

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES

Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón.

Proyecto de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Gestión Ambiental con énfasis en Tecnologías Limpias

Presentado por:

Claudia Hernández Víquez

Heredia, 2016

Hoja del Tribunal examinador

Evaluación de la calidad de agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón, como requisito parcial para optar al grado de licenciatura en Gestión Ambiental con énfasis en Tecnologías Limpias.

MS.c Tomás Marino Herrera

Decano / Vicedecano

Dr. William Fonseca González

Director de la Escuela de Ciencias Ambientales

PhD. Berna van Wendel de Joode

Tutora

Ing. Elías Rosales Escalante

Lector

Lic. Rosario Quesada Varela

Lectora

Febrero, 2016

Resumen

Se realizó un diagnóstico de las fuentes de agua para consumo humano utilizadas en la comunidad de 4 Millas de Matina, Limón, con el fin de generar una propuesta de alternativas tendiente a mejorar la calidad del agua que se consume. En 4 Millas, estas fuentes equivalen a pozos artesanales construidos manualmente y sin ningún tipo de dirección técnica, igual que algunas otras comunidades rurales de la zona. Una investigación anterior, realizada en la misma comunidad en el año 2011, determinó la presencia de altas concentraciones del metal manganeso que sobrepasaron el nivel máximo permitido (500 µg/L Mn) por la legislación nacional.

Para corroborar los datos del 2011 se planteó un estudio más profundo en esta comunidad mediante el actual proyecto de investigación. Se muestreó 25 pozos de un total de 147, donde se analizó parámetros físico-químicos, metales, coliformes fecales y plaguicidas. Para la verificación de los datos se realizaron dos muestreos uno en octubre del 2012 y otro en abril del 2013. En el último se examinó también agua de lluvia y agua de un pozo aislado en una playa cercana. Los análisis determinaron que las concentraciones de manganeso en el agua tomada de los pozos son altas (mediana: **835** µg/L Mn) y muchas veces (67%) están por encima de lo máximo permitido. Con base en lo que menciona la literatura científica, estas concentraciones podrían afectar el neurodesarrollo infantil. Además, se detectó la presencia de coliformes fecales en todas las muestras y en algunas se detectaron también plaguicidas, el agua de lluvia presentó los valores más altos de estos. Se concluye que los factores que influyen en la calidad del agua pueden deberse a varios motivos: desde razones naturales y geológicas, tal y como la presencia de mn en el suelo, hasta acciones antropogénicas, entre estas la escasa planificación urbana (ubicación pozoletrina), una pobre inversión en infraestructura de fuentes, pocas medidas de higiene, así como la contaminación proveniente posiblemente del uso extensivo de plaguicidas en las fincas aledañas.

Todo el proceso anterior se abordó de forma participativa, y fue paralelo al desarrollo de talleres participativos con miembros de la comunidad, sobre la temática del agua como eje transversal y práctico, donde se trató el uso, manejo y las posibles alternativas de mejoramiento a las fuentes de agua. El trabajo mediante la participación comunitaria permitió obtener una propuesta de alternativas seleccionadas por y para la comunidad, tendientes a buscar una mejora en la calidad del agua de consumo.

Dedicatoria

A Dios porque me dio fe y fuerzas cada vez que me desanime. A mi familia, por acompañarme durante estos años dándome ánimos, a mi mamá, mi heroína y ayudadora. A papi por inculcarme el amor por el ambiente y el pensamiento analítico. A Cristian quien me ha acompañado a lo largo de todo este proceso, siempre con paciencia y amor, gracias a todos por su paciencia.

Dedico especialmente este trabajo a un ser humano que me asombró desde que lo conocí, el Sr. Hernán Mitchell, líder comunitario del Cantón de Matina y presidente de la Asociación de Desarrollo de 4 Millas. Siendo ya un adulto mayor Don Hernán tiene la fuerza más importante: la fuerza de voluntad, aunque tenga que combatir completamente solo por una causa este señor se levanta y lucha en pro de su comunidad y su Cantón.

El mundo no sería el mismo si existieren más personas como Don Hernán, todo un ejemplo.

Claudia

Agradecimientos

La autora reconoce el apoyo y colaboración brindada por las siguientes personas, durante el desarrollo de este trabajo de graduación, y agradece:

A mi equipo de trabajo más que compañeros de trabajo amigos: Leo, Ros y Camilo.

A mi tutora Berna, por su paciencia, ánimos y querer sacar siempre lo mejor de cada uno.

A mis lectores Rosario Quesada y Elías Rosales, por sus valiosos consejos y tiempo.

A toda la comunidad de 4 Millas, especialmente a los participantes de los talleres, ¡gracias por su hospitalidad!

A mi familia, especialmente a mis padres.

Índice general

Contenido	Pág.
CAPÍTULO I. Introducción.....	13
1.1 Problema y justificación de la investigación	15
1.2 Marco legal.....	19
1.3 Objetivos	23
Objetivo general.....	23
Objetivos específicos	23
CAPÍTULO II. Marco Teórico	24
2.1 Área de estudio.....	24
2.2 Agua.....	25
2.2.1 Fuentes de agua.....	25
2.3 Características del agua	26
2.3.1 Calidad.....	26
2.3.2 Fuentes de contaminación del agua	27
2.3.3 Contaminación por microorganismos	27
2.3.4 Agroquímicos.....	27
2.4 Manganeso (Mn).....	29
2.4.1 Manganeso en agua	29
2.4.2 Normativa internacional y nacional para el manganeso en agua.....	30
2.5 Gestión del recurso hídrico	31
2.6 Sistemas de distribución y abastecimiento de agua en el cantón de Matina	31
2.6.1 Acueductos.....	31
2.6.2 Pozos artesanales	32
2.7 Enfoque ecosistémico (enfoque participativo).....	33
2.7.1 Actores involucrados	34
2.8 Saneamiento ambiental	34
2.8.1 Tecnologías limpias	35
2.8.2 Tecnologías aplicables para mejorar la calidad del agua	35
CAPÍTULO III. Lineamientos metodológicos	38

3.1 Tipo de investigación	38
3.2 Descripción general del sitio de estudio.....	38
3.3 Descripción de variables	39
3.4 Instrumentos y técnicas para la recopilación de información.	39
3.4.1 Información secundaria y primaria.....	39
3.4.2 Observación directa	40
3.5 Fases de la investigación.....	41
3.5.1 Fase I. Caracterización del entorno y diagnóstico del manejo del agua.....	41
3.5.2 Fase II. Evaluación de la calidad del agua de consumo	45
3.5.3 Fase III. Proceso participativo y gestión del conocimiento	47
3.5.4 Fase IV. Alternativas propuestas	52
CAPÍTULO IV. Presentación y análisis de resultados	53
4.1 Fase I. Caracterización del entorno y diagnóstico del agua.....	53
4.1.1 Caracterización socioambiental del entorno	53
4.1.2 Diagnóstico del uso y manejo del agua en 4 Millas	60
4.2 Fase II. Evaluación de la calidad del agua de consumo	67
4.2.1 Resultados de las muestras de agua	67
4.3 Fase III. Resultados del proceso participativo/ Sistematización.....	79
4.3.1 Análisis final del proceso participativo	87
4.4 Fase IV. Resultados para la propuesta de alternativas.....	88
4.4.1 Alternativas a largo plazo.....	88
4.4.2 Alternativas a corto plazo.....	90
4.4.3 Mapeo de actores.....	97
CAPÍTULO V Conclusiones y recomendaciones	99
Bibliografía	102
Apéndices	112
Anexos	119

Índice de figuras

Contenido	Pág.
Figura 1. Mapa del cantón de Matina, donde se señala la comunidad de 4 Millas (Córdoba 2012. Programa ISA).....	24
Figura 2 .Intervalo de confianza para una proporción.	43
Figura 3. Mapa de las casas codificadas pertenecientes al sector denominado como Managuita 2, en la comunidad de 4 Millas.....	44
Figura 4. Mapa de las casas codificadas pertenecientes al sector denominado como 4 Millas adentro 2, en la comunidad de 4 Millas.	44
Figura 5. Toma de los parámetros de pH y conductividad en una de las casas (pozos) seleccionadas.....	46
Figura 6. Ubicación del cantón de Matina y la comunidad de 4 Millas (Córdoba 2013)	54
Figura 7. Mapa de uso de suelo en 4 Millas, 2012 (Córdoba 2013)	55
Figura 8. Número promedio de habitantes en cada hogar, según la población encuestada en la comunidad, 2012.....	56
Figura 9. Tenencia de las viviendas en 4 Millas (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012).....	59
Figura 10. Disposición de excretas de la población encuestada en la comunidad de 4 Millas, 2012.....	59
Figura 11. Distribución porcentual de la población encuestada en la comunidad de 4 Millas, 2012.....	60
Figura 12. Tipo de abastecimiento de agua en la comunidad de 4 Millas (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012).....	61
Figura 13. Fuentes de agua en la población encuestada, 2012.....	61
Figura 14. Uso del agua de los pozos por parte de la población encuestada, 2012.....	62
Figura 15. Pozo sin ningún tipo de protección. Sin brocal, sin acera y además es agua es extraída con una cuerda que se contamina cada vez que toca al suelo.....	64
Figura 16. Tanque de almacenamiento de agua sin ningún tipo de protección en su parte superior (la bomba y el pozo se observan abajo).....	64
Figura 17. El pozo y la letrina a menos de 10 m de distancia uno del otro, y el nivel de la letrina es más alta que el nivel del pozo.	64
Figura 18. Plantaciones de la bananera justo frente al camino y a las casas en calle Beyaco, no hay zonas de amortiguamiento evidentes.	65

Figura 19. Toma de muestras de agua en las casas seleccionadas aleatoriamente, 4 Millas.	67
Figura 20. 17 de las 25 muestras por encima de lo máximo permitido.	68
Figura 21. 13 de las 20 muestras por encima de lo máximo permitido.	68
Figura 22. Toma de la muestra del pozo ubicado en la playa Barra de Matina, 2013.	77
Figura 23. El Señor Hernán Mitchell haciendo entrega del informe técnico al Presidente de la Republica y a la Presidenta Ejecutiva del AyA, 2014.	89
Figura 24. Soga y balde en el suelo expuesto bacterias, heces de animales, químicos entre otros.	91
Figura 25. Recipientes de agua almacenada sin tapa y en el piso.	91
Figura 26. Construcción de un revestimiento de ferrocemento, así como el brocal, acera y caño.	94
Figura 27. Sistema de remoción de manganeso y hierro, Monte Rey en Cariari de Pococí–Limón, 2014 (corresponde al prototipo piloto elaborado por Sthefany Hernández del TEC)	95
Figura 28. Dispositivo de aireación dentro del tanque #1.	95

Índice de cuadros

Contenido	Pág.
Cuadro 1. Niveles de Mn encontrado en las muestras de agua tomadas de pozos de la comunidad de 4 Millas durante los meses de junio a octubre del 2011.	17
Cuadro 2. Marco legal relacionado a salud y ambiente.....	20
Cuadro 3. Desglose de contenidos y actividades que se desarrolló en los talleres.	49
Cuadro 4. Ocupaciones identificadas de las y los pobladores de 4 Millas (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012).....	57
Cuadro 5. Enfermedades crónicas identificadas en la comunidad (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012)	57
Cuadro 6. Casos atendidos en la clínica de Bataan de Matina, provenientes del distrito de Matina en distintos periodos de tiempo (clínica de Bataan 2012).....	58
Cuadro 7. Servicios básicos presentes y su caracterización general.....	59
Cuadro 8. Características estructurales de los pozos y sistema de abastecimiento n=55.	63
Cuadro 9. Existencia de actividades cercanas que puedan afectar la calidad del agua del pozo (n=55).	65
Cuadro 10. Mantenimiento y limpieza del pozo por parte de sus propietarios (n=55).	66
Cuadro 11. Valores de manganeso total y soluble en el muestreo 1 y 2 respectivamente (Informes de laboratorio LAA 2012-2013).	68
Cuadro 12. Correlación existente entre primera y segunda medición de manganeso.	69
Cuadro 13. Parámetros físico-químicos más relevantes que se analizaron los muestreos de las aguas (Resultados de laboratorio LAA, 2012-2013).	71
Cuadro 14. Análisis de laboratorio para las muestras de coliformes (Resultados de laboratorio LMA, 2012).....	72
Cuadro 15. Plaguicidas identificados en las muestras analizadas (informe de laboratorio LAREP, 2013)	74
Cuadro 16. Análisis del agua de lluvia, n=3. (Resultados de laboratorio LAA y LAREP, 2012-2013).....	76
Cuadro 17. Actores involucrados para llevar a cabo las alternativas propuestas.....	98

Índice de Apéndices

Contenido	Pág.
Apéndice 1. Tabla de operacionalización de variables.	112
Apéndice 2. Ficha de campo a utilizar en cada lugar donde se tome una muestra de agua.	113
Apéndice 3. Instrumento de recolección de datos.	114

Índice de Anexos

Contenido	Pág.
Anexo 1. Definiciones importantes establecidas en el Reglamento de la calidad de agua potable de Costa Rica.....	119
Anexo 2. Protocolos de muestreo a utilizar	120
Anexo 3. Procedimientos de análisis de agua.....	121
Anexo 4. Límites recomendados y máximos permitidos de acuerdo al Reglamento de Calidad de Agua Potable de Costa Rica (Poder Ejecutivo; MS (Ministerio de Salud, CR). 2005).....	124
Anexo 5. Actividad en grupo, como saber si el agua es potable (Conant, J. 2005)	125
Anexo 6. Actividad: recolección y almacenamiento de agua potable (Conant, J. 2005)	125
Anexo 7. Actividad “Dos círculos” para la educación comunitaria (Conant, J. 2005).	126
Anexo 8. Minuta de la reunión realizada entre el AyA y programa ISA.....	127
Anexo 9. Cotización de un turbidímetro portátil y de un medidor de cloro	128
Anexo 10. Costo de implementación del prototipo para una familia rural o urbana (Hernández 2014).	129
Anexo 11. Informes completos de los análisis de laboratorio presentados por los laboratorios: LAA y LAREP (2012-2013)	130

CAPÍTULO I. Introducción

El siguiente trabajo de investigación se realizó como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Gestión Ambiental con énfasis en tecnologías limpias. Se sabe que actualmente las tecnologías y prácticas limpias y su aplicación son cada vez más comunes y sobretodo necesarias, esto debido al detrimento ambiental que sufre nuestro planeta consecuencia entre otros, a los procesos productivos y tecnológicos de la modernidad.

En este trabajo se abordó el tema de la situación del agua para consumo humano en una comunidad rural-marginal del cantón de Matina, Limón. La comunidad se caracteriza en este aspecto, debido a que su único acceso de agua para consumo son pozos propios de unos 2 a 5 metros de profundidad. Los pozos fueron construidos artesanalmente sin ningún tipo de apoyo o dirección técnica. Anteriormente en el área de estudio, y como parte del programa Infantes y Salud Ambiental (ISA) (www.isa.una.ac.cr) del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET-UNA) se realizó un muestreo de 4 pozos de esta comunidad, donde los niveles del metal manganeso (Mn), estuvieron entre los más altos detectados de 37 comunidades del cantón: los resultados oscilaron entre 1100 µg/L Mn y 1600 µg/L Mn, mientras lo máximo permitido según el Reglamento para la calidad del agua potable en Costa Rica: Decreto N° 32327-S (MS, 2005), es de 500 µg/L Mn. Además, un diagnóstico realizado en el 2009 por ISA, indica que las personas de la comunidad no se encontraban conformes con el sabor del agua¹.

Por estas razones, se evaluó con más detalle la calidad del agua en esta comunidad, y, según lo obtenido, se brindó apoyo en la búsqueda de alternativas e ideas con el fin de mejorar la situación actual del agua para consumo. Lo anterior mediante acciones de concientización, buenas prácticas y acompañamiento para realizar gestiones con instituciones estatales relacionadas al tema, como: Municipalidad, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y el Ministerio de Salud (MS).

Estudios a nivel global han demostrado la relación existente entre la disminución en la mortalidad en niños menores de 5 años (basado en el control de diarreas) y el acceso a agua para consumo humano, la disposición adecuada de excretas y la alfabetización (Mora y Portuguez 2005). La comunidad de 4 Millas no escapa a estas dificultades de acceso y cobertura, y a los riesgos que corren al obtener agua de fuentes propensas a la contaminación, o de sistemas de abastecimiento de agua que no tienen un tratamiento o mantenimiento adecuado podrían ser graves. Es por ello que se busca formular en conjunto con la comunidad propuestas de mejora, fungiendo así como un ente externo de apoyo.

El objetivo general de este trabajo fue realizar un análisis representativo de la calidad del agua de 4 Millas, así como, formular de manera participativa una propuesta que

¹ van Wendel, B. 2013. Opinión de la comunidad (comunicación personal). Heredia, CR, Universidad Nacional

brindase posibles alternativas tendientes a mejorar la situación actual del agua para consumo humano en la comunidad. Se esperaba que estas acciones se logren traducir en una posible mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

Para ello, en un primer momento se realizó una caracterización de la comunidad, y un diagnóstico de las condiciones, manejo y uso del agua de consumo, además de un muestreo representativo de las aguas de la comunidad, al mismo tiempo se identificaron factores o prácticas que podían causar una disminución en la calidad del líquido. Paralelamente, se inició a una serie de talleres participativos, diseñados para informar acerca de temas relacionados con el agua para consumo humano, también dar a conocer a la comunidad las condiciones analizadas y construir en forma conjunta posibles soluciones, alternativas o técnicas a implementar. Dichos talleres se realizaron en conjunto con personal del programa Infantes y Salud Ambiental (ISA²) de la Universidad Nacional (UNA) y la comunidad de práctica sobre enfoque ecosistémico en salud humana en América Latina y el Caribe (CoPEH-LAC), quienes desarrollaron simultáneamente una serie de actividades para la validación de un módulo de capacitación que empodera líderes comunitarios. Finalmente, se elaboró una propuesta adaptada a las condiciones y necesidades de las personas que viven en la comunidad de 4 Millas, donde se plasman las alternativas seleccionadas en conjunto con y para la comunidad.

² Lic. Rosario Quesada (Salud Ambiental), PhD. Berna van Wendel (coordinadora ISA), Msc. Leonel Córdoba (Geógrafo), Msc. Juan Camilo Cano (enfermería- epidemiología), Bach. Claudia Hernández (Gestión Ambiental).

1.1 Problema y justificación de la investigación

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS 2012), la calidad del agua potable es un tema de interés universal, el agua es esencial para la vida y todas las personas deberían de disponer de un suministro satisfactorio. En julio del 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua (ONU 2010).

Además, *“Una fuente de agua potable mejorada, se caracteriza por ser una fuente que por el tipo de construcción protege apropiadamente el agua de la contaminación exterior, en particular de la materia fecal”*, con respecto a esto y según el informe conjunto entre el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la OMS sobre el agua, saneamiento y salud del año 2012, a finales del 2010 el 89% de la población a nivel mundial poseía acceso a este tipo de fuentes mejoradas, sin embargo, esto conlleva saber que aún existen aproximadamente 783 millones de personas (11% restante) que no poseen de este tipo de acceso al agua potable (OMS 2012).

Dicho informe es claro también en advertir que continúan acentuándose las desigualdades al seguir existiendo una gran diferencia en cuanto al acceso de agua potable relacionados con factores geográficos, socio-culturales y económicos: *El acceso es significativamente mayor en zonas urbanas que en zonas rurales* (OMS 2012).

Las razones de dicha inequidad pueden ser variadas tales como: (Lampoglia et al. 2008).

- La concentración de servicios de buena calidad se da principalmente en áreas donde vive la mayoría de la población;
- La falta de supervisión control y apoyo técnico por parte de entes gubernamentales en zonas rurales, instituciones públicas o empresas de agua.
- La falta de recursos económicos;
- La falta de conocimiento necesario acerca de la construcción de sistemas de abastecimiento en zonas rurales;
- Así como también, en ocasiones, la baja organización y participación por parte de comunidades rurales.

Así como las anteriores, en nuestro país se dan estas y otras situaciones por motivos tales como la existencia de precarios, donde las conexiones a servicios básicos muchas veces se realizan de manera ilegal, por lo que las entidades no pueden brindar la atención normal. Según el Programa Estado de la Nación (PEN) en su vigésimo informe, existen sitios donde hay claras deficiencias de acceso a servicios básicos como educación, salud, recreación y transporte público, entre otros. Esto debido en gran parte a la falta de integración entre el ordenamiento territorial con el desarrollo inmobiliario (PEN 2014).

Se dan limitaciones geográficas y de personal por parte de las instituciones, al presentarse condiciones de faltante de recursos en sedes rurales para atender a todas las comunidades que corresponden. Así como poblados rurales, donde por ejemplo el agua es captada de un río u otra fuente sin ningún tipo de control por parte de las autoridades de salud. Es conocido que el suministro de agua de ciertos asentamientos es principalmente a través de tubería informal, lo que indica que las viviendas no cuentan con medidores y obtienen el servicio por medio de pajas ilegales, sin posibilidad de cobro por parte del gobierno local u otro (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos 2005). Por último, la duplicidad de funciones de muchas de las instituciones del estado retrasa el accionar de posibles proyectos, además de representar un gasto para el país.

Un conjunto de las situaciones anteriormente expuestas se presentan en la comunidad de 4 Millas, esto de acuerdo a un diagnóstico inicial realizado durante el 2009 por parte de ISA. Se detectó, que en dicha comunidad, el acceso al agua para consumo humano es únicamente a través de pozos artesanales, estos son construidos en los patios sin ninguna dirección técnica, lo que provoca que los distintos factores de riesgo aumenten³.

En esa ocasión, algunos habitantes de la comunidad señalaron como uno de sus problemas principales la calidad del agua de dichos pozos, caracterizada por su mal sabor. Además, al encontrarse la comunidad inmersa en fincas bananeras, las personas mencionaron estar preocupadas por la posible contaminación de las fuentes de agua, producto de las fumigaciones aéreas, ya que habían observado la muerte de especies acuáticas en los canales de riego después de darse aplicaciones de plaguicidas.

Aunado a esto, durante los meses de marzo a noviembre del 2011 se realizaron 136 muestreos de agua usada para consumo humano de las casas de las mujeres que forman parte de la cohorte de nacimientos del programa ISA, en gran parte del cantón. Los resultados revelaron en algunas de las muestras altas concentraciones del metal Mn, principalmente en los pozos artesanales de 4 Millas, Goshen y en el sistema de la finca bananera Bananita.

En el caso específico de 4 Millas, se dio la toma de cuatro muestras en diferentes pozos en los cuales se obtuvo un promedio de 1298,5 µg/L de Mn, con una desviación estándar de (221,1). Las concentraciones encontradas sobrepasaron tanto los niveles recomendados (100 µg/L Mn) como los niveles máximos permitidos (500 µg/L) por la legislación nacional⁴. Tres de cuatro de estas aguas analizadas son utilizadas para beber, cocinar, lavar, aseo personal, etc. Y el agua del pozo 4, se usa para todo lo anterior excepto para beber (Cuadro1). En esta ocasión, durante las giras, algunos vecinos reiteraron una vez más su disconformidad con el agua.

³ van Wendel, B. 2013. Diagnóstico inicial ISA 2009 (comunicación personal). Heredia, CR, Universidad Nacional

⁴ van Wendel, B. 2013. Base de datos ISA 2011, valores de manganeso (comunicación personal). Heredia, CR, Universidad Nacional

Cuadro 1. Niveles de Mn encontrado en las muestras de agua tomadas de pozos de la comunidad de 4 Millas durante los meses de junio a octubre del 2011⁵.

Código	Niveles de manganeso ($\mu\text{g/L}$)
Pozo 1	1317,5
Pozo 2	1093,5
Pozo 3	1600,0
Pozo 4	1183,0

Para el 2012, ISA presentó los resultados de todas las muestras de agua analizadas a lo largo del cantón a la oficina cantonal del AyA. En esa ocasión el AyA recomendó profundizar el estudio en una de las comunidades que presentara concentraciones más altas y de donde el agua se obtuviera de pozo artesanales⁶.

El manganeso (Mn) es un elemento común que se encuentra en la corteza terrestre. El agua que se filtra a través del suelo y las rocas disuelve los minerales que contiene este elemento (Homoncik et al. 2010). Los niveles más altos de Mn se encuentran en el agua subterránea, mientras que el agua superficial raramente presenta altos niveles. Concentraciones elevadas de Mn en el agua potable, que superan las directrices establecidas en Estados Unidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA 2013), se han reportado en estudios de todo el mundo (Frisbie et al. 2012). Mientras que el agua subterránea se ha identificado como la fuente de la mayor parte de estos estudios, algunos han identificado la contaminación de Mn en actividades industriales, como los sitios de minería y volcado, mientras que para la mayoría, la fuente era desconocida (Frisbie et al. 2012). Ditiocarbamatos, tales como fungicidas mancozeb y maneb, contienen aproximadamente 20% de Mn (FAO 1980).

Aunque el Mn es un elemento esencial para los seres humanos, una exposición excesiva resulta en un neurotóxico, con efectos sobre el cerebro y el sistema nervioso central (EPA 2007). La absorción de Mn por la ingesta en alimentos está bien regulado por el cuerpo mediante mecanismos de homeostasis, solo un 3-5% es absorbido (ATSDR 2012). Sin embargo, la absorción de Mn por ingesta de agua no se regula por estos mecanismos, y un estudio en ratas adultas reportó deposiciones de manganeso en el cerebro después de tomar durante ocho semanas agua con concentraciones de 0,4 g/L (menor a la norma nacional de 0,5 g/L) y además reportaron problemas locomotores y emocionales (Saritha et al. 2014).

⁵ van Wendel, B. 2013. Base de datos ISA 2011, valores de manganeso (comunicación personal). Heredia, CR, Universidad Nacional

⁶ Quesada, R. 2013. Recomendación del AyA (correo electrónico). Heredia, CR, Universidad Nacional.

Varios estudios han reportado asociaciones negativas entre elevados niveles de Mn en agua de consumo humano y el neurodesarrollo infantil, conducta y rendimiento académico. (He et al. 1994, Zhang et al. 1995, Woolf et al. 2002, Wasserman et al. 2006, Bouchard et al. 2007 y 2011, Khan et al. 2011 y 2012, Oulhote et al. 2014). Por ejemplo un estudio realizado en Canadá por Bouchard et al. (2011), reveló efectos sobre el coeficiente intelectual (CI) en niños que consumían agua con concentraciones de Mn diez veces más bajas (50 µg/L, en adelante) que lo legalmente permitido en Costa Rica: 500 µg/L según legislación nacional. Las normas establecidas se crearon desde antes que fueron publicados los resultados de los estudios mencionados anteriormente.

Actualmente la OMS en su última edición (2011) de las Guías para la calidad del agua potable, emitió una directriz que interrumpe el valor de 400 mg/L de Mn como parámetro adecuado basado en la salud. Afirmando que este valor (400mg/L) está muy por encima de las concentraciones de manganeso que normalmente se encuentran en el agua potable, (por lo que) no se considera necesario calcular un valor de referencia (OMS 2011). No obstante, existen en este momento una serie de documentos, investigaciones y artículos que demuestran como los valores de manganeso en muchos países del mundo alcanzan estas y mayores concentraciones de este elemento en aguas de consumo (Frisbie et al. 2012).

Por otra parte es importante señalar que en la comunidad de 4 Millas, se observaron y se verificaron mediante las giras de campo, otros posibles focos de contaminación cercanos a los pozos; riesgos asociados a prácticas agropecuarias como la actividad bananera y ganadera. Además, se identificó la presencia cercana de letrinas, lo que puede provocar la contaminación de aguas que son usadas para consumo humano. Esta comunidad también posee una alta vulnerabilidad a las inundaciones propias de la zona atlántica. Estos y otros factores de riesgo fueron tomados en cuenta durante toda la investigación.

Ante dichas situaciones expuestas, resulta importante y justificable, encontrar posibles soluciones o alternativas, tendientes a mejorar la situación de la calidad del agua para consumo de los (as) habitantes de 4 Millas, así como de otras comunidades vecinas que viven condiciones semejantes y puedan adoptar un servicio de agua potable el cual asegure la calidad, cantidad y continuidad del recurso.

1.2 Marco legal

El uso desmedido y el escaso control sobre las actividades que afectan el recurso hídrico en nuestro país y en general a nivel global, ha provocado un deterioro de su calidad. A partir de esta situación se han generado una serie de iniciativas, para lograr un manejo más integral del recurso hídrico (Ruepert et al. 2005). A nivel de Costa Rica se pueden citar el décimo Informe sobre el Estado de la Nación, la Agenda Ambiental del Agua en Costa Rica, la Estrategia Nacional para el Manejo Integral del Recurso Hídrico, el Estado de las Aguas Continentales en Costa Rica y el proyecto de Ley de Recurso Hídrico, entre otros.

El derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, garantizado a los ciudadanos en la Constitución Política en su artículo 50, es llevado a la práctica mediante la realización de una serie de normas que buscan el control, prevención y la sanción de la contaminación del medio ambiente (Aguilar et al. 2001).

En Costa Rica el derecho humano al agua ha sido reconocido jurisprudencialmente desde el año 2000, cuando la Sala Constitucional en su voto 00-02755 del 24 de marzo, resolvió que el servicio de abastecimiento de agua potable "es un derecho fundamental derivado del derecho a la vida y a la salud". En el 2003 este ente emite el voto 4654-2003, que es el que más claramente define los antecedentes y alcances de lo anterior (Mora 2014).

Pese a todos los antecedentes, resoluciones judiciales, políticas y decretos vigentes que reconocen el agua y el saneamiento como derechos humanos fundamentales, no ha sido posible incorporarlo en nuestra Constitución Política (Mora 2014).

Esta investigación se apoya en las principales leyes, normas y reglamentos de nuestro país, así como en criterios técnicos y referencias internacionales acreditadas y relacionadas con la protección del agua que al mismo tiempo velan por resguardar la salud humana:

Cuadro 2. Marco legal relacionado a salud y ambiente.

Salud	
Constitución Política	<i>Art. 50. Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello, está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado. El Estado garantizará, defenderá y preservará ese derecho.</i>
Ley General de Salud	<p><i>Art.1. La salud de la población es un bien de interés público tutelado por el Estado.</i></p> <p><i>Art. 2 Es función esencial del Estado velar por la salud de la población.</i></p> <p><i>Art. 264 El agua constituye un bien de utilidad pública y su utilización para el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.</i></p> <p><i>Art. 265. Se entiende por agua potable para los efectos legales y reglamentarios, la que reúne las características físicas, químicas y biológicas que la hacen apta para el consumo humano de acuerdo con los patrones de potabilidad de la Oficina Panamericana Sanitaria aprobados por el Gobierno.</i></p> <p><i>Art. 268. Todo abasto de agua potable, sin excepción, queda sujeto al control del Ministerio en cuanto a la calidad del agua que se suministre a la población y para velar porque los elementos constitutivos del sistema, su funcionamiento y estado de conservación garanticen el suministro adecuado y seguro, pudiendo ser intervenido por el Ministerio si hubiera peligro para la salud de los habitantes.</i></p> <p><i>Art. 271. En las regiones del país donde no hubiere abastos públicos de agua potable y en tanto éstos se establecen, los habitantes deberán utilizar los sistemas de abastecimiento de agua para el consumo y uso doméstico que el Ministerio señale y las autoridades locales deberán colaborar en difundir la información sobre los métodos para obtener o purificar el agua que se destine a la bebida.</i></p>

Continuación cuadro 2

Ley General de Agua Potable	<p>Art. 2. Son del dominio público todas aquellas tierras que tanto el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados como el Ministerio de Salubridad Pública, considere indispensables para construir o para situar cualquiera parte o partes de los sistemas de abastecimiento de aguas potables, así como para asegurar la protección sanitaria y física, y caudal necesario de las mismas. Corresponde al A y A conocer de las solicitudes formuladas para construcción, ampliación y modificación de los sistemas de agua potable y recomendar al Ministerio de Obras Públicas y Transportes la construcción, ampliación o modificación de aquellas de mayor necesidad, previo estudio de índices de mortalidad, parasitismo y otros.</p> <p>Art. 4. Corresponde al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, por medio del Departamento de Obras Hidráulicas, la construcción de los nuevos sistemas de agua potables, así como realizar las reparaciones y extensiones que fuere necesario hacer (...). El AyA llevará a cabo estos trabajos acatando las indicaciones de carácter sanitario que indique el Ministerio de Salubridad Pública.</p>
Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos Y Alcantarillados (AyA)	<p>Art. 1. Con el objeto de dirigir, fijar políticas, establecer y aplicar normas, realizar y promover el planeamiento, financiamiento y desarrollo y de resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable (...) para todo el territorio nacional se crea el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, como institución autónoma del Estado.</p> <p>Art. 2. Corresponde al AyA: a) Dirigir y vigilar todo lo concerniente para proveer a los habitantes de la república de un servicio de agua potable (...)</p> <p>b) Determinar la prioridad, conveniencia y viabilidad de los diferentes proyectos (...)</p> <p>d) Asesorar a los demás organismos del estado y coordinar las actividades (...) en todos los asuntos relativos al establecimiento de acueductos y alcantarillados y control de la contaminación de los recursos de agua, siendo obligatoria, en todo caso, su consulta, e inexcusable el cumplimiento de sus recomendaciones.</p> <p>i) Construir (...) sistemas de acueductos y alcantarillados en aquellos casos en que sea necesario y así lo aconseje la mejor satisfacción de las necesidades nacionales.</p>
Exoneración a las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos Y Alcantarillados Comunales (ASADAS)	<p>Art. 2. Declaratoria de interés público: Declárase de interés público la gestión de las ASADAS, al ser asociaciones que incrementan el desarrollo sostenible y el bienestar de las comunidades.</p>
Ambiente	
Ley Orgánica del Ambiente	<p>Señala lineamientos generales y específicos de acuerdo al recurso hídrico</p> <p>Art. 64. <i>Para evitar la contaminación del agua, la autoridad competente regulará y controlará que el manejo y el aprovechamiento no alteren la calidad y la cantidad de este recurso, según los límites fijados en las normas correspondientes</i></p>

Continuación cuadro 2

Ley de Biodiversidad	Se refiere a la posibilidad que tiene todo individuo de accionar en defensa y protección de la biodiversidad entre estos el recurso hídrico, y las posibles infracciones a las que podría someterse. <i>Art 105. Toda persona estará legitimada para accionar en sede administrativa o jurisdiccional, en defensa y protección de la biodiversidad incluyendo el agua.</i>
Ley de Conservación de la Vida Silvestre	Establece la protección de los recursos hídricos, y este se aplica a toda aquella persona física o jurídica que vierta en las aguas nacionales sustancias contaminantes provenientes de casas de habitación, o de sus actividades de producción de bienes de consumo, servicios y comercio. <i>Art 132. Prohíbese arrojar aguas servidas, aguas negras, desechos o cualquier sustancia contaminante en manantiales, ríos, quebradas, arroyos permanentes o no permanentes, lagos, marismas y embalses naturales o artificiales, esteros, turberas, pantanos, humedales, aguas dulces, salobres o saladas, en sus cauces o en sus respectivas áreas de protección.</i>
Ley General de Agua Potable	<i>Art. 16. Prohíbe las instalaciones, edificaciones o labores comprendidas en las zonas cercanas a fuentes de abastecimiento, plantas purificadoras o cualquier otra parte del sistema, que perjudiquen en forma alguna los trabajos de operación o distribución o las condiciones físicas, químicas o bacteriológicas del agua.</i>
Ley de Uso, Manejo y Conservación del Suelo (Artículos 12 y del 28 al 33)	El Ministerio de Agricultura y Ganadería elaborará un Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos para las tierras de uso agroecológico, el cual tendrá por objeto, entre otros, el manejo adecuado de la fertilidad del suelo, la manutención de la materia orgánica y la reducción de la contaminación. En el plan se refiere también al manejo de lixiviados y desechos de origen vegetal y animal y a que toda actividad que implique riesgo de contaminación de los suelos, deberá basarse en una planificación que evite o minimice el riesgo de contaminación de los suelos.
Reglamento para la calidad del agua potable en Costa Rica: el Decreto N° 32327-S.	En Costa Rica para considerarse un agua de carácter potable, debe de cumplir con lo expuesto en este reglamento En el mismo se establecen los niveles adecuados o máximos que deben tener aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud humana o inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua. Algunas definiciones de interés expuestas en el reglamento se exponen en el Anexo 1. La interpretación de los resultados de las muestras de agua que se presentan en esta investigación se basa en lo que establece el Reglamento para la calidad del agua potable en Costa Rica.

1.3 Objetivos

Objetivo general

- Formular una propuesta que brinde alternativas tendientes a mejorar la situación actual del agua para consumo humano y su calidad, en la comunidad de 4 Millas de Matina, Limón, usando un enfoque participativo.

Objetivos específicos

- Entender el entorno de la comunidad de 4 Millas mediante una caracterización socio-ambiental, así como, un diagnóstico del uso y manejo del agua en la comunidad.
- Evaluar la calidad del agua, proveniente de fuentes usadas para consumo humano y los posibles factores que influyen sobre su calidad.
- Lograr una participación comunitaria, mediante el desarrollo de talleres participativos, sobre la temática del agua como eje transversal y práctico, donde se trate el uso, manejo y las posibles alternativas de mejoramiento.
- Obtener una propuesta donde se planteen las alternativas seleccionadas por y para la comunidad de 4 Millas, tendientes a buscar una mejora en la calidad del agua de consumo y que se adapten a sus condiciones y necesidades.

CAPÍTULO II. Marco Teórico

2.1 Área de estudio

La comunidad de 4 Millas se encuentra ubicada en el cantón de Matina, Limón. Como muchas comunidades rurales 4 Millas sufre de un fuerte aislamiento y subdesarrollo. Con una población aproximada de 733 habitantes y 198 viviendas⁷, representa una comunidad vulnerable de muy bajos recursos donde aún algunos de los servicios básicos como alcantarillado, transporte público, y suministro de agua potable por acueducto no han sido atendidos. La ausencia de estos servicios básicos llama la atención, particularmente porque la comunidad solamente se encuentra a seis kilómetros de la cabecera del Cantón: Matina (Figura 1).

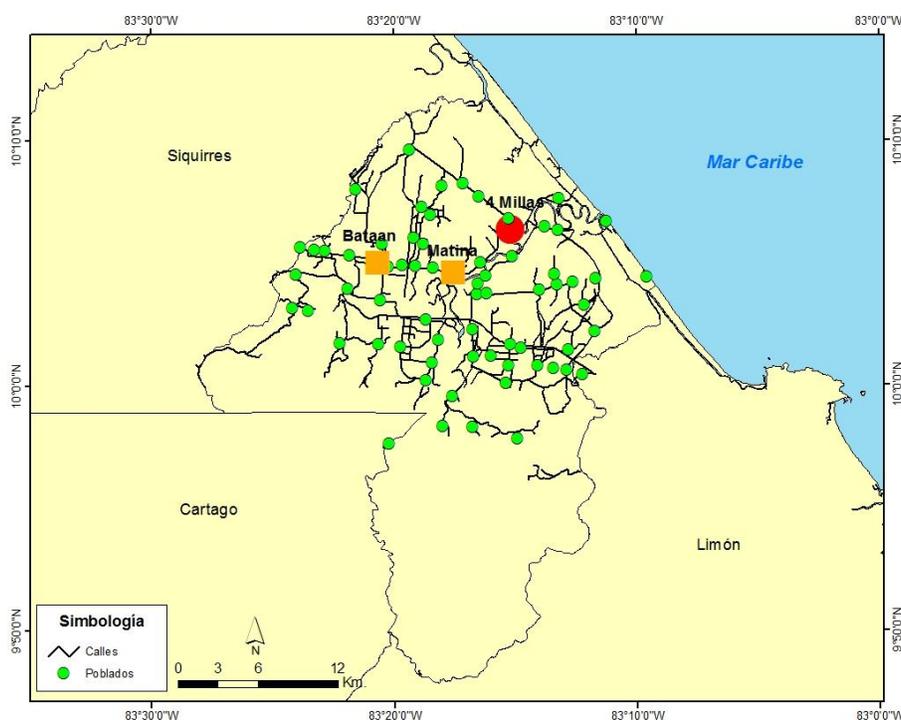


Figura 1. Mapa del cantón de Matina, donde se señala la comunidad de 4 Millas (Córdoba 2012. Programa ISA)

Para recibir atención médica las personas de la comunidad deben trasladarse al centro de Matina donde se encuentra el EBAIS. La comunidad tiene acceso a la educación primaria, y para recibir educación secundaria se trasladan al centro de Matina.

La principal actividad productiva de la zona, al igual que en el resto del cantón es el cultivo del banano. Según un diagnóstico realizado en el 2009 por el programa ISA se concluyó que la mayor ocupación de mujeres y hombres es en las compañías

⁷ Área de Salud Matina, MS. 2006. Número de casas del cantón de Matina (correo electrónico) Bataan.

bananeras y que buena parte de la población son extranjeros nicaragüenses (30%), los cuales se dedican a labores en el campo y en las plantas empacadoras de banano⁸.

2.2 Agua

El agua es un recurso vital para el desarrollo social y económico de los países, esto debido a que un acceso a agua y saneamiento mejorados constituyen factores de relevancia para promover una mayor inclusión social y contribuir en la reducción de la pobreza (Guerrero et al. 2006). En muchos lugares del mundo las personas no cuentan con el líquido adecuado, ni en calidad ni en cantidad y continuidad, para poder cuidar su salud (Conant 2005). Para decidir si el agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar (OPS y CEPIS 2005).

En el abastecimiento de agua, los usos de la tierra generan una constante y creciente presión en los niveles de calidad y cantidad de agua para consumo humano (Garita 2005). Mora citado por Aguilar (2009) menciona que en nuestro país, no existe un proceso ordenado de asignación o distribución de derechos de agua en función de los distintos usos, los únicos instrumentos que se tienen en Costa Rica son el “Balance Hídrico Nacional” desarrollado por el MINAET y otras instituciones y la herramienta de “Evaluación de efectos acumulativos” que determina cuál es el impacto acumulado de las actividades humanas sobre una cuenca. No obstante, esta herramienta ha tenido un escaso desarrollo en la práctica.

2.2.1 Fuentes de agua

Las principales fuentes de abastecimiento provienen de aguas superficiales o subterráneas, además, las aguas pluviales pueden ser una fuente de buena calidad a considerar, esto si no presentan influencia de aerosoles provenientes de prácticas agrícolas extensivas. En caso de que no exista otra alternativa su aprovechamiento para diferentes usos es una buena práctica sobretodo en el sentido ambiental y económico (Lampoglia et al. 2008).

Aguas subterráneas

“La mayor parte del agua subterránea se origina del agua de lluvia infiltrada hasta los acuíferos, después de fluir a través del subsuelo” (OPS y CEPIS 2005). Las aguas subterráneas se pueden captar a partir de nacientes, pozos, galerías filtrantes y manantiales, en la mayoría de los casos el agua que proviene de este tipo de fuentes se encuentra libre y protegida de contaminantes, esto debido a que a pesar de que durante la infiltración el agua carga impurezas (partículas orgánicas, inorgánicas, microorganismos, pesticidas entre otros), durante su recorrido por el subsuelo mejora significativamente su calidad, las partículas suspendidas y microorganismos se retienen por filtración natural y las sustancias orgánicas se degradan por oxidación. Por este motivo se dice que estas aguas son de buena calidad, no obstante, siempre es

⁸ Quesada, R. 2013. Diagnóstico inicial ISA. Heredia, CR, Universidad Nacional.

preferible la desinfección como barrera de seguridad para prevenir contaminación durante el manejo del agua (OPS y CEPIS 2005, Lampoglia et al. 2008).

Aguas superficiales

Las fuentes de agua superficiales están constituidas por ríos, arroyos, lagos y embalses. Su origen puede ser el agua subterránea que aflora a la superficie a través de manantiales o el agua de lluvia que se transporta a largo del terreno y escurre en los cuerpos de agua. Los ríos y arroyos se caracterizan por tener rápidos cambios de calidad, durante la época de lluvias se presentan incrementos en la turbiedad y otras sustancias orgánicas e inorgánicas debido al lavado y arrastre de los suelos (OPS y CEPIS 2005). Es por ello que, al igual que con las aguas subterráneas, Lampoglia (2008) menciona que cuando se hace uso y aprovechamiento de una fuente superficial se debe conocer y determinar las características físico-químicas y microbiológicas de la misma, y por lo general requerirá de procesos para su potabilización así como barreras que reduzcan algún efecto negativo en la salud de la población.

2.3 Características del agua

2.3.1 Calidad

El término calidad del agua se juzga como el grado en el cual el agua se ajusta a los estándares físicos, químicos y microbiológicos que fija el usuario (Garita 2005). Los requerimientos y estándares para establecer la calidad de cierta agua serán determinados por la legislación y normativa de cada país.

El Reglamento para la Calidad del Agua Potable de nuestro país, establece que el agua de calidad potable, será aquella que al ser consumida por la población no causará daño a la salud del usuario, para lo cual debe cumplir con los requisitos físico-químicos establecidos en dicho reglamento. Por otra parte, el agua para consumo humano es aquella utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios, servicios sanitarios y otros menesteres domésticos; cabe resaltar que el agua para consumo humano puede ser potable o no potable (Mora y Portuguese 2003).

Indicadores de calidad del agua

En relación con las características bacteriológicas, los indicadores comúnmente considerados son los coliformes totales y los coliformes fecales, o la presencia de otros microorganismos dañinos (transmisores de enfermedades) en las aguas.

Los parámetros utilizados para establecer la calidad de las aguas según características físico-químicas en nuestro país, pueden ser consultados en el Reglamento para la calidad del agua potable en Costa Rica (Poder Ejecutivo y MS 2005).

2.3.2 Fuentes de contaminación del agua

Las principales fuentes de contaminación pueden agruparse según su procedencia;

Urbanas o sociales: Corresponden a los residuos de origen doméstico y público (inodoros, lavado de ropa, duchas, desperdicios de cocina, limpieza etc.);

Industriales: Descargas originadas por el desarrollo de actividades correspondientes a la extracción y transformación de recursos naturales en bienes de consumo;

Agropecuarias: Afluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorde de ganado, así como las aguas de los campos agrícolas, cuyos restos de agroquímicos son arrastrados a los cuerpos receptores;

Naturales: Mediante el arrastre de materia orgánica muerta y excretas de la fauna silvestre por los escurrimientos de agua pluvial, así como productos orgánicos producidos por la erosión en los suelos (Ramos et al. 2002).

2.3.3 Contaminación por microorganismos

Las enfermedades relacionadas con condiciones inadecuadas del suministro de agua, el saneamiento y la higiene representan una enorme carga para los países en desarrollo (Adams et al. 2010). Ciertas enfermedades infecciosas causadas por bacterias patógenas, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos) son los riesgos para la salud más comunes y asociados con el abastecimiento de agua potable (OMS 2006). La mayoría de estos organismos no se observan a simple vista, y pueden infectar a una persona que entra en contacto con agua contaminada (Conant 2005).

El padecimiento número uno asociado al consumo de agua son las diarreas, cada año en el planeta se producen 2 millones de muertes por diarrea relacionadas con la insalubridad del agua, el saneamiento y la higiene, en su mayoría se refiere a niños menores de 5 años (OMS 2014).

La mayor parte de las enfermedades diarreicas se deben a la falta de agua para el aseo personal, a la falta de limpieza y mantenimiento de instalaciones sanitarias, y al consumo de agua y alimentos contaminados. Existen muchos tipos de diarrea dependiendo del tipo de organismo que ingresa al cuerpo, entre estas se pueden nombrar: el cólera, la tifoidea, por el parásito *giardia*, disentería bacteriana (*shiguella*), disentería amibiana, y por otros parásitos como áscaris, uncinarias, tricocéfalos etc. (Conant y Fadem 2008)

2.3.4 Agroquímicos

Los agroquímicos constituyen uno de los problemas más urgentes y relevantes en muchos países tropicales y Costa Rica no es la excepción (Barraza 2009). El incremento y desarrollo de nuevos productos químicos para el control de plagas ha provocado la aparición de varias sustancias en el medio ambiente, que por su persistencia y toxicidad hacen necesario el estudio de su distribución en los distintos

compartimentos de los ecosistemas, así como, las vías de ingreso a los organismos (Pinnock 2010).

Un porcentaje de los plaguicidas que se utiliza (sustancia madre y/o sus metabolitos) se moviliza de acuerdo a sus características fisicoquímicas y factores ambientales, por procesos de volatilización, escorrentía, infiltración. Además, contaminan aire, suelos, aguas superficiales y/o subterráneas (van Leewen et al. 1995 y García 1997).

Según un estudio realizado por Bravo et al. (2013), para el cultivo del banano en la zona de Limón durante el año 2006, se usaron 27 ingredientes activos (ia), equivalentes a 49,29 kg ia/ha/año. De estos plaguicidas 14 fueron fungicidas (33,83 kg ia/ha/año), cinco herbicidas (2,49 kg ia/ha/año), dos insecticidas (1,77 kg ia/ha/año) y seis nematicidas (11,21 kg ia/ha/año). Los fungicidas constituyeron el 69% y los nematicidas el 23% de la cantidad de plaguicidas aplicada para este cultivo.

También se identificó como parte del estudio, que para el banano se utilizaron ocho plaguicidas que poseen toxicidad aguda de alta a extrema, en una cantidad de 12,45 kg ia/ha/año, presentándose el “terbufos” como el ingrediente activo más aplicado bajo este criterio de peligro. Con más de 3 efectos crónicos positivos se usaron cuatro plaguicidas, en una cantidad de 28,30 kg ia/ha/año, siendo el “paraquat” el ingrediente activo con más efectos crónicos (neurotóxico, teratogénico, disrupción endocrina y mutagénico), pero no el más usado. El “mancozeb” con tres efectos crónicos (neurotóxico, teratogénico, D. endocrina, carcinogénico) es más aplicado (Bravo et al. 2013).

Mancozeb

Los ditiocarbamatos históricamente han sido el grupo de plaguicidas de mayor importación en Costa Rica. El fungicida mancozeb ha representado la mayor parte de la importación de plaguicidas en general, con valores crecientes que van del 35,2% del total de plaguicidas en el 2007 al 43,8% en 2009. Este plaguicida se utiliza intensivamente en cultivos como banano, plátano entre otros (Ramírez 2011).

El mancozeb es un fungicida que actúa como un preventivo, inhibiendo la germinación de las esporas, su uso es foliar y para el tratamiento de semillas en banano y otros (IRET 2014). Es uno de los más utilizados para el control de la Sigatoka Negra en el cultivo del banano, contiene dentro de su estructura molecular compuestos orgánicos de Mn (aproximadamente un 20%) y es aplicado vía aérea (avioneta o helicóptero) sobre las plantaciones, las aplicaciones se caracterizan por el uso de aproximadamente de 20 a 30 kg i.a./ha anualmente, debido a que se riega normalmente al menos una vez por semana (en total entre 20 y 40 aplicaciones anuales) (EPA 2007 y Ruepert et al. 2005)

Cabe recalcar que según el estudio mencionado realizado por Bravo et al. (2013), durante el 2006, de los 27 ingredientes activos equivalentes a 49,29 kg ia/ha/año usados en el cultivo del banano, 14 fueron fungicidas (33,83 kg ia/ha/año) y de estos

fungicidas el ingrediente activo usado en mayor cantidad fue el mancozeb (26,14 kg/ha/año).

Investigaciones realizadas en México por Melgar et al. (2008) estudiaron como se relaciona la presencia de contaminantes derivados del mancozeb, tales como el Mn y zinc (Zn), en los sedimentos de drenaje y los canales de agua, dicho trabajo concluyó que la aplicación a largo plazo del mancozeb da lugar a una acumulación grave de Mn en los sedimentos. De manera similar Geissen et al. (2010) realizó un monitoreo de la contaminación en la producción de banano en una región tropical de México donde se encontró una acumulación severa de Mn en suelo.

2.4 Manganeso (Mn)

El manganeso es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre, es un elemento de origen natural que puede estar presente en agua, suelo y aire. Es un nutriente esencial y necesario en pequeñas cantidades para la salud de seres humanos y animales y la exposición a altas concentraciones puede ser perjudicial (EPA 2004 y OMS 2006).

A pesar de que el Mn se encuentra naturalmente en suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas debido a la erosión de las rocas, existen actividades humanas responsables de gran parte de la contaminación por este metal (OMS 2011).

Hay dos formas de Mn en el medio ambiente: Mn inorgánico y Mn orgánico, así como una variedad de usos para ambos. Según Ljung et al. (2007), los compuestos orgánicos del Mn se utilizan en algunos fungicidas como el mancozeb y el maneb. El Mn orgánico también se utiliza como aditivo para gasolina, fertilizantes entre otros y pueden estar presentes como partículas de polvo en el aire las cuales se pueden disolver en el agua (EPA, 2007).

2.4.1 Manganeso en agua

Según Ljung et al. (2007) la presencia de manganeso en aguas superficiales y subterráneas se debe tanto a situaciones naturales como producto de las actividades humanas. Este elemento se encuentra en el medio acuático principalmente como Mn^{2+} y Mn^{4+} la conversión entre una forma y otra se produce por reacciones de oxidación-reducción, la concentración puede depender de las condiciones redox y del pH, debido a que se vuelve más soluble en condiciones anaeróbicas y ácidas. Por lo contrario en condiciones aeróbicas, típico de aguas superficiales, es generalmente baja, esto se debe a que en dichas condiciones el Mn se encuentra en su forma oxidada más estable: MnO_2 la cual es altamente insoluble.

Como otras características del Mn, se sabe que su presencia a concentraciones mayores que $100\mu\text{g/L}$ Mn en los sistemas de abastecimiento de agua produce un sabor no deseable, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios al precipitarse cuando se

oxida (OPS y CEPIS, 2005). Además, la presencia de Mn en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que se acumulan y forman depósitos insolubles (*biofilm*) de estas sales en las tuberías, estas capas se pueden desprender en forma de precipitado negro siendo para muchos usuarios una situación desagradable (OPS y CEPIS 2005).

Toxicidad y efectos del manganeso sobre la salud (consumo en agua)

Se sabe que el manganeso produce efectos neurológicos tras la exposición por inhalación, especialmente de tipo laboral, y hay estudios epidemiológicos que han notificado estos mismos efectos adversos a nivel neurológico tras la exposición prolongada a concentraciones muy altas **en el agua** de consumo (OMS 2006).

Recientemente, se encontraron efectos del Mn para concentraciones en agua mucho más bajas de las legalmente permitidas, un estudio de Bouchard et al. (2011) realizado en Canadá, sugiere que la exposición crónica al Mn en los niveles comunes en las aguas subterráneas se asocia con deterioro intelectual (coeficiente intelectual) en los niños, debido a que se detectaron efectos a partir de concentraciones de 50 µg de Mn por litro y a concentraciones mayores.

Otro estudio (Wasserman et al. 2006) investigó y estudió la función intelectual en 142 niños de 10 años de edad en Araihasar, Bangladesh, que habían estado consumiendo agua de tubo con una concentración media de 793 µg/L de Mn. Después de los análisis se llegó a la conclusión de que los niños que se exponen a concentraciones que excedan los 300 µg/L de Mn están en riesgo de neurotoxicidad inducida por Mn.

2.4.2 Normativa internacional y nacional para el manganeso en agua

Para la EPA (2013) el manganeso es considerado un contaminante secundario y se recomienda un valor de 50 µg Mn/L, pero el cumplimiento de este valor no es obligatorio. Además, propone como valor máximo permisible 300 µg/L Mn (EPA 2012). Por otra parte, la OMS en sus guías para la calidad del agua potable, expone un valor de referencia de 400 µg/L Mn, un valor de referencia representa normalmente la concentración de un componente que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida (OMS 2006).

Sin embargo, la directriz de los 400 µg Mn /L se interrumpió en la cuarta y última edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 2011, debido a que la OMS (2011) afirmó que: este valor basado en la salud (400 µg Mn /L) está muy por encima de las concentraciones de manganeso que normalmente se encuentran en el agua potable, (por lo que) **no** se considera necesario calcular un valor de referencia. Mas la evidencia científica contradice la observación anterior al sugerir que el Mn se encuentra en concentraciones > 400 µg Mn /L en el agua potable o en posibles suministros de agua potable en un número considerable de países. Para nombrar

algunos en América se tiene: México, Honduras, Chile, Estados Unidos entre otros (Frisbie et al. 2012).

En nuestro país el valor recomendado para Mn es 100 µg/L Mn y el valor máximo permitido es de 500 µg/L Mn, estos valores se encuentran expresos en el nivel 2 de parámetros a considerar del Reglamento para la Calidad del Agua Potable de Costa Rica (2005).

2.5 Gestión del recurso hídrico

Sólo a través de la gestión integrada del recurso hídrico se podrá contribuir a, la identificación y separación de los diferentes roles, la gestión del agua como recurso y como servicio. La primera (recurso) se refiere a la asignación y manejo racional del recurso para con los diferentes usuarios, de acuerdo a las prioridades nacionales y regionales; mientras que la segunda (servicio) se refiere a la transformación del agua en su condición natural, es decir en un bien de servicio público (operación, mantenimiento entre otros) para los distintos fines: agua potable (consumo y actividades productivas), alcantarillados, energía hidroeléctrica, riego, entre otros (Dobles 2008).

Hasta el momento, el estado no ha logrado promover el uso equitativo y eficiente de los recursos naturales, incluido el agua; la debilidad y duplicidad de funciones de los entes asociados imposibilita una distribución equitativa del recurso (Alfaro 2008). La adopción generalizada de una cultura del agua que aliente un uso eficiente de la misma solo será posible si se adopta una serie de políticas públicas que incluyan medidas económicas, tecnológicas y de educación que eleven las capacidades de las organizaciones encargadas de la gestión y administración del líquido (Chávez 2002). Se requiere un cambio en los patrones culturales prevalecientes.

Los actores de la sociedad civil deben promover el desarrollo de una metodología clara para identificar los conflictos en torno al recurso (Alfaro 2008), así como presentar alternativas para su manejo uso y aprovechamiento para, de esta manera estimular la corresponsabilidad social (Chávez 2002), tanto para que los elementos y estructuras con las que se cuenta funcionen, y para proyectar sus cambios de acuerdo al crecimiento de la población y sus demandas.

2.6 Sistemas de distribución y abastecimiento de agua en el cantón de Matina

2.6.1 Acueductos

Según el Decreto N° 32327-S los acueductos están conformados por instituciones, empresas, asociaciones administradoras o entidades en general públicas o privadas, directamente encargadas de la operación, mantenimiento y administración de sistemas de suministro de agua potable.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)

El AyA tiene a su cargo una serie de funciones de gran importancia para lograr sus objetivos y deberes como institución, tal como se mostró en el marco legal.

Fue creado como institución autónoma con el objeto de dirigir, fijar políticas, establecer y aplicar normas, realizar y promover el planeamiento, financiamiento y desarrollo y de resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable (...) (Art.1. Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados).

El AyA cuenta en el cantón de Matina con tres sistemas a su cargo para el abastecimiento de agua potable. Sistema 1: Carrandi (Estrada), Sistema 2: Luzón-Santa Marta-Matina y Sistema 3: 28 Millas-Bataan-Davao.

Entes operadores comunales

Entre las organizaciones que operan sistemas de abastecimiento a nivel comunal tenemos los llamados comités administradores de acueductos rurales (CAAR's), cada vez menos comunes, estos son organizaciones que administran en forma particular e independiente sistemas de acueductos y alcantarillados, y no se encuentran ajustadas a las directrices contenidas en el Reglamento de ASADAS, es decir no tienen convenio de delegación con el AyA para brindar el servicio de un bien público.

Las asociaciones administradoras de acueductos y alcantarillados (ASADAS), a diferencia de los CAAR'S, tienen un convenio de delegación con el AyA, para la prestación del servicio, y poseen su reglamento (N°32529-S) y personería jurídica. La función de estas es dar mantenimiento y administrar los acueductos y debido a su subordinación con el AyA, el mismo tiene la potestad de retirar el convenio en caso de que la ASADA no cumpla con los lineamientos establecidos (Espinoza et al. 2004). El cantón de Matina cuenta con 10 ASADAS y 2 comités.

Empresas privadas (pozos privados)

En el cantón la mayoría corresponde a las empresas bananeras que abastecen las viviendas o cuartos de sus trabajadores dentro de las fincas, con agua proveniente de pozos perforados y sistemas de abastecimiento construidos por la misma compañía (Hernández 2011).

El uso y aprovechamiento del agua que se extrae de los pozos debe ser controlado por el MINAE y por el MS quien debe evaluar la potabilidad de los pozos y dar aprobación para su uso, finalmente el AyA se encarga del control técnico (Espinoza et al. 2004).

2.6.2 Pozos artesanales

Los pozos artesanales son aquellos que se construyen por medio de picos, palas o equipo manual para excavación, son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden

construirse con herramientas domésticas, además su diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo (Bellido 2004).

Dependiendo del tipo de protección que posee el pozo y de la presencia de puntos de contaminación cercanos, el agua debe ser tratada y desinfectada antes de ser destinada al consumo humano directo (Lampoglia et al. 2008). Los pozos, además, deben ser monitoreados anualmente para detectar la posible presencia de químicos peligrosos, nitratos o coliformes. La frecuencia de las pruebas debe aumentar si se sospecha de un problema de contaminación fecal, pesticidas o metales (EPA 2011).

2.7 Enfoque ecosistémico (enfoque participativo)

Los enfoques ecosistémicos para la salud surgieron en los años 90 y han sido utilizados para hacer frente a problemas multifactoriales en la salud (Webb et al. 2010). En esencia, estos enfoques reconocen que vivimos en un mundo complejo, y que la salud humana está directamente relacionada con los sistemas ecológicos y sociales de los cuales formamos parte, los cuales se inter-conectan desde un nivel local a un nivel global, estos sistemas incluyen factores socio-económicos, culturales, biológicos y físico-químicos (Waltner-Toews y Kay 2005).

Para comprender mejor los factores que determinan la salud y qué medidas de intervención pueden ser eficaces y viables para disminuir los riesgos en esta, los enfoques ecosistémicos estudian problemas complejos a través de una serie de principios los cuales informan los tipos de resultados que se pueden esperar, estos son elementos de un proceso efectivo de consulta para generar conocimiento y aplicarlo en la resolución de tales problemas (Charron 2014).

Estos principios incluyen: 1) combinar tanto el conocimiento científico y popular de diferentes disciplinas (transdisciplinariedad) para identificar las vías de exposición y comprender mejor contexto socio- económico del problema estudiado , 2) promover la participación de los diferentes actores sociales, 3) la incorporación de los aspectos de género y equidad, 4) van desde la investigación y conocimiento a la acción 5) sustentabilidad ambiental y evidencia para las intervenciones y 6) pensamiento sistémico (Mertens et al. 2005) (Barraza et al. 2011) (Charron 2014).

En el presente proyecto de graduación el principio más fuerte a trabajar es la participación. La investigación participativa da igual valor tanto a la sabiduría local como a la científica, el intercambio de conocimientos y el análisis conjunto de los problemas permite la identificación de soluciones factibles (Lebel 2005).

Según Lebel (2005) el enfoque participativo se dirige a los representantes de la comunidad y los hace partícipes del proceso de investigación, tiene en cuenta los diferentes grupos sociales y facilita las negociaciones. Por otra parte, no se considera a los miembros de la comunidad solamente como fuentes de datos, la idea es que participen activamente en la generación de conocimientos y el desarrollo de las soluciones, se convierten en protagonistas y agentes del cambio. Para lograrlo es

necesario integrarlos en todos los niveles del proceso –desde la identificación inicial del problema, mediante la evaluación y la investigación hasta el estado final de las acciones concretas.

2.7.1 Actores involucrados

Por el tipo de problemas de agua y saneamiento que se tiene en localidades rurales, la solución debe basarse en dos ejes principales o líneas de acción:

Según Lampoglia (2008), estos ejes son el social en el cual se busca crear una conciencia en los beneficiarios y usuarios sobre las distintas maneras de mejorar las condiciones y la gestión del agua, desde la recolección de agua de lluvia como un complemento, hasta la gestión de aguas residuales (servidas) de las viviendas, y no solo como suministro importante para el abastecimiento y satisfacción de necesidades básicas, con la importancia que conlleva en la salud de los habitantes. El otro eje principal es el técnico, que involucra y persigue la búsqueda de soluciones que se adecuen a la realidad de la comunidad y la formación de los usuarios para el buen manejo de información, mantenimiento y operación de la tecnología o alternativas desarrolladas. El componente social del proyecto favorece sin duda el desarrollo de capacidades de la comunidad, pero acompañado a esto es necesario que las alternativas y respuestas que se desarrollen para el mejoramiento de la calidad del agua sean adecuadas (Lampoglia 2008).

En este proyecto las instituciones como el IRET-UNA, la municipalidad, el AyA y el comité de desarrollo comunal son actores que cumplen funciones trascendentales y de vital importancia para la localidad y la gestión del agua.

2.8 Saneamiento ambiental

Según el diccionario didáctico de ecología, citado por (Campos 2003). *El saneamiento ambiental es el conjunto de acciones técnicas y disposiciones legales tendientes a la prevención y mejoramiento de la calidad del medio ambiente humano.*

Dentro de las acciones técnicas se tiene, por ejemplo, el tratamiento de aguas residuales, la utilización de rellenos sanitarios entre otros. Las disposiciones legales se refieren a convenios internacionales ratificados por nuestra asamblea legislativa o las leyes y reglamentos que de alguna manera ayudan a prevenir o mitigar la contaminación (Campos 2003). Por ello fácilmente se podría concluir que si una comunidad no cuenta con al menos algún tipo de saneamiento básico, las enfermedades podrían propagarse rápidamente provocando al mismo tiempo el deterioro del ambiente.

2.8.1 Tecnologías limpias

Según Pernick y Wilder (2008) las *tecnologías limpias se refieren a cualquier producto, servicio o proceso que aporta valor utilizando pocos o ningún recurso no renovable, las cuales cubren cuatro grandes sectores transporte, energía, agua y materiales.*

Las tecnologías limpias se pueden clasificar según el control de la contaminación que logren: Puede ser por medio de la sustitución y ahorro de insumos o materias primas, o, por la prevención de la contaminación (Pardo 2012).

Es por ello que estas mismas tecnologías se definen también como una estrategia ambiental preventiva: cualquier proceso, servicio o producto, que busque **reducir riesgos para la salud humana** y para el ambiente. Previenen a si mismo altos costos de tratamiento, disposición final de residuos e inclusive sugiere un ahorro por atención médica (SAyDS 2012). La prevención de la contaminación va acompañada de ciertos beneficios, tales como ayudar a prevenir situaciones que serían capaces de causarle problemas, tanto a los miembros de la comunidad, como a las personas involucradas en el manejo y administración de los residuos contaminantes, además, es una solución en el aspecto económico, al reducirse o eliminarse la generación de residuos. Por lo tanto, los diferentes sistemas de tratamiento de agua para garantizar su potabilidad se pueden considerar ejemplos de tecnologías limpias (CICEANA 2014).

2.8.2 Tecnologías aplicables para mejorar la calidad del agua

Dentro de las alternativas aplicables para el mejoramiento de la calidad del agua, existen opciones según sea el problema prevaleciente en el agua a tratar, pueden ser problemas de turbiedad, de contaminación microbiológica, presencia de metales pesados, etc (OPS y CEPIS 2005).

Algunos de los procesos conocidos que se han utilizado en comunidades rurales dependiendo del problema encontrado son (Lampoglia 2008):

Filtro lento de arena: La filtración es el proceso físico mediante el cual se hace pasar el agua por lechos filtrantes, compuestos de diferentes materiales, como arena, grava entre otros, los cuales retienen las partículas sólidas en suspensión, y los microorganismos, y disminuyen la turbidez del agua. Los hay a nivel comunal o a nivel casero.

El tratamiento químico: Debe recurrirse a este cuando el agua presenta muchas impurezas y elevada turbiedad con presencia de materia en suspensión y coloidal, siendo necesario emplear un tratamiento químico con coagulantes. Se utiliza en acueductos o plantas de tratamiento para agua potable cuando el agua desde la fuente así lo requiere por su nivel de turbiedad.

Desinfección: La desinfección final del agua distribuida, es necesaria para garantizar una barrera contra la presencia de los organismos patógenos responsables por la transmisión de las enfermedades. La desinfección es efectiva si el agua tiene baja turbiedad y se garantiza un tiempo mínimo de contacto del cloro con el agua.

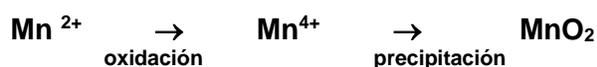
De los anteriores, la desinfección es una técnica muy barata y fácil de usar pero solo ayudaría en el tema de contaminación por materia orgánica. El tratamiento químico es costoso e inclusive peligroso debido al uso de sustancias peligrosas. El filtro lento de arena tiene un costo inicial de moderado a bajo, no obstante, requiere de mantenimiento periódico y tiene la desventaja de que no logra absorber todos los contaminantes, además como su nombre lo indica el sistema es lento es por ello que se debe dimensionar según la necesidad de consumo.

Algunas técnicas de **remoción de metales**, como el manganeso, son las siguientes:

Aeración: Los aereadores de cascada están diseñados para que el agua fluya en una capa delgada y lograr una transferencia de oxígeno eficiente, los más comunes son los de escalera que permiten la caída del agua de un nivel al otro, este tipo de aereadores permiten la oxidación del Mn (OPS y CEPIS 2005).

Oxidación-Filtración: Este método es particularmente de ayuda cuando el hierro es combinado con materia orgánica o cuando existen bacterias de hierro/manganeso presentes. El sistema consiste en una bomba que coloca un químico oxidante dentro del agua mientras que todavía está en el pozo o justo antes de que entre en el tanque de almacenamiento, esta bomba opera cuando la bomba del pozo opera. El oxidante debe estar en el agua por lo menos durante veinte minutos para que se lleve a cabo la oxidación, o aun por más tiempo si el agua contiene hierro/manganeso coloidal (McFarland y Dozier s.f.). Uno de los agentes oxidantes más usuales y convenientes es el cloro, puede oxidar especies disueltas, como el manganeso (II), y formar productos insolubles que pueden eliminarse mediante una filtración posterior o mediante la coagulación que en la mayoría de los casos logra remover el Mn cuando se ha realizado una pre-cloración anteriormente (OPS y CEPIS 2005, OMS 2006).

Aireación-Filtración: El oxígeno de la atmósfera reacciona con las formas solubles de hierro y manganeso (Fe^{+2} y Mn^{+2}) del agua cruda para producir óxidos relativamente insolubles (Fe^{+3} y Mn^{+4}) de estos elementos. Tal como se observa en la reacción (OPS, 2005):



Las concentraciones altas de hierro y manganeso pueden ser tratadas con un sistema de aireación/filtración. En este sistema el aire es llevado hacia adentro y mezclado con la corriente de agua fluyente, el agua saturada de aire entra después en un precipitador donde el aire se separa del agua. Después el agua fluye por un filtro de varios medios filtrantes donde quedan las partículas de hierro y manganeso oxidadas. Retrolavar el filtro periódicamente es un paso de mantenimiento muy importante, la aireación no es recomendada para agua que contiene bacterias de hierro/manganeso o hierro/manganeso coloidal (complejos orgánicos) debido a que pueden tapan el aspirador y el filtro. (McFarland y Dozier s.f.).

A pesar de que el Mn tiene una velocidad de oxidación muy lenta, los sistemas pueden ajustarse para que esta oxidación se dé. Las principales desventajas del proceso de aireación-filtración son el costo inicial alto, y el requerimiento de un tiempo de retención

y tratamiento químico adicionales si la concentración de Mn soluble del agua a tratar es mayor a 100µg/L de Mn.⁹

De los anteriores sistemas para la remoción de metales se tiene que: La aireación es una opción barata y fácil de aplicar, no obstante, es difícil que por sí sola logre remover metales como el manganeso u otros en concentraciones más altas, el proceso de oxidación-filtración es caro debido a que se necesita el uso de sustancias químicas oxidantes y tiene un grado de peligrosidad por la misma razón. El proceso de aireación –filtración es el más recomendado de los anteriores debido a su eficacia si se maneja y se da el mantenimiento adecuado a las unidades.

El establecimiento de un **acueducto** resulta otra opción de tecnología limpia aplicable para mejorar la calidad del agua de consumo en una comunidad. La misma es sostenible en el tiempo y de bajo impacto ambiental, una buena administración asegura agua para consumo humano en calidad, cantidad y continuidad. A pesar de su costo inicial alto a futuro se evita el gasto de manutención de pozos en mal estado que finalmente no asegura la calidad del agua, o las unidades de aireación –filtración las cuales al ser la población de 4 Millas bastante grande se deberían de construir y dimensionar muchas de estas para poder dar abasto con la demanda del líquido, por otra parte se necesitaría de un acompañamiento técnico continuo para su adecuado funcionamiento y mantenimiento, lo cual como generalmente sucede es inexistente o no se logra cubrir. En último lugar el acueducto no genera ningún tipo de residuo peligroso.

⁹ Araya, J. 2012. Métodos remoción de Mn (entrevista) TEC, Cartago.

CAPÍTULO III. Lineamientos metodológicos

Como parte del proceso investigativo se elaboró un diseño metodológico que permitió alcanzar los objetivos planteados y definir instrumentos y técnicas que fueron pertinentes para analizar el problema en estudio.

3.1 Tipo de investigación

El estudio fue parcialmente descriptivo porque parte de una realidad, situación que fue necesario diagnosticar y caracterizar, de esta manera permitió crear una descripción de las fuentes de agua para consumo humano, así como los focos o fuentes de contaminación cercanas a los suministros de agua y los tipos de contaminantes, estado de las fuentes de abastecimiento de agua, las actividades socioeconómicas, y otras características relevantes de la comunidad.

La investigación fue a su vez cuantitativa y mixta, ya que trató de comprender el conjunto de elementos interrelacionados que caracterizan la situación del agua en la comunidad de 4 Millas. Se apoyó en datos cuantitativos (muestreos y análisis de aguas) así como datos cualitativos mediante la utilización de técnicas de observación. Fue paralelamente observacional ya que se partió de una situación presente donde se dio un seguimiento de las variables para obtener información acerca del problema de estudio.

Además, fue un estudio de investigación-acción, la cual se centró en generar cambios en una realidad estudiada y no coloca todo el énfasis en lo teórico. Trata de unir la investigación con la práctica a través de la aplicación, y se orienta en la toma de decisiones, en este caso en conjunto con la comunidad en busca de soluciones alrededor del tema.

3.2 Descripción general del sitio de estudio

El cantón de Matina está formado por tres distritos, Matina, Carrandí y Bataan. El área de estudio forma parte del distrito de Matina (Municipalidad de Matina 2009).

La mayor parte del territorio del cantón está dedicado a actividades agrícolas y pecuarias, dentro de las que sobresalen el cultivo de banano, cacao, plátano, pejibaye y la ganadería como principales actividades productivas. Matina es el cantón con mayor producción de banano a nivel nacional (Municipalidad de Matina 2009).

La comunidad de 4 Millas, área de estudio, fue seleccionada por varias razones, entre estas debido a que forma parte de las 40 comunidades del cantón de Matina donde el programa ISA del IRET incluyó a varias mujeres para la realización de un estudio epidemiológico relacionado con la exposición a plaguicidas. De estos 40 poblados, 10 se encuentran muy cercanos al cultivo de banano, a menos de 100 metros de distancia; uno de estos poblados es 4 Millas.

Con una población aproximada de 733 habitantes y 198 viviendas (Ministerio de Salud 2006), 4 Millas corresponde a una comunidad aislada, marginal y de escasos recursos económicos, en donde algunos servicios básicos como el acceso a una fuente mejorada de agua aun no es cubierto por las autoridades pertinentes.

La comunidad se fundó y estableció hace más de 50 años por familias que se dedicaron a la agricultura, en su momento el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), dueño de las tierras, realizó la entrega de las escrituras a los pocos que realizaron los trámites. Más tarde por medio de la ley N. 3091(1963) muchas de las tierras se traspasaron a la Junta de Administración Portuaria y de Desarrollo Económico de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA), muchos de los terrenos aun pertenecen a esta junta.

El único acceso a agua para consumo humano en esta comunidad, es por medio de pozos propios, construidos de manera artesanal y que consisten en excavaciones de poca profundidad (2-5 metros) de tipo familiar, los cuales en su mayoría no cuentan con ninguna protección ante posibles focos de contaminación ni ningún tipo de evaluación técnica (Hernández 2011).

3.3 Descripción de variables

En este trabajo se contó con variables del tipo cualitativas nominales, así como variables cuantitativas tanto continuas como discretas. La operacionalización de las variables (apéndice 1) se realizó con la finalidad de sintetizar los elementos más importantes que se abordaron en el estudio, las variables que se consideraron y la metodología que se utilizó para recolectar la información.

3.4 Instrumentos y técnicas para la recopilación de información.

3.4.1 Información secundaria y primaria

Para la recopilación de la información, se consultaron distintas fuentes tanto primarias como secundarias, las cuales permitieron generar conocimiento de los temas a desarrollar durante la investigación.

Fuentes secundarias

Se realizó una búsqueda en fuentes bibliográficas que consistió en la consulta de libros, artículos científicos, tesis, páginas web, material audiovisual, etc.

- Búsqueda y análisis de datos presentes en documentos tales como mapas de uso del suelo, mapas de sectores geográficos del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica (INEC), hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional entre otros. Fue necesario la elaboración de varios croquis de la comunidad de 4 Millas y posteriormente los mapas pertinentes.
- Análisis de información de reportes existentes de muestreos de agua realizados anteriormente por el Programa ISA en el área de estudio, el Reglamento para la

Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 32327-S, las Guías de Calidad del Agua Potable de la OMS entre otros.

- Búsqueda de información en el EBAIS de Matina y la Municipalidad de Matina, donde se obtuvo información de las fichas de los ATAPs (Asistentes Técnicos de Atención Primaria) algunos índices de salud y enfermedad, características de la población, vivienda, fuentes de empleo, acceso a servicios básicos entre otros. Estos datos se digitalizaron y montaron en una base electrónica.

Fuentes primarias

Las fuentes primarias para el desarrollo de esta metodología se basaron principalmente en lo siguiente:

- Entrevistas abiertas no estructuradas a expertos en el área de recurso hídrico, para conocer alternativas limpias y posibles técnicas a implementar, sus costos, tipo de mantenimiento, factibilidad y sostenibilidad de las mismas.
- Entrevistas abiertas no estructuradas a los líderes comunales.
- Visitas iniciales a la comunidad en puntos estratégicos para la obtención de direcciones y nombres de líderes comunales.
- Talleres con miembros de la comunidad y líderes para abarcar el tema del agua de manera participativa.
- Se aplicó la encuesta a una muestra aleatoria de vecinos de la comunidad de 4 Millas que poseen pozo en sus casas.
- En las etapas finales, el programa ISA, como promotor y representante de dicha investigación, buscó coordinar reuniones con otras instituciones y actores relevantes del cantón que poseen alguna relación con el tema en estudio, tales como miembros de AyA y Municipalidad de Matina.

3.4.2 Observación directa

La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta, puede utilizarse como instrumento de medición en muy diversas circunstancias (Hernández et al. 2006). Por medio del uso de esta técnica se permitió alcanzar una visión global mediante las visitas a campo e inspección a la zona de estudio, así se alcanzó examinar características del entorno.

- La técnica de observación directa, se llevó a cabo desde la observación general del cantón, hasta la observación más específica del entorno en la comunidad estudio. La toma de fotografías y anotaciones ordenadas permitieron establecer una imagen mental que más adelante fue de gran ayuda en la redacción del documento, sobretodo en la caracterización de la comunidad.
- Otra técnica de observación que se aplicó, fue el llenado de la “ficha de inspección-muestra de agua” (Anexo 2) diseñada con el fin de anotar datos relevantes en el área de la toma de muestra así como fotografías del pozo y/o tubo donde se recolectó el agua.
- La observación del área de estudio y su dinámica también permitió ir evaluando cuales serían posibles alternativas.

3.5 Fases de la investigación

Este trabajo de investigación está compuesto por tres fases iniciales, las cuales fueron efectuadas mediante la recolección de información secundaria y primaria en la zona de estudio en el periodo agosto 2012 a junio 2013, la última fase es el análisis de la información y las alternativas propuestas. Es importante recalcar que las tres fases se dieron de manera paralela y aunque mantuvieron un orden relativo no son estrictamente consecutivas.

3.5.1 Fase I. Caracterización del entorno y diagnóstico del manejo del agua

En esta fase se recopiló información primaria y secundaria del tema, y se realizó la caracterización general de la zona de estudio.

3.5.1.1 Aspectos socioambientales del sitio de estudio

En primera instancia se realizó una caracterización de la comunidad, se recolectó la mayor cantidad de información existente de la misma, ya que al ser un pueblo aislado la información específica disponible es escasa. Las actividades que se realizaron para conseguir la información social, ambiental, económica y cultural del sitio de estudio fueron:

- Visitas donde se reconoció el entorno en el que está establecida esta comunidad. Así como conocer de manera somera aspectos climáticos, tipos de acceso a la comunidad, caseríos o barrios de los cuales se compone, características de las viviendas, uso del suelo entre otros.
- Se elaboró mediante el uso de herramientas informáticas (SIG), mapas con información relevante como mapa de uso de suelo, croquis entre otros.
- Se identificó aspectos biofísicos como clima e identificación de amenazas naturales.
- Mediante entrevistas abiertas no estructuradas se conoció aspectos como: fuentes de empleo, actividades recreativas, principales dificultades de la comunidad entre otros.
- La información de tipo social, ambiental, salud entre otras, se logró obtener con la ayuda del Asistente Técnico de Atención Primaria (ATAP) correspondiente al área de salud, este maneja una ficha básica para cada familia de 4 Millas, estas equivalen a los años: 2006, 2008, 2010 y 2011. Otra parte de la información se obtuvo en la Clínica de Bataan.
- Se visitó instituciones que presentan información relativa a esta comunidad. Tal es el caso del INEC y la Municipalidad de Matina.

3.5.1.2 Diagnóstico del uso y manejo del agua en 4 Millas

La manera más adecuada de conocer las prácticas, manipulación y usos que se le da al agua en las viviendas, así como, la construcción, mantenimiento, y cuidados de los sistemas de abastecimiento, fue a través de la aplicación de una **encuesta** (Apéndice 3) a una muestra representativa al azar. Los criterios de selección para la encuesta

fueron: Vivir en 4 Millas y tener un pozo excavado en su casa. Los cuestionarios se aplicaron por la entrevistadora a una muestra de sujetos adultos.

Selección de la **muestra estadística**: Se utilizó el método de muestreo probabilístico para seleccionar el número de encuestas a realizar.

$$n' = \frac{S^2}{V^2}$$

$$n' = \frac{p(1-p)}{e^2}$$

$$n' = \frac{0,7(1-0,7)}{(0,05)^2}$$

$$n' = 84$$

Lo cual se ajusta si se conoce el tamaño de la población N. Entonces tendremos que:

$$n = \frac{n'}{1 + \left(\frac{n'}{N}\right)}$$

$$n = \frac{84}{1 + \frac{84}{147}}$$

$$n = 53$$

Donde:

S² = Varianza de la muestra expresada como la probabilidad de ocurrencia [p (1-p)]

Donde p representa la probabilidad en porcentaje aproximada o estimada que tiene la población de la característica a estudiar. En nuestro caso la p será de 70% (esto porque el estimado de población con pozos es del 77% del total de la comunidad)

V²= varianza de la población. Es el cuadrado del error estándar (e²)

El error (e) será de 0,05

N: tamaño de la población. En nuestro caso serían las casas con pozo, o sea: N=147.

También y para mayor seguridad del tamaño de la muestra, se consultó al PhD. Manuel Spinola¹⁰ del Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS) quien es especialista en temas estadísticos, el invitó a usar el siguiente software: <http://www.stat.uiowa.edu/~rlenth/Power>, para el cálculo de la muestra. Se uso el método de intervalo de confianza para una proporción. Y como se observa los resultados fueron muy similares al método anterior (n=52,07).

¹⁰ Spinola, M. 2012. Muestreos aleatorios (entrevista).Heredia, CR, Universidad Nacional.

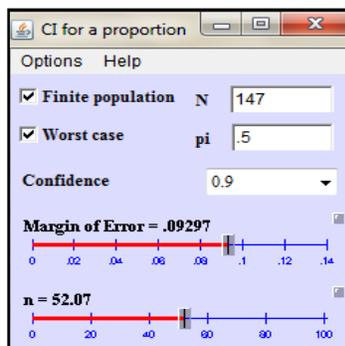


Figura 2 .Intervalo de confianza para una proporción.

3.5.1.2.1 Acercamiento para la aplicación del instrumento

Lograr con éxito la aplicación de la encuesta para la obtención de información representativa, certera y con el menor sesgo posible, fue posible a que:

- Desde la primera visita se realizó un encuentro con líderes y organizaciones comunales, donde se dieron los detalles del proyecto.
- Se solicitó colaboración para que la información se transmitiera entre los vecinos, compañeros de trabajo, amigos y familiares. Esto para que a la hora de realizar la encuesta ellos estuvieran más anuentes a recibirnos y brindar datos.

3.5.1.2.2 Levantamiento de datos de campo y codificación

- Georeferenciación de cada una de las viviendas con o sin pozo propio, para la encuesta solamente se eligieron con pozo.
- Codificación de casas: Se realizó asignándole un código con un consecutivo (C01P, C02, C03P, C04, C05P, C06, C07...y así sucesivamente), señalando con una P al final para las residencias con pozo propio.
- Registro de información: en total se confeccionaron 10 registros gráficos (mapas), donde se ubican todos los domicilios. A continuación, se ilustra a manera de ejemplo, con dos de estos mapas (Figuras 3 y 4).
- Selección de la muestra: Se creó una base de datos en Excel donde se introdujeron todos los códigos de las casas con pozo y se programó para una muestra aleatoria ($n=53$). Los códigos seleccionados al azar por el programa fueron las viviendas donde se realizó la encuesta.
- Terminado el registro de datos, se procedió a la aplicación de encuestas.

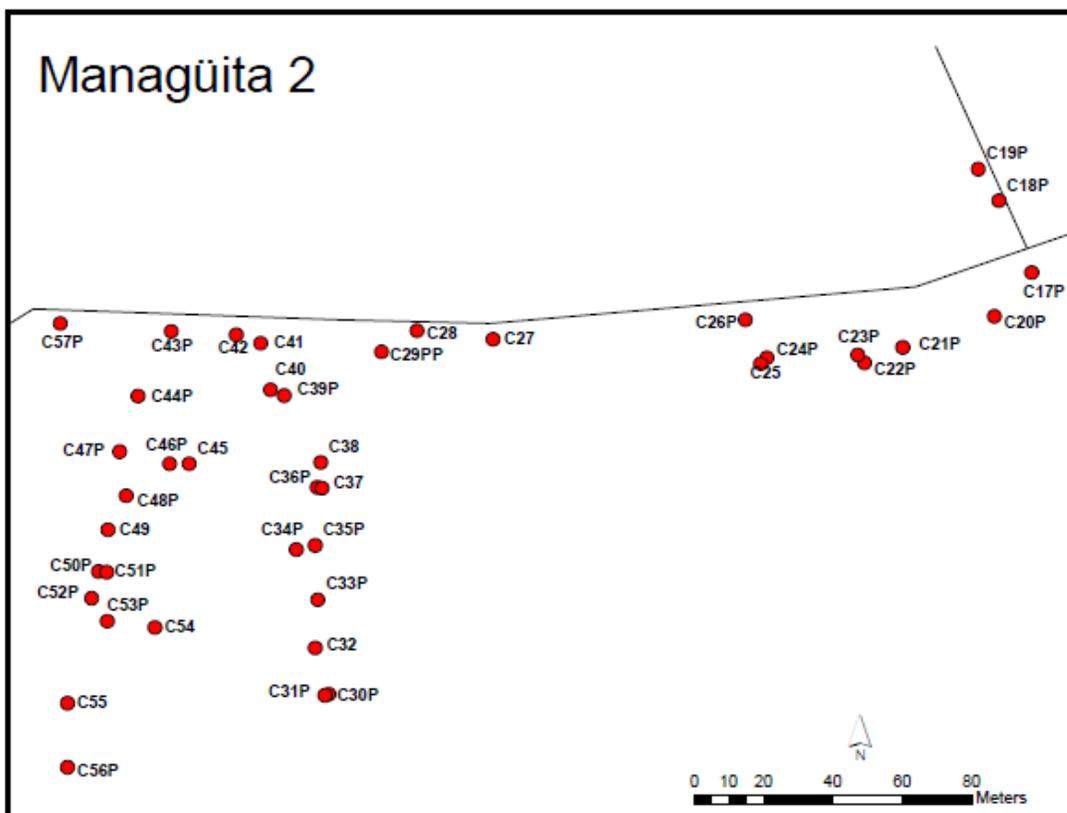


Figura 3. Mapa de las casas codificadas pertenecientes al sector denominado como Managüita 2, en la comunidad de 4 Millas.

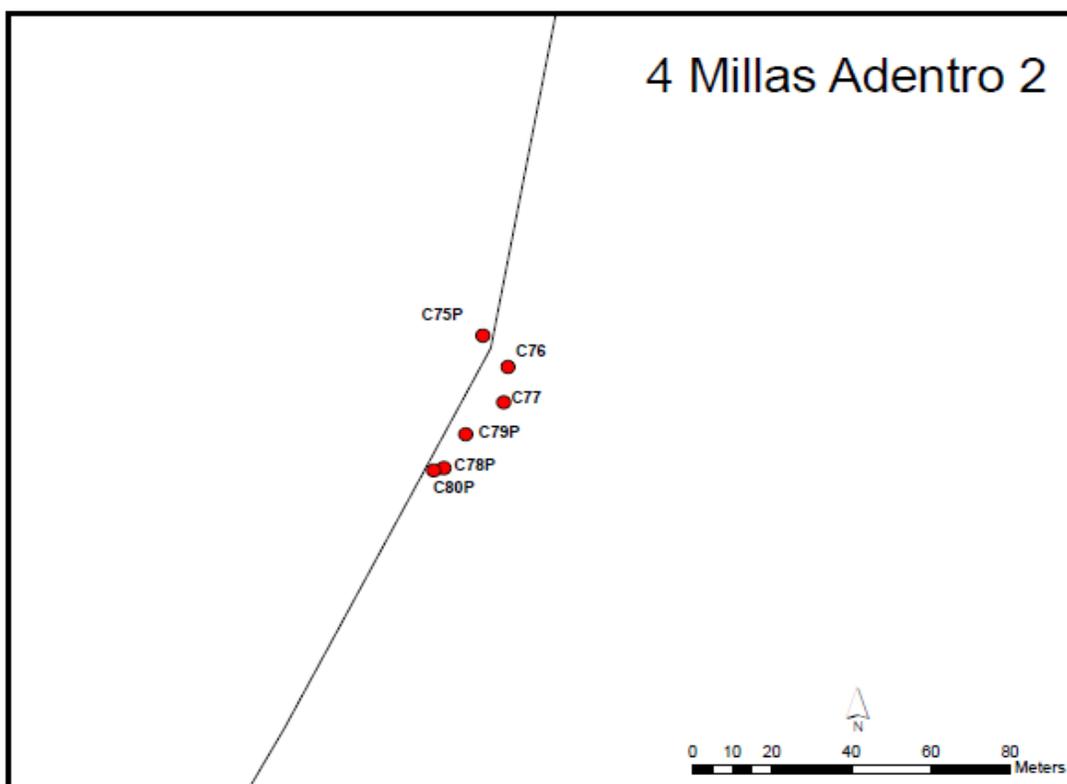


Figura 4. Mapa de las casas codificadas pertenecientes al sector denominado como 4 Millas adentro 2, en la comunidad de 4 Millas.

3.5.2 Fase II. Evaluación de la calidad del agua de consumo

En esta fase se evaluó la calidad del agua proveniente de fuentes usadas para consumo humano, y los posibles factores que influyen sobre su calidad.

3.5.2.1 Muestreo de aguas

Para ello se utilizó la base de datos de Excel, anteriormente mencionada, donde se determinó las 53 viviendas para aplicar encuesta. A esas 53 casas con pozos se le aplicó el mismo método de aleatoriedad, para elegir 25 pozos utilizados para consumo humano que serían los que se muestrearían. Los criterios de selección para este muestreo fueron:

- Que el pozo fuese de una de las viviendas donde se aplicó la encuesta de la fase I.
- Que en el domicilio el agua del pozo se use para beber y/o cocinar. (Esto porque se deseaba evaluar en las muestras concentraciones de metales, y la ruta de acceso en este caso es por ingestión, si el agua no es utilizada para beber o cocinar el riesgo es muy bajo).

3.5.2.1.1 Análisis de laboratorio

En relación al número de muestras de agua a analizar se trabajó de la siguiente manera: Se muestreó una cantidad de 25 pozos del total de 147 identificados, esta cantidad representó el 17% de los pozos existentes. Cabe destacar que según el Dr. Jorge Herrera un muestreo de al menos un 10% del total de una muestra ambiental se considera aceptable y representativo para la misma¹¹, en nuestro caso se logró muestrear un poco más (17%) en el primer muestreo.

Los parámetros analizados y cantidad de muestras en el **primer muestreo** se detallan a continuación:

- Análisis físico-químico básico, N=5 (Laboratorio de Análisis Ambiental, LAA).
- Metales: magnesio, calcio, zinc, cobre, sodio, potasio, N=12 (LAA).
- Análisis de manganeso total y soluble, N=25 (método de llama) (LAA).
- Análisis microbiológico (coliformes totales y coliformes fecales), N=10. Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Universidad de Costa Rica (LMA). Informes completos de resultados se encuentran en el anexo 11.
- Durante los meses de abril y mayo del 2013 se realizó un segundo muestreo en 20 pozos anteriormente muestreados (octubre y noviembre 2012), esto brindó mayor seguridad y verificación de los resultados obtenidos en el primer muestreo. Además, se analizaron otros nuevos elementos.
- En segunda ronda se recolectaron tres muestras de agua de lluvia que algunos pobladores utilizan para consumo propio (beber y cocinar) y se tomó una muestra alejada de la comunidad, proveniente de un pozo cercano a la playa (mar) de 4 Millas, para analizar su calidad.

¹¹ Herrera, J. 2012. Muestreo representativo de pozos. (entrevista-reunión) Heredia, CR, Universidad Nacional.

Los parámetros analizados y cantidad de muestras en el **segundo muestreo** se detallan a continuación:

- Análisis físico-químico básico, N= 9 (LAA).
 - Metales: magnesio, calcio, zinc, cobre, sodio, potasio, N=24 (LAA).
 - Hierro, N=24 (LAA).
 - Arsénico, N=24 (LAA).
 - Análisis de manganeso total y soluble, N=24 (método de horno de grafito, más sensible) (LAA).
 - Análisis microbiológico (coliformes totales y coliformes fecales) al pozo de la playa y a las muestras de agua de lluvia, N= 4, (LMA).
 - Análisis de plaguicidas (organoclorados, piretroides, traizoles, estrobilurinas, otros), N=16, Laboratorio de Residuos de Plaguicidas (LAREP), IRET, Universidad Nacional. Informes completos de resultados se encuentran en el anexo 11.
- En cada vivienda donde correspondió tomar una muestra, se llenó la “ficha de inspección - muestra de agua” (Apéndice 2), este instrumento de campo se realizó para que la información relevante a la hora de tomar la muestra quedase registrada (figura 5).



Figura 5. Toma de los parámetros de pH y conductividad en una de las casas (pozos) seleccionadas.

- Los equipos de campo utilizados fueron calibrados cada día, antes de empezar con los muestreos.
- La toma de muestras fue realizada por personal capacitado. Se siguió el procedimiento para muestreo de aguas naturales (Anexo 2) dado por el Laboratorio de Análisis Ambientales (LAA), donde se considera la correcta toma, preservación, embalaje y traslado de muestras al laboratorio. Además, se asistió a una

capacitación en el LAA, para cumplir estrictamente con los procedimientos de muestreo.

- Para las muestras analizadas en el LAA se siguió el procedimiento de análisis de aguas del LAA (Anexo 3) los cuales están basados en la guía internacional: Métodos Estándar para el análisis de agua y agua residuales de la American Public Health Association (APHA), America Water Works Association (AWWA) y la Water Environment Federation (WEF).
- Los resultados fueron evaluados según lo dicta en Reglamento de la calidad de agua potable de Costa Rica, el cual posee indicadores y límites para cada sustancia (Anexo 4).

3.5.3 Fase III. Proceso participativo y gestión del conocimiento

Esta fase se desarrolló de forma transversal durante todo el proyecto, desde el inicio con las primeras giras a campo, hasta finalizar. El primer encuentro se realizó el 03 de setiembre del 2012, y el último el 29 de abril del 2013. Luego se dio la devolución de resultados en octubre del 2013 a la comunidad.

Las sesiones estuvieron dirigidas a actores claves así como miembros de la comunidad que decidieron unirse, todo participante de la comunidad fue bienvenido a las sesiones siempre y cuando tuvieran una presencia periódica.

3.5.3.1 Talleres participativos

En cada una de las 7 sesiones que conformaron los talleres se realizaron una serie de actividades relacionadas al agua, juegos, presentaciones magistrales sencillas, videos entre otros, donde la misma participación de los asistentes fue la que dio seguimiento a cada sesión, y donde los facilitadores fuimos solo una guía.

Los temas tratados en estas sesiones fueron generalmente acerca de la situación del agua en la comunidad, la percepción que se tiene de la misma, los resultados de los muestreos y las posibles alternativas. Esto en conjunto y paralelamente con personal del programa ISA y la Comunidad de práctica sobre enfoque Ecosistémico en Salud Humana en América Latina y el Caribe (CoPEH-LAC), quienes simultáneamente validaron un módulo de capacitación para empoderar líderes comunitarios. Para la realización conjunta de talleres se integraron los contenidos de los talleres con el contenido del módulo de capacitación, el agua fue el eje transversal para unir ambas actividades ya que al ser un tema de gran interés para la comunidad permitió mayor accionar y una participación activa de personas de la comunidad.

Los talleres participativos se desarrollaron en sesiones de trabajo de dos horas por la noche, aproximadamente cada 22 días o 1 vez al mes (debido al escaso tiempo que se poseía y la disponibilidad, el contenido planeado no siempre se pudo realizar al pie de la letra y hubo cambios esperados sobre la marcha) en el cuadro 2 se desglosan las actividades realizadas. Los facilitadores permanentes que estuvimos encargados de las sesiones fueron mi persona, encargándome de los temas del agua y la problemática, y

la compañera Lic. Rosario Quesada, encargada de la parte de empoderamiento de líderes comunales.

Los talleres se dividen en: taller introductorio, taller intermedio y taller de cierre, estos se exponen a continuación:

I. Taller Introductorio

- Se realizó una sesión introductoria con líderes y organizaciones comunales, que buscó establecer una buena relación para seguir trabajando conjuntamente.
- Devolución y explicación de los resultados encontrados en el proyecto anterior, el muestreo de agua realizado en 4 pozos de la localidad durante el 2011 (Hernández y Skitt 2011), en el cual se midieron metales presentes en el agua.
- Actividades lúdicas *rompe hielo* tanto entre los participantes como entre participantes y facilitadores, creando una bonita atmósfera de confianza.

II. Taller Intermedio

Varias sesiones conformaron el taller intermedio, donde se tocaron temas siempre alrededor del agua.

- Se realizaron varios conversatorios guiados, a través de actividades, videos, exposiciones de los participantes entre otros, donde los participantes comentaron sus experiencias y opiniones alrededor de este tema, así fue posible conocer su opinión. Se trataron temas tales como: problemática y características del agua en el pueblo, acciones que se han tomado o no para su mejoramiento entre otros.
- Se efectuaron exposiciones magistrales sencillas y cortas para explicar temas como: protección adecuada de los pozos, uso y manejo adecuado del agua una vez recolectada, sustancias que pueden contaminar el agua, etc.

III. Taller de cierre

- En las sesiones de cierre se buscó realizar actividades donde se retomaron los temas tratados en los talleres anteriores, para realizar una retroalimentación.
- Devolución de los resultados de los muestreos y de la investigación mediante una exposición magistral, donde se ilustraron sucesos y datos sobresalientes hallados en las muestras de agua analizadas.
- Se discutieron posibles alternativas y acciones a tomar.

La planificación programada, actividades y contenido previsto de los talleres estuvieron sujetos a cambios, esto por tratarse de un proceso participativo, donde fue necesario desarrollar los talleres de acuerdo con las necesidades y posibilidades de la población (cuadro 3) La guía de actividades realizadas fueron las siguientes:

Cuadro 3. Desglose de contenidos y actividades que se desarrolló en los talleres.

Tema	Objetivo	Dinámica	Material	Tiempo
1 .Taller introductorio				
Sesión 1				
Presentación equipo ISA	Explicar el motivo del taller dentro del contexto del Programa ISA, sus antecedentes, objetivos.		-Material informativo ISA	15min
El agua como eje transversal y práctico del curso-taller para líderes comunitarios	a. Introducir la temática del agua como eje transversal y práctico del curso-taller para líderes comunitarios. Reflexionar acerca de la importancia de consumir aguas seguras.	Actividad <i>¿Cómo saber si el agua es potable?</i> (Conant 2005) (Anexo 7)	-4 botellas con agua -Tierra -Sal -Azúcar -Agua potable -Vasos plásticos	40 min
Charla-plenaria: recurso hídrico comunitario	Explicar el trabajo realizado a través de los muestreos de agua. Devolución y análisis de resultados de muestreos de agua pasados. Presentación propuesta de trabajo	Actividad Presentación magistral.	-Video beam -Extensión -Manta -Toallas	20min
Consenso y programación de talleres y actividades.	Programar y calendarizar en conjunto con el grupo, las fechas de visitas, giras y talleres.		-Lista de asistencia -Cronograma	20min
Sesión 2				
Realización de actividades lúdicas relacionadas con el trabajo en equipo	Romper el hielo entre miembros de la comunidad-asociación y equipo ISA.	Actividad: Juegos en grupos	-Globos -Peluches	40 mint
	Reflexionar con los líderes comunitarios sobre la importancia del trabajo en equipo y el rol de cada persona como parte de una comunidad.	Plenaria		
2. Taller intermedio				
Sesión 3				
Presentación de integrantes del taller y del equipo ISA	Establecer un clima de cordialidad entre todos los integrantes			

Continuación cuadro 3

Tema	Objetivo	Dinámica	Material	Tiempo
Conocer entre otras cosas la historia de la comunidad y que cosas les parecen que han cambiado	Los participantes identificaran las congruencias entre sus conocimientos, prácticas y contexto de la comunidad.	Actividad: El libro de mi vida en mi comunidad. Ej: ¿Cómo llegó a vivir allí? ¿Cómo era la comunidad cuando empezó a vivir allí? ¿Qué ha cambiado? ¿Qué le gustaría cambiar?	-Hojas blancas -Marcadores o pilots -Recortes de periódicos	40 mint
Proyecto tesis: cómo se van a elegir las casas a muestrear y entrevistar.	Explicar cuál sería el proceso de encuestas y toma de muestras de agua Que las personas de la comunidad comprendan el por qué no se pueden analizar todos los pozos de la comunidad.(duda del taller anterior).	Presentación magistral	-Video beam	20 mint
Sesión 4				
Motivar a la gente a pensar acerca de cómo el agua obtenida de un pozo o una llave se puede contaminar antes de que se consuma en el hogar	Comprender acerca del manejo correcto del agua de consumo para evitar su contaminación.	Actividad: Recolección y almacenamiento de agua potable. (Conant 2005)(Anexo 8)	-Dibujos de personas recolectando agua de distintas maneras -Hojas blancas -Pilots	40 mint
Importancia de la participación comunitaria.	Reflexionar en conjunto con los participantes acerca de la participación y su importancia para los proyectos comunitarios.	Actividad: Documental (Zona Cruda, sobre la problemática de mercurio en la Amazonía)	-Video beam	20 mint
Sesión 5				
Como afectan los problemas comunitarios a las diferentes personas de la comunidad	Reflexionar en conjunto con los participantes cómo se dan las relaciones entre hombres y mujeres, entre personas de distintas etnias y clases sociales (entre otras) en su región o comunidad y vincularlo con el concepto de equidad	Actividad Audiovisual: el zorro y la cigüeña	-Video beam	15 mint

Continuación cuadro 3

Tema	Objetivo	Dinámica	Material	Tiempo
Que problemas existen actualmente alrededor del agua	Conocer si los problemas de agua en la comunidad afectan más a mujeres que a hombres o viceversa. Y cuáles son estos problemas.	Actividad: <i>Hombres y mujeres deben participar en la planificación del agua</i> (Conant 2005) (Anexo 9)	-Papel bond, - plumones de agua, -cinta canela, -hojas, lápices,	30 mint
3. Taller de cierre				
Sesión 6				
Evaluación del taller: Construyamos juntos el aprendizaje	Realizar una retroalimentación de parte de los participantes hacia los organizadores. Identificar necesidades de información sobre la temática de sesiones anteriores.	Evaluación grupal: se diseñaron fichas con preguntas para contestar en forma grupal y retroalimentar los aprendizajes y necesidades de información.	-Fichas de preguntas	60 minutos
Sesión 7				
Devolución de resultados de los análisis de agua a la comunidad. Como mejorar la calidad del agua: planificar mejoras en el suministro de agua, obstáculos que se oponen a las mejoras en el suministro de agua, identificar posibles soluciones, identificar otras fuentes que sean seguras.	Convocar a toda la comunidad de 4 Millas. Realizar la devolución de resultados de la primera toma de muestras de agua de la comunidad de 4 Millas. Evaluar y debatir con los presentes las posibles alternativas para el mejoramiento de la calidad del agua.	Exposición magistral	-Video beam	45 mint
Sesión 8				
2da devolución de resultados	Realizar una segunda devolución de resultados y entrega del informe técnico de los resultados con observaciones y recomendaciones. Volver a debatir las posibles alternativas para el mejoramiento de la calidad del agua en la comunidad.			

Nota: En cada taller se abrieron espacios de opinión y consulta. Estos talleres se realizaron en conjunto con miembros de la Comunidad de Práctica sobre el Enfoque Ecosistémico en Salud Humana (CoPEH LAC).

3.5.4 Fase IV. Alternativas propuestas

En esta fase se presentó una serie de alternativas seleccionadas por y para la comunidad, tendientes a un mejoramiento de la calidad del agua que actualmente consumen.

3.5.4.1 Análisis de la información y alternativas propuestas

- Se realizó una sistematización de la información obtenida en las encuestas y de los resultados obtenidos en los muestreos de agua, y se creó una base de datos con dicha información.
- La información producto de los talleres participativos, también fue sistematizada, así como los productos obtenidos (capítulo IV).
- Se utilizó la gestión del conocimiento para sistematizar las experiencias, alcances y lecciones aprendidas del trabajo comunitario (Ambrose 2009).
- Se realizó un mapeo de actores (capítulo IV) y sus interacciones.
- Se informó a los actores involucrados acerca de los resultados obtenidos.
- Se realizó un planteamiento de alternativas que posee la comunidad a su alcance, y que puedan mejorar la calidad del agua de consumo.

CAPÍTULO IV. Presentación y análisis de resultados

Este capítulo comprende, entre otras cosas, una caracterización de aspectos poblacionales y ambientales de la comunidad. Un diagnóstico del manejo y las condiciones del agua utilizada para consumo humano mediante la aplicación de 55 encuestas en una muestra de vecinos, y el análisis de muestras de agua para conocer la calidad del agua de consumo. Se desarrolló, además, las sesiones de los talleres participativos, aproximadamente un encuentro por mes.

4.1 Fase I. Caracterización del entorno y diagnóstico del agua

Con toda la información recopilada mediante distintas fuentes se obtuvo una caracterización socioambiental general, más que todo en las áreas de población, vivienda y enfermedades comunes. El diagnóstico del agua se completó gracias a la encuesta aplicada y los análisis de laboratorio obtenidos.

4.1.1 Caracterización socioambiental del entorno

Para conocer a profundidad el estado de una comunidad es importante estudiar factores de su entorno, antecedentes e índices generales, de esta manera entender la realidad de sus pobladores y sus demandas se vuelve más sencillo. Se abarcaron temas de población, servicios básicos, aspectos generales de salud, ocupación, nivel escolar entre otros.

4.1.1.1 Aspectos ambientales

Ubicación

El cantón de Matina está formado por tres distritos, Matina (cabecera), Carrandí y Bataan, la zona de estudio pertenece al distrito de Matina (figura 6) el cual posee una elevación de 11 m.s.n.m y se encuentra ubicado en la Latitud 10°04'43"N y Longitud 83°17'32"O (Municipalidad de Matina 2009).

La comunidad se localiza aproximadamente a 6 km del centro de Matina, el cual es la zona comercial más cercana a dicha comunidad. El ingreso a este pueblo es por medio de una carretera de lastre tipificada como red vial nacional terciaria (MOPT 2007).

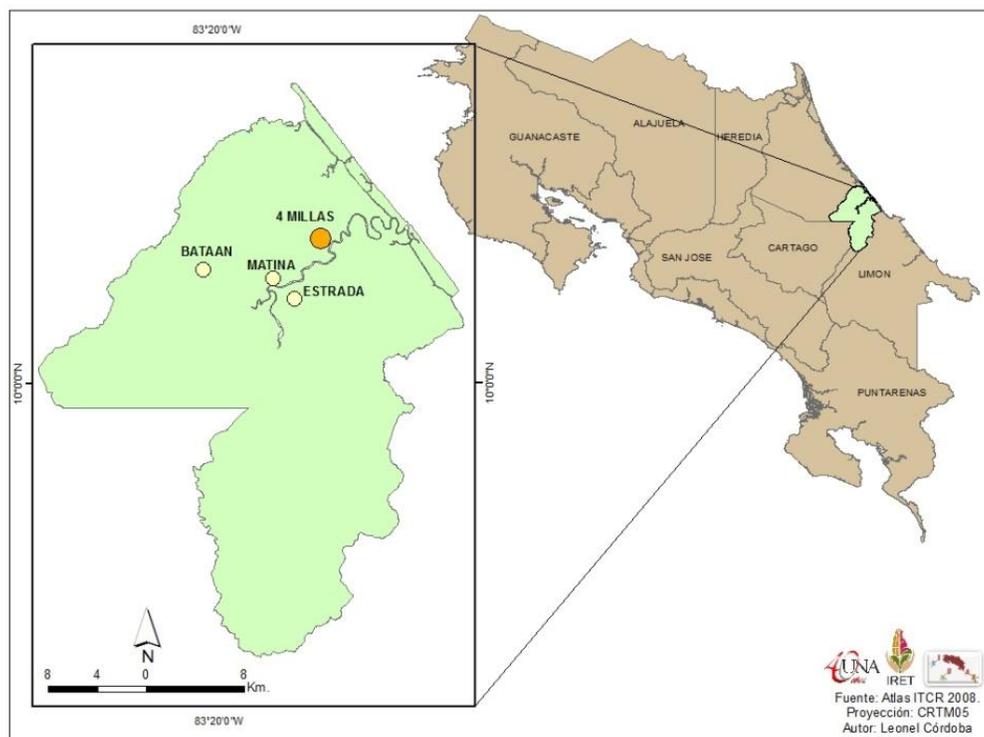


Figura 6. Ubicación del cantón de Matina y la comunidad de 4 Millas (Córdoba 2013)

Geología y clima

La zona de estudio corresponde a materiales sedimentarios del cuaternario, entre estos la clasificación (Qa1) que representa depósitos fluviales, coluviales y costeros recientes característico de las costas Pacífica y Atlántica, existen también depósitos aluviales y costeros (Qa) que se diferencian de los anteriores por estar permanentemente inundados o sometidos a la acción de las mareas, característico de las lagunas de las llanuras del norte y noroeste del Atlántico (Dirección de Geología y Minas s.f)

De la estación meteorológica del IRET en la comunidad de Agrodisa en Matina, se obtuvieron datos relacionados con el clima de la zona al 2010, presentando el área de estudio una temperatura media anual de 26°C, una precipitación anual promedio de 3134 mm y una humedad relativa promedio de 85,2% (2010).

Amenazas naturales

Históricamente esta zona se caracteriza por ser propensa a las inundaciones, esto se ha dado por el desbordamiento del Río Matina o por la ruptura del dique artificial que lo contiene. En el taller introductorio miembros de la comunidad comentaron que la zona más afectada es el barrio Los Sosa, debido a que el gobierno construyó un canal para desaguar todas las aguas que vienen desde la cabecera y en ocasiones provoca que este sector se inunde.

Uso de suelo

Al igual que en otros pueblos del cantón, esta se encuentra inmersa en plantaciones bananeras. En el mapa (figura 7) se observan todas las casas de la comunidad representadas por puntos amarillos, toda el área color verde corresponde a cultivo de banano y la sección en color beige representa terrenos en preparación para banano y en menor cantidad pastos.

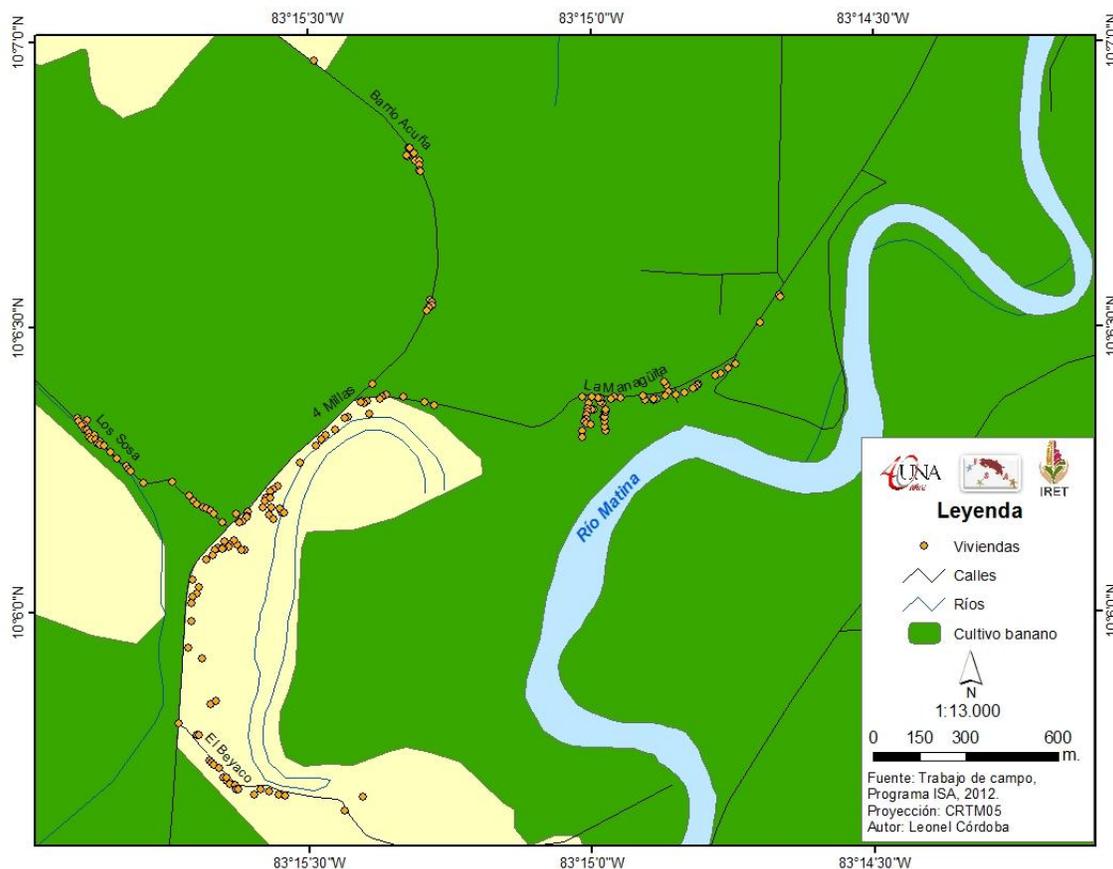


Figura 7. Mapa de uso de suelo en 4 Millas, 2012 (Córdoba 2013)

4.1.1.2 Aspectos Sociales

Población

Los habitantes se distribuyen en 4 grandes sectores: La calle principal de la comunidad, que viene siendo *el centro* de 4 Millas, la entrada el Beyaco, la entrada Los Sosa, y el sector conocido como La Managüita.

La población aproximada es de 733 habitantes y 198 viviendas (Ministerio de Salud 2006), siendo la diferencia numérica entre hombres y mujeres muy pequeña. Con respecto a la distribución según su edad, los datos revelan que hay un predominio de jóvenes y adultos jóvenes. La mayor cantidad de habitantes oscila entre los 5 años y

los 29 años que representan el 62,2%, la otra sección de la población que predomina se encuentra entre los 30 y 54 años con un 28,8% de la población total (clínica de Matina 2006, 2010, 2011,2012)¹².

Los pobladores predominantes son costarricenses, no obstante, muchos corresponden a niños o jóvenes nacidos en Costa Rica pero de padres nicaragüenses. Los nicaragüenses equivalen a casi el 30% de la población de la comunidad el resto son costarricenses (70%).

El **número promedio de habitantes en cada hogar**, se muestra a continuación (figura 8). Aproximadamente un 40% de la población habita en su casa con familias de 4 a 5 miembros.

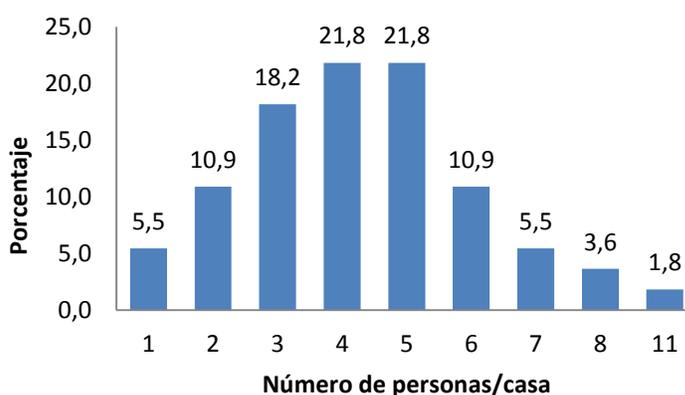


Figura 8. Número promedio de habitantes en cada hogar, según la población encuestada en la comunidad, 2012.

Nivel de escolaridad

Los datos de escolaridad indican que un 55% de los pobladores iniciaron la primaria y un 19% iniciaron la etapa de secundaria. Los datos de estudios superiores a la secundaria son poco representativos (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012)

¹² Con respecto a las fichas del ATAP de la Clínica de Matina: El ATAP utiliza la misma ficha física año con año, pero la va actualizando.

Ocupación

Según el Plan de Desarrollo Humano Local 2010-2020 del Cantón de Matina (2009) la mayor parte del territorio de Matina está dedicado a actividades agrícolas y pecuarias, dentro de las que sobresalen el cultivo de banano, cacao, plátano, pejibaye y ganadería como principales actividades productivas. Según un diagnóstico realizado en el 2009 por el programa ISA se concluyó que la mayor ocupación de mujeres y hombres es en las compañías bananeras. En general se identifican en la zona de estudio las siguientes ocupaciones (cuadro 4).

Cuadro 4. Ocupaciones identificadas de las y los pobladores de 4 Millas (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012).

Ocupaciones más frecuentes	
Misceláneo(a) ocasional (peón de la finca en campo o en la planta empacadora) (9%)	Operario
Misceláneo(a) permanente (peón de la finca en campo o en la planta empacadora) (12%)	Agricultor
Ama de casa (17%)	Soldador
Estudiante (19%)	Pastor
Capataz	Pensionado
Propio	Desempleado

Nota: Las etiquetas de misceláneo permanente y misceláneo ocasional, hacen referencia a trabajadores de la finca bananera, ya sea en el campo (peón o capataz) o en la planta (empacador u otro).

Enfermedades crónicas

Las fichas del ATAP identifican en algún miembro o varios miembros de una familia enfermedades crónicas (cuadro 5).

Cuadro 5. Enfermedades crónicas identificadas en la comunidad (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012)

Enfermedades identificadas	
Presión alta	Epilepsia
Diabetes mellitus	Cáncer
Asma	Infecciones
Lumbalgias	Displasia
Anemia	Poliomelitis
Tiroides	Cardiopatías
Alcoholismo	Amputacion

Las enfermedades más comúnmente mencionadas por el ATAP y las cuales parecen ser características de dicha comunidad son en orden de aparición la presión alta, diabetes mellitus, asma y problemas de la tiroides. Dichos padecimientos crónicos no

se pueden asociar en este estudio directamente con algún factor de riesgo relacionado con la zona, como el agua no potable, fumigación aérea, calle de lastre, entre otros.

Enfermedades agudas

Además, se consultó en la clínica de Bataan, donde se lleva el reporte de eventos colectivos por distrito, como parte del Programa de análisis y vigilancia epidemiológica. A pesar de que no se cuenta con datos específicos de 4 Millas, ya que el reporte es a nivel de distrito, el personal de salud brindó el reporte de un lapso de tiempo para conocer los eventos o enfermedades agudas más comunes del distrito. Entre los más comunes se encuentran los casos de dengue, las diarreas y las alergias (cuadro 6).

Cuadro 6. Casos atendidos en la clínica de Bataan de Matina, provenientes del distrito de Matina en distintos periodos de tiempo (clínica de Bataan 2012).

Periodo	Evento	Cantidad/casos
Enero –Set 2012 (9 meses)	Presión Alta	341
	Diabetes mellitus	155
	Asma (urgencias)	57
	Alergias(urgencias)	32
	Asma (consulta externa)	29
	Alergias(consulta externa)	29
Enero – Nov 2012 (11 meses)	Diarreas	178
	Dengue Clásico*	97
	Parasitosis intestinal no especifica	28
Todo el 2011	Malaria	8

En el caso de 4 Millas, ante la pregunta de que si: ¿la persona encuestada o algún miembro del hogar había sufrido de alguna diarrea en los últimos 12 meses?, el 34% de los encuestados dieron una respuesta afirmativa, con una frecuencia de 1 ó 2 veces durante el año mayoritariamente. De las personas afectadas algunas lo atribuyen al agua, o a algún alimento contaminado que fue consumido.

La causa de visitas al centro de salud por alergias no se determinó, no obstante, algunos asistentes de los talleres atribuyen la causa al agua con que se bañan. De manera interesante no se observan en las fichas del ATAP anotaciones de casos de intoxicaciones por plaguicidas, relacionado a este tema solo menciona que en algunas casas el riego aéreo es muy cercano.

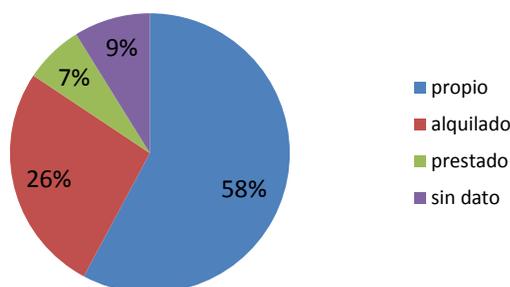
Servicios básicos

Como muchas otras comunidades rurales, 4 Millas sufre de un fuerte aislamiento y subdesarrollo. Con una población que equivale al 8% del distrito (N=733) (Ministerio de Salud 2006) representa una comunidad vulnerable y de bajos recursos. Para recibir atención médica las personas de la comunidad deben trasladarse al centro de Matina donde se encuentra el EBAIS, y de ahí dependiendo de su valoración pasan o no a la clínica de Bataan. En el cuadro 7 se aprecia una breve caracterización de los servicios presentes.

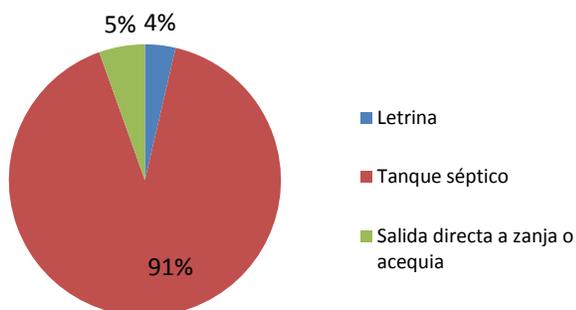
Cuadro 7. Servicios básicos presentes y su caracterización general.

Servicio	Tenencia
Sistema de abastecimiento de agua potable	Los pozos son su fuente de abastecimiento, pero su agua no es potable.
Sistema de alcantarillado de aguas servidas y de drenaje de aguas pluviales	Canales y caños
Sistema de vías	La vía principal y sub vías lastreadas.
Sistema de alumbrado público	Si hay
Red de distribución de energía eléctrica	Si hay
Servicio de recolección de residuos sólidos	Es intermitente por parte de la municipalidad
Transporte	Se desea mejorar ya que solo hay un bus
Establecimientos educativos	Kínder y escuela, el colegio es el de Matina.
Asistencia médica	Trasladarse al centro de Matina o a Bataan.

En lo que se refiere al aspecto de **vivienda**, los porcentajes de **tenencia** (figura 9) de esta se ilustran a continuación:

**Figura 9.** Tenencia de las viviendas en 4 Millas (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012)

Para la **disposición de excretas** (figura 10) los resultados obtenidos indican que la mayoría de las personas encuestadas posee tanque séptico en su casa.

**Figura 10.** Disposición de excretas de la población encuestada en la comunidad de 4 Millas, 2012

En cuanto a la **disposición de residuos sólidos**, la comunidad no posee de un servicio de recolección programado ni periódico, según lo explican sus habitantes la municipalidad de Matina envía esporádicamente un camión recolector.

En la encuesta realizada (2012) un 60% de los encuestados indicaron que esperan que el camión haga su ruta por la comunidad, pero si pasan muchos días optan por quemar lo acumulado.

4.1.2 Diagnóstico del uso y manejo del agua en 4 Millas

La encuesta realizada permitió obtener una adecuada y completa información acerca del uso y manejo que se le da al agua de consumo y a los sistemas de abastecimiento de agua (pozos).

Para obtener una **distribución espacial de la población encuestada** se realizó un muestreo aleatorio, los hogares encuestados quedaron distribuidos entre los 4 barrios principales (figura 11): Calle principal, La Managuita, El Beyaco y Los Sosa. Así como otras dos áreas pequeñas: Barrio Acuña y ACUMI.

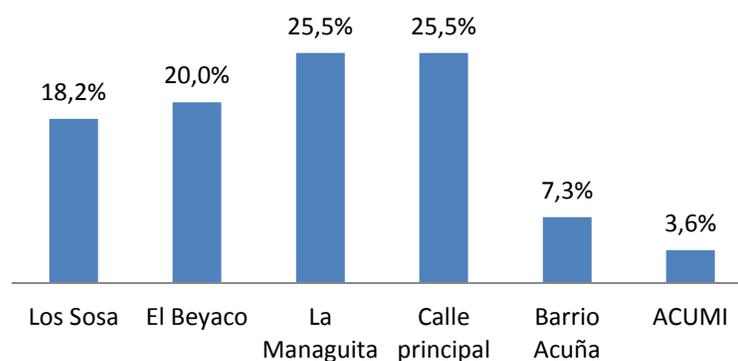


Figura 11. Distribución porcentual de la población encuestada en la comunidad de 4 Millas, 2012.

En lo que respecta al **abastecimiento de agua** la mayoría de familias (89%) consumen agua de su pozo artesanal. La forma de extraer el agua se explica en la figura 12. El porcentaje del 1% equivalente a cañería, se debe a que en algunas casas traen el agua desde Matina donde viven familiares.

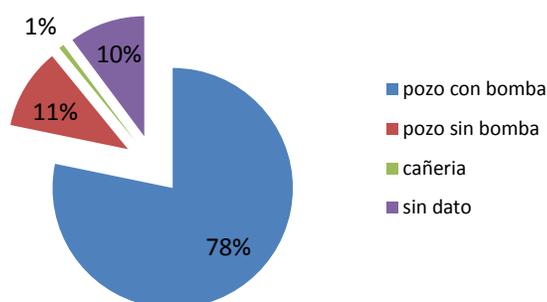


Figura 12. Tipo de abastecimiento de agua en la comunidad de 4 Millas (clínica de Matina 2006-2010-2011-2012)

Fuentes de abastecimiento de agua, todos los encuestados poseen un pozo propio pero algunos también utilizan agua de lluvia (figura 13) ya sea para tomar o para realizar otras actividades diarias.

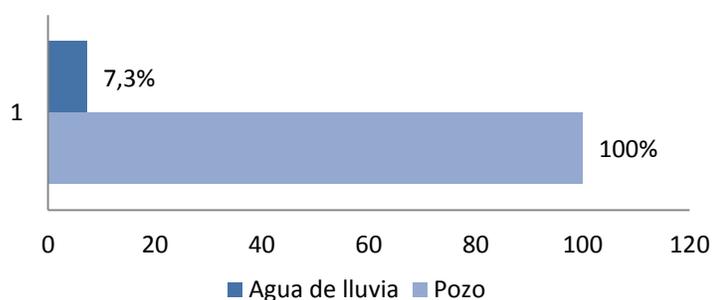


Figura 13. Fuentes de agua en la población encuestada, 2012.

Los habitantes le dan diferentes **usos al agua de pozo**, pero en general las actividades y quehaceres diarios se realizan en su mayoría con agua proveniente de esta fuente. **Limpiar, lavar y bañarse** son acciones que se realizan en un 100% con esta agua (figura 14), mientras que para cocinar y beber algunas personas utilizan otro tipo de fuente, por ejemplo: agua llovida, agua de otra comunidad o embotellada.

De diez personas que indicaron no beber agua de su pozo, tres compran agua embotellada, **cuatro encuestados reportaron consumir agua de lluvia** (en su familia), dos consumen de otro pozo (vecino), y una trae agua de otro acueducto a través de familiares. La razón por la que 10 encuestados no beben el agua de su pozo se debe más que todo a razones de aceptabilidad olor, color y sabor.

La mayor cantidad de familias entrevistadas beben el agua de su pozo artesanal: 45 de las 55 entrevistadas. Además, sobre la desinfección del agua previa al consumo, el 42% de las personas aseguró clorarla.

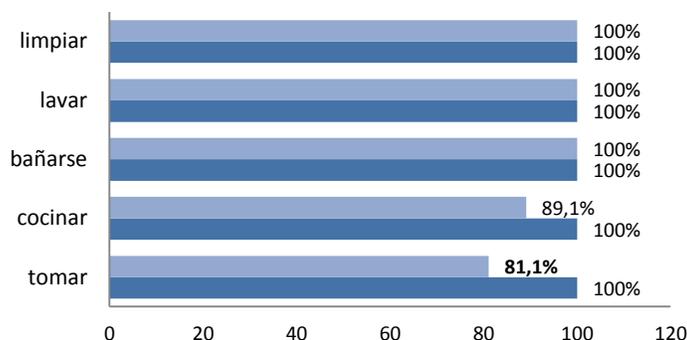


Figura 14. Uso del agua de los pozos por parte de la población encuestada, 2012.

Caracterización de los pozos de 4 Millas

Se realizó una caracterización de los pozos de las familias encuestas (n=55) para conocer las condiciones de estos. Algunos pobladores conocen más datos de estas fuentes de agua que otros, por ejemplo al preguntar por los **años de construcción del pozo**, solamente un 25% conocían que poseía entre 8 y 13 años de construido, algunos otros desde 2 años, 4, 7, 15 y hasta 20 años.

En cuanto a la **profundidad promedio de los pozos** de las viviendas (n=55):

- Un 58% dijo poseer un pozo entre 3 y 4 metros de profundidad,
- 27% mencionó que este poseía entre 5 y 6 metros,
- 5% de escasos 1 o 2 metros y otro 5% de los encuestados no conoce el dato.

Los participantes (n=55) opinaron acerca de si tenían algún **inconveniente con el agua**: un 61,8% expresó algún tipo de problemática, y un 38,2% no posee contrariedades de esta índole. De esas personas (61,8%) que expresaron si tener alguna molestia con el agua se tiene:

- Un 38% indicó experimentar mal sabor del agua,
- Un 47% percibió un mal olor,
- Un 41,2% explicó que tiene mal aspecto (sucio y/o con sedimentos),
- Y un 29,4% dijo observar un color extraño.

Otras situaciones que causaron inconformidad en un 54,5%, fueron:

- 80% dijeron que su pozo se seca sobretodo en época seca,
- 45,5% no posee inconvenientes,
- Dos personas indicaron que se llena demasiado desbordándose,
- Y se conoció que se han dado hechos como animales muertos en el pozo.

Manejo del pozo y agua

La visita a los pozos y la aplicación de la encuesta y ficha de inspección permitieron caracterizar el estado de los pozos descrito a continuación (cuadro 8):

Cuadro 8.Características estructurales de los pozos y sistema de abastecimiento n=55.

Poseen:	Si	No	No sabe o N/A
Bomba eléctrica	91%	9%	-
	La mayoría de los encuestados poseen una bomba eléctrica para bombear el agua desde el pozo y llevarla por medio de tuberías al interior de la casa. Un 9% saca el agua del pozo por medio de baldes atados a mecates.		
Tanque aéreo	91%	9%	-
	Contenedor plástico u de otro material montado en bases a una altura de al menos 3 o más metros sobre el nivel del suelo, para almacenar el agua del pozo y que esta baje por gravedad a la casa por medio de las tuberías.		
Tanque aéreo protegido	74,5%	16,4%	9,1%
	El tanque aéreo se considera protegido si tiene tapa ,algún manteado o plástico, o al menos una lata de zinc o malla (figura 15)		
Almacena el agua del pozo en recipientes	38,2%	60%	1,8%
	De este 38.2% se tiene que: Un 7% almacena en baldes con tapa, un 5% en baldes sin tapa, un 25.5% en botella plásticas reutilizadas. Y un 1% en otros tal como estañones.		
Pozo posee tapa o brocal	76,4%	23,6%	-
	Para ese 76,4% el estado de esta tapa es (figura 16): Buena: 43,6% Regular: 23,6% Mala: 12,7%		
El pozo posee un piso de cemento que lo rodea	27,3%	72,7%	-
	En esta pregunta el porcentaje positivo es bajo, realmente la mayoría de los pozos están en los patios traseros o delanteros, construidos directamente en la tierra (figura 16).		
Charcos alrededor pozo	27,3%	72,7%	-
	La mayoría de los encuestados declaró que no se forman acumulaciones de agua alrededor del área de su pozo.		
Letrinas o tanques sépticos a menos de 15 m de distancia	40%	60%	-
	Este dato es muy importante, ya que muchas de las casas están muy próximas las unas de las otras. Y en ciertos casos el tanque séptico de una casa puede estar a 15 m de su propio pozo, más no necesariamente del pozo de su vecino (figura 17).		
Nivel del pozo con respecto al tanque séptico o letrina.	Mismo nivel: 27,3% Letrina más alto: 7,3%	Pozo más alto: 5,5% No sé: 60%	
	La construcción de un pozo debe considerar la pendiente del área de construcción, para que el pozo quede instalado en la zona más alta del terreno y no al contrario.		



Figura 16. Tanque de almacenamiento de agua sin ningún tipo de protección en su parte superior (la bomba y el pozo se observan abajo).



Figura 15. Pozo sin ningún tipo de protección. Sin brocal, sin acera y además es agua es extraída con una cuerda que se contamina cada vez que toca al suelo.



Figura 17. El pozo y la letrina a menos de 10 m de distancia uno del otro, y el nivel de la letrina es más alta que el nivel del pozo.

Cuadro 9. Existencia de actividades cercanas que puedan afectar la calidad del agua del pozo (n=55).

	Si	No	No sabe o N/A
Al pasar la avioneta fumigadora el plaguicida llega a su casa	74,5%	20%	5,5%
El riego aéreo se da como mínimo de 1 a 2 veces por semana y en la mayoría de los casos la distancia entre las plantaciones y las casas no superan los 50m.			
Su casa está en zona de inundación	47,3%	50,9%	1,8%
Sobre todo el Barrio Los Sosa y La Managuita			
Actividad contaminante a menos de 30 m de distancia	56,4 %	43,6%	-
¿Cuáles?	Del 56,4% afirmativo (n=31):		
Actividad agrícola	50,9%	5,5%	-
Principalmente la conocida actividad bananera de la zona (figura 18).			
Acumulación basura	3,6%	50,9%	1,9%
En algunas zonas hay botaderos de materia orgánica derivados de la actividad bananera, principalmente de producto no conforme.			
Actividad ganadera	3,6%	50,9%	1,9%
La misma no es muy común en la zona, solo se da en una parte más alejada del centro de la comunidad.			



Figura 18. Plantaciones de la bananera justo frente al camino y a las casas en calle Beyaco, no hay zonas de amortiguamiento evidentes.

Cuadro 10. Mantenimiento y limpieza del pozo por parte de sus propietarios (n=55).

	Si	No	No sabe o N/A
Limpian el pozo	90,9%	9,1%	-
La mayoría de los encuestados declaran que el pozo es lavado con periodicidad variable:			
Con que frecuencia lo limpia	48% lo limpia una vez al año	32,9 % de dos a tres veces al año	10 % una vez al mes.
Como limpia su pozo	Se reconocieron 3 métodos generales de limpieza:		
	Método 1	Método 2	Método 3
	Sacar agua Lavar paredes Agregar cloro	Sacar agua y barro Lavar con cepillo paredes Agregar cal ¹³ Cloro y Sal	Sacar agua y barro Lavar paredes Agregar cal y Cloro Lavar las tuberías y Volver a sacar agua
De lo anterior se sabe que : 80% de los encuestados sacan el agua y barro, y es el paso básico que la mayoría realiza, lo demás es muy variable.			
Agrega cloro a su pozo	87,3%	10,9%	1,8%
Tipo de cloro que utiliza:		Líquido 74,5%	Pastilla 13%
Cantidad de cloro que añade: Este dato fue muy variable, y las cantidades van desde un chorro calculado, una copa, una bolsa de 200ml o en el caso de cloro en pastilla algunos añaden ½ pastilla y otros ¼ de pastilla.			
Cómo sabe o porque añade esa cantidad de cloro: 47% calculado 22,2% no sé 5,4% recomendado por trabajadores de la finca bananera 7,3% recomendado por MINSA 5,4% le pregunté a los vecinos.			
Con que frecuencia añade cloro a su pozo: 41% cada 12 meses 17% cada 6 meses 17% cada 3 meses 12,3% no conoce la repuesta } 87,3%			
Limpian las tuberías	61,8%	30,9%	7,3%
Como las limpian:		25% cloro 12,7% introduciendo un tubo dentro de las tuberías 24,1 % Potasa (KOH) o diablo rojo (NaOH).	

¹³ Utilizada para ablandar, purificar, eliminar turbiedad y otras impurezas con el fin de mejorar la calidad del agua.

4.2 Fase II. Evaluación de la calidad del agua de consumo

En esta fase se recolectaron muestras de agua provenientes de algunas casas donde se realizó la encuesta (figura 19). Adicionalmente se tomaron tres muestras de agua de lluvia y una muestra de un pozo ubicado en la playa Barra de Matina.



Figura 19. Toma de muestras de agua en las casas seleccionadas aleatoriamente, 4 Millas.

4.2.1 Resultados de las muestras de agua

Se presentan todos los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua (anexo 11 para ver informes originales de laboratorio). La interpretación de los resultados de las muestras se basa en lo que establece el Reglamento para la calidad del agua potable en Costa Rica (anexo 4).

Agua de los pozos

A continuación, se muestran las concentraciones del metal **manganeso** medidas tanto en el primer muestreo (octubre 2012) como en el segundo muestreo (abril, 2013). El manganeso disuelto es el que se encuentra en disolución con el agua, es por ello que para determinarlo se hace pasar el agua por una membrana de poro $0,45\mu\text{m}$, el metal que logra pasar la membrana es el manganeso disuelto, lo que queda retenido es el metal suspendido, y la sumatoria de los anteriores da el manganeso total.

En este caso la diferencia entre en manganeso total y el manganeso soluble es muy poca por lo que se puede inferir que en los pozos muestreados la mayoría del manganeso se encuentra de forma soluble en el agua (cuadro 11). Analizando la distribución de los datos, se encontró que estos siguieron una distribución lognormal.

Esto se ve reflejado en la diferencia entre la mediana y el promedio, y la desviación estándar relativamente alta. Por lo anterior, es recomendable usar la mediana para comparar las concentraciones medidas con las concentraciones recomendadas y permitidas por el Reglamento de calidad de agua potable en Costa Rica.

Cuadro 11. Valores de manganeso total y soluble en el muestreo 1 y 2 respectivamente (Informes de laboratorio LAA 2012-2013).

Análisis	Muestreo 1						
	n	% > LD	Promedio(mg/l)	Desviación estándar	Mediana(mg/l)	Min	Max
Manganeso total (mg/L)	25	80%*	1,23	1,36	0,80	<0,3	6,6
Manganeso soluble (mg/L)	25	80%	1,22	1,36	0,80	<0,3	0,17
Análisis	Muestreo 2						
	n	% > LD	Promedio(mg/l)	Desviación estándar	Mediana(mg/l)	Min	Max
Manganeso total (mg/L)	20	100%	1,31	1,49	0,87	0,22	5,75
Manganeso soluble (mg/L)	20	100%	1,12	1,26	0,73	0,17	5,04

* LOD fue de 3 mg/L; incluyendo solamente los resultados de los 20 pozos con dos muestreos el % > LOD fue un 85%
 LOD (Del inglés *limit of detection*): es la menor concentración del analito en una muestra, la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada bajo las condiciones en las que se lleva a cabo el método.

La media obtenida de las 25 muestras de agua en el **muestreo 1** para manganeso total fue de **0,80 mg/l**, y para el **muestreo 2** para las 20 muestras fue de **0.87 mg/l**. El **valor recomendado** por el Reglamento para la calidad de agua potable es de 0,1mg/L.

Además, según el reglamento mencionado el valor máximo permitido es la cantidad de una sustancia en la que se considera que puede haber un riesgo para la salud (Poder Ejecutivo y MS 2005). En los dos muestreos realizados, **más de la mitad de las muestras presentaron mediciones de manganeso por encima de los valores máximos permitidos por el Ministerio de Salud**, es decir más de 0.5 mg/L (figuras 20 y 21).

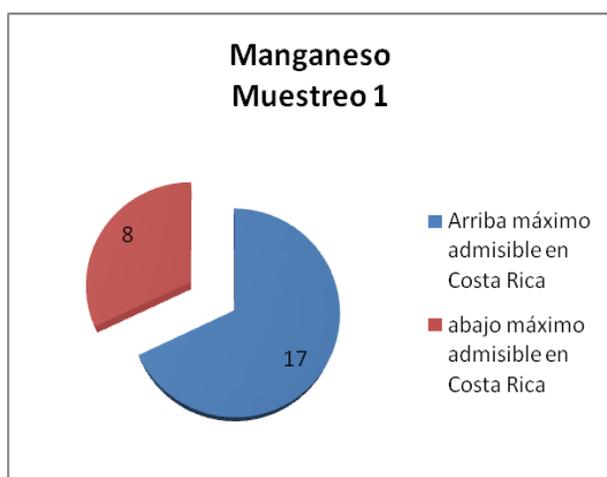


Figura 20. 17 de las 25 muestras por encima de lo máximo permitido.

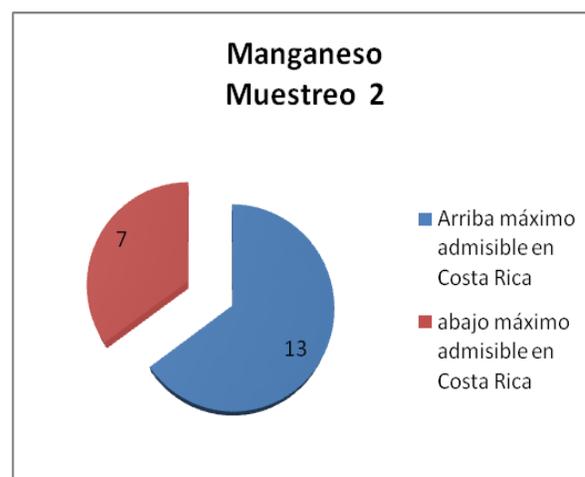


Figura 21. 13 de las 20 muestras por encima de lo máximo permitido.

Se debe recordar que la OMS (2011) menciona que valores de 0,1 mg/l de manganeso en los sistemas de agua pueden ser percibidos por sus consumidores, por razones como olor, sabor, manchas en la ropa o sanitarios.

El valor de referencia basado en **efectos sobre la salud** para el manganeso es cuatro veces mayor (0,4 mg/l), esto hasta el 2011, cuando la OMS interrumpió este valor en su última edición de las Guías para la calidad del agua potable afirmando que: este valor basado en la salud (0,4 mg/l) está muy por encima de las concentraciones de manganeso que normalmente se encuentran en el agua potable, (por lo que) **no** se considera necesario calcular un valor de referencia.

Mas, la evidencia científica contradice la observación anterior al sugerir que el Mn se encuentra en concentraciones > 0,4 mg/l en suministros agua potable en un número considerable de países, para nombrar algunos en América se tiene: México, Honduras, Chile, Estados Unidos entre otros (Frisbie et al. 2012). Adicionalmente, Bouchard et al. (2011) brinda resultados de un estudio epidemiológico que sugiere posibles efectos cognitivos y problemas de conducta en niñas y niños que han consumido agua con concentraciones de manganeso a partir de 0,05 mg/l o mayores. Otros autores han investigado este mismo efecto, véase por ejemplo: (He et al. 1994, Zhang et al. 1995, Woolf et al. 2002, Wasserman et al. 2006, Bouchard et al. 2007 y 2011, Khan et al. 2011 y 2012, Oulhote et al. 2014)

Se analizó también si entre ambos muestreos se dio alguna asociación entre los valores de Mn (cuadro 12). La idea de la correlación es determinar si dos variables se relacionan, es decir, si los valores de una variable tienden a ser más altos o más bajos para valores más altos o más bajos de otra, y así valorar el nivel de concordancia entre los valores (Martínez et al. 2009)

Cuadro 12. Correlación existente entre primera y segunda medición de manganeso.

Variable		Spearman ρ	Prob> ρ
Manganeso total_mg/l (muestreo 1)	Manganeso total_mg/l (muestreo 2)	0,69	0,0006
Manganeso soluble_mg/l (muestreo 1)	Manganeso soluble_mg/l (muestreo 2)	0,60	0,005

Se uso el coeficiente de correlación de Spearman debido a que se recomienda utilizarlo cuando los datos presentan valores extremos, o ante distribuciones no normales (Martínez et al. 2009).

El coeficiente de correlación oscila entre -1 y $+1$, el valor 0 que indica que no existe asociación lineal entre las dos variables en estudio (Martínez et al. 2009). En este caso el valor es cercano a 0,6 lo que muestra una correlación positiva entre moderada y fuerte (valores entre 0,51- 0,75) entre el primer y segundo muestreo, la correlación indica que las concentraciones de manganeso en los pozos son relativamente estables.

Otro aspecto que se analizó fue, la distancia entre las viviendas donde se tomaron muestras de agua y la plantación más cercana. Se observó que parecía existir una tendencia de que a mayor distancia entre estos dos puntos, menor es la concentración de Mn medido. No obstante, después de correlacionar las distancias con las concentraciones encontradas, utilizando la prueba de Spearman, debido a la distribución anormal, se encontró que las distancias entre las viviendas y las fincas bananeras no se correlacionan con las concentraciones de Mn: $r=0,13$, $p=0,56$ (primer muestreo) y $r=-0,05$, $p=0,84$ (segundo muestreo). Lo anterior, posiblemente se debe a que la mayoría de las casas están muy cercanas a la bananera y, además que la cantidad de muestras tomadas fue relativamente pequeña.

Según Ljung et al. (2007), los compuestos orgánicos del Mn se utilizan en algunos fungicidas como el mancozeb y el maneb, por ello este mismo autor expone que la presencia de manganeso en aguas superficiales y subterráneas se debe tanto a situaciones naturales como producto de las actividades humanas.

En Costa Rica no hay informes de aplicaciones de Mn, sin embargo, en la actualidad es frecuente la utilización del fungicida mancozeb (aprox. 20 % Mn en su composición) para el combate de la Sigatoka negra. Dicha cantidad es mayor que la dosis recomendada por Jordine (1960) para corregir deficiencias de Mn, en banano. Si bien se ha informado que las aplicaciones foliares del fungicida mancozeb aumentan la disponibilidad de Mn en suelo para las plantas de banano (Arias 2002), no se conoce cuál es el verdadero impacto de esta práctica en los demás compartimentos ambientales.

Parámetros físico químicos

Se analizaron con el fin de obtener una caracterización de las aguas, y determinar si además del Mn existen otros factores de riesgo (cuadro 13). La interpretación de los resultados de las muestras se basa en lo que establece el Reglamento para la calidad del agua potable en Costa Rica (anexo 4).

Cuadro 13. Parámetros físico-químicos más relevantes que se analizaron los muestreos de las aguas (Resultados de laboratorio LAA, 2012-2013).

Variable	Muestreo 1						Muestreo 2					
	n	Prom	Desv est	Mediana	Min	Max	n	Prom	Desv est	Mediana	Min	Max
pH (25°C)	5	7,0	0,2	6,9	6,8	7,2	5	6,7	0,3	6,6	6,3	7,1
El pH promedio en las aguas fue adecuado, se permite un rango de 6,5 - 8,5 como valor máximo admisible.												
Conductividad_µS/cm	5	532,0	232,5	640,0	260,0	732,0	5	551,2	256,6	401,0	316,0	868,0
Tanto para el primero como el segundo muestreo, 3 de 5 muestras tuvieron una conductividad mayor a lo recomendado, dos de la Managuita y una de la calle principal. El promedio supera lo recomendado de 400 µS/cm , esta es una medida indirecta de la cantidad de sales ó sólidos disueltos que tiene el agua, si esta tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor (Rocha 2011).												
Turbiedad_NTU	5	4,4	8,1	1,0	0,3	18,9	5	2,2	2,5	0,5	0,2	5,0
En el primer muestreo las cinco muestras tuvieron una turbiedad mayor a lo recomendado (<1 NTU), mientras para el segundo muestreo solamente para dos (en la Managuita y el Beyaco) de las cinco muestras fue mayor. La misma puede ser originada por materia orgánica e inorgánica, en el caso de los pozos puede ser consecuencia de las partículas de arcilla o barro de las paredes del mismo, y se puede aumentar en el momento de que se activa la bomba para la extracción del líquido, al remover el agua y los sedimentos, sobre todo si es de alta potencia.												
Alcalinidad_mg CaCO₃/l	5	267,1	134,6	212,8	150,5	450,0	5	266,2	133,9	200,0	154,6	450,0
Dada en este caso como dureza total debido a que normalmente el calcio y el magnesio son los cationes más abundantes en agua. Se encuentra dentro del valor recomendado de 400 mg/l CaCO₃ que establece el reglamento, en ambos muestreos se observaron valores promedio de 267 mg/l CaCO ₃ , solamente una (casa en Manguita) de las 11 muestras tenía un valor arriba del valor recomendado. Y en cuanto al magnesio los valores promedio rondaron los 12mg/l, cuando el valor recomendado es de hasta 30 mg/l.												
Magnesio_mg/l	12	13,3	5,6	11,0	8,0	28,0	15	11,7	4,5	11,0	6,0	25,0
Sodio_mg/l	12	13,3	8,0	11,5	6,0	36,0	15	11,1	0,3	10,0	6,0	20,0
Potasio_mg/l	12	0,6	0,3	0,6	0,3	1,3	15	0,6	0,3	1,7	1,5	20,0
Calcio_mg/l	12	51,9	27,9	43,5	29,0	121,0	15	49,9	16,8	46,0	28,0	88,0
El agua para consumo humano también contiene variables cantidades de sales minerales, principalmente de magnesio, sodio, potasio y calcio. Se obtuvo un promedio de 12mg/l para sodio , solo una de las 31 muestras tenía un valor arriba (36 mg/L Na) del valor recomendado que es 25 mg/L Na en la Managuita. Un promedio de 0,6 mg/l para potasio , donde dos de 31 muestras tenían un valor arriba del valor máximo permitido: 10 mg/L K . Y un promedio de 50 mg/l para el calcio , donde una de las 33 muestras tenía un valor arriba del valor recomendado: 100 mg/L.												
Hierro_mg/l							15	0,0	0,0	0,0	<LOD	0,0
Debido a los altos niveles de manganeso encontrados en las aguas del primer muestreo, se pensó en analizar el metal hierro en el segundo muestreo, esto debido a la relación que tienen estos dos elementos entre sí (McFarland y Dozier, s.f). Sin embargo, contrario a lo esperado los niveles de hierro encontrados en el segundo muestreo tuvieron un promedio de 0,006 mg/l Fe , el valor recomendado es de 0,1mg/l Fe .												

Otros parámetros que se analizaron son: Los valores de **cloruro, sulfato y nitrato** están **muy por debajo del valor recomendado: 25 mg/l**, con valores de 2,6 mg/l 3 mg/l y 2mg/l respectivamente, estas son sustancias inorgánicas causantes de sabor y olor en el agua, cuando se encuentran elevadas.

El **zinc** se analizó y se obtuvo un promedio de 0,3 mg/l en el primer muestreo y en el segundo estuvo cerca del límite de detección (<0,07mg/l) o no se detectó del todo. El valor máximo admisible para el zinc es de 3,0 mg/l según el reglamento.

El **arsénico** se analizó en el segundo muestreo, el reglamento define un **valor máximo admisible de 10 µg/l**, en todas las muestras analizadas fue **menor a 2 µg/l** ó del todo no se detectó.

Coliformes fecales

Se realizó un análisis bacteriológico de **coliformes totales y fecales en 10 de los 25 pozos**. Se encontró que la **totalidad de las 10 muestras presentaron coliformes fecales**, lo que indica contaminación por materia fecal (cuadro 14).

Los coliformes se determinan por medio de la técnica de número más probable (NMP) y por conteo en placa en un medio de cultivo que es específico para el crecimiento de bacterias coliformes. (Rocha 2011).

Cuadro 14. Análisis de laboratorio para las muestras de coliformes (Resultados de laboratorio LMA, 2012).

Numero de muestras de agua	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales <i>E.coli</i> (NMP/100ml)	Interpretación
10 de pozos	>23*	>23*	NMP ≥1,8 en c. fecales: NO se consideran potable ...por tanto:
1 de pozo	> 1600*	> 1600*	
3 agua de lluvia	14*	14*	
	12	1,8	Tota de muestras analizadas son consideradas NO POTABLES
4,5	1,8		
1 del pozo de la playa .	6,8	>1,8	Única muestra considerada POTABLE

* Al ser iguales los resultados, evidencian que del total de coliformes el 100% correspondió a coliformes fecales (*E.coli*).

El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua, por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, en la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes totales se componen predominantemente de *Escherichia coli* es por ello que esta es considerada el índice de contaminación fecal más adecuado, la presencia de este organismo es un indicio de **contaminación fecal reciente**, por lo que tras su detección debería

considerarse la toma de medidas adicionales como búsqueda de las fuentes de contaminación entre otras (OMS 2006).

Los **coliformes en el agua de lluvia** se pueden deber a excretas de animales en los techos de estas casas o debido a la mala manipulación del agua una vez recolectada. También puede ser ocasionada por el uso de tanques de almacenamiento o utensilios inadecuados o sucios, así como el no lavado periódico de los tanques de recolección entre otros.

Según lo evidenciado en las giras de campo la contaminación fecal de las aguas se puede deber a varios factores: muchas letrinas se encuentra a menos de 10 metros de distancia de la fuente de agua, se sabe que existen líneas de corriente en el subsuelo, de esta manera los contaminantes pueden ingresar a las fuentes y cuando se da una inundación los mismos se podrían contaminar. Además, no están protegidos por una acera a su alrededor (un 72% de los encuestados no lo tiene) provocando que el agua que queda estancada alrededor del pozo se pueda infiltrar contaminándolo.

Relacionado al tema de coliformes está la cafeína, sustancia que se analizó en las muestras:

Cafeína

En **4 de las 12** muestras se detectó cafeína, La presencia de cafeína es también un **indicador para la presencia de aguas servidas** (negras) proveniente de tanques sépticos o letrinas lo cual puede indicar que existe una infiltración de estas aguas hacia los pozos (Informes de laboratorio LAREP 2013).

Según Gil et al. (2012), la cafeína, la nicotina, y el metabolito de la nicotina han sido ampliamente detectados en el agua subterránea impactada por aguas residuales.

Plaguicidas

Se analizó también la presencia de **plaguicidas en 12 de los 25 pozos elegidos**. No se procesó el fungicida mancozeb o su metabolito etilenotiourea (ETU) debido a que el LAREP aún no ha desarrollado a cabalidad la técnica para analizar estas sustancias.

No existen límites de plaguicidas en agua para consumo en Centroamérica; y el Reglamento para la calidad de agua potable de nuestro país incluye en su anexo 4 parámetros de calidad para ingredientes activos o residuos de plaguicidas, más no contiene los mismos encontrados por el LAREP en las muestras analizadas. Por este motivo se basó la interpretación de resultados utilizando el **valor de referencia de 0.1 µg/L** que establece la Unión Europea para cualquier plaguicida sin importar su naturaleza, y 0.5 µg/L para el total de plaguicidas (Council Directive 1998). En las muestras del agua de pozo que analizamos encontramos tres tipos de plaguicidas.

Al realizar un mapeo de las 12 muestras donde se analizaron plaguicidas, no se obtiene ningún patrón, posiblemente por tratarse de pocas muestras aleatorias, en cada barrio donde se muestreo hubo muestras con y sin presencia de plaguicidas, no obstante, llama la atención la vivienda c11p ubicada en la Managuita con presencia de etoprofos, epoxiconazol y fenpropimorf; Y la casa c71p en Barrio Acuña con mayor detección tanto de etoprofos como de epoxiconazol (cuadro 15). En el barrio los Sosa las únicas dos casas que se muestrearon presentaron trazas de etoprofos.

Cuadro 15. Plaguicidas identificados en la muestras analizadas (informe de laboratorio LAREP, 2013)

Etoprofos
<p>Se encontró que Cinco de las 12 muestras (42%) contuvieron cantidades detectables de etoprofos.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cuatro muestras presentaron entre 0,01 – 0,05 µg/L: tres en Barrio Los Sosa y una en La Managuita (c11p). -Una de las 12 muestras tenía una cantidad cuantificable 0,1 µg/L: Barrio Acuña (c71p).
<p>Etoprofos es un nematocida e insecticida con alta solubilidad en agua, su clasificación según la OMS es de ‘extremamente peligroso’ por su alta toxicidad inmediata. Según el manual de plaguicidas del IRET-UNA se conocen eventos ambientales en Costa Rica relacionados a este plaguicida algunos ejemplos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Fue detectado en el 2006 en aguas para consumo humano en la cuenca del Sixaola. -Detectado en el pelo de una población de perezosos que habita cerca de cultivos de banano (2005-2007).
Epoxiconazol
<p>Se encontró que: Tres de las 12 muestras (25%) contenían trazas de epoxiconazol.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dos muestras con cantidades detectables entre 0,04 y 0,05 µg/L: viviendas ubicadas en la Managuita (c11p) y en la entrada a Beyaco. -Una muestra tenía una cantidad cuantificable 0,2 µg/L: Barrio Acuña (c71p).
<p>Epoxiconazole es un fungicida de grupo de los conazoles, es aplicado por fumigación aérea en banano es persistente en el suelo y en el agua, con moderado potencial de lixiviación; Su toxicidad inmediata es relativamente baja (clasificación III OMS). Según la Unión Europea citado por (IRET 2014), puede causar posibles efectos carcinógenos, posible riesgo de perjudicar la fertilidad y el embarazo, así como de causar daños al feto.</p>
Fenpropimorf
<p>Se encontró que: Una de las 12 muestras (8%) tenía el fungicida fenpropimorf. Casa ubicada en la Managuita (c11p).</p> <ul style="list-style-type: none"> -El LAREP en este momento no puede cuantificar la concentración exacta de este plaguicida.
<p>Fenpropimorf es un fungicida del grupo químico morfolina, es aplicado por fumigación aérea en banano. Según la OMS (2006) no presenta un peligro agudo y según la Unión Europea citado por (IRET 2014), este puede causar efectos nocivos por ingestión, irritación de la piel, y posible riesgo en el embarazo.</p>

La presencia de estos contaminantes en las aguas de los pozos indica que la actividad agrícola contamina las fuentes de agua de los pobladores. Los habitantes señalaron en los talleres participativos que no están en contra de la bananera al ser esta una fuente de trabajo para muchos en la comunidad, pero eso no hace que estén de acuerdo con muchas de sus prácticas, por ejemplo, el hecho de que la fumigación se dé tan cerca de la comunidad que los techos de las viviendas quedan impregnados del químico, esto se puede deber a las inadecuadas distancias que se tiene entre la plantación y la comunidad, así como las estrechas o inexistentes zonas de amortiguamiento, información que fue verificada durante las giras de campo.

El artículo 70 del reglamento para las actividades de la aviación agrícola describe que: *las aplicaciones aéreas se pueden llevar a cabo solo si entre el campo a tratar y cualquier carretera, vivienda, fuentes de agua, centro de trabajo o población, entre otros, se deje una franja de no aplicación aérea **no menor de 100 metros** para evitar la contaminación a los anteriores por efecto de la deriva del plaguicida.* Además, menciona que: *dicha distancia podrá reducirse de 100 hasta 30 metros **si** se dispone de una zona de amortiguamiento*, las cuales son áreas reforestadas con árboles con una altura mayor al cultivo para servir como barreras para reducir la deriva de las aplicaciones aéreas (Poder Ejecutivo 2003).

Los vecinos también mencionaron las horas inadecuadas en que se han realizado fumigaciones: por ejemplo en la hora de entrada de la escuela, momento en que niños y padres caminan por la calle y el químico los ha cubierto en más de una ocasión debido a la deriva. El art. 71 del reglamento citado menciona: *la obligatoriedad de aviso previo a los vecinos* (Poder Ejecutivo 2003), los pobladores señalaron que esto no sucede el 100% de las ocasiones.

Agua de lluvia

En el segundo muestreo se analizó tres muestras de agua de lluvia como una posible alternativa de consumo. Las mismas, provenientes de tres viviendas donde acostumbran acumularla y utilizarla para distintas labores inclusive consumo.

Llama la atención que el agua de lluvia presentó más frecuentemente plaguicidas que la de los pozos (cuadro 16), la muestra más contaminada por plaguicida fue la de Barrio Acuña (c67) con 5 distintos plaguicidas, seguidamente la muestra de la Managueta (c44) también con cinco tipos de plaguicida y por último la muestra de la Calle Principal (c151) con cuatro plaguicidas.

Cuadro 16. Análisis del agua de lluvia, n=3. (Resultados de laboratorio LAA y LAREP, 2012-2013).

Sustancia	Resultados
Manganeso	<p>Por encima del valor recomendado (0,1mg/L Mn), pero por debajo del valor máximo admisible (0,5 mg/L Mn): Promedio de las muestras 0,22mg/l Mn</p> <p>-Su presencia se puede deber al riego aéreo (mancozeb contiene 20% de Mn en su formula) por el efecto deriva. -Otra parte puede ser ocasionada por la condensación del agua.</p>
Parámetros físico químicos	<p>-Turbiedad (n=3) por encima del recomendado (<1UNT) y una por arriba del valor máximo admisible (5²UNT).</p> <p>-Todos los demás parámetros por debajo del valor máximo recomendado.</p>
Coliformes fecales	<p>NMP>=1,8 en c. fecales: Muestras consideradas no potables.</p> <p>-Excretas de animales. -Mala manipulación. -Uso de tanques de almacenamiento o utensilios inadecuados o sucios etc.</p>
Plaguicidas (valor referencia de 0.1 µg/L)	<p>-Dos (c44, c67) de tres contuvieron el nematicida cadusafos: 0,07 y 0,06 µg/L respectivamente. Casudafo es aplicado manualmente para el control de nematodos y larvas de suelo en banano.</p> <p>-Las tres muestras presentaron concentraciones detectables de clorpirifós, entre 0,01 y 0,04 µg/L, este se utiliza en las bolsas protectoras del banano.</p> <p>-Las tres muestras tenían el insecticida buprofezin, dos (c151, c67) con 0,04 µg/L y una (c44) entre 0,005 y 0,02 µg/L. Control de larvas de hemípteros, coleópteros y ácaros.</p> <p>-Una (c44) presento difenoconazol entre 0,1 y 0,2 µg/L. Uso foliar y para tratamientos de semillas.</p> <p>-Una de las tres contuvo fungicida epoxiconazol: entre 0,04 µg/L y 0,05 µg/L.</p> <p>-Dos (c151, c67) de las tres muestras presentaron clorotalonil: 0,4 µg/L para la primera y 0,05-0,1 µg/L para el segundo. Control de muchas enfermedades fungosas.</p> <p>-Dos (c151, c67) de las tres muestras contenían el fungicida pirimetanil: para la primera entre 0,01 y 0,05-µg/L y para el segundo 0,07 µg/L.</p>

La alta presencia de otros plaguicidas en el agua de lluvia, además de los presentados en los pozos, se podría explicar por la contaminación que pueden tener los techos de las viviendas motivo de la deriva de las sustancias que son aplicadas vía aérea.

Por otro lado, la explicación a porque se detectaron sustancias que son aplicadas vía terrestre ya sea de forma manual o con bomba de espalda o inclusive la presencia de clorpirifos que se utiliza en las bolsas que recubren los racimos, se presume que se da por la condensación de los mismos contaminantes que luego se precipitan con la lluvia, u, otra posibilidad es que los plaguicidas se adhieren al polvo y este posteriormente se deposita en los techos.

Aqua del pozo ubicado en la playa

Se analizó una muestra de un pozo alejado, a unos 3 km de distancia de la comunidad, y por ende de la actividad bananera, en la playa Barra de Matina, (figura 22).

-El manganeso estaba **por encima del valor recomendado** (0,1mg/L Mn) con un valor de **0,34** mg/l Mn. Pero se encontró **por debajo del valor máximo** admisible (0.5 mg/L Mn).

-Coliformes fecales **NMP** <= **1,8** por tanto, la muestra se considera potable desde el punto de vista microbiológico.

-Con respecto a los parámetros físico químicos el único valor por encima de lo recomendado fue la turbiedad con 4.33 UNT, pero menor al máximo admisible de 52UNT.

-No se detectó plaguicidas en esta muestra.



Figura 22. Toma de la muestra del pozo ubicado en la playa Barra de Matina, 2013.

Otras conclusiones de este análisis son:

Manganeso

-Las concentraciones en los **pozos** son altas y muchas veces están por encima de lo máximo permitido. Con base en lo que menciona la literatura científica, estas concentraciones podrían afectar, entre otras cosas, el neurodesarrollo infantil (Wasserman et al. 2006, EPA 2007, Bouchard et al. 2007 y 2011, Saritha et al. 2014)

Coliformes

-Agua NO potable
microbiológicamente.

-Excepto agua de pozo de la playa

Plaguicidas

-La presencia de en una parte de las muestras de agua es preocupante desde la perspectiva ambiental y de salud.

-La presencia de los plaguicidas es un posible indicador de que la actividad bananera contamina el ambiente de 4 Millas, incluyendo el agua.

-Las cantidades de plaguicidas que se detectó en el agua de los pozos son bajas y probablemente no forman un riesgo para la salud humana. Sin embargo, comparando las cantidades encontradas con las directrices de la Comunidad Europea (Council Directive 98/93/EC), estas son relativamente altas y para varias muestras las cantidades sobrepasan el límite de 0.1 ug/L. La Comunidad Europea ha decidido seguir el **principio de precaución** y por lo tanto **el agua debe ser libre de sustancias sintéticas sin considerar su toxicidad.**

4.3 Fase III. Resultados del proceso participativo/ Sistematización.

Mediante la realización de los talleres, con la temática del agua como eje transversal y práctico, se buscó conocer mejor la realidad de 4 Millas y la ubicación de los participantes en ella. Además, fue una forma de empoderamiento, mediante sus líderes comunales, para quienes iba dirigido el taller en primera instancia, pero que no fue exclusivo para los mismos.

La participación en las sesiones de los talleres varió entre los 10 y 25 miembros ($\bar{X}=20$), esto representa un 3,5% de la comunidad.

A continuación, se presenta la sistematización de cada una de las sesiones de estas experiencias grupales.

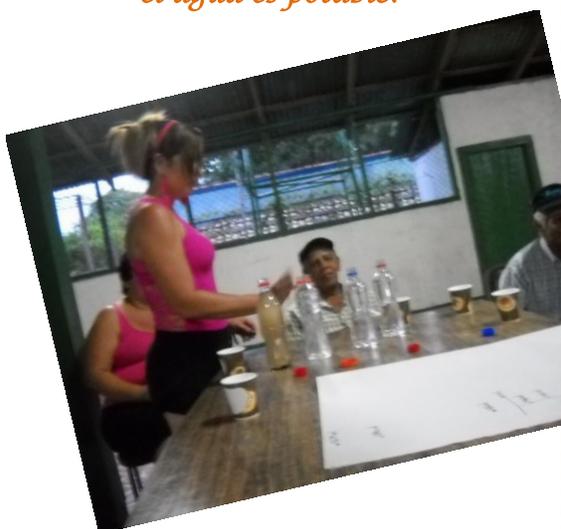
Taller introductorio. Sesión 1

Objetivos

Reunión con la Asociación de Desarrollo de 4 Millas para:

- Explicar el motivo del taller dentro del contexto del Programa ISA y devolución de resultados de muestreos de agua anteriores.
- Introducción de la temática del agua como eje transversal y práctico del curso-taller para líderes comunitarios.
- Reflexionar acerca de la importancia de consumir aguas seguras.

Dinámica: ¿Cómo saber si el agua es potable?



Dinámicas

- Presentación de grupo de trabajo: A través de una actividad lúdica ¿Cómo saber si el agua es potable?, se introduce la temática del agua como eje de trabajo a lo largo de la experiencia.
¿Existen razones para creer que bacterias, químicos u otros contaminantes se encuentren en el agua? Se genera una reflexión entre los participantes acerca de la calidad del agua y como ellos perciben los posibles contaminantes: *“hay cosas en el agua que no vemos y que nos puede afectar la salud”* *“muchas cosas no se ven a corto plazo, los efectos pueden ser después”*.
“Yo tomo agua del cielo (Gilberto) ¡y aquí estoy!, a lo cual los demás respondieron: -¿ Y la avioneta que pasa fumigando? ¡Todo eso queda en el zinc!...”
La discusión permitió introducir el trabajo que pretendíamos realizar en la comunidad: un diagnóstico que incluye algunos aspectos de la calidad y el abastecimiento de agua, y el interés de trabajar de forma participativa.
- Por último, se explicó los resultados anteriores de agua los cuales presentaron ciertas alteraciones y por ello, 4 Millas fue seleccionada para este otro proyecto.

Resultados

- 4 Millas cuenta con una Asociación sólida y conformada, la cual mostró gran interés en el proyecto a ejecutar, sobretodo conociendo los resultados preliminares del muestreo anterior.
- Los participantes comprendieron que existen muchas sustancias que están presentes en el agua que se consume, sin imaginarlo, y que solamente mediante análisis podrían descubrirse.
- La reunión fue un gran acercamiento entre el programa ISA y los líderes con el fin de dar a conocer el proyecto y planificar estrategias de intervención.
- Señalan que al tratarse del tema agua, esto pueda ayudarles con la conformación de la ASADA (personería jurídica)
- La Asociación de Desarrollo está de acuerdo en participar de curso-talleres de Agua y líderes comunitarios.

Logro: Don Hernán (Presidente de la Asociación de desarrollo 4 Millas): *“Nosotros nos sentimos muy felices que ustedes vengan a hacer este proyecto en la comunidad, porque la verdad no sabemos qué es lo que estamos tomando y no tenemos otra opción más que la que tenemos.”*

Taller introductorio: Sesión 2

Objetivos

- Romper el hielo entre miembros de la comunidad-asociación y equipo ISA.
- Reflexionar con los líderes comunitarios sobre la importancia del **trabajo en equipo** y el rol de cada persona como parte de una comunidad.

Dinámicas

- Esta fue una sesión diferente, en el sentido que lo que se buscó fue crear un ambiente de mayor acercamiento y confianza entre los participantes.
- A través de actividades lúdicas, se trabajó con los líderes sobre los temas de participación y trabajo en equipo, orientando la reflexión hacia la importancia que tiene cada persona en el quehacer comunitario.
- Después de las actividades y juegos realizados en donde el éxito para lograr la meta se basaba en su totalidad a la unión de grupo, se generó una reflexión entre los participantes acerca de que *“es importante escuchar con atención a los compañeros y lo que ellos piensan”, “el trabajo en equipo requiere concentración”, “debemos estar unidos, si no hay unión no se puede hacer nada”, “en la comunidad hay que hacer las cosas de corazón...en conjunto”*



Cada vez con menos integrantes en cada uno de los grupos, el equipo debía mantener los globos sin que tocaran el suelo.

Logro

La importancia del trabajo en grupos para tratar temas y problemáticas de la comunidad.

Resultados

La actividad facilitó un acercamiento con los participantes, conocer su opinión acerca del quehacer en comunidad y los problemas que enfrentan como tal.

Los participantes acordaron en asistir a las próximas sesiones.

Taller intermedio: Sesión 3

Objetivos

- Explicar el proceso de encuestas y toma de muestras de agua.
- Identificar las congruencias entre sus conocimientos, prácticas y contexto de la comunidad.
- Que se comprendan el por qué no se pueden analizar todos los pozos de la comunidad (duda del taller anterior).

¿Cómo era la comunidad cuando empezó a vivir allí?

¿Qué ha cambiado?

¿Qué le cambiaría?

¿Fortalezas y debilidades?

Entre otras...



Dinámicas

- Se buscó recrear y conocer la historia de esta comunidad, desde los primeros pobladores.
- La actividad se basó en que los participantes mediante la utilización de recortes de imágenes de periódicos lograran responder a una serie de preguntas acerca de su comunidad.
- Algunas de las impresiones fueron: *“Antes sembrábamos, ya no hay verduras ni frutas aquí, ningún cultivo diferente al banano”, “sería bonito ver árboles frutales, pero igual el riego del avión lo mata todo”, “antes habían muchos animales, ya no solo si va por el lado de la playa que es más lejos”*
- Sobresalieron también otras necesidades: *“Nos gustaría tener servicio de salud por alguna emergencia, además por ser la calle de lastre hay mucha alergia por polvo y afecta la vista también”, “hay muchas diarreas por falta de agua potable”*
- Con respecto al agua *“sólo tenemos pozos lo que nos gustaría es un acueducto, queremos hacer ventas para lograrlo”*
- Como fortalezas se indicó el fútbol, el festival de la escuela, la construcción del dique entre otras.
- Se explicó cómo se va a realizar el muestreo de agua y la aplicación de encuestas, mediante una presentación de fácil comprensión.

Resultados

Se conoció la realidad de la comunidad vista desde la percepción de sus pobladores.

Se dieron a conocer los temas de mayor interés para la comunidad, sobretodo necesidades varias.

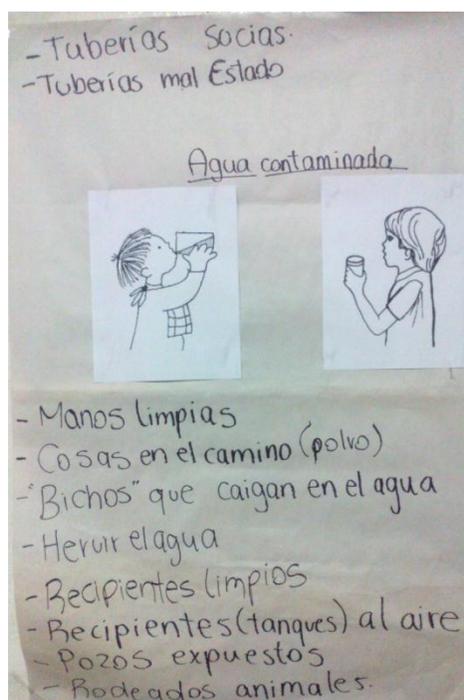
Logro: Información socio ambiental de la comunidad, que no está registrada en otra parte.

Agua como parte de la problemática hace que el proyecto sea de gran interés comunitario.

Taller intermedio: Sesión 4

Objetivos

- Comprender acerca del manejo correcto del agua de consumo para evitar su contaminación.
- Reflexionar en conjunto acerca de la participación y su importancia.



Dinámicas

- Se entregó a los participantes una serie de dibujos con situaciones en torno al agua: en su recolección, transporte y consumo y se analizó como esta se puede contaminar antes de su consumo. Los participantes opinaron acerca de cada situación: "animales alrededor del pozo, polvo y tierra de afuera, tuberías sucias o con fugas, recipientes sucios etc. También se mencionó la avioneta fumigadora.
- Una vez discutido lo anterior se le preguntó si creían que el agua que consumen es potable: Algunos opinaron que "si porque le agregan cloro al pozo y le dan mantenimiento, otros que no por lo anterior y porque no saben que están tomando en realidad".
- Se dan consejos de cómo el agua puede recolectarse, transportarse, almacenarse y ser consumida de manera más segura.
- Se mostró un documental (Zona Cruda, sobre la problemática de mercurio en la Amazonía), que permitió discutir acerca de la importancia de la participación ¿cómo hacer ver a la comunidad la necesidad de la participación para cuidar el agua?



Resultados

- Reflexión acerca de cómo el agua obtenida de un pozo o llave se puede contaminar antes de que sea consumida y cómo esto se puede minimizar.
- Importancia que diferentes actores como la comunidad y las instituciones participen en los temas comunitarios.

Logro:

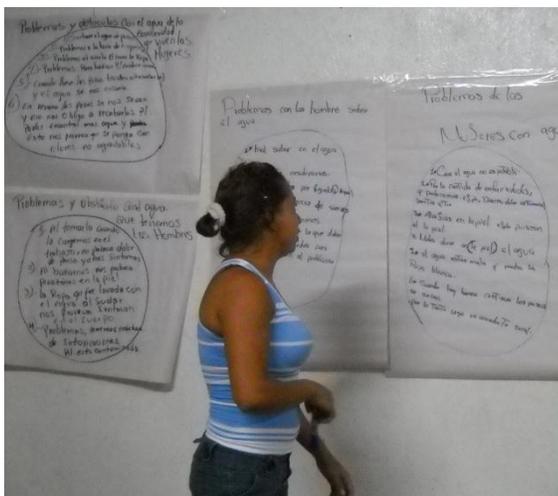
- Los participantes tomaron la iniciativa de proponer estrategias para acercarse al resto de la comunidad, iniciando con la comunicación sobre los problemas de agua y promocionando medidas de higiene para proteger los pozos.

"Se debe hablar de esto en toda la comunidad en las casas, en la escuela, en el culto, debemos divulgar..."

Taller intermedio: Sesión 5

Objetivos

- Conocer si los problemas de agua en la comunidad afectan más a mujeres que a hombres o viceversa.
- Analizar cómo se dan las relaciones entre hombres y mujeres, entre personas de distintas etnias, clases sociales, y vincularlo con el concepto de equidad y planificación del agua.



3. Existen soluciones que atiendan que los problemas de ♀ y ♂ reciban atención?

- Acueducto ①
- Qué es lo que más conviene x pozo para mermar un poco.
- Ayudar a organismos para mejorar los pozos de las otras familias que están con menos recursos. (que tengan alcantarillos en sus pozos)... que limpien con frecuencia
- Plan concientización primero
- ↓
- Iniciar involucrar personeros del MINSA para mejor mientras... AyA acelere más el trámite... con un documento, Estudio de la UNA... Unir fuerzas vivas de la comunidad (organizaciones)

4. ¿Cuál es la importancia de incluir el componente de Género dentro de los proyectos comunitarios?

Dinámicas

Se formaron grupos de mujeres y hombres para realizar la actividad: Dos Círculos, donde en cada uno debían escribir cuáles problemas con el agua afectan a las mujeres y cuáles a los hombres:

- Los grupos expusieron: los problemas diarios que afectan a las mujeres fueron entre otras: *“Ellas deben extraer al agua del pozo, la ropa blanca se mancha con esta agua, al bañarnos nos da comezón, cuando llueve se ensucian los pozos, en verano se secan y huelen muy mal”*. Para los hombres los problemas fueron: *“En el campo tomamos de esta agua y nos da dolor de panza, cuando sudamos con la ropa que fue lavada con esta agua nos irrita la piel”*
- Al final la reflexión hizo caer en conclusiones como: Que a pesar de haber variaciones de cómo el hombre y la mujer se expone y usa el agua de su hogar y trabajo, los problemas en torno a esta no se diferencian *“el agua no va a tener diferencias porque en la comunidad no hay acueducto”, “el agua no escoge un género”*.
- No obstante, saben y creen que existen sectores de la comunidad que se ven más afectados por el tema de inundaciones o pozos muy descuidados y en condiciones sanitarias desfavorables en comparación con otros. Y que deben ser solidarios con estas otras familias.

Resultados

Generar reflexión acerca de la importancia de valorar cómo los problemas en la comunidad pueden afectar de forma diferente a hombres y mujeres, o a sectores dentro de la misma comunidad.

Logro:

Como consecuencia de la actividad realizada se propusieron soluciones para mejorar el problema del agua en la comunidad, haciendo participes a las personas con los pozos en peores condiciones. Acciones como decirles que deben limpiarlos mas seguido, buscar hablar con personeros del MINSA para ver si pueden ayudar, entre otros.

Taller Cierre: Sesión 6



Objetivos

- Realizar una retroalimentación de parte de los participantes hacia los organizadores.
- Identificar necesidades de información sobre la temática de sesiones anteriores.

Dinámicas

- Se realizó la primera evaluación, para lo cual se diseñaron fichas con preguntas para contestar en forma grupal y retroalimentar los aprendizajes y necesidades de información.
- Las preguntas se hicieron en torno a los temas del taller: temas tratados en las sesiones anteriores y sobre aspectos que debíamos mejorar en curso-taller.

Algunos ejemplos de las preguntas se describen a continuación:

¿Cuál cree usted que es el impacto que puede tener una intervención como esta (talleres y tema agua) en la comunidad de 4 Millas?

¿Cree que el agua de su casa puede causarle algún problema de salud? ¿O alguna vez se ha enfermado por causa del agua de 4 Millas?

¿Cuál piensa que fue el motivo por el que estamos aquí?



Resultados

- Refrescar conocimientos, términos, o baches de información. Así como retomar las discusiones y aprendizajes construidos en grupo.
- Aplicar mejoras para próximas actividades similares.

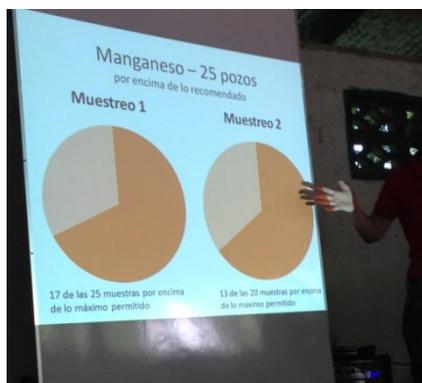
Logro:

- Abarcar los temas que estaban planteados en la metodología del proyecto.
- Se fortalecieron los vínculos con los representantes de asociaciones comunitarias.

Taller Cierre: Sesión 7

Objetivos

- Convocar a toda la comunidad de 4 Millas.
- Realizar la devolución de resultados de la primera toma de muestras de agua.



Dinámica:

- Se expusieron los primeros resultados de muestras de agua obtenidos.
- Se explicó qué contaminantes se encontraron por encima de los niveles que exige la ley en Costa Rica.
- Los participantes hicieron preguntas y se debatió acerca de las posibles opciones para contrarrestar el problema.

Logro:

- La Asistencia a la actividad fue mucho mayor de la esperada.
- Muchas personas más de la comunidad se interesaron en el tema y plantearon su opinión.

Resultados

- Se brindó con éxito los resultados de las muestras de agua analizadas hasta el momento.
- Se compartió opiniones acerca de posibles alternativas para mejorar la calidad de las aguas.
- La mayoría de la comunidad desea que AyA realice estudios para tener un acueducto buena calidad que abastezca la comunidad.

4.3.1 Análisis final del proceso participativo

Actualmente y después de haber realizado un proceso participativo por un período de varios meses, resulta extraño concebir la investigación científica de esta índole sin participación de la comunidad. Tal como lo menciona Lebel (2005) una enorme cantidad de experiencias alrededor del mundo, ha demostrado que no puede haber desarrollo sin la participación de la comunidad. Y justamente ésta, es la principal característica del enfoque participativo.

Como se refleja en cada uno de los talleres anteriormente sistematizados, el intercambio de conocimientos, y el análisis conjunto de los problemas permitió la identificación de soluciones viables. Esto por medio de un trabajo conjunto del equipo y de la comunidad, que hizo que se crearan vínculos de confianza que permitieron cada vez una mejor comunicación, donde se dio un claro respeto por la percepción y el conocimiento popular, lo que al final de cuentas permitió integrar estos saberes que fluyeron en ideas al problema planteado, y que a la postre generan respuestas e intervenciones que están intrínsecamente vinculadas con la salud ambiental.

La experiencia permitió concebir la investigación como tal, desde otro punto de vista: más allá de un proyecto de graduación, fue una manera de relacionarse con otra realidad, desconocida para muchos, se trató de forma comprometida, de analizar, aprender y contribuir a la problemática planteada: el estado actual del agua para consumo humano en la comunidad de 4 Millas. Esta concepción de un proyecto, que busca ir más allá de obtener hallazgos netamente científicos promovió un entorno de trabajo dinámico.

Actividad adicional

Algunos meses después de haber concluido el trabajo de campo y una vez obtenidos todos los resultados por parte de los laboratorios, se preparó un informe y se coordinó con la Asociación de desarrollo para realizar una convocatoria a la comunidad, y así organizar una segunda devolución de resultados. A la misma asistió la mayoría de la comunidad.

Durante la devolución se expusieron los resultados finales, así como la entrega del informe técnico al presidente de la Asociación de Desarrollo Comunal, Don Hernán Mitchell.

Una vez más se discutieron las opciones a corto mediano y largo plazo, viables para este problema, las cuales se exponen y desarrollan más adelante en la propuesta de alternativas, una vez analizadas los interesados concordaron en que desean seguir gestionando ante las autoridades del AyA, la realización de las exploraciones en la comunidad en busca de un lugar seguro para la construcción del pozo y acueducto.

4.4 Fase IV. Resultados para la propuesta de alternativas

Las alternativas planteadas surgen como resultados del análisis total de este trabajo, se consideran aspectos ambientales, sociales y económicos. Así como también se debieron tomar en cuenta los resultados arrojados de los análisis de agua de la comunidad. Y por supuesto surgen de la opinión de la comunidad. Dichas opciones vistas como un proceso, plantean alternativas a corto mediano plazo y alternativas a largo plazo:

4.4.1 Alternativas a largo plazo

Se consideran así porque conllevan un proceso burocrático amplio que impediría que las obras estuviesen en poco menos de dos años. Entre estas se plantearon:

- **Explorar la posibilidad de conectar la comunidad al acueducto de Matina mediante la instalación de las tuberías**

El AyA cuenta en el cantón de Matina con tres acueductos para el abastecimiento de agua potable, en Matina se encuentra el Sistema 2: Luzón-Santa Marta –Matina. La distancia entre la cabecera de cantón: Matina y la comunidad de 4 Millas es de 6 km, unidas por una calle de lastre que es prácticamente una línea recta. Para esta alternativa es necesario un estudio técnico que dictamine la capacidad del acueducto, caudal, presión entre otros.

El equipo de trabajo y la Asociación de Desarrollo plantearon esto como una opción e inclusive mencionaron que ya se tiene un dinero en la Municipalidad que esta designado a obras de la comunidad. Además, la bananera ofreció un *backhoe* para realizar las zanjas por donde las tuberías pasarían.

Otra limitante se basa en las opiniones de vecinos que indican que el agua de Matina posee mal sabor. No obstante, se sabe que el AyA como administrador de este servicio debe cumplir periódicamente con los análisis y con los límites establecidos en el Reglamento para la calidad del Agua potable en Costa Rica.

Como parte del seguimiento a este tema el programa ISA-IRET envió los resultados e informe técnico a las autoridades del AyA tanto a nivel local como central, con lo cual se logró iniciar un proceso con la institución, se coordinó una reunión donde se expuso el tema, el AyA cree que una opción de alto costo.

- **Establecer un acueducto con su respectiva ASADA bajo el apoyo del AyA**

Declaratoria de interés público: *Declárese de interés público la gestión de las Asadas, al ser asociaciones que incrementan el desarrollo sostenible y el bienestar de las comunidades. (Exoneración a las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos Y Alcantarillados Comunales) (Asamblea Legislativa 2009).*

Esta alternativa fue la más apoyada por comunidad de 4 Millas, los mismos habitantes expresaron que esta aspiración se tiene desde hace muchos años. El Presidente de la Asociación Sr. Hernán Mitchell, estableció contacto con personeros del AyA de Matina (sede Bataan) donde planteó la necesidad de la comunidad. El AyA recomendó comenzar por formar la personería jurídica que debe tener una ASADA.

Mitchell comentó en los talleres que la lucha por un acueducto y su respectiva ASADA ya lleva más de diez años. Anteriormente la Asociación de desarrollo contrató un profesional que realizó varias pruebas para determinar un lugar seguro para la perforación, en uno los análisis de agua fueron no aptos. Tiempo después se realizó otra búsqueda, se determinó un lugar apto y se realizó la prevista del pozo, pero finalmente la iniciativa no generó resultados al no contar con los recursos necesarios.

Actualmente, mediante el contacto que realizó el programa ISA se efectuó una reunión con altos mandos del AyA el mes de diciembre del 2014, se planteó el problema y se llegó a acuerdos muy positivos para la comunidad. El proyecto está siendo estudiado para lo cual se lleva todo un proceso, como es conocido.

Los acontecimientos se resumen así:

- El Programa ISA, en apoyo a la solicitud de la Asociación de Desarrollo de 4 Millas, presenta Informe técnico sobre los resultados de los muestreos de agua realizados en los pozos de la comunidad, a la Presidencia ejecutiva de AyA en octubre del 2014. El Sr. Mitchell presentó el informe al Presidente de la República y al Presidenta ejecutiva del AyA, tal como se muestra en la figura 23.



Figura 23. El Señor Hernán Mitchell haciendo entrega del informe técnico al Presidente de la Republica y a la Presidenta Ejecutiva del AyA, 2014.

- El AyA convoca a reunión a la coordinación del Programa ISA tras el conocimiento de los resultados. En el anexo 8 se adjunta la minuta de la reunión realizada y los participantes de la misma.

- Las comunidades de 4 Millas y Goshen son catalogadas, según los funcionarios de AyA, como prioritarias debido a que no hay acueductos y el acceso al agua es a través de pozos artesanales.
- El AyA ha realizado perforaciones, con el objetivo de valorar la posibilidad de usar un pozo para la comunidad. Los resultados, según el AyA indican que el agua no puede ser extraída directamente en 4 Millas, esta se debe de extraer de un punto cercano a la comunidad, lo cual implica hacer los análisis respectivos de factibilidad y viabilidad.
- La comunidad podría entrar en el plan de factibilidad, para el periodo 2016. Pero para ellos primero el AyA debe estudiar la disponibilidad del recurso apto para consumo humano, la búsqueda de un punto adecuado en espacio y vulnerabilidad, realizar el presupuesto, buscar parte del financiamiento, etc.

Además, es importante conocer que los **requisitos** para constituir una **ASADA** con su debido acueducto son (Castro 2015):

- Realizar un catastro de usuarios para saber cuántas casas y la población en general. Deben sumar un mínimo de 15 casas.
- La comunidad debe estar al menos a 2 km de distancia de otra ASADA. Sin embargo, cuando son muy pequeñas y están cerca lo que procede es integrarla al sistema de acueducto más cercano, llámese ASADA o AyA. Por tanto, una comunidad como 4 Millas con más de 190 casas y que no está cerca de ningún sistema de acueducto, es candidata a un acueducto con ASADA
- Los beneficiados deberán de empezar a pagar una cuota mensual por mantenimiento y operación del servicio.

4.4.2 Alternativas a corto plazo

Algunas pueden ser aplicadas de inmediato por miembros de la comunidad, sin embargo, estas alternativas buscan disminuir los efectos del consumo de agua contaminada, pero en su mayoría no garantizan la potabilidad plena del agua que se consume.

- **Aplicación de las técnicas limpias y de saneamiento aprendidas en el taller**

En la recolección, transporte, almacenamiento, manejo y uso del agua para consumo

Todas las muestras de agua fueron positivas por coliformes, desde el inicio se presentaron formas correctas de recolectar, almacenar y transportar el agua, así mediante pequeñas acciones y cambios en la vida diaria se puede mejorar la salud. Algunas de las propuestas a nivel domiciliar fueron:

- Para las viviendas donde la extracción del agua es mediante una cuerda y balde (figura 24), se recomienda, utilizar una cuerda de un material impermeable como plástico o hule la cual pueda ser desinfectada fácilmente, además de tener un ganchito o clavo en una parte alta o estructura a la par del pozo donde enrollar la misma, así como el balde utilizado para extraer agua. De esta manera ambos no caerán en la tierra alrededor del pozo. El balde debe ser de un material lavable (no debe de tratarse de un recipiente que antes ha contenido algún químico o plaguicida) y debe ser desinfectado periódicamente. Esto evitará que el agua del pozo se pueda contaminar por contacto con objetos contaminados cada vez que se extrae agua.



Figura 24. Soga y balde en el suelo expuesto bacterias, heces de animales, químicos entre otros.

- El transporte del agua debe de realizarse en recipientes limpios, y con tapa. Los mismos no deben colocarse en el suelo y conviene que estén protegidos de animales y otra contaminación (figura 25). Lo más ideal sería almacenar el agua en botellas con tapa.



Figura 25. Recipientes de agua almacenada sin tapa y en el piso.

- Métodos de desinfección del agua:

Hervido de agua: Es un método bastante efectivo para pequeñas cantidades de agua. El agua debe llevarse a ebullición de 5 a 10 minutos. Si el agua está turbia, puede filtrarse con ayuda de una tela limpia (OPS 2001).

Desinfección con cloro: El agua para beber se puede desinfectar con cloro doméstico, primeramente filtrando el agua para retirar partículas, segundo añadiendo 2-4 gotas de cloro por cada litro de agua y se debe esperar 30 minutos antes de consumirla (OPS 2001).

- La importancia de los hábitos de higiene: Una buena higiene personal básica y el lavado de manos son importantes para ayudar a prevenir la propagación de enfermedades (CDC 2015). El lavado de mano con agua corriente limpia y jabón debe realizarse: Antes, durante y después de preparar alimentos, antes de comer, después de usar el baño, después de tocar a un animal o sus excrementos (CDC 2015).

Cuidado, mejora y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento actuales (pozos)

Para proteger la superficie **construir un brocal** (tapa de cemento) al pozo, o al menos una tapa plástica u otro material que no permita que entre la contaminación o animales (Vieira 2002). Alrededor del hoyo construir una **acera** para recoger el agua desperdiciada de unos 80 cm de ancho conectada a una canaleta. Con esto se impide el hundimiento del terreno próximo, así como evita que el agua de la superficie, los insectos y los roedores entren al pozo (Vieira 2002).

Respetar las **distancias de seguridad**, mínimo de 15 metros de una letrina y el pozo debe estar a un nivel más alto del suelo que la letrina (OPS 2005).

Realizar tareas de mantenimiento, como la **limpieza y desinfección**: Lo primero que se debe hacer es remover la tierra y el barro en el pozo, esto se puede hacer con bomba o con balde y palas. Después de la limpieza, se debe permitir que el nivel del agua regrese a su posición normal, si el agua sigue muy turbia se debe repetir lo anterior y restregar el recubrimiento interno con blanqueador (hipoclorito de sodio) (OMS, 2005).

El pH debe estar entre 6-8, y la turbiedad no debe ser mayor de 5 NTU (unidades nefelométricas de turbiedad). El valor económico de un turbidímetro portátil ronda los 800 mil colones (anexo 9), es por ello que lo ideal sería que se lograra adquirir uno para toda la comunidad.

La cantidad de cloro requerida depende del volumen de agua en el pozo, se añade aproximadamente 1L de cloro al 0,2% por cada 100 L de agua (OMS 2005).

- **Recolección de agua de lluvia**

Es captada de los techos de las viviendas y conducida por canaletas laterales que dan a un tanque o barril. Para ello los techos deben ser de materiales apropiados, con suficiente área y una adecuada pendiente. Se aconseja dejar correr el agua al momento de iniciar la lluvia por al menos 5 minutos antes de comenzar a recolectar el agua (OPS 2001). Algunas de las **limitantes** que plantea esta opción son:

- No es una fuente regular de agua, debido a la época seca es una **opción provisional** o complementaria muy valiosa.
- Los resultados de los análisis de agua de lluvia revelan que los techos están fuertemente expuestos a la **contaminación con plaguicidas** utilizados en la bananera, por lo tanto, se vuelve una **fuentes de agua no segura para el consumo**. Lo más recomendable sería realizar periódicamente limpieza de los techos con agua y jabón para eliminar la mayor cantidad de residuos de plaguicidas, excremento de animales entre otros, y aguardar al menos de 10 a 15 minutos desde el momento que empieza a llover antes de comenzar la recolección del agua, con la salvedad de que no sea para consumo por lo anteriormente mencionado.

- **Ferrocemento para la protección de los pozos**

El especialista en Ing. Sanitaria Msc. Elías Rosales¹⁴ recomienda realizar modificaciones en la infraestructura presente, tales como, que los pozos sean mejorados mediante un revestimiento con ferrocemento. Esta acción permite la protección de la zona de la capa freática, al revestir el flujo subsuperficial de agua cambia de dirección y rodea el pozo, evitando la entrada de agua posiblemente sucia y contaminada. Como complemento se debe construir un brocal con el objetivo de aumentar la seguridad de las personas, facilitar su uso y aislarlo del ambiente, así como un caño que evite que el agua se acumule en el perímetro cercano.

Se propone lo anterior debido a que algunas familias de 4 Millas utilizan en sus pozos alcantarillas de concreto, el problema de estas es que permiten la infiltración, esto porque “las juntas” donde se unen una con la otra son malas en el sentido de que no calzan bien y quedan hendijas o uniones de unos cuantos centímetros por donde se filtra el agua.

La técnica consiste en colocar una malla de alambre en la circunferencia del pozo y realizar una chorrea de unos 3 cm de mezcla (cemento y arena) en las paredes (figura 26) lo cual las sellará e impedirá la entrada de aguas contaminadas (OPS 1997). También se debe construir un brocal (tapa), una acera y un caño de desagüe. Actualmente los costos de esta opción no sobrepasan los 60 mil colones.

¹⁴ Rosales, E. 2013. Reunión análisis de resultados y alternativas. Zapote, San José, Instituto Tecnológico Nacional (TEC).

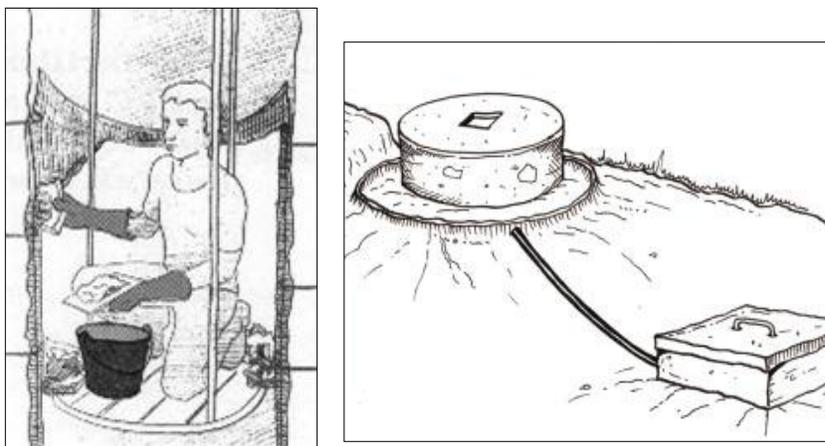


Figura 26. Construcción de un revestimiento de ferrocemento, así como el brocal, acera y caño.

- **Remoción de manganeso y hierro por medio de un sistema de aireación-filtración**

Como fue demostrado en los resultados de laboratorio, el agua de esta comunidad presenta niveles del metal manganeso por encima de lo recomendado nacional e internacionalmente.

Tal y como se explicó en el marco teórico existen alternativas para la remoción de este elemento en el agua, entre ellas: aeración, que este caso por sí sola no lograría disminuir los niveles de Mn presente; oxidación-filtración, en la cual es necesario el uso de químicos oxidantes a los cuales la comunidad no tiene acceso y pasarían a ser un contaminante secundario; **aireación-filtración** (OPS y CEPIS 2005, OMS 2006) que es la más recomendada para este caso particular, El Ing. Rosales lo propone como un método al alcance de la población, por los materiales necesarios, su costo, y la mano de obra, la cual sería brindada por los vecinos.

Se toma como guía por su relativa simplicidad de construcción el prototipo expuesto por la Ing. Hernández (2014) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) (figura 27). Además de ser uno de los pocos que se logró encontrar documentados e ilustrado de manera sencilla, resulta ser un proyecto que posee similitudes con este trabajo de graduación, debido a que es en la zona de Limón, con lo que ya se tiene condiciones ambientales similares y el agua también es extraída de pozos artesanales de poca a mediana profundidad, tal como se observa en 4 Millas.



Figura 27. Sistema de remoción de manganeso y hierro, Monte Rey en Cariari de Pococí–Limón, 2014 (corresponde al prototipo piloto elaborado por Sthefany Hernández del TEC)

Técnica propuesta pasó a paso (Hernández 2014):

1. Pozo protegido: Realizar el revestimiento del pozo con ferrocemento.
2. Aireación: Al airear el agua (oxigenarla) el Mn disuelto en esta se oxida, se vuelve más pesado y precipita (se “convierte” en sólido). Esto se haría llevando el agua a un punto más alto y haciéndola pasar por una tubería con orificios (figura 28).



Figura 28.Dispositivo de aireación dentro del tanque #1.

3. Sedimentación simple: Proceso mediante el cual se separan las partículas suspendidas más pesadas, por acción de la gravedad y sin la ayuda de agentes químicos. Esta sedimentación se daría en el tanque #2.
4. Filtrado:

Filtro rápido de flujo ascendente: Considerado como un prefiltro, está constituido por dos capas de grava y una capa de arena gruesa, se daría en el tanque #3.

Investigaciones efectuadas con este tipo de unidades operando en serie con filtros lentos sugieren que este conjunto puede remover hasta 5,0 mg/l de hierro total, 0,5 mg/l de manganeso, 2,000 coliformes fecales/100 ml de muestra etc (OPS 2005).

Filtro lento de flujo descendente: Consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava, la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El filtro lento de arena funciona muy bien para microorganismos, organofosforados y para hierro y manganeso se pueden dar reducciones desde un 30% hasta un 90% (Galvis 2004). Este filtro se construiría en el tanque #4.

5. Almacenamiento de agua tratada: El último tanque (tanque #5) recibirá las aguas una vez que éstas han pasado por todo el sistema de filtración, en este punto las aguas están listas para ser redistribuidas al sistema de tuberías de la vivienda.

Datos importantes a valorar para este tipo de sistema:

- Se requiere de un pH establecido (7.5 - 9.5) para q no sea necesario agregar químicos (OPS 2005).
- La de oxidación es lenta, esto quiere decir que el agua debe de oxigenarse de 15 hasta 180 minutos (López 2010).
- La velocidad de filtración recomendada para los filtros gruesos ascendentes está entre 0.3 y 0.7 m/h (metros/hora) y para el filtro rápido descendente 12 – 16 m/h. (Pacini et al. 2005).
- Para instalar un sistema como el expuesto se deben estudiar previamente una serie de variantes para establecer los criterios de diseño del prototipo: número de unidades de filtración, tipo de, altura total del filtro, volúmenes de cada material filtrante, grosor de capa, las velocidades de filtración, entre otros (Hernández 2014).
- Dimensionar el sistema: debe de realizarse un estudio por cada familia dependiendo de la demanda de agua, este prototipo fue creado para una familia de 4 miembros (una vez estudiados sus hábitos de consumo) y provee 58,6 litros/día/persona (Hernández 2014).
- Realizar las tareas de mantenimiento y limpieza del sistema (Hernández 2014). Estas desprenderán contaminantes como el Mn en este caso, se debe de estudiar cómo se manejarían los residuos.
- Se buscaría la colaboración del Ministerio de Salud y otras instituciones al ser un tema de saneamiento y salud pública.
- El presupuesto para la instalación total del prototipo ronda el millón de colones, una suma que difícilmente puede ser costeadada por una sola familia de 4 Millas. El anexo 10 presenta el desglose de la inversión (Hernández 2014).
- Si se realizara de manera comunal, igualmente sería necesaria una gran inversión porque el sistema como se vio proporciona una cantidad de agua potable relativamente escasa (4 personas) en comparación con su gran tamaño. Por otra parte se cree que este tipo de sistema podría ser una buena opción para lugares mucho más aislados y de difícil acceso (que realmente no es el caso de esta comunidad). Y donde la población afectada no sea tan numerosa como la de 4

Millas, en la cual sería necesario el establecimiento de muchos de estos prototipos (1 por familia = aproximadamente 190 casas).

- **Distribución de agua potable por medio de camiones cisterna u otro**

Esta alternativa fue considerada una opción para que a corto plazo los vecinos dejen de consumir el agua con valores de manganeso que exceden la norma nacional. La idea fue llevada a la mesa en la reunión con el AyA, no obstante, no fue bien recibida por miembros presentes de este instituto, ya que exponen que los costos de esta operación son sumamente altos y que la logística para este tipo de acción es muy compleja.

1.4.3 Mapeo de actores

El proceso multisectorial y participativo, así como la evidencia generada por la investigación, motivaron a la comunidad y creó un mayor involucramiento en el tema del agua conforme se fueron conociendo los resultados de los análisis.

Las alternativas propuestas para la mejora de la calidad del agua de consumo en 4 Millas requieren del involucramiento e intervención de una serie de actores claves, esto para que la implementación de las alternativas sea una realidad en el mediano o largo plazo (cuadro 17).

Cuadro 17. Actores involucrados para llevar a cabo las alternativas propuestas.

Actor	Función o papel relevante	Alternativas* en las que podría involucrarse	Potencial acompañamiento en cada alternativa.
Sociedad civil			
Asociación de Desarrollo de 4 Millas	Fomentar la cooperación y participación activa de la población en la toma de decisiones relacionadas con el desarrollo económico, social, cultural y ambiental de la comunidad. Búsqueda de aliados en el cantón.	1 tubería 2 acueducto 3 saneamiento 5 ferrocemento 6 filtro	Cooperar en la elaboración y ejecución de las alternativas, mediante organización y apoyo a familias más vulnerables.
Personería jurídica de futura ASADA	Administrar, operar y mantener los sistemas de acueductos y alcantarillados de la comunidad una vez instalado.	1 tubería 2 acueducto 3 saneamiento 6 filtro	Apoyo y colaboración para la ejecución de alternativas, sobretodo asociadas al futuro acueducto.
Comunidad 4 Millas	Participar activamente, involucrarse en grupos y actividades.	todas	La comunidad será eje importante para que los cambios que se desean se logren realizar a corto o largo plazo.
Sector Público			
Universidades Estatales (UNA, UCR, ITCR)	Proporcionar conocimiento académico y científico a diversos programas y proyectos ambientales en comunidades y empresas	3 saneamiento 4 lluvia 6 filtro	Apoyo profesional para guiar las alternativas propuestas mediante educación y acompañamiento.
Ministerio de Salud	Ente gubernamental encargada de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano	3 saneamiento 5 ferrocemento 6 filtro	Velar por la salud de la población y asegurar el cumplimiento de la ley, particularmente el Reglamento para la calidad de agua potable. Apoyo profesional y económico para la instalación de alternativas a corto y mediano plazo.
Acueductos y Alcantarillados	Promover el planeamiento, financiamiento y desarrollo y de resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable (...) -proveer a los habitantes un servicio de agua potable (...) -Determinar la prioridad, conveniencia y viabilidad de los diferentes proyectos (...)	1 tubería 2 acueducto 7 cisterna	Colaborar con la puesta en marcha, acciones, y recomendaciones técnicas para el establecimiento del futuro acueducto u otras de las alternativas asociadas.
Municipalidad de Matina	La jurisprudencia constitucional les ha reconocido a los gobiernos locales competencia y responsabilidades de suministrar el servicio de agua potable, siendo una omisión violatoria al derecho a la salud pública, no dotar de agua potable de manera continua y eficiente a la comunidad.	1 tubería 3 saneamiento 5 ferrocemento 6 filtro	Colaborar con préstamo de equipo y maquinaria de movimiento de tierras, en el caso de instalar tuberías. Con mano de obra y material (cemento, herramientas) para el mejoramiento de los pozos de la comunidad o para la instalación de los posibles filtros.
Sector Privado			
Compañías bananeras	Impulsar el desarrollo económico local. Mediante donaciones, préstamos entre otros por medio de RSE	1 tubería 2 acueducto 5 ferrocemento 6 filtro	Colaboración con el desarrollo de actividades en la ejecución de alternativas. Préstamo de maquinaria, donación de horas mano de obra, donación económica para el acueducto o las otras alternativas.

*Alternativas

1. Conectar la comunidad al acueducto de Matina mediante la instalación de las tuberías
2. Establecer un acueducto con el apoyo del AyA.
3. Aplicación de las técnicas limpias y saneamiento aprendidas en el taller Cuidado, mejora y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento actuales (pozos):
4. Recolección de agua de lluvia.
5. Ferrocemento para la protección de los pozos.
6. Remoción de manganeso y hierro por medio de un sistema de aireación-filtración
7. Distribución de agua potable por medio de camiones cisterna u otro.

CAPÍTULO V Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se concluye que los factores que influyen en la calidad del agua pueden deberse a varios motivos: desde razones naturales y geológicas, tal como la presencia de Mn en el suelo, hasta acciones antropogénicas, entre estas la escasa planificación urbana (ubicación pozo-letrina), una pobre inversión en infraestructura de fuentes, pocas medidas de higiene, así como la contaminación proveniente posiblemente del uso extensivo de plaguicidas en las fincas aledañas.

Las concentraciones de Mn presente en las muestras de agua de lluvia analizadas apuntan a una contaminación debida al uso de plaguicidas en las áreas aledañas.

Las cantidades de manganeso en las muestras de agua provenientes de los pozos son altas y muchas veces están por encima de lo máximo permitido, a raíz de esto se sabe que a largo plazo estas concentraciones podrían afectar el neurodesarrollo de los infantes de la comunidad. Además, el agua de los pozos se encuentra contaminada por coliformes fecales y, en algunos casos, por concentraciones de plaguicidas que son detectables. De acuerdo a estos resultados, y basándonos en el Reglamento Nacional para la Calidad del Agua Potable, se concluye que el agua de los pozos de 4 Millas **no es apta para consumo humano**.

Se pudo comprobar durante el trabajo de campo que las distancias de riego aéreo y las áreas de amortiguamiento que exige la ley a fincas agrícolas entre las plantaciones y la comunidad no se cumple en su totalidad.

La utilización de un enfoque participativo en este proyecto, logro que investigadores y miembros de la comunidad establecieran un lazo más allá del intercambio de conocimientos mutuo. El compromiso de la comunidad y otros actores, que son típicos de la investigación de ecosalud, son esenciales para lograr resultados que empoderaran y transformaran.

Los datos del trabajo de graduación actual pueden reflejar la situación de comunidades que sufren problemas de contaminación similares a los de 4 Millas, y cuyas fuentes de agua son de igual manera pozos artesanales con carencias en su infraestructura y protección.

La situación del agua en 4 Millas no ha sido atendida de forma sistemática por ningún ente público ni privado. La comunidad está compuesta por una base de trabajadores que laboran para la empresa bananera y dependen de esta actividad para mantener a sus familias, situación que en ocasiones puede de algún modo obstaculizar la exigencia de sus derechos como trabajadores y como habitantes de la comunidad.

Resulta importante que la comunidad no pierda de vista que la aceptación y puesta en marcha de un proyecto grande que implique la creación de infraestructura traerá nuevas responsabilidades sobre todo de tipo económico. Lo cual desde el punto de vista de la salud es una inversión muy baja comparado con el beneficio que traerá a todos los vecinos. En otras palabras se obtendrá salud en forma del líquido vital del que tanto dependemos los seres vivos.

Recomendaciones

Dar seguimiento no perder el valioso avance que, como producto de este trabajo de investigación, se ha obtenido en conjunto con la comunidad- el proyecto ISA – y el AyA, para que el proyecto se lleve a cabo en el mediano a largo plazo. El AyA conoce la situación actual y se han comprometido con el seguimiento de las acciones. El proyecto es inclusive del conocimiento de la Presidencia de la República, quien respalda dicha iniciativa.

En cuanto alguna de las alternativas se traduce en realidad, es importante que las demás instituciones involucradas presten colaboración para aumentar, dentro de lo posible, la calidad del agua que se consume en la comunidad actualmente. Por medio de charlas, capacitaciones, materiales, maquinaria, en fin, un acompañamiento real mientras las opciones sostenibles sean establecidas.

Que como acciones inmediatas los pobladores sigan y lleven a cabo en sus hogares las alternativas a corto plazo planteadas en este trabajo, tales como clorar y hervir el agua. Así como que inicien en la medida de lo posible con el mejoramiento de la infraestructura de sus pozos.

Para conocer más detalles acerca de cómo el manganeso en agua afecta a las personas a largo plazo es necesaria la realización de más estudios epidemiológicos en estas poblaciones. Actualmente se sabe que el cabello es un buen biomarcador para cuantificar manganeso, y que el manganeso en agua se relaciona con el obtenido en pelo. Lo que indica que el agua si es una ruta de exposición al manganeso.

Los métodos de remoción de manganeso por aireación, oxidación, sedimentación y filtración, pueden ser factibles para implementar y operar según la necesidad que se tenga. Para la implementación de este tipo de mecanismos es necesaria la realización de ensayos a nivel de laboratorio y a nivel de planta piloto, solo realmente así se hará una selección adecuada de los procesos de tratamiento y la construcción de obras de ingeniería sanitaria que cumplan con los objetivos de remover los contaminantes. En este trabajo no se contempló la realización de ningún proyecto piloto, más si se hace una recomendación del método, y se insta a los entes públicos encargados a poner en práctica este tipo de mecanismos en las comunidades.

Es recomendable investigar más acerca de las experiencias rurales positivas que han tenido otras comunidades tanto dentro como fuera del país, con los diferentes métodos de remoción de los metales mencionados en este trabajo (oxidación-filtración). Conocer la sostenibilidad que han tenido y si el mantenimiento básico que se da logra el objetivo de remoción a través del tiempo.

Bibliografía

Adams, J; Bartram, J; Chartier, Y; Sims, J. 2010. Normas sobre agua, saneamiento e higiene para escuelas en contextos de escasos recursos. UNICEF, OMS, OPS. 52p.

Aguilar, A; Jiménez, M; Cruz, A. 2001. Manual de regulación jurídica para la gestión del recurso hídrico en Costa Rica. San José, CR, CEDARENA. 116 p.

Aguilar, G. Iza, A. 2009. Gobernanza del agua en Mesoamérica: Dimensión Ambiental. UICN. Suiza. 277p.

Alfaro, J. 2008. Conflictos, gestión del agua y cambio climático: Soluciones prácticas. Instituto de promoción para la gestión del agua. Lima. 124 p.

Annie Carrière, A. Brouillon, M. Sauve, E. Bouchard, M. Barbeau, B. 2011. Performance point-Of-Use Devices To Remove Manganese From Drinking Water. Journal of Environmental Science And Health Part A (2011) Taylor & Francis Group.

Ambrose, K. 2009. Cuaderno de Mapeo de Alcances: una guía para su facilitación. CLAMA. 89 p.

APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. Eds. L. Clesceri; A. Greenberg; A. Eaton. United Book Press. Baltimore, Maryland, USA. 441 p.

Arias, F. 2002. El Manganeso (Mn) en la nutrición del cultivo de banano (*Musa AAA*). CORBANA S.A. Guápiles, CR. 28(55): 83-96.

Asamblea Nacional Constituyente, CR. 1949. Constitución Política de la República de Costa Rica. San José, CR. 33 p.

Asamblea Legislativa. 1953. Ley General de Agua Potable. 173 p.

Asamblea Legislativa. 1992. Ley de Conservación de la Vida Silvestre. Gaceta N° 235. 52 p.

Asamblea Legislativa. 1995. Ley Orgánica del Ambiente. 35 p.

Asamblea Legislativa. 1998. Ley de Biodiversidad. 78p.

Asamblea Legislativa. 1998. Uso, Manejo y Conservación del Suelo. 16 p.

Asamblea Legislativa. 2009. Exoneración a las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos Y Alcantarillados Comunes (ASADAS). Gaceta N° 212. 7 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US). 2012. ToxGuide™ for Manganese Mn CAS# 7439-96-5. Atlanta. p.1-2.

AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, CR).1961. Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos Y Alcantarillados. 9p.

Barraza, D. 2009. Plaguicidas y Niños: Exposición y Percepción. Tesis Mag. Sc. Heredia, CR, UNA. 75p.

Barraza, D; Jansen, K; van Wendel de Joode, B; Wesseling, C. 2011. Pesticide use in banana and plantain production and risk perception among local actors in Talamanca, Costa Rica. Environ Res.111 (5):708-17

Bellido, A. 2004. Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales. PE. COSUDE- CEPIS/OPS. 37 p.

Bouchard, M; Laforest, F; Vandelac, L; Bellinger, D; Mergler, D. 2007. Hair manganese and hyperactive behaviors: pilot study of school-age children exposed through tap water. Environmental Health Perspect. 115(1):122-127.

Bouchard, M; Sauvé, S; Barbeau, B; Legrand, M; Brodeur, M; Bouffard, T; Limoges, E; Bellinger, D; Mergler, E. 2011. Intellectual Impairment in School-Age Children Exposed to Manganese from Drinking Water. Environmental Health Perspectives. 119 (1): 138-143

Bravo, V; de la Cruz, E; Herrera, G; Ramírez, F. (2013). Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas como herramienta para el monitoreo de peligros en salud. UNICIENCIA. 2013; 27(1):351-76.

Burbano, L.Sánchez, L.2005. Remoción de hierro y manganeso por oxidación – Filtración para agua potable. Cinara, Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico de la Universidad del Valle. A

Campos, I. 2003. Saneamiento Ambiental. EUNED. San José, CR. 248pp

Castro, S. 2015. Requisitos para una ASADA (correo electrónico). Heredia, CR

CDC (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades). 2015. Higiene personal y lavado de manos después de un desastre o emergencia (en línea) Consultado el 14 feb 2015. Disponible en <http://emergency.cdc.gov/es/disasters/floods/sanitation.asp>

Chávez, G. 2002. Organización institucional para la gestión del agua en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).22 p.

Charron, D. 2014. La Investigación de Ecosalud en la Práctica: Aplicaciones innovadoras de un enfoque ecosistémico para la salud. Madrid, ES. International Development Research Center. 392 p.

CICEANA (Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, MX). 2014. Tecnologías limpias (en línea) Consultado el 20 may 2014. Disponible en (<http://www.scribd.com/doc/211627754/Tecnologias-ambientales#scribd>)

Clínica de Matina. Fichas del ATAP de 4 Millas. 2006-2010-2011-2012.

Council Directive 98/83/EC. 1998. Official Journal of the European Communities. Quality of water intended for human consumption. 23p.

Conant, J. 2005. Agua para vivir: Cómo proteger el agua comunitaria. Fundación Hesperian. PNUD. California. 52p.

Conant, J; Fadem, P. 2008. Guía comunitaria para la salud ambiental. Hesperian Foundation. Berkeley,US. 551p.

Córdoba, L. 2013. Mapas cantón de Matina, CR. Programa ISA-IRET. Universidad Nacional.

DGM (Dirección de Geología y Minas) s.f. Mapa Geológico de Costa Rica, CR.

Dobles, R. 2008. Política Hídrica Nacional y la Gestión del Agua como Recurso y como Servicio. Ministro de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. CR. 179 p.

EPA (Environmental Protection Agency, US). 2004. Drinking Water Health Advisory for Manganese. Health and Ecological Criteria Division. Office of Water. Washington. 49 p.

EPA (Environmental Protection Agency, US). 2006. Conductivity: what is conductivity and why is important? (En línea). Consultado el 26 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.epa.gov/volunteer/stream/vms59.html>

EPA (Environmental Protection Agency, US). 2007. Manganese: Toxicity and Exposure Assessment for Children's Health. TEACH Chemical Summary. 14 p.

EPA (Environmental Protection Agency, US). 2011. Private Drinking Water Wells (En línea). Consultado el 18 de nov de 2012. Disponible en: <http://water.epa.gov/drink/info/well/>

EPA (Environmental Protection Agency, US). 2012. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. 20 p.

EPA (Environmental Protection Agency, US). 2013. Secondary Drinking Water Regulations: Guidance for Nuisance Chemicals (En línea). Consultado el 10 de abril de 2014. Disponible en: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/secondarystandards.cfm>

Espinoza, A; Morera, A; Mora, D; Torres, R. 2004. Calidad del agua potable en Costa Rica: Situación actual y perspectivas. CR. Organización Panamericana de la Salud; Ministerio de Salud José. 40 p.

FAO (Food And Agriculture Organization). Tentative Specifications For Plant Protection Products Mancozeb Complex Of Zinc And Maneb Containing 20% Mn And 2.5% Zn Rome. 1980. p7.

Frisbie, SH; Mitchell, EJ; Dustin, H; Maynard, DM; Sarkar, B. 2012. World Health Organization discontinues its drinking-water guideline for manganese. *Environmental health perspectives*, 120(6): 775-778.

Galvis, A. 2004. La filtración en múltiples etapas en el tratamiento del agua para consumo humano. Lima. 21 p.

García, JE. 1997. Introducción a los plaguicidas. San José, CR, EUNED. 476 p.

Garita, P. 2005. Análisis del riesgo de contaminación de diez nacientes utilizadas por la empresa de servicios públicos de Heredia para el abastecimiento de agua potable. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 120p.

Geissen, V; Ramos, F.Q; de Bastidas-Bastidas, P; Díaz, G; Bello,R; Huerta, E; Ruiz, L. 2010. Soil and Water Pollution in a Banana Production Region in Tropical Mexico. *Springerlink*. 85(4):407-413

Gil, M; Soto, A; Usma, J; Gutierrez; O. 2012. Contaminantes emergentes en aguas: efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*. 7(2). 52p.

Guerrero, E; de keiser, O; Córdoba,R. 2006.La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos: un análisis de estudios de caso en América Latina. UICN, Quito, Ecuador. 78 p.

He, P; Liu, DH; Zhang, GQ. 1994. Effects of high-level manganese sewage irrigation on children's neurobehavior (in Chinese). *Europe PubMed Central* 28(4):216–218.

Hernández, S. 2014. Mejoramiento de la calidad de agua para uso y consumo humano a nivel domiciliario mediante la remoción de hierro en la comunidad Monte Rey ubicada en Cariari de Pococí. Tesis licenciatura. Cartago, CR, TEC. 155 p.

Hernández, C. 2011. Caracterización de sistemas de agua y evaluación por posible contaminación con plaguicidas en aguas para consumos humano, Matina, Limón: en

una muestra de mujeres que forman parte del Programa Infantes y Salud Ambiental (ISA). Universidad Nacional, CR. 86 p.

Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. 2006. Metodología de la investigación. 4 ed. México , McGraw - Hill Interamericana. 850 p.

Homoncik, SC; MacDonald, AM; Heal, KV; Dochartaigh,B; Ngwenya, BT. 2010. Manganese concentrations in Scottish groundwater. Reino Unido. Science of the Total Environment 408(12):2467–2473.

Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (IRET-UNA). 2014. Manual de Plaguicidas de Centroamérica (en línea). Consultado 14 jun. 2015. Disponible en <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).2012. X censo de población y VI de vivienda: Resultados Generales. 2011. San José, Costa Rica. 65p.

Jordine, C. 1960. Preliminary observations on a manganese deficiency of lacatan bananas. In Annual Report 1960. Banana Board Jamaica. Kingston. JM. p.13-15.

Khan, K; Factor-Litvak, P; Wasserman, G; Liu, X; Ahmed, E; Parvez, F; Graziano, J. 2011. Manganese exposure from drinking water and children's classroom behavior in Bangladesh. Environmental health perspectives, 119(10): 1501.

Khan, K; Wasserman, G; Liu, X; Ahmed, E; Parvez, F; Slavkovich, V; Levy, D; Mey, J; van Geen, A; Graziano, J; Litvak, PF . 2012. Manganese exposure from drinking water and children's academic achievement. NeuroToxicology. 33(1): 91-97

Lampoglia, T; Agüero, R; Barrios, C; 2008. Orientaciones sobre Agua y Saneamiento para Zonas Rurales. Asociación Servicios Educativos Rurales. OMS- OPS - CEPIS. 55p.

Lebel, J. 2005. Salud: Un enfoque ecosistémico. Centro internacional de investigaciones para el desarrollo. Ottawa, CA. Alfaomega. 89 p.

Lenth, R. V. Java Applets for Power and Sample Size [Computer software] (en línea) Consultado: 27 de set. 2012. Disponible en <http://www.stat.uiowa.edu/~rlenth/Power>.

Ljung, K; Vahter, M; Berglund, M. Manganese in drinking water. 2007. The institute of environmental medicine. Karolinska Institutet. Stockholm, SE. 61 p.

López, K. 2010. Determinación de tiempos óptimos de remoción de hierro y manganeso por aireación tipo cascada. Tesis Mag. Sc. San Carlos, GT, USCG. 97 p.

Martínez, R; Tuya, L; Martínez, M; Pérez, A; Cánovas, A. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman (en línea). Consultado el: 06 jun. 2015

Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-X2009000200017&lng=es.

McFarland, M ; Dozier, M. s.f. Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso (en línea). Texas, Instituto de Recursos de Agua de Texas. Consultado 22 abr. 2013. Disponible en <http://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5451sironandman.pdf>

Melgar, C; Geissen, V; Cram, S; Sokolov, M; Bastidas, P; Ruiz-Suárez, L.E; Ramos, F.J; Jarquín-Sánchez, A. 2008. Pollutants in drainage channels following long-term application of mancozeb to Banana Plantations in southeastern Mexico. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 171: 597-604

Mertens, F; Saint-Charles, J; Mergle, D; Passos, CJ; Lucotte, M. 2005. Network approach for analyzing and promoting equity in participatory ecohealth research. *EcoHealth*. 2:113-126.

MS (Ministerio de Salud, CR); Asamblea Legislativa de Costa Rica. 1973. Ley General de Salud. Gaceta N° 222. 1122 p.

MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR); IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2004. Manual Técnico del Departamento de Aguas (Reglamento). La Gaceta no.98 N.98.24p

MIVAH (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, CR). 2005. Informe Sobre la Actualización de los Asentamientos en Precario y en Tugurio del Gran Área Metropolitana (en línea). San José. Consultado 15 ene. 2015. Disponible en http://www.mivah.go.cr/Documentos/precarios/Precario_Tugurio_GAM_Febrero_2005/Asentamientos_en_Precario_y_Tugurio_GAM_Febrero_2005.pdf

MOPT (Ministerio de obras públicas y transportes, CR). Sistema de información de caminos (en línea). Red vial Nacional, Provincia de Limón. 2007. Consultado el: 06 de jun 2013. Disponible en: www.mopt.go.cr/mapa/redvial/limon.pdf.

Molinero, J; Ortuño, F; Valverde, M. 2007. Las aguas subterráneas de España ante las directivas Europeas: perspectivas y retos. Instituto geológico de España. 5ta edición. Madrid. 262 p.

Mora, D; Portugués, C. 2003. Situación de cobertura y calidad del agua para consumo humano en Costa Rica al año 2002. Instituto Costarricense de Acueductos Y Alcantarillados. Laboratorio Nacional De Aguas. 27 p.

Mora, D; Portugués, C. 2005. Evolución de cobertura y calidad del agua para consumo humano en Costa Rica al año 2005. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Laboratorio Nacional De Aguas. 33 p.

Mora, J. 2014. El Derecho Humano al Agua y al Saneamiento en Costa Rica. Visitado el 10 de mayo del 2015. Disponible en: <http://es.slideshare.net/JorgeMoraPortuguez/e-derecho-humano-al-agua-y-al-saneamiento-en-costa-rica>

Municipalidad de Matina. 2009. Plan de Desarrollo Humano Local 2010-2020, Cantón de Matina. CR. 50 p.

Oulhote, Y; Mergler, D; Barbeau, B; Bellinger, DC; Bouffard, T; Brodeur, ME; Saint-Amour, D; Legrand, M; Sauvé, S; Bouchard, MF. 2014. Neurobehavioral function in school-age children exposed to manganese in drinking water. *Environmental Health Perspect* 122:1343–1350.

OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 1996. *Guidelines for Drinking-Water Quality. Second edition. Volume 2: Health Criteria and Other Supporting Information.* Geneva.

OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2005. Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud. Limpieza y desinfección de pozos artesianos. 4 p.

OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2006. Guías para la calidad del agua potable: Hojas de información sobre sustancias químicas. 3ed. p. 315-316

OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2011. Manganese in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 21 p.

OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2012. Agua, saneamiento y salud: Progresos sobre el agua potable y saneamiento (Informe 2012 OMS/UNICEF) (en línea). Ginebra, CH. Consultado 2 dic. 2012. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2012/fast_facts/es/

OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2014. Household water treatment and safe storage (en línea). Consultado 05 dic. 2014. Disponible en: http://www.who.int/household_water/en/

OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2015. Determinantes sociales de la Salud (en línea). Consultado el: 15 jun 2015. Disponible en: http://www.who.int/social_determinants/es/

ONU (Organización de las Naciones Unidas, NY). 2010. Resolución 64/292: el derecho humano al agua y el saneamiento, aprobada por la asamblea general el 28 de julio de 2010 (en línea). Nueva York. Consultado 15 ene. 2013. Disponible en http://www.watertariff-for-vulnerable.org/documents/resolution64292_SP.pdf

OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1997. Guía latinoamericana de tecnologías alternativas en agua y saneamiento. Programa de salud y ambiente. Colombia. 43 p.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2001. Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico. 3ª edición. Colombia. 152 p.

OPS (Organización Panamericana de la Salud); Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). 2005. Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero, Lima. 59p.

Pacini, A; Ingallinella, A; Sanguinetti, G. 2005. Remoción Biológica de Hierro y Manganeseo, una tecnología apropiada. Santa Fe, Argentina. 18 p.

Padilla, P. 2010. Diseño y construcción de una planta doméstica de remoción de hierro por el método de oxidación filtración de aguas de pozos subterráneos. Tesis Lic. Ing. químico. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo.

Pardo, C. 2012. Selección de tecnologías limpias. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Consultado el: 06 may. 2015. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358029/ContenidoLinea/leccin_2_definicion_y_conceptos_de_tecnologas_limpias.html

PEN (Programa Estado de la Nación, CR). 2014. Equidad e integración social (en línea). San José, CR. Consultado 15 jun. 2015. Disponible en <http://www.estadonacion.or.cr/20/assets/cap-2-estado-nacion-20-2014-baja.pdf>

Pernick, R; Wilder, C. 2008. La revolución limpia: Invertir en tecnología y crecer en el futuro inmediato. Ediciones Gestión 2000. Barcelona, ES. 14-15 p.

Pinnock, M. 2010. Evaluación de la exposición a plaguicidas en una población de perezosos (*Bradypus variegatus* y *Choloepus hoffmanni*: Xenarthra) en un paisaje agrícola y un centro de rescate del Caribe de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. San José, CR, UNED. 81 p.

Plan De Desarrollo Humano Local Del Cantón De Matina 2010-2020. Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Municipales para la Planificación del Desarrollo Humano Local en Costa Rica. 2009. Realizado con la colaboración de: Comunidades, Equipo de Gestión Local del Plan de Desarrollo Humano Cantonal de Matina, Municipalidad de Matina.

Poder Ejecutivo de Costa Rica. 2003. Reglamento para las actividades de la Aviación Agrícola. N° Gaceta: 241. 21 p.

Poder Ejecutivo; MS (Ministerio de Salud, CR). 2005. Reglamento para calidad de agua potable: Decreto Ejecutivo N° 32327-S. La Gaceta N° 84. 16 p.

Poder Ejecutivo; Presidencia de la República; MS (Ministerio de Salud, CR); MINAE (Ministerio de ambiente y energía, CR). 2005. Reglamento de las asociaciones

administradoras de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales: Decreto 32529-S-MINAE. La Gaceta N°150. 10 p.

SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, AR). 2012. Programa Federal de Producción más Limpia. Consultado el 06 may. 2015. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Ppnud08/file/H%C3%A9ctor%20Jurisci%20y%20Fabio%20Pennela.pdf>.

Ramírez, F. 2011. Importación de Plaguicidas en Costa Rica: Periodo 2007-2009. Área de Diagnóstico. IRET-UNA. Heredia, CR. 27 p.

Ramos, R; Sepúlveda, R; Villalobos, F. 2002. El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis. Universidad Autónoma de Baja California. 210 p.

Rocha, E. 2011. Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas: Parámetros y características de las aguas naturales (en línea). Consultado el 06 jun. 15. Disponible en <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>

Ruepert,C; Fallas,J; Castillo,L; Bravo,V. 2005. Vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por plaguicidas en Costa Rica. Heredia, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS) y Escuela de Ciencias Ambientales (EDECA). 57 p.

Saritha, K; Celia, D; Shahryar, H; Nikolaya, F. 2014. Brain deposition and neurotoxicity of manganese in adult mice exposed via the drinking water. Europe PubMed Central. 88(1):1.

Sommerrfeld, E.1999. Iron and Manganese Removal Handbook. *American Water Works Association*.

UNIFEC y OMS. 2007. La meta de los ODM relativa al agua potable y el saneamiento: el reto del decenio para zonas urbanas y rurales. Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento.

Van Leewen, CJ; Hermes, JL. 1995. Risk Assessment of Chemicals: An Introduction. Holanda. Kluwer Academic Publisher. 673 p.

Vieira, M. 2002. Protección y captación de pequeñas fuentes de agua: Construcción de pozos artesanales superficiales. San Salvador. 1-11 p.

Waltner-Toews, D; Kay, J. 2005. The evolution of an ecosystem approach: The diamond schematic and an adaptive methodology for ecosystem sustainability and health. *Ecology and Society* 10 (1): 38.

Wasserman, G; Liu, X; Parvez, F; Ahsan, H; Levy, D; Litvak, P. 2006. Water manganese exposure and children's intellectual function in Araihasar, Bangladesh. *Environmental Health Perspect.* 114(1):124–129.

Webb, JC; Mergler, D; Parkes, MW; Saint-Charles, J; Spiegel, J; Waltner-Toews, D; Yassi, A; Woollard, RF. 2010. Tools for thoughtful action: the role of ecosystem approaches to health in enhancing public health. *Can J Public Health.* 101(6):439-41.

Woolf, A; Wright, R; Amarasiriwardena, C; Bellinger, D. 2002. A child with chronic manganese exposure from drinking water. *Environmental Health Perspectives*, 110(6), 613–616.

Zhang, G; Liu, D; He, P.1995. Effects of manganese on learning abilities in school children (in Chinese). *Europe PubMed Central* 29(3):156–158.

Apéndices

Apéndice 1. Tabla de operacionalización de variables.

Objetivos específicos	Variables	Operacionalización
<ul style="list-style-type: none"> Realizar una caracterización socio-ambiental del entorno, así como, un diagnóstico del uso y manejo del agua en la comunidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Variables demográficas Servicios básico Problemas ambientales. Uso del suelo. Uso del agua en las casas. (beber, cocinar, lavar) Fuentes o focos de contaminación Calidad general de las aguas. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuentes de información primaria y secundaria Encuestas
<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la calidad del agua proveniente de fuentes usadas para consumo humano y los posibles factores que influyen sobre su calidad 	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros físico-químicos y microbiológicos a medir. Niveles de manganeso en agua Cantidad y estado de las fuentes y suministros de agua. (pozos) Infraestructura, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Encuestas Muestreos y análisis de aguas en el laboratorio. Resultados de los muestreos.
<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar talleres participativos, sobre la temática del agua como eje transversal y práctico. Donde se trate el uso, manejo y las posibles alternativas de mejoramiento 	<ul style="list-style-type: none"> Calidad del agua para consumo. Viabilidad y Valoración de alternativas (humana, económica) Participación y gestión del conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Talleres Reuniones Mesa redonda Entrevistas abiertas
<ul style="list-style-type: none"> Elaborar una propuesta donde se planteen las alternativas seleccionadas por y para la comunidad de 4 Millas, tendientes a buscar una mejora en la calidad del agua de consumo y que se adapten a sus condiciones y necesidades 	<ul style="list-style-type: none"> Variable económica (costos) Variable social Variable ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> Sistematización y análisis de la información recolectada.

Apéndice 2. Ficha de campo a utilizar en cada lugar donde se tome una muestra de agua.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Código de casa (punto GPS):</div>	
Ficha de inspección - Muestra de agua	
Código de muestreo Laboratorio _____	
Fecha _____ Hora de toma de la muestra _____	
Responsable de la toma de muestra _____	
Lugar	
Comunidad	Barrio
Tomar una FOTO tanto de pozo como del lugar donde se toma la muestra.	
La muestra de agua fue tomada de:	
<input type="checkbox"/> Directamente del pozo	
<input type="checkbox"/> Se saco con balde del pozo, y de este se tomo la muestra.	
<input type="checkbox"/> De un grifo dentro de la vivienda	
Parámetros del Agua	
pH:	Temperatura (°C):
Observaciones:	

b. Agua de lluvia		e. Pozo /acueducto de la bananera	
c. Acueducto rural		f. Otro, cual?	

11. Con respecto al uso del agua de su pozo, esta agua la usa para:			
	0 No		0 No
	1 Si		1 Si
a. tomar		d. lavar	
b. cocinar		e. limpiar	
c. bañarse		f. Otro, cual?	

12. El agua que utilizan para tomar la:	
	0 No 1 Si
a. hierve	
b. clora	
c. filtra	

13. Si no usan el agua de su pozo para tomar, ¿De dónde toman/traen el agua para tomar?		
(Si usan agua del pozo propio para tomar pasar a la pregunta 14)		
	0 No	1 Si
a. Compran agua embotellada		
b. Es agua de lluvia		
c. De otro pozo (vecino)		
d. Tubo de algún acueducto comunal o del AyA, Cual?		
e. Otro, Cual?		

Con respecto a su pozo:

14. **Cuál es la profundidad de este:** _____ (alcantarillas o metros) 99 NS/NR

15. **Años de haberse construido:** _____ años _____ meses 99 NS/NR

16. **¿Tiene o ha tenido problemas con el AGUA de su pozo?**

0 No (pase a la pregunta 18) 1 Si

17. ¿Cuáles de estos problemas?			
	0 No	1 Si	
			0 No 1 Si
a. Mal sabor		d. Color extraño	
b. Mal olor		e. Otros,Cuál	
c. Sucia con sedimentos			

18. **¿Tiene problemas con el POZO?** 0 No (pase a la pregunta 20) 1 Si

19. **¿Cuáles de estos inconvenientes?**

1 Se seca 2 Se llena 3 Otro, cual _____

20. ¿Cómo sacan el agua del pozo?

- 1 Bomba eléctrica con tubería a la casa 2 Balde
 3 Bomba manual 4 Otro,
 cuál? _____

21. ¿Posee un tanque grande (aéreo) para almacenar agua?

- 0 No (pase a la pregunta 23) 1 Si

22. ¿Este tanque se encuentra bien tapado? 0 No 1 Si

23. ¿Después de sacar el agua de pozo la almacena en algún recipiente?

- 0 No (pase a la pregunta 25) 1 Si

24. ¿Donde almacenan el agua después de sacarla del pozo?		
	0 No	1 Si
a. En baldes con tapa		
b. En baldes, sin tapa		
c. Botellas de refresco		
d. Otros, Cuál		

25. ¿Limpian el pozo? 0 No (pase a la pregunta 28) 1 Si

26. ¿Cada cuánto tiempo limpian el pozo?

- 1 una vez al mes 2 cada 3 meses 3 dos veces al año 4 una vez al año
 99 NS/NR

27. Pregunta	Respuesta
¿Cómo limpian el pozo? (¿Qué pasos siguen cuando lo limpian?)	a _____ b _____ c _____ d _____

28. ¿Agrega cloro al pozo? 0 No (pase a la pregunta 32) 1 Si

29. ¿Tipo de cloro? 1 Cloro líquido comercial 2 cloro en pastilla.

30. ¿Cuánta cantidad le agrega _____

31. ¿Cada cuanto? _____

32. ¿Por qué cree que esa es una cantidad adecuada? (...como sabe cuánto debe ponerle y cada cuanto...)

Si en P20, es balde o bomba manual. Pase a la P35

33. En caso de pozo con bomba eléctrica: ¿Limpian las tuberías que van del pozo a la casa?

0 No 1 Si

34. ¿Cómo las limpian?	0 No	1 Si	
a. Tubo (o palo) con una tela o similar que se introduce en la tubería			
b. Utiliza un producto químico			Nombre del producto:
c. Otro método			Cual :

Vulnerabilidad de contaminación del pozo (inspección ocular)

35. ¿Sabe si su casa/pozo está en zona de inundación? 0 No 1 Si 99
NS/NR

36. ¿El pozo tiene una tapa o brocal? 0 No (pase a la pregunta 38)
1 Si

37. ¿Esta tapa se encuentra en buen estado o en mal estado?

1 Buena 2 Mala 3 Regular

38. ¿El pozo posee alrededor un piso de cemento que lo rodea? 0 No
1 Si

39. ¿Se forman charcos que se quedan estancados alrededor del pozo? 0 No
1 Si

Si en P20, es balde o bomba manual. Pase a la P41

40. ¿Las tuberías, la bomba o partes de la bomba, están herrumbradas o dañadas?

1 Buena 2 mala 3 regular

41. ¿Hay letrinas o tanques sépticos a menos de 15 metros de distancia del pozo de agua?

0 No (pase a la pregunta 43) 1 Si

42. ¿Están esas letrinas a un nivel del suelo más alto que el pozo?

1 mismo nivel 2 pozo más alto 3 letrina más alto.

43. ¿Se da a menos de 30 metros de su casa/pozo alguna actividad que pueda ser fuente de contaminación para las aguas del pozo?

0 No (pase a la pregunta 45) 1 Si

44. ¿Cuál de estas actividades?					
	0 No	1 Si		0 No	1 Si
a.Actividad agrícola			c.Actividad ganadera		
b.Acumulación de basura			d.Otra, ¿cuál?		

45. ¿Cuando la avioneta pasa fumigando, el líquido de esta, salpica en su jardín o en su casa?

0 No 1 Si

<i>Nombre encuestado</i>	<i>teléfono</i>	<i>entrevistador</i>

Anexos

Anexo 1. Definiciones importantes establecidas en el Reglamento de la calidad de agua potable de Costa Rica.

Agua para consumo humano: es aquella agua utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios, servicios sanitarios y otros menesteres domésticos; esta puede ser potable o no potable.

Agua potable: es toda agua que, empleada para la ingesta humana, no causa daño a la salud y cumple con las disposiciones de valores recomendables o máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos emitidos mediante el presente reglamento.

Agua tratada: corresponde al agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento que incluyen como mínimo a la desinfección. Su calidad debe ajustarse a lo establecido en el presente reglamento.

Valor máximo admisible: corresponde a aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias a partir de la cual existe rechazo del agua por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud. El sobrepasamiento de estos valores implica la toma de acciones correctivas inmediatas.

Valor recomendado: corresponde a aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias que implica un riesgo virtualmente nulo o aceptable para la salud de los consumidores de agua.

Poder Ejecutivo; MS (Ministerio de Salud, CR). 2005

Anexo 2. Protocolos de muestreo a utilizar

Procedimiento para muestreo de aguas naturales- Del Laboratorio de Análisis Ambientales UNA

Objetivo: Describir el procedimiento empleado en el muestreo de aguas residuales, muestreo de agua para uso y consumo humano y las descargas en cuerpos receptores de aguas superficiales con el fin de determinar sus características físicas y químicas.

Responsabilidades: Analista y muestreador debe contar con autorización.

Prerrequisitos: Recipientes: Los recipientes deben cumplir características para el transporte y conservación de las muestras (Residuales y cuerpos receptores). Estos recipientes deben ser materiales inertes al contenido de las aguas residuales, se recomienda polietileno o vidrio y tapas con cierre hermético.

Las características de los recipientes para muestreo de aguas de uso y consumo humano para análisis físico químico deben ser plástico o vidrio, inertes al agua con tapones del mismo material y de cierre hermético.

Procedimiento: Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el punto y hora de muestreo y tener volumen suficiente para efectuar determinaciones correspondientes. Anotar en las etiquetas y registros.

Muestreo de agua para uso y consumo humano

Muestreo de grifo o bombas de mano: El agua de los grifos debe provenir directamente del sistema de distribución. No debe tomarse muestra en los grifos que tengan fugas entre el tambor y el cuello ya que el agua puede correr por la parte exterior del grifo y contaminar la muestra.

Deben removerse accesorios y aditamentos externos como mangueras, boquillas y filtros de plástico o hule antes de tomar la muestra. Una vez corroborado el buen estado físico del grifo, proceda a realizar la desinfección del mismo utilizando un algodón o papel toalla con cloro o un flameador para tubos de metal (en caso de muestra microbiológica)

Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 minutos hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido renovado o que la temperatura del agua se estabilizo antes de tomar la muestra. Reducir el volumen del flujo para permitir el llenado del recipiente sin salpicaduras.

Para el análisis físico químico, tome un poco del agua que se va a analizar, cierre el envase y agite fuertemente para enjuagar, desechando esta agua, efectúe esta operación 2 o 3 veces más, procediendo enseguida a la toma de muestra.

Muestreo del tanque de almacenamiento: Sumergir el frasco en el agua con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 centímetros, destapar y a continuación girar el frasco ligeramente permitiendo el llenado (en todos los casos debe evitarse la toma en la parte superficial o del fondo por que puede haber nata o sedimento)

Muestreo en pozo profundo: Si el pozo cuenta con grifo para la toma de muestra debe procederse como se indicó anteriormente.

En el momento del muestreo, se va a medir (pH HI 1270 de tipo tornillo electrodo de pH) y temperatura (HI 73311 CE / TDS, HANNA Instruments). Los instrumentos se calibran cada día antes de su uso, y deben ser limpiados directamente después de tomar cada muestra, tres veces con agua pura Tipo I (Milli-Q, Millipore®).

Manejo de muestras Las muestras tomadas deben colocarse en hilera con hielo para su transporte al laboratorio a una temperatura de entre 4 - 10 °C, cuidando de no congelar las muestras.

Cada una debe estar adecuadamente identificada con una etiqueta que contiene un número asignado en el correspondiente plan de muestreo. (1) Las muestras deben ser transportadas al laboratorio antes de transcurridas las 24 horas después del muestreo.

Bibliografía: Estándar methods for the examination wáter and waste wáter. APHA, AWWA, WPCF. 21edition.2005.

Anexo 3. Procedimientos de análisis de agua.

Procedimiento de análisis de aguas

Durante los análisis, en cada corrida de cada metal se analiza paralelamente un patrón certificado de ese metal, el resultado obtenido se compara con el valor verdadero reportado por el fabricante del estándar o patrón, y este valor debe estar dentro del 80% al 120% del porcentaje de recuperación.

El porcentaje de recuperación es la capacidad que tiene un procedimiento analítico para determinar cuantitativamente un analito que ha sido adicionado a una muestra. (Cough,S et al 2010) El resultado obtenido toma en cuenta el proceso, ósea, algunas interferencias como las fluctuaciones de la señal, cristalería, agua miliQ utilizada, digestión etc)

Los ensayos o procedimientos que poseen un asterisco (*) representan ensayos acreditados por el ente costarricense de acreditación (ECA) mientras que en los que se muestre un doble asterisco (**) representaran ensayos no acreditados.

Por otra parte, la incertidumbre de las mediciones realizadas en el laboratorio se establece de la siguiente manera: **“La incertidumbre de la medición se determina para un factor de cobertura $k = 2$ correspondiente a un nivel de confianza aproximadamente del 95 %”**. La Guía GUM (2008) para la expresión de la incertidumbre en mediciones, indica que: “La incertidumbre del resultado de una medición refleja la falta de conocimiento exacto del valor del mensurando. El resultado de una medición después de la corrección por efectos sistemáticos reconocidos es aún sólo una estimación del valor del mensurando debido a la presencia de incertidumbre por efectos aleatorios y de correcciones imperfectas de los resultados por efectos sistemáticos.

Por lo tanto, los valores de incertidumbre dados por el laboratorio se reportan con un factor de cobertura $k=2$ la cual proviene de una prueba estadística, esta genera una confianza de un 95%, o sea el valor que reporta cualquier incertidumbre tiene una confianza del 95%.

Determinación de la concentración de metales por absorción atómica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

****PMA 036 Metales en agua por absorción atómica método modificado basado en: Método 3113 A “Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometric Method” y el Método 3113 B “Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method” de American Public Health Association, “Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater”, American Public Health Association, United States of America, Washington, DC, 21th Edition, 2005.***

El método por absorción atómica en agua, se basa en la generación de átomos en estado basal y en la medición de la cantidad de energía absorbida por estos, la cual es

directamente proporcional a la concentración de este elemento en la muestra analizada. Para la determinación de metales disueltos y /o suspendidos tanto las muestras como los blancos deben filtrarse a través de una membrana de 0,45 μm previamente lavada con una disolución de ácido nítrico al 1% y enjuagada con agua miliQ.

Para el análisis por llama, se selección la longitud de onda adecuada, se realiza una curva de calibración con un mínimo de 5 patrones en el intervalo lineal demostrado para cada metal de acuerdo con el informe de validación vigente. El coeficiente de correlación de la curva de calibración debe ser igual o superior a 0.995. En cada corrida de muestras por absorción atómica se prepara y analiza un patrón de concentración intermedia de cada uno de los metales analizados como mecanismo de control de calidad.

Cuando el análisis se realiza por horno de gráfico, el cual es un método más sensible que cuantifica cantidades más pequeñas de alguno de los metales. También se debe elegir la longitud de onda adecuada y alinear el tubo de grafito del equipo.

Durante el procedimiento pueden darse algunas interferencias por ejemplo cuando se hace por llama pueden existir interferencias químicas, de ionización, de absorción no específica (fondo) etc. Y en atomización sin llama (horno de grafito) pueden darse interferencias químicas, de absorción no específica, espectrales, por incandescencia, de memoria etc.

Con estos métodos se obtiene una incertidumbre expandida con un nivel de confianza del 95%.

El equipo utilizado en este procedimiento es básicamente un espectrofotómetro de absorción atómica con haz sencillo doble monocromador detector, fotomultiplicador ajustable a ancho de banda espectral, horno de grafito con automuestreador, y lámparas cátodo hueco para metales entre otros.

Con respecto a ciertos materiales utilizados en el procedimiento se tiene que: la cristalería debe de ser exclusiva para cada medición, y lleva un tratamiento en el cual debe estar remojada al menos 1 hora en un baño de ácido nítrico al 10% y enjuagar con agua. Los productos químicos utilizados en este procedimiento deben ser grado reactivo. Además, es necesaria la disolución patrón certificada con concentración conocida de cada uno de los metales a ser analizados.

Par lo que es recolección, preservación y almacenamiento de las muestras, estas deben de tomarse aproximadamente 250ml de muestra para metales genéricos, en un envase de polietileno o polipropileno. Las muestras y los blancos de campo deben preservarse añadiendo ácido nítrico a un pH <2 cuando llegan al laboratorio. Una vez realizado dicho procedimiento se deben refrigerar a 4°C hasta su análisis, pueden estar un máximo de 6 meses refrigeradas.

Los límites de cuantificación y de detección para cada parámetro de los métodos utilizados para los análisis de agua son los siguientes:

Elemento	Límite de cuantificación	Límite de detección
Manganeso	15 µg/l	8,9 µg/l
Cobre	4,5 µg/l	3,7µg/l
Hierro	9,5 µg/l	7,2 µg/l
Arsénico	6,8 µg/l	0,7 µg/l
Calcio	1,6 mg/l	1 mg/l
Magnesio	0,010 mg/l	0,005 mg/l
Zinc	52 µg/l	0,03 mg/l
Sodio	0,14 mg/l	78 µg/l
Potasio	0,22 mg/l	0,2 µg/l

Fuente: Elaboración propia con datos de Laboratorio de análisis ambientales, 2013.

Así como para:

Propiedad	Límite de cuantificación	Límite de detección
Dureza total	1 mg/l	
Dureza cálcica	1 mg/l	
Alcalinidad	0,5 mg/l	
pH	De 0 a 14 unidades de pH	
Conductividad	De 0 mS a 199,9 mS	
Turbiedad	De 0 NTU a 4000 NTU	
Color		
Cloruro	0,10 mg/l	0,08 mg/l
Nitrato	0,05 mg/l	0,03 mg/l
Sulfato	0,14 mg/l	0,09 mg/l

Fuente: Elaboración propia con datos de Laboratorio de análisis ambientales, 2013.

Anexo 4. Límites recomendados y máximos permitidos de acuerdo al Reglamento de Calidad de Agua Potable de Costa Rica (Poder Ejecutivo; MS (Ministerio de Salud, CR). 2005)

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor Máximo admisible
<i>Color aparente</i>	mg/L(U-Pt-Co)	5	15
<i>turbiedad</i>	UNT	<1	5
<i>Olor</i>		debe ser aceptable	debe ser aceptable
<i>sabor</i>		debe ser aceptable	debe ser aceptable
<i>temperatura</i>	°C	18	30
<i>ph</i>	Valor ph	6,5	8,5
<i>conductividad</i>	µs/cm	400	
<i>cloro residual libre</i>	mg/L	0,3	0,6
<i>Dureza total</i>	mg/L	400	500
<i>Cloruro</i>	mg/L	25	250
<i>Nitrato</i>	mg/L	25	50
<i>Sulfato</i>	mg/L	25	250
<i>Calcio</i>	mg/L	100	
<i>Magnesio</i>	mg/L	30	50
<i>Hierro</i>	mg/L		0,3
<i>Manganeso</i>	mg/L	0,1	0,5
<i>Sodio</i>	mg/L	25	200
<i>Aluminio</i>	mg/L	0,2	
<i>Zinc</i>	mg/L		3,0
<i>Cobre</i>	mg/L	1,0	2,0
<i>Cadmio</i>	mg/L		0,003
<i>Cromo</i>	mg/L		0,05
<i>Coliforme fecal</i>	NMP/100 ml	Ausente	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100 ml	Ausente	Ausente

Anexo 5. Actividad en grupo, como saber si el agua es potable (Conant, J. 2005)

¿CÓMO SABER SI EL AGUA ES POTABLE?		
<p>Esta actividad ayudará a las personas a saber que el agua podría contener algo peligroso, aunque no se pueda ver. Como los microbios y los químicos tóxicos son invisibles, muchas veces es difícil saber cuándo el agua es potable.</p>		<p>Tiempo: 15 a 30 minutos</p> <p>Materiales: 4 botellas transparentes, lodo, sal, azúcar, agua purificada</p>
<p>Paso 1: Antes de la actividad, llene cuatro botellas transparentes con agua hervida, clorada o purificada de alguna otra forma. Agregue una cucharada de lodo a una de las botellas; a otra, una cucharada de azúcar, y a otra, una cucharada de sal. Agite bien las botellas. Deje la cuarta botella tal cual. Presente las botellas al grupo.</p> <p>Paso 2: Pida a las personas del grupo que huelan el agua de todas las botellas. Después, invítelos a probar el agua de cualquiera de las botellas. Es casi seguro que nadie va a beber el agua con lodo, pero muchos beberán de las otras tres botellas.</p> <p>Paso 3: Después de que varias personas hayan probado el agua, pregúnteles por qué no tomaron del agua turbia. Después pregúnteles qué sabor tenía el agua y qué creen que tenía. ¿Algún bebió del agua simple? Pregúnteles cómo saben que es sólo agua y que no contiene algo que no pueden ver, oler o saborear.</p> <p>Paso 4: Comience una discusión sobre las diferentes cosas que pueden contaminar el agua. Pueden incluirse los microbios que causan diarrea, gusanos que causan <i>esquistosomiasis</i>, y pesticidas u otras sustancias químicas. ¿Existen razones para creer que estas cosas se encuentren en el agua? ¿Hay alguna otra forma, además de ver y oler el agua, para saber si es potable?</p>		



Anexo 6. Actividad: recolección y almacenamiento de agua potable (Conant, J. 2005)

RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA POTABLE		
<p>Esta actividad motiva a la gente a pensar acerca de cómo el agua obtenida de un pozo, un manantial o una llave se puede contaminar antes de que se consuma en el hogar. Esta actividad se puede hacer con cualquier número de personas.</p>		<p>Tiempo: 1 hora</p> <p>Materiales: Cinta adhesiva, tres dibujos que muestran:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dos personas recolectando agua de un pozo, un manantial o una llave. 2. Un niño tomando un vaso de agua turbia. 3. Otro niño tomando un vaso de agua clara.
<p>Paso 1: La facilitadora comparte con el grupo el dibujo de las 2 personas recolectando agua. El grupo comenta lo que está sucediendo, hablando de las personas como si fueran de su propia comunidad. ¿Cómo se llaman? ¿Cada cuánto recolectan agua? ¿Es potable el agua que están recolectando? Después de la discusión, el dibujo se pega en la pared.</p> <p>Paso 2: El grupo observa el dibujo del niño tomando agua turbia. La facilitadora explica que éste es el hijo de una de las personas del primer dibujo, que está tomando el agua recolectada el día anterior. El dibujo se pega en la pared, debajo del primer dibujo. La facilitadora pregunta: "¿Qué pasó entre ayer y hoy para que el agua se haya contaminado?". El grupo discute sobre todas las maneras posibles como pudo haberse contaminado el agua.</p> <p>Paso 3: La facilitadora muestra el dibujo del niño tomando agua clara y lo pega en la pared, debajo de los dibujos anteriores. Explica que este es el hijo de la otra persona que estaba recolectando agua en el primer dibujo y pregunta: "¿Qué ha hecho esta persona para mantener limpia el agua para beber?". A continuación, el grupo comenta las cosas que se deben hacer para que el agua para beber no se contamine, y cómo estas cosas se pueden hacer en su comunidad y en sus hogares.</p>		



Anexo 7. Actividad “Dos círculos” para la educación comunitaria (Conant, J. 2005).

DOS CÍRCULOS		
<p>Esta actividad ayuda a las mujeres a reflexionar acerca de sus necesidades de agua y de los obstáculos que deben enfrentar para satisfacer estas necesidades.</p>		<p>Tiempo: 45 minutos a 1 hora</p> <p>Materiales: papel grande para dibujar, lápices de dibujo</p>
<p>Paso 1: Divida al los participantes en grupos de no más de 10 personas cada uno. Dé a cada grupo papel y lápices de dibujo.</p> <p>Paso 2: Cada grupo dibuja 2 círculos en el papel: uno más pequeño dentro de uno más grande.</p> <p>Paso 3: Cada persona dibuja dentro del círculo grande alguno de los problemas de agua, saneamiento y salud que afectan a toda la comunidad. Dentro del círculo más pequeño, dibuja los problemas que afectan especialmente a las mujeres. Si alguien no puede dibujar, puede escribir sus ideas.</p> <p>Paso 4: Para iniciar la discusión, reúna a todos los participantes en un sólo grupo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué se diferencian los problemas dibujados en los 2 círculos? • ¿En qué se parecen? • ¿Existen soluciones para los problemas en ambos círculos que aseguren que los problemas de las mujeres recibirán suficiente atención? 		
<p>Esta actividad también se puede hacer con hombres. Organice un grupo formado sólo de hombres y pida que cada grupo dibuje 2 círculos pequeños. Uno de los círculos pequeños representa los problemas que afectan particularmente a las mujeres y el otro, los problemas que afectan a los hombres.</p> <p>En la puesta en común, pida a los hombres que piensen cómo pueden ayudar a mejorar las condiciones de la comunidad, al atender algunos de los asuntos que afectan a las mujeres. Esto podría incluir la construcción de sanitarios más cerca de los hogares, acarrear agua, pasar más tiempo con los hijos, etc. Puede ser mejor que las mujeres hablen sobre sus asuntos en privado, antes de que los hombres hablen de los suyos, en especial en comunidades donde hay fuertes diferencias de opinión entre hombres y mujeres.</p>		

Anexo 8. Minuta de la reunión realizada entre el AyA y programa ISA.

MINUTA: Reunión representantes AyA, Oficinas Centrales

Fecha: 16 de diciembre del 2014

Asistentes:

Sr. Sergio Pizarro (Acueductos Comunales de Limón)

Lic. Jorge García Carballo (Jefe fortalecimiento de ASADAS) (jogarcía@aya.go.cr)

Licda. Diana Smith (Regional de Limón)(dsmith@aya.go.cr)

PhD. Berna van Wendel (coordinadora del Programa Infantes y Salud Ambiental)(berendina.vanwendel.dejoode@una.cr)

Licda. Rosario Quesada (académica del Programa Infantes y Salud Ambiental) (maria.quesada.varela@una.cr)

Discusión:

1. El Programa ISA, en apoyo a la solicitud de la Asociación de Desarrollo (ADI) de 4 Millas, presenta Informe Técnico ISA-03 sobre los resultados de los muestreos de agua realizados en los pozos de la comunidad, a la Presidencia ejecutiva de AyA en octubre del 2014 (oficio IRET-ISA-153-2014). Así mismo el Sr. Hernán Mitchell, presidente de la ADI de 4 Millas presentó el informe al Presidente de la República y al Presidenta ejecutiva del AyA).

2. Mediante oficio PRE-2014-1629 del AyA, se convoca a reunión a la coordinación del Programa ISA para explicar estos resultados.

3. Las comunidades de 4 Millas y Goshen son catalogadas, según los funcionarios de AyA, como prioritarias debido a que no hay acueductos y el acceso al agua es a través de pozos artesanales.

4. El AyA ya ha realizado perforaciones, con el objetivo de valorar la posibilidad de usar un pozo para la comunidad. Los resultados, según el AyA indican que el agua no puede ser extraída en 4 Millas.

5. El agua debe ser extraída de un punto más cercano a la comunidad, lo cual implica hacer los análisis respectivos de factibilidad y viabilidad.

6. 4 Millas puede entrar en el plan de factibilidad, para el periodo siguiente al 2015, ya que para el 2015 ya fue establecido el plan de acción.

7. El proceso para suministrar el agua implica:

Paso	Cuándo
a. Estudio de sitio de perforación posible	Primer semestre 2015
b. Realizar la perforación	Primer semestre 2016
c. Hacer análisis de agua	Primer semestre 2016
d. Hacer estudios básicos y diseño del acueducto	Segundo semestre 2016
e. Presupuesto	Segundo semestre 2016
f. Búsqueda de financiamiento	Primer semestre 2017
g. Gestionar viabilidad	Primer semestre 2017
h. Incluir este acueducto en el programa de AyA.	Segundo semestre 2017

Anexo 9. Cotización de un turbidímetro portátil y de un medidor de cloro**Cotización: 11478**MAYO 25, 2015.
Página : 1

HANNA INSTRUMENTS COSTA RICA S.A.
 LA URUCA, DEL TALLER 3R 200m. AL OESTE
 Y 75m. AL NORTE, LOCAL MANO IZQUIERDA
 COLOR VERDE MUSGO PORTON NEGRO, SAN JOSE COSTA RICA
 CEDULA JURIDICA: 3101-608184
 TEL/FAX. (506) 2296-5368
 (506) 2220-3642

**Para Depósitos utilice BANCO DE COSTA RICA
 Cuenta No. 001-0284310-2**

**NOTA: Favor de enviar via Fax o E-mail el comprobante
 de pago indicando su razón social**

Cliente:1766
 ASADA 4 MILLAS
 4 MILLAS
 MATINA
 LIMON
 Tels : 8872-5041

Descuento general al cliente:
 20.00 %

Atención:

Cantidad	Código	Descripción	Precio	Importe	Desc.ad
1.00	HI701	CLORIMETRO CHECKER MINI CL LIBRE <i>ENTREGA INMEDLATA SEGUN ORDEN</i>	63.440.30	63.440.30	
1.00	HI93703	TURBIDIMETRO PORTATIL. SIN SOLUCIONES.NI <i>ENTREGA EN 45 DIAS</i>	802.972.94	802.972.94	

Anexo 10. Costo de implementación del prototipo para una familia rural o urbana (Hernández 2014).

Rubro	Monto €	Monto \$
<i>Compra de materiales y accesorios</i>	665 153	1317
<i>Servicios técnicos (operario)</i>	125 000	247
<i>Asistencia técnica específica (2 muestreos) *</i>	146 200	289
<i>Refrendo Colegio de Químicos **</i>	5000	10
<i>Kilometraje</i>	133 000	263
<i>Subtotal</i>	1 074353	2127
<i>Imprevistos (5%)</i>	53 717	106
<i>Póliza del INS</i>	10 000	20
<i>Costo total</i>	1 138070	2253

Tipo de cambio 504,88 actualizado al 15 diciembre 2013. Fuente: Banco Central de Costa Rica

*Haciendo referencia al anexo 8 menos el costo de dureza total y como son dos análisis(diagnóstico y evaluación final).

**Refrendo Colegio de Químicos equivale a 2500 por trámite

Anexo 11. Informes completos de los análisis de laboratorio presentados por los laboratorios: LAA y LAREP (2012-2013)