven en papel traza por 10 min a 121°C y luego se seca. Posteriormente se almacena para su uso cuando se ocupe.

4) Preparación de medio de cultivo y esterilizado. Se limpia cuidadosamente el frasco donde va a ir el medio, se pesa en una balanza analítica 7,62 g de medio y se añade a un beaker que contenga 100 ml de agua destilada, luego se calienta la mezcla agitando constantemente hasta que el medio se disuelva totalmente, se coloca en autoclave a 121°C durante 10 min. Este se almacena en ambiente fresco y oscuro.

5) Toma de muestras en el campo según sea el tipo de fuente, llave o pozo. Si es llave, se tiene el cuidado de hacer una limpieza de ésta y se deja que corra el agua por 30 seg antes de tomar la muestra. Se abre el frasco esterilizado muy

² La esterilización de las almohadillas absorbentes no es necesaria hacerla si es que éstas han sido manejadas adecuadamente y no han sido contaminadas.

cerca de la fuente y se lo llena. Se tapa rápidamente.

6) Conservación y transporte de muestras. Se colocan en un lugar fresco y oscuro tan pronto como se pueda. En la caja conservadora se coloca hielo antes de la salida al campo. Se mantiene a temperatura baja mas o menos 4°C con este método.

7) Filtrado de las muestras. El transporte se realiza tan pronto se pueda y se comienza la filtración a través de filtro de membrana y el dispositivo de filtración. Para esto se filtran 100 ml de agua. Se debe tomar las precauciones de desinfección del lugar donde se va a trabajar, usando alcohol y una llama de gas. Se usa un plato petri con medio de cultivo solamente, en otro plato se coloca agua destilada filtrada a través de la membrana para verificar la confiabilidad de los análisis y se incuba simultáneamente. La incubación se hace a mas o menos $44,5^{\circ}\text{C}$ durante 16 a 18 h.

8) Se procede al conteo de bacterias por 100 ml de agua. Los filtros de membranas están cuadrículados y en caso de ser muchas las colonias de bacterias se procede al conteo por cuadrículas para no cometer errores.

Terminado los análisis de laboratorio se procedió a la ubicación de las casas, letrinas y fuentes de agua por medio

del Sistema de Posición Global (GPS). Este sistema puede llegar a tener un margen de error de hasta 3 m en distancia y altura. El instrumento de campo de este sistema (Rover) estuvo grabando 200 datos en cada uno de estos puntos. Dentro el programa Pathfinder se hizo la corrección diferencial de los puntos y fue necesario utilizar el comando de función de promedios para obtener un solo punto geográfico.

D. Análisis de resultados

Los resultados del análisis de laboratorio fueron analizados con el programa estadístico SAS[®] (Series in Statistical Applications). Se hizo un análisis de varianza con la finalidad de averiguar si hay diferencias significativas en el número de coliformes en el agua de las fuentes y el agua consumida en las casas. Se probó con un modelo de probabilidad del valor $F = 0.0259$, con 97,41% de significancia la cantidad de coliformes fecales que existen en la fuente si es igual o no a la cantidad que existe en la casa. Además se compararon las medias de las dos variables en estudio. También se realizó un análisis de correlación entre las variables fuente y casa y una pequeña prueba de Chi cuadrado para averiguar y probar las hipótesis planteadas, donde los dos tipos de muestras son de una misma población o de diferentes poblaciones.

Se evaluaron las encuestas en el programa procesador de encuestas "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS), haciendo comparaciones entre el número de coliformes fecales existentes en la fuente como variable con otro tipo de variables que pueden afectar a su contaminación; en este caso, tipo de fuente, posición de la fuente respecto al terreno de cultivo, existencia de animales en el terreno, lugar donde defecan, uso de río y topografía del terreno donde está la fuente. Así también como la comparación de coliformes fecales existentes en el agua de consumo dentro la casa como variable con otras variables que pueden afectar la calidad de ésta; en este caso, el tipo de fuente, la existencia o ausencia de letrina, el tipo de punto de recolección y la forma de transporte desde la fuente a la casa.

Se procedió al análisis de frecuencias de todas las variables (cada pregunta de la encuesta es una variable), ver anexo 1, de tal modo que se pueda relacionar los diferentes tipos de variables y poder describir más detalladamente la situación existente en la microcuenca, divididas para el procesamiento de datos de la siguiente manera: Educación ambiental, condición socio-económica y uso de tierra.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Según el análisis de coliformes fecales en las muestras tomadas, se obtuvo resultados desde altos grados de contaminación hasta casos sin ninguna contaminación. En este proceso fueron analizadas de 19 viviendas, 96 muestras, 57 muestras fueron tomadas de las casas y las otras 39 tomadas de las fuentes.

Se hizo una clasificación de los resultados de acuerdo al comportamiento de la contaminación entre la fuente y la casa y de acuerdo a esto se llegó al siguiente esquema:

- Tipo 1: Situación donde la contaminación es mayor en la casa que en la fuente; es decir hubo contaminación en el proceso de transporte de la fuente a la casa. Es el caso de las casas 1, 2, 6, 7, 9, 13, 14, 17, 26 y 27.
- Tipo 2: Situación donde la contaminación es menor en la casa que en la fuente, hubo una mejora en todo el proceso. Es el caso de las casas 3, 4, 5 y 22.
- Tipo 3: Situación donde la contaminación es variable tanto en la fuente como en la casa. Es el caso de las casas 8, 21, 24, 25 y 28.

Los resultados de los análisis se muestran de forma

comparativa en el cuadro 5a, y los resultados de turbidez y pH en el cuadro 5b.

Cuadro 5a. Comparación de cantidad de coliformes fecales/ 100 ml entre la casa y su fuente

Casa #	Coliforms. fecales/100 ml		Coliforms. fecales/100 ml		Coliforms. fecales/100 ml	
	fuerza	casa	fuerza	casa	fuerza	casa
1	4	290	2	205	3	210
2	5	150	3	147	4	143
3	107	24	60	30*	54	20
4	19	10	15	10	17	11
5		18		12		12
6	0	4	1	5	0	4
7		121		143		125
8	44	35	2	25	5	15
9	34	40	1	40	1	30
13	0	1*	0	10	0	1*
14		4		0*		4
17		1*		1		1*
21	63	12	15	10	10	13
22	125	1**	13	1**	12	1**
24	41	50	74	54	62	63
25		60		62		1
26		300		180		190
27	17	40	19	38	20	40
28	59	60	60	57	55	56

* Muestra tomada de llave

** Agua hervida

Los resultados en el cuadro 5a, muestran que 10 casos de 19 son del tipo 1, lo que indica que la contaminación es consistentemente menor en la fuente que en la casa en un 52% de las viviendas. Donde las familias poseen llave, al igual

que las demás casas, ocurre contaminación en los recipientes que son ocupados para el uso del agua en el transcurso del día. Cuatro de 19 casos resultaron del tipo 2, lo que significa que en esta situación fue consistentemente mejor (21%) la calidad del agua en la casa. Y cinco de 19 casos resultaron del tipo 3, éstos últimos indican que en el 26% de los casos hubo variación y no fue consistente en el sentido de mayor contaminación en la casa o en la fuente.

De acuerdo al resultado del análisis de muestras se clasificó por tipo de comportamiento; sin embargo, esta variabilidad puede deberse a pura casualidad.

Los resultados del cuadro 5b, indican que los valores de pH y turbidez no son problema alguno, a pesar de haber un solo caso con elevada turbiedad, el dueño toma medidas del caso, hirviendo el agua y posterior sedimentado. Los valores de pH son considerados aún normales.

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 52
TEGUCIGALPA HONDURAS

Cuadro 5b. Valores de turbiedad y pH en la fuente

Casa #	Turbiedad en UNT			pH		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
1	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
2	< 5	< 5	< 5	5.5	5.5	5.5
3	< 5	< 5	< 5	5.5	5.0	5.0
4	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
5	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
6	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
7	< 5	< 5	< 5	5.5	5.5	5.5
8	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
9	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
13	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
14	< 5	< 5	< 5	5.5	5.5	5.5
17	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
21	10	20	20	5.0	5.0	5.0
22	< 5	< 5	< 5	5.5	5.5	5.5
24	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
25	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
26	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
27	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0
28	< 5	< 5	< 5	5.0	5.0	5.0

La OMS clasificó el rango de salubridad de las fuentes de agua como se muestra en el cuadro 2.

La clasificación de los grados de riesgo en las fuentes y las casas se ilustra en el cuadro 6. De acuerdo a este cuadro es que se desarrolló la prueba Chi cuadrado (anexo 3).

Cuadro 6. Clasificación de grados de riesgo en fuentes y casas

	A	B	C	D
Fuente	4	13	29	2
Casa	0	10	26	12

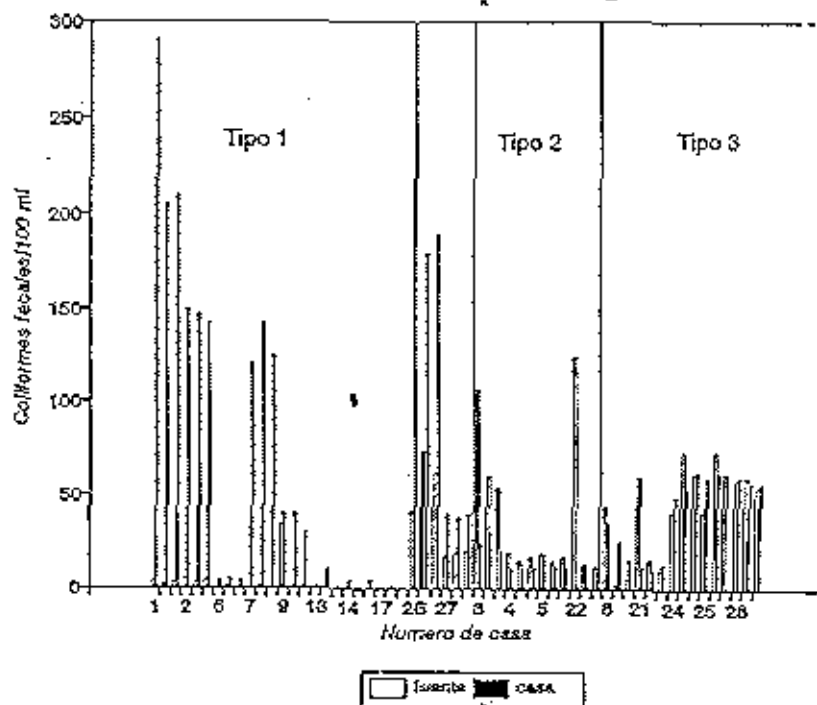
La prueba de Chi cuadrado para los grados de riesgo que existe entre la fuente y la casa según clasificación de OMS, demostró que la diferencia observada refleja una diferencia real en la población. Representa situaciones significativamente diferentes. La prueba fue elaborada sin tomar en cuenta los análisis bacteriológicos de las casas 13, 14 y 17, cuya muestra fue tomada de la llave. Estas casas son beneficiarias de una fuente comunal, situada en la montaña a los 1615 msnm. La fuente funciona con una caja conectada a un sistema de distribución por tubería para toda la aldea de Lavanderos y gente que habita en la zona denominada los Mulules. Todos los beneficiarios de este sistema cuentan con una llave en el lote de su casa, sin embargo, no beben directamente de la llave, sino que depositan en un recipiente para su posterior uso.

La comparación de cantidad de coliformes fecales/ 100 ml entre las muestras tomadas en la casa y la fuente en los tres distintos ciclos de muestras (cuadro 5a) indica que existen diferencias significativas en el número de coliformes fecales en el agua de la fuente y de la casa. El agua que es

propiamente para consumo de las personas, en las localidades muestreadas, tienen significativamente más del 100% del número de coliformes fecales que lo que existe en las fuentes. Sin embargo, no se encontró correlación entre el número de coliformes en el agua de la fuente y el agua muestreada en la casa (recipientes y llaves).

Como se puede observar en la figura 2, con un $r = 0.01$ no existe correlación significativa en el número de coliformes fecales entre la fuente y la casa. Esto es debido a la amplitud de los resultados, rangos amplios y cortos en la contaminación de la fuente y la casa y, diversidad de éstos en cuanto a contaminación.

Figura 2. Cantidad de coliformes fecales/ 100 ml según muestras tomadas en la fuente y en la casa



La cantidad y porcentaje de los diferentes grados de riesgo en la fuente y la casa se muestra en los cuadros 7a y 7b respectivamente. Como se puede apreciar, la mayor cantidad de fuentes tienen intermedio a alto riesgo sobre la salud (51,2%), existiendo número considerable de fuentes en casos que no hay riesgo alguno y bajo riesgo sobre la salud (33,3 con bajo riesgo). Solamente hay un 5,1% de casos que tienen contaminación total con alto riesgo sobre la salud.

El efecto sobre las casas es que disminuyó considerablemente el número de casos sin ningún riesgo (solamente una casa). El nivel de intermedio a alto riesgo casi se mantuvo y hubo un gran incremento hacia contaminación total, pasó a ser 21% de los casos. También hubo aumento en el rango de baja contaminación, probablemente son los casos cuya situación es mejor en la casa que en la fuente.

Cuadro 7a. Cantidad y porcentaje de los grados de riesgo en la fuente

Total número de casos por grado de riesgo			
A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
4 (10,2)	13 (33,3)	20 (51,2)	2 (5,1)

Cuadro 7b. Cantidad y porcentaje de los grados de riesgo en la casa

Total número de casos por grado de riesgo			
A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
1 (1,7)	18 (31,5)	26 (45,6)	12 (21,0)

Existen casas que comparten la fuente de agua para su abastecimiento, por lo que se omitieron algunos datos repetitivos en el análisis de diferencias entre las fuentes superficiales y subterráneas. Y la diferencia observada en el cuadro 8, refleja una diferencia real en ambas poblaciones de muestras, refleja situaciones significativamente diferentes. El valor de la media de las tres repeticiones en la fuente subterránea es de 14 coliformes/ 100 ml, en la fuente superficial es de 45 coliformes/ 100 ml. Lo que significa que en general la fuente superficial presenta mayor contaminación que la subterránea. No se debe dejar de considerar que casi el 80% del total de los usuarios en la microcuenca poseen fuente subterránea como elemento de abastecimiento de agua.

Cuadro 8. Comparación de cantidad de coliformes fecales/ 100 ml entre fuente subterránea y superficial

Casa #	Tipo de fuente		Tipo de fuente		Tipo de fuente	
	Subterránea	Superficial	Subterránea	Superficial	Subterránea	Superficial
1	4		2		3	
2	5		3		4	
3		107		60		54
4	19		15		17	
7	0		1		0	
8		41		2		5
9	34		1		1	
13	0		0		0	
21	60		13		10	
22	125		13		12	
24		41		74		62
27		17		19		20
28		59		60		55

La microcuencia en su conjunto multidisciplinario presenta una situación ya conocida en el mundo en desarrollo.

Después de obtener información confiable por el trabajo minucioso que se desempeñó en la obtención de datos de la encuesta se tiene que las variables de estudio que forman parte de la contaminación del agua en la casa son bastante desuniformes en el sentido de que no hay un patrón fijo en cuanto a actividades y aspectos físicos. Observese en el cuadro 9a, que casi el 80% de los pobladores tienen manantial como fuente de abastecimiento. De estos hay quienes llevan el agua a la casa por manguera sin conexión a llave, el otro

extremo es conectada a un manantial personal; otros de estos usuarios poseen tubería para finalmente conectarla con llave y por último hay quienes transportan en recipientes.

Dentro las variables que forman parte de la contaminación del agua en la fuente existe casi 70% de los jefes de familia que poseen animales cuadrúpedos, vacas, caballos, burros (por lo menos uno). Los animales los dejan en su terreno generalmente durante la época seca. Se debe considerar que hay un 33% de las fuentes de agua que tienen area de cultivo en la parte de arriba. Este tipo de acción ocasiona lavado de las heces de los animales en la época lluviosa y una contaminación inminente en la fuente de agua metros más abajo. El efecto de contaminación por escorrentía superficial puede llevar bastante lejos y es muy probable que el alto grado de contaminación en la quebrada también se deba a este factor.

Cuadro 9a. Variables que forman parte de la contaminación del agua en la casa y en la fuente

CONTAMINACION DEL AGUA EN LA CASA			
VARIABLE	VALOR	FREC.	%
Tipo de fuente	quebrada	6	17,6
	manantial	27	79,4
	no tiene	1	2,9
Letrina en el terreno de la casa	si	16	47,1
	no	18	52,9
Tipo de punto	manantial	7	20,6
	manguera	9	26,5
	quebrada	5	14,7
	llave	13	38,2
Forma de transporte del agua a la casa	tubería	20	58,2
	lleva a mano	14	41,2
CONTAMINACION DEL AGUA EN LA FUENTE			
Ubicación de la fuente relativo al terreno	en la parte alta	6	17,6
	en la parte baja	6	17,6
	a la misma altura	1	2,9
	en otro lugar	21	61,8
Deja animales en su terreno durante el año	barbecho	1	2,9
	época seca	22	64,7
	no deja animales	11	32,4
Lugar donde hacen las necesarias si no tienen letrina	orillas de quebrada	5	27,8
	bosque cercano	13	72,2
Usa agua del río o quebrada	si	13	38,2
	no	20	58,8
Razón de uso de quebrada	baño, aseo	3	21,4
	lavado de ropa	3	21,4
	ambos	8	57,1
Topografía del terreno donde está la fuente	alta pendiente	26	76,5
	baja pendiente	8	23,5
Existencia de arca de cultivo arriba la fuente	si	11	32,4
	no	23	67,6

Del 52,9% de las personas que no tienen letrina, 15% usan las orillas de las quebradas, habiendo otro 38% del total que usa la quebrada para beber, lavar ropa o para

bañarse. El alto porcentaje de personas sin letrina indica que aún hace falta un programa de letrinización, aunque este ya hubo pero no tuvo una implementación total como se puede apreciar. Las consecuencias de no poseer letrinas no solo son perjudiciales para la gente río abajo, sino también para la propia familia en cuanto a salud ambiental y personal se refiere.

Cabe notar que existen familias que mantienen en buenas condiciones las letrinas y hacen buen uso de estas. Esto también se ve reflejado en las condiciones generales de la casa.

La educación ambiental, como se aprecia en el cuadro 9b tiene algunos aspectos importantes de análisis como el filtrado del agua antes de beberla (70% no filtra el agua). Ninguna casa usa cloro y en tan solo una se hierve el agua. Algo que se debe destacar es que casi el 100% almacena el agua antes de beberla, esto sucede aunque los lotes tengan ya sea manguera o llave, entonces es posible que ellos también beban agua contaminada por este motivo. Por otro lado, casi el total de la población no toma ningún tipo de medida correctiva para disminuir la contaminación en la casa antes de beber el agua.

Cuadro 9b. Educación ambiental en la microcuenca

EDUCACION AMBIENTAL			
VARIABLE	VALOR	FREC.	%
Drenaje controlado e higiene de punto de agua	si	20	58,4
	no	1	3,2
	no tiene punto	13	38,4
Drenaje controlado e higiene de la pila	si	4	12,4
	no tiene pila	30	87,6
Limpia sus recipientes cada día	si	33	97,1
	no	1	2,9
Almacena el agua antes de beberla	si	33	97,1
	no	1	2,9
Filtra el agua antes de beberla	si	9	26,5
	no	25	73,5
Usa cloro en el agua antes de beberla	si	0	0
	no	34	100
Hierva el agua antes de beberla	si	3	8,8
	no	31	91,2
Tiene letrina en el terreno de la casa	si	16	47,1
	no	18	52,9
Acción que toma con la basura	quemar su basura	9	26,5
	lleva a otro sitio	25	73,5
Existencia de enfermedades diarreicas en los niños	si	12	35,3
	no	22	64,7
Tiene ducha	si	3	8,8
	no	31	91,2
Tiene pila	si	4	11,8
	no	30	88,2
Condiciones de limpieza de letrina	limpio	15	93,8
	sucio	1	6,3
Tiene olor	no	16	100

Por lo general el cuidado que tienen con la basura es adecuado, tanto la quema como el depósito de material orgánico en la huerta; sin embargo, no hay selección entre lo que se debe quemar y lo que se puede degradar. Así como el

mantenimiento de las letrinas en cuanto a limpieza y olor, todas ellas son prácticamente limpias; sin embargo, esto es una solución parcial al problema de salud ambiental. Debe ser toda una cadena de acciones propicias para un resultado satisfactorio.

En la microcuenca viven aproximadamente 67 niños; según las respuestas de los encuestados hay 64,7% de ellos que comunmente no tienen enfermedades diarreicas. El restante es más común. Esta es una situación quizá comprensible por la resistencia que adquieren los niños a ciertas enfermedades o mas bien una debilidad continua que aparenta bienestar.

Solo 18% de las familias utilizan el agua de sus fuentes tanto para consumo doméstico como para riego de cultivos, el resto de la gente utiliza el agua sólo para usos domésticos. El 88% de las familias no tiene pila, lo que significa que gran parte del agua que llega a la casa se pierde por haber flujo constante.

Todas las letrinas construidas son de tipo cierre hidráulico, taza lavable. Las letrinas fueron construidas de 4 a 5 años atrás. Cuando hubo asistencia técnica para la construcción de letrinas hubo algunos errores para llegar a las personas, pudo ser en el poder de convencimiento o sencillamente no se visitaron esas casas. Este punto es

importante considerar para un diseño de programa para mejorar la salud ambiental.

La condición socio-económica (cuadro 9c), siendo el área de estudio del sector rural, no está en muy buenas condiciones. Casi el 100% se dedica a cultivar, de éste, 20% produce para mercado, los demás producen solo para consumo de la familia. Hay personas que trabajan solo en la finca y se preocupan por éstas junto con su producción; sin embargo, hay otros que trabajan fuera ganando salario en otras fincas y descuidando lo suyo.

Las casas están construidas con 2 a 3 cuartos, considerando la cocina como cuarto. La gran mayoría de casas están hechas de adobe y teja, aparentemente bien construidas. Tres de las casas son de pared de madera con techo de hoja y una de pared también de madera con techo de teja. Lo que indica que el estandar de vida en comparación con otras zonas de Honduras en promedio es aceptable. Esto no quiere decir que las condiciones sean adecuadas ya que en la cuenca hay una población de 169 personas, en promedio existen cinco individuos por casa. De esta situación, 60% de la población es adulta y el restante 40% infantil, considerando adulto aquellas personas que pasaron de los 12 años.

Solo el 62% de los pobladores tienen acceso a agua en el

lote de la casa, el otro 38% tiene que salir a colectarla. En el 50% de los casos la fuente está a más de 200 m de distancia, lo que ocasiona gasto en compra de manguera. Las fuentes que están más cerca de la casa no tienen manguera alguna. El 35% de las personas tienen llave y de éstos más del 80% poseen este servicio porque pertenecen al sistema de distribución construido para la aldea de Lavanderos.

La mayoría de los pobladores no tienen título del terreno donde está la casa, esto no quiere decir que no haya una escritura formal. En el área hay otras personas que sí tienen derecho a esos terrenos y hoy en día hay conflictos familiares y sociales entre los habitantes por la venta de sus terrenos a la EAP. La posesión de estos terrenos no pasa de los 1500 msnm en el lado de la quebrada El Hondable. Se puede apreciar la topografía y relieve de la microcuenca en la figura 3. Es hasta el nivel mencionado que los agricultores normalmente no usan plaguicidas. Unos metros más elevado, donde cultivan hortalizas casi intensivamente, mas o menos a los 1600 msnm, sí usan este insumo agrícola. Vale destacar que los que tienen posesión de estos terrenos son habitantes de Lavanderos.

Cuadro 9c. Condición socio-económica y uso de la tierra en la cuenca

CONDICION SOCIO-ECONOMICA			
VARIABLE	VALOR	FREC.	%
Lugar donde trabajan las personas	trabaja en la finca	22	64,7
	trabaja fuera	7	20,6
	en ambos	5	14,7
Número de cuartos de la casa	1	1	2,9
	2	15	44,1
	3	17	50,0
	4	1	2,9
Tipo de construcción	adobe y teja	30	88,2
	madera y teja	1	2,9
	madera y hoja	3	8,8
Existencia de huerta fuera la casa	si	33	97,1
	no	1	2,9
Tipo de letrina	taza lavable	16	100
La letrina tiene paredes	si	15	93,8
	no	1	6,3
La letrina tiene puerta	si	14	87,5
	no	2	12,5
Existe punto de agua en el lote	si	21	61,8
	no	13	38,2
Tiene llave	si	12	35,3
	no	22	64,7
Distancia de la casa a la fuente	20 a 50	5	14,7
	50 a 100	8	23,5
	100 a 200	4	11,8
	más de 200	17	50
Persona dueña del terreno donde está la fuente	el mismo	6	17,6
	otro	28	82,4
Es productor de cultivos	si	33	97,1
	no	1	2,9
Produce para mercado	si	7	20,6
	no	27	79,4

Produce solo para consumo de la familia	si	27	79,4
	no	7	20,6
Acción que causa normalmente los problemas en la tubería	animales	1	4,8
	suciedad en el tubo	5	23,8
	gente que corta	7	33,3
	no hay problemas	8	38,1
Tiempo que tiene esta letrina	4 años	5	29,4
	5 años	12	70,6
Tuvo asistencia con alguien de afuera	con el tipo	1	5,6
	con el tipo, la construcción y los materiales.	17	94,4
Razón por la que no construyó una letrina	Asistencia técnica	8	50
	no tiene título	1	6,3
	construyó y no la usa	5	31,3
	mal olor que emite	2	12,5
Tiene posesión del terreno donde está ubicada la casa	si	33	97,1
	no	1	2,9
Tiene título de la casa	si	2	5,9
	no	32	94,1
USO QUE SE LE DA A LA TIERRA			
VARIABLE	VALOR	FREC.	%
Topografía de su terreno	Mayor parte plano	4	11,8
	Parte pendiente	18	52,9
	mezclado	12	35,3
Técnicas agrícolas que usa en su terreno	rosa y quema	2	5,9
	deja los residuos	29	85,3
	conserv. de suelos	3	8,8
Usa plaguicidas en su terreno	si	4	11,8
	no	30	88,2
Usa abonos en el terreno	si	26	76,5
	no	8	23,5
Tipo de abono que usa	químico	23	88,5
	orgánico	3	11,5
Usa agua para riego	si	6	17,6
	no	28	82,4

Casi todos los agricultores que habitan en la microcuenca usan abonos, el 88% de éstos utilizan fertilizante químico.

El manejo de la tierra para siembra de cultivos es mas o menos generalizado, gran parte de los agricultores dejan los residuos en la tierra para que por medio de descomposición sea aprovechado por las plantas. Parece ser que lo que concierne a la agricultura causa menos problemas de contaminación, claro que tiene otros parámetros de medida para la identificación de contaminantes; sin embargo, se mostró una conciencia desarrollada por la conservación de los suelos.

Por otro lado de acuerdo a la comparación que se elaboró en el programa SPSS entre las variables con el número de coliformes que hubieron tanto en la fuente como en la casa, los resultados fueron:

- En la comparación del número de coliformes fecales en la fuente con el tipo de fuente, se vió que hay mayor cantidad de muestras con bajo nivel de contaminación en los manantiales que en la quebrada donde hay nivel alto y medio.
- Donde la zona es boscosa hay mayor cantidad de fuentes con bajo nivel de contaminación, comparando con fuentes que están en la parte baja de los terrenos con alto nivel de contaminación.

El 63% de las fuentes de agua están en terrenos de alta pendiente. Hay vertientes que están a 1 m de distancia del nivel de la quebrada, pozos pequeños formados naturalmente o

construidos por los usuarios; los pozos presentan por lo general hojas y residuos de raíces y algunas con grandes concentraciones de material orgánico. También hay vertientes donde se ha formado pantano y no hay cuidado para que el ganado ingrese en esta zona.

En la parte alta existe un pequeño camino que cruza la quebrada de El Mondable, por ahí también cruza ganado por haber cantidad considerable de animales en esta zona. Esto posiblemente contribuye en gran medida a la contaminación del agua superficial.

La presa construida para abastecer a la comunidad de Santa Rosa río abajo contiene volúmenes considerables de sedimento y material orgánico, provocando así a la baja calidad del agua.

Según los datos obtenidos con el programa procesador de encuestas, el número de coliformes es más bajo cuando la fuente de agua es manantial que cuando es quebrada. Hay más casas que tienen bajo nivel de contaminación con manantial como fuente. Los que tienen quebrada solo un caso es bajo nivel.

Las casas sin letrina tienen nivel alto de contaminación en el agua, mientras que las casas con letrina tienen

intermedio a bajo riesgo de contaminación. Esto debido principalmente al mayor cuidado en higiene que tienen los que poseen letrina.

V. CONCLUSIONES

1. Hay contaminación en la microcuenca desde valores de alto riesgo para la salud hasta niveles sin ningún riesgo. En base del monitoreo de los sistemas de abastecimiento de agua de la cuenca de Santa Inés, es posible reconocer un rango de manejo de nivel muy seguro hasta muy vulnerable en términos de la protección de fuente (total a ninguna), manera de aprovechamiento (cerrado, en tuberías, a abierto y acceso directo con manos y baldes sucios) y manera del uso (de llaves seguras a baldes abiertos expuestos a niños, animales y demás suciedades del ambiente).
2. El mayor número de contaminación es del tipo 1, donde la contaminación es mayor en la casa que en la fuente. Debido al manejo que se le da a los recipientes dentro la casa, la contaminación es mayor en la casa, ya sea que la fuente tenga bajo riesgo sobre la salud o ningún riesgo, es común encontrar la falta de educación higiénica en sentido de los descuidos que se realizan con el agua antes de su consumo.
3. En la microcuenca no se observó grandes deslizamientos ni situaciones evidentes de erosión masiva por lo que

los valores de turbidez y pH son considerados normales, sin riesgo alguno.

4. Las diferencias que existen en el número de coliformes en las fuentes y casas son significativas, el agua que beben las familias tienen significativamente más del doble del número de coliformes que existen en la fuente.
5. Gran parte de las fuentes (51,2%) ya tienen intermedio a alto riesgo sobre la salud. Las fuentes por lo general no tienen ningún tipo de protección, existen animales alimentándose o cruzando cerca de las fuentes al parecer sin importar a los dueños el efecto que pueden causar. Además más del 50% de la población no posee letrina, afectando de sobremanera a las fuentes superficiales en especial cuando la gente defeca a orillas de la quebrada. Cuando hay lluvias fuertes, la escorrentía superficial puede hacer que la contaminación llegue a grandes distancias, es de este modo que fácilmente las fuentes resultan contaminadas.
6. Hay diferencia significativa en el número de coliformes existentes en las fuentes subterráneas y superficiales. La fuente superficial tiene más de tres veces la contaminación que hay en la subterránea. La fuente subterránea brota en un punto llamado vertiente, es decir un punto en la superficie. Para que haya contaminación por escorrentía superficial es más difícil que la contaminación se concentre en un solo lugar, a no

ser que ésta sea de tipo puntual y esté muy cerca de la vertiente. Por el otro lado, la fuente superficial, en este caso la quebrada, tiene un riesgo mucho más alto de adquirir contaminación por el largo que tiene sobre la superficie.

7. Hay inconsistencia en el comportamiento y actitud de la gente en base de su propio control de los aspectos importantes para salud ambiental. Por ejemplo, hay quienes tienen cuidado en la limpieza y cuidado de las letrinas, sin embargo, no hay filtrado, hervido o desinfectado del agua de consumo. También algunos casos que tienen muy buen cuidado con la basura y no ocasionan problema con ella, pero no poseen letrina. Existe una conciencia por la conservación de los suelos, no practicando métodos de destrucción rápida de la estructura y textura del suelo. Entonces, se puede apreciar que hay una discontinuidad en el proceso de mejoramiento de salud ambiental.
8. El agua de las fuentes es utilizada por lo general para uso doméstico. Las casas que utilizan el agua para riego es porque tienen fuente con abundante agua. Este uso, todavía no representa un conflicto de interés en los casos documentados.
9. Casi el 95% de los pobladores de la microcuenca no poseen título de propiedad, tan solo posesión del terreno. Esto parece no haber jugado un papel

importante en la prevención de contaminación en las fuentes e inversión en sistemas mejores ya que tienen la gran mayoría más de 10 años de vivir en esas casas.

10. Hay una contaminación en la cuenca aguas arriba que afecta la calidad del agua aguas abajo, a la población de Santa Rosa en este caso, ya que ellos se abastecen de agua de una pequeña presa en la quebrada Matahambre situada en la parte baja de la microcuenca.

BIBLIOTECA WILSON POPENDE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 88
TEGUIGALPA HONDURAS

VI. RECOMENDACIONES

Hay dos criterios que debemos poner en consideración, uno es acciones individuales y el otro es comunal. Para las acciones personales o de la familia como una unidad se debe tomar acciones. Estas acciones son también recomendadas por la OMS y el Banco Mundial, deben ser desarrolladas en cuanto a:

- 1) Calidad del agua en la fuente
- 2) Prácticas de transporte y almacenaje del agua
- 3) Prácticas domésticas para mejorar la calidad del agua
- 4) Higiene del terreno y el hogar
- 5) Prácticas de higiene personal

Cada una de estas acciones implica labores de cuidado desde la fuente hasta la casa y ciertos conocimientos de higiene como son:

- 1a. Protección de la fuente de los animales, personas u otros contaminantes, cercando la zona y plantando árboles alrededor.
- 2a. Deben limpiarse los recipientes cada día muy bien, cubrirlos una vez que están con agua y exponerlos al medio lo menos posible. Debe almacenarse en un lugar seguro y fuera el alcance de los niños y animales. Además al momento de

servir o vertir el agua se deben utilizar objetos limpios y no debe haber contacto con las manos.

3a. Una opción dentro la mejora de la calidad del agua en el hogar es el hervido de esta. Esta práctica es muy ventajosa para matar las bacterias y virus pero también tiene desventajas en sentido de uso de mucho combustible, como leña y así ocasionando otros deterioros, mal sabor, el agua caliente puede causar accidentes y una vez fría se puede contaminar nuevamente.

Otra opción es el desinfectado del agua con cloro, puede ser muy eficaz este proceso pero se debe tomar en cuenta el buen manejo de éste y concientización.

4a. Para tener una buena higiene del lote y terreno alrededor la casa la disposición de las excretas debe realizarse en forma adecuada. Esto resulta cuando las excretas son depositadas en una letrina. Los desperdicios domésticos deben ser seleccionados entre los reciclables y los que no se pueden reciclar para quemarlos. El agua de desperdicio debe ser apropiadamente canalizada o drenada hasta un lugar donde pueda ser infiltrado y aprovechado por la vegetación.

A la limpieza del lote ayuda que no hayan animales caminando por toda el área. Deben estar encerrados ya sea con cercos o jaulas en lugares apropiados.

Si es posible, se debe colocar mallas o telas en las puertas y ventanas de la casa para evitar la entrada de

moscas y otros insectos.

5a. Las heces de los niños deben ser depositadas en la letrina y debe lavarse bien las manos. También deben ser lavadas las manos antes de preparar los alimentos y uso del agua almacenada para beber.

Para los puntos antes expuestos es necesario montar un programa de educación higiénica tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Los usuarios deben ser concientes de la importancia de calidad del agua y la relación con la salud y necesidad de fuentes de agua segura.
- Deben aceptar la importancia del monitoreo y programa de extensión y la necesidad de la respuesta de la comunidad.
- Deben implementar su rol en el proceso
- Debe haber participación de la comunidad

El programa de educación higiénica desde el punto de vista del programador ya es una acción comunal. Para esto debe haber todo un desarrollo para la implementación que puede ser impulsado por algún organismo no gubernamental, el gobierno o la EAP.

Para el abastecimiento de agua segura desde la fuente es necesario hacer un estudio de factibilidad en la

implementación de un sistema de distribución por tubería para todas las casas, cuál sería el ente financiador y los recursos con los que se cuenta. También ver si físicamente es posible conectar las casas y las fuentes.

Por otro lado la EAP debe establecer su política sobre qué hará con las personas que se quedarán en la cuenca una vez haya terminado de hacer sus compras de terreno en el área porque pudiera ser que interfieran con el plan de manejo que se pretende llevar a cabo. Es por eso que se debe dar un seguimiento al presente estudio, de tal forma que haya más acercamiento con las actividades allá realizadas y con las necesidades que urgen.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BCIE. 1992. Estudio sobre la situación del sector en la región y sobre mecanismos operativos y de consecución de recursos para el financiamiento del subprograma. Subprograma Regional de Preservación del Medio Ambiente, Departamento de Desarrollo Social. Vol. I,II y III.
- BLAIKIE, P. 1985. The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries. E.U.A., Longman. 188 p.
- BRISCOE, J. y FERRANTI, D. 1988. Water for Rural Communities; Helping People Help Themselves. Washington, D.C., E.U.A., The World Bank. 29 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGUA Y SANEAMIENTO. 1983. Sistema de Abastecimiento de Agua para Pequeñas Comunidades; Tecnología de Pequeños Sistemas de Abastecimiento de Agua en Países en Desarrollo. Trad. por Ana Labrin. 2da. edición. La Haya, Holanda, CEPIS. 384 p.
- FAO. 1988. Pautas para la evaluación económica de proyectos de ordenación de cuencas. Roma, Italia, FAO. Guia FAO Conservación 16. 148 p.
- FAO. 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas; Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Roma, Italia, FAO. Guia FAO conservación 13/6. 185 p.
- GARCIA, B. 1993. Potencial Hídrico de la Microcuenca de la quebrada Santa Inés. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras, EAP. 95 p.
- HACH. 1992. Water Analysis Handbook. 2da. edición. Colorado, E.U.A., HACH. 831 p.
- HILLEBOE, H.E. 1974. Manual de tratamiento de aguas. E.U.A., NY, Departamento de Sanidad del Estado de NY, Albany. 205 p.
- IRC. 1989. Making the Links; Guidelines for Hygiene Education in Community Water Supply and Sanitation. The Hague, The Netherlands, IRC. Occasional Paper Series No. 5. 82 p.

- IRC. 1991. Drinking Water Source Protection; A review of environmental factors affecting community water supplies. The Hague, The Netherlands, IRC. Occasional Paper Series 15. 66 p.
- LEE, M.D. 1990. Drinking Water Source protection: problems, causes and needs. The Hague, The Netherlands. Report from the working group meeting held at the IRC. International Water an Sanitation Centre. IRC 36 p.
- LLOYD AND HELMER. 1991. Surveillance of Drinking Water Quality in Rural Areas. Avon, Great Britain, WHO. 171 p.
- NARAYAN, D. 1993. Participatory evaluation; Tools for Managing Change in Water and Sanitation. Washington, D.C., U.S.A., The World Bank. World Bank Technical Paper Number 207. 122 p.
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. 1988. Guías para la calidad del agua potable. Washington D.C., E.U.A., OPS. volumen I y II.
- RAYMOND, N. 1994. Compartir el agua: Campos, ciudades y ecosistema. Washington D.C., E.U.A. Documentos preparados para la teleconferencia del día mundial de la alimentación. Comité Nacional de los E.U. para el Día Mundial de la Alimentación. 63 p.
- SANAA, UNICEF. sf. Manual guía sobre agua y saneamiento para juntas de agua. Honduras, Unidad Ejecutora de Barrios Marginales. 30 p.
- SECPLAN, DESFIL, USAID. 1989. Perfil Ambiental de Honduras. Tegucigalpa, Honduras, AID/DHR. 346 p.
- TERCER SEMINARIO NACIONAL DE MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS (1985 LA CEIBA, HONDURAS). 1986. Memoria. Ed. por Tirso Maldonado y Ricardo Pérez. Tegucigalpa, Honduras, CATIE. 125 p.
- WARD, et al. 1985. Ground Water Quality. E.U.A., National Center for Ground Water Research. 547 p.
- WATER FOR THE WORLD. 1984. Rural Water/Sanitation Projects. E.U.A., USAID. 282 P.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1992. WHO Guidelines for Drinking Water Quality. 2nd edition. Geneva, Switzerland, WHO. 119 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1.

ENCUESTA PARA DETERMINAR FUENTES POTENCIALES DE
CONTAMINACION EN LA CUENCA DE SANTA INES

Fecha:..... Lugar:.....

Nombre de persona encuestada:.....

I. INFORMACION GENERAL

Nombre del jefe de vivienda:.....

No. de personas que viven tiempo completo en la casa:...

Adultos....

Niños.....

Cuales son los trabajos principales de los adultos:.....

.....

Donde trabaja el jefe de familia?

EN EL TERRENO FUERA LA CUENCA EN OTRAS CASAS

.....

.....

.....

Cuántos años han vivido en esta casa?.....

Cuántos años han vivido en la cuenca de Santa Inés?.....

II. OBSERVACIONES

Cuántos cuartos tiene?:.....

Qué tipo de construcción?:.....

.....

	SI	NO
Tiene ventanas de vidrio?

Tiene mosquitero en las ventanas ó puertas?
---	-------	-------

Tiene huerta fuera la casa?
-----------------------------	-------	-------

	MALO	REGULAR	BUENO
Qué tipo de techo tiene la casa?

Qué estado de mantenimiento tiene la casa?.....

Qué estado de mantenimiento tiene el jardín?.....

	SI	NO	
Tiene pila?	....	....
Tiene ducha?	....	....
TIENE LETRINA EN EL TERRENO DE LA CASA?	....	....
Cuántas letrinas tiene?:.....			
	VENTILADO	NO VENTILADO	SECO
Qué tipo de letrina es?
UN POZO	DOS POZOS	TAZA SIMPLE	TAZA LAVABLE
....
En qué estado está la letrina?			
	SI	NO	
Tiene paredes?	....	....
Tiene techo?	....	....
Tiene puerta?	....	....
En qué estado está el interior?			
Condiciones de limpieza:.....			
Condiciones de aire/olor:.....			
III. PUNTO DE AGUA			
	SI	NO	
Tiene punto de agua en el lote?	....	....
Por cuántos años ha tenido el punto de agua?:.....			
Tiene llave?	....	....
Cuántas llaves tiene?:.....			
Dónde están las llaves?			
En el lote?	....	....
Qué distancia de la casa?:.....			
En la casa?	....	....
	BUENO	CON PERDIDAS	ROTO
Qué estado tiene cada llave?
Si no tiene llaves, qué tipo de punto tiene? Descripción:			
.....			
.....			
Si el punto esta fuera la casa, cómo usa el agua en la casa para beber o cocinar?			
	SI	NO	
Colecta en un recipiente grande para usos comunales?	....	....
Qué tamaño?:.....			
Cuántas veces por día o por semana			

lo llenan?:.....

Colecta en recipientes pequeños para cada uso separado?	SI	NO
Limpia sus recipientes?	.....	.....
Con qué frecuencia?.....	.....	.....
Cómo los limpian?.....	.....	.....
.....

IV. AGUA PARA BEBER

Cómo aprovecha y usa el agua para beber?	SI	NO
Bebe el agua directamente de llave?	.....	.....
Almacena el agua antes de beberla?	.....	.....
Filtra el agua antes de beberla?	.....	.....
Usa cloro antes de beberla?	.....	.....
Hierve el agua antes de beberla?	.....	.....

V. OTRAS FUENTES DE AGUA

Usa agua del río o quebrada?	SI	NO
Para qué?:.....	.....	.....
Transporta el agua?	.....	.....
La usa en el sitio?	.....	.....
Recolecta el agua de lluvia que cae en el techo?	.....	.....
Donde almacena esta agua?:.....	.....	.....
Para qué la usa?:.....	.....	.....
Qué parte del techo usa para cosechar agua?.....	.....	.....

A. DONDE ESTA LA FUENTE DE DONDE SE ORIGINA EL PUNTO DE AGUA DE LA CASA?

Distancia abajo?.....	.....	.....
Distancia arriba?.....	.....	.....
Tiene más de una fuente?	.....	.....
Cuántas?:.....	.....	.....

	QUEBRADA	MANANTIAL	POZO	OTRO
Qué tipo de fuente tiene?

La fuente produce agua todo el año?	SI	NO
Puede caminar conmigo para ubicarlo?	.....	.....

Quién tiene el título de terreno donde está la fuente?:.....

	alta	baja	area plana
Cómo es el terreno	pendiente	pendiente	
donde está la fuente?	.....	.....	.....

1. CARACTERISTICAS DEL TERRENO ARRIBA DE LA FUENTE

	SI	NO
Es terreno boscoso?	.....	.....
a. Es su area de cultivo?	.....	.....
Qué tipo de cultivo?.....		
Ha construido barreras o ha hecho terrazas en el terreno?	.....	.....
Usa plaguicidas en estos cultivos?	.....	.....
Qué tipos de plaguicidas?:.....		
.....		
	SI	NO
Usa abonos en estos cultivos?	.....	.....
Qué tipo de abonos?.....		
.....		
Tiene letrina en esta area?	.....	.....
Está arriba o abajo de su fuente?:.....		
Si no tiene letrina, dónde va su familia y trabajadores a hacer sus necesidades cuando está allá?.....		
b. Es el area de cultivo de otra familia?	.....	.....
Qué familia?.....		
Donde vive?.....		
Qué tipo de cultivo es?.....		
Tiene estructuras para prevenir erosión?	.....	.....
Usa plaguicidas en estos cultivos?	.....	.....
Qué tipos de plaguicidas?:.....		
Usa abonos en estos cultivos?	.....	.....
Qué tipos de abonos?.....		
Tiene letrina en esta area?	.....	.....
Está arriba o abajo de su fuente?:.....		
Si no tiene letrina, dónde van los trabajadores a hacer sus necesidades cuando están allá?.....		
.....		

VI. USO DE TIERRA

Es productor de cultivos?	.....	.....
Para mercado?	.....	.....
Para consumo de la familia solamente?	.....	.....

Dónde está su terreno?:.....		
Su terreno es una parcela o multiples?:.....		
Puede caminar un día conmigo para identificar los límites de su terreno?	.....	.....
Qué tipo de topografía tiene su terreno?		
Mayor parte plano?	.....	.....
	SI	NO
Mayor parte pendiente?	.....	.....
Mezclado?	.....	.....
Dónde está la fuente de agua relativo al terreno?		
En la parte alta en la parte baja mas o menos a la altura		
A fuera en propiedad de otros		
	SI	NO
Deja animales en su terreno durante el año?	.....	.....
Cuándo los deja?:.....		
Cuántos animales?:.....		
Caballos?:.....		
Vacas?:.....		
Puercos?:.....		
Otros?:.....		
Qué técnicas agrícolas usa en su terreno?		
	SI	NO
Rosa y quema?	.....	.....
Corta y deja los residuos para abono verde?	.....	.....
Conservación de suelos?	.....	.....
Otros:.....		
Qué químicos usa en su terreno?		
Plaguicidas?	.....	.....
Qué tipos?:.....		
Cómo los aplica?:.....		
Cuándo los aplica?:.....		
Cuánto usa de cada tipo por año?:.....		
Abonos?	.....	.....
Qué tipos?:.....		
Cómo los aplica?:.....		
Cuánto usa de cada tipo por año?:.....		
VII. TRANSPORTE DEL AGUA A SU CASA		
Tubería?	.....	.....
Lleva a mano?	.....	.....
Lleva por animales?	.....	.....

Cuál es la distancia de la fuente a su casa?.....

Puede caminar la RUTA conmigo?

Qué tipo de tubería tiene? (PVC) MANGUERA TUBO PLASTICO OTRO

Pulgadas?.....

Cuánto costó la instalación de la tubería?.....

Quién instaló la tubería?.....

Está sobre la superficie? SI NO

Está enterrada?

Tiene o tuvo problemas con la tubería?:

Qué tipo de problemas tiene? Rupturas Obstrucciones Otros

..... ..

Qué causa normalmente los problemas? presión mala conexión gente corta animales

..... ..

degradación de tubería Suciedad en el tubo otros

..... ..

Chequea el sistema para observar problemas? SI NO

Con qué frecuencia? C/semana C/mes C/año Irregularmente Otro

..... ..

Tuvo apoyo con la construcción? vecinos, org. externo?:

DINERO ASISTENCIA TECNICA OTRO

..... ..

Tiene título del terreno por donde cruza su tubería?

Quién tiene? VECINOS MUNICIPALIDAD ESCUELA OTROS NO CONOCE

..... ..

VIII. CONDICIONES DEL AGUA

Qué caudal de flujo tiene? Litros/seg No conoce

..... ..

La cantidad de agua que tiene es igual todo el tiempo? SI NO

..... ..

	SI	NO
El flujo cambia sobre el año?	....	....
Es más en un periodo que en otro? ..	....	....

Quando es más?	PERIODO LLUVIOSO	PERIODO SECO	OTRO
.....

Qué pasa?	Seca completamente?	Baja el flujo?

	ALTA	NORMAL	BAJA
Qué presión tiene el agua?	....	.....	.....

	SI	NO
Esta presión causa problemas?	....	....

	ROMPE TUBERIAS	ROMPE LLAVES	PERDIDA DE AGUA
Qué tipo?	.....	.....	.....

IX. CALIDAD DE AGUA

	CRISTALINA	POCO OSCURO	SUCIO
Es cristalina su agua?	.....	.....	.....

	NO TIENE OLOR	POCO OLOR	FUERTE OLOR
Tiene olor su agua?	.....	.....	.....

	NO TIENE SABOR	POCO SABOR	FUERTE SABOR
Tiene algún sabor?.....	.....	.....	.....

EN EL INVIERNO (PERIODO LLUVIOSO)

	CRISTALINA	POCO OSCURO	SUCIO
Es cristalina su agua?	.....	.....	.....

	NO TIENE OLOR	POCO OLOR	FUERTE OLOR
Tiene olor su agua?	.....	.....	.....

	NO TIENE SABOR	POCO SABOR	FUERTE SABOR
Tiene algún sabor?.....	.....	.....	.....

DESPUES DE TORMENTAS FUERTES CON MUCHA LLUVIA Y ESCORRENTIA SUPERFICIAL

	CRISTALINA	POCO OSCURO	SUCIO
Es cristalina su agua?	.....	.....	.....

	NO TIENE OLOR	POCO OLOR	FUERTE OLOR
Tiene olor su agua? .....	.....	.....	.....

	NO TIENE SABOR	POCO SABOR	FUERTE SABOR
Tiene algún sabor?.....	.....	.....	.....

EN EL VERANO (PERIODO SECO)

	CRISTALINA	POCO OSCURO	SUCIO
Es cristalina su agua? .....	.....	.....	.....

	NO TIENE OLOR	POCO OLOR	FUERTE OLOR
Tiene olor su agua? .....	.....	.....	.....

	NO TIENE SABOR	POCO SABOR	FUERTE SABOR
Tiene algún sabor?.....	.....	.....	.....

X. USO DE LETRINAS

A. POR CUANTOS AÑOS TIENEN ESTA LETRINA?.....

	SI	NO
Tuvieron otra letrina antes de ésta?
Por cuántos años tuvieron letrinas?:.....		
Quién construyó la letrina?:.....		
Tuvo asistencia de gente de afuera?
Con el tipo?
Con la construcción?
Con los materiales?
Con dinero?

B. SI NO TIENE LETRINA, DONDE VA LA GENTE DE ESTA CASA PARA SUS NECESARIAS?

Ubicación del lugar:.....		
Descripción del lugar:.....		
.....		
Usa las orillas de la quebrada? .....	.....	.....
Por qué?:.....		
.....		
Distancia de la casa:.....		
Por qué usa este lugar?:.....		
Por qué no construyó una letrina?		
Dinero? .....	.....	.....
Asistencia técnica? .....	.....	.....
No tiene título de casa? .....	.....	.....
Otros:		
Usa pozos? .....	.....	.....
Cubre el material? .....	.....	.....

XI. DESHECHO DE BASURA

Quema su basura?	.....	.....
Vota a un pozo y cubre?	.....	.....
Lleva a otro sitio?	.....	.....
Lejos cerca cerca del río/quebrada		
..... 		
Siempre hace esto, o hace varias cosas?		
.....		

XII. USO DEL AGUA

Cuánta gente usa el agua?.....

Adultos.....

Niños.....

Cuántos animales usan el agua?.....

Vacas.....

Caballos.....

Burros.....

Puercos.....

Gallinas.....

Perros.....

Otros.....

	SI	NO
Usa el agua para bañarse?
Tiene ducha?
Usa el agua para lavar ropa?
Tiene pila?
Cómo usa la pila?		
Llena y luego vacía?
Corre el agua?
Usa el agua para riego?
Qué area de cultivos tiene?.....		
Cómo lo riega?, manguera, otro?.....		
Qué otros usos del agua tiene?.....		
Tiene drenaje controlado e higiene de su pila?
Tiene drenaje controlado e higiene de su punto de agua?
Tiene drenaje controlado e higiene de su ducha?

Qué produce normalmente en su terreno?.....
.....

Qué sembrará o producirá en el año próximo?.....

ANEXO 3. Prueba de Chi cuadrado para probar diferencia de contaminación entre la fuente y la casa

Frecuencias Observadas

	A	B	C	D	
Fuente	4	13	20	2	39
Casa	0	10	26	12	48
	4	23	46	14	87

Frecuencias Esperadas

	A	B	C	D	
Fuente	1,7	10,3	20,6	6,27	39
Casa	2,20	12,6	25,3	7,7	48
	4	23	46	14	87

Valor $X^2 = 12,7$

Grados de Libertad = 3

Valor de la tabla de Chi cuadrado = 6,25 con 99% de significancia

ANEXO 4. Prueba de Chi cuadrado para probar diferencia de contaminación entre la fuentes subterráneas y las superficiales

Frecuencias Observadas

	A	B	C	D	
Subterránea	5	10	8	1	24
Superficial	0	2	12	1	15
	5	12	20	2	39

Frecuencias Esperadas

	A	B	C	D	
Subterránea	3,0	7,4	12,3	1,2	24
Superficial	1,9	4,6	7,6	0,7	15
	5	12	20	2	39

Valor $X^2 = 8,47$

Grados de Libertad = 3

Valor de la tabla de Chi cuadrado = 6,25 con 99% de significancia