

Diagnóstico de las condiciones sanitarias del corregimiento El Cedro, en Ayapel, Córdoba

Dina Marcela Ramos R.^{*},
Roberto Mejía Ruiz^{**}, Fabio Vélez^{***},
Néstor Jaime Aguirre R.^{****}

RESUMEN

En el año 2009 se realizó un diagnóstico del estado sanitario del corregimiento El Cedro, municipio de Ayapel. Se encontraron problemas en la calidad del agua que se consume y en la disposición de los residuos líquidos y sólidos que produce la comunidad. En este estudio se presentan alternativas de solución a dichos problemas, entre ellas el diseño de un alcantarillado tipo RAS (red de alcantarillado simplificado) cuyos cálculos (CEPIS, 1987) se hicieron a partir de un ortofotomapa y un modelo digital del terreno provenientes de fotografías aéreas digitales tomadas en 2007. Se realizó además, un plano de la red actual de acueducto con dicha base cartográfica, se simuló hidráulicamente su funcionamiento con el programa EPANET, se diseñaron dos lagunas de oxidación facultativas y se propuso un sistema de manejo ambientalmente más amigable, de los residuos sólidos.

Palabras claves: ciénaga, saneamiento básico, fotografías aéreas digitales

ABSTRACT

Evaluation in 2009 of sanitary conditions in the city of El Cedro, town of Ayapel Córdoba (Colombia) exposed public health problems associated with the disposal of garbage, sewage and drinking water quality. To solve these problems, we surveyed the current water distribution network, based on a (DEM) Digital elevation model and orthophotomaps obtained from digital aerial images of 2007. We then calculate its hydraulic performance and we also designed a network of sewers in low diameter and two optional ponds. Finally, we have proposed a simple method for proper disposition and their solid waste management.

Key words: wetlands, sanitation, digital aerial photography

Introducción

A pesar de las inversiones que se han realizado en los últimos años (OMS, 2007), la cobertura del servicio de alcantarilla-

do en las zonas urbanas de Colombia dista del ideal del 100%. La zona urbana del corregimiento El Cedro del municipio de Ayapel carece de una red de alcantarillado, las aguas residuales son dispuestas en el suelo o conducidas a cielo

* Estudiante practicante de Ingeniería Sanitaria, Universidad de Antioquia, grupo GAIA

** M. Sc. Profesor Universidad de Antioquia, grupo GAIA

*** M. Sc. Profesor Universidad de Antioquia, grupo GAIA

**** Dr. rer. nat. Profesor Universidad de Antioquia, grupo GAIA. Email: gaia@udea.edu.co

abierto hasta la ciénaga de Ayapel y tampoco existe un tratamiento ni una disposición final adecuada para los desechos sólidos (Municipio de Ayapel, 2002).

El sistema de acueducto del corregimiento El Cedro cubre el 100% de la zona urbana y se surte de un pozo de 70 m de profundidad que aprovecha el acuífero superior no confinado de la formación Betulia (Municipio de Ayapel, 2002, p. 127) el cual tiene en esta región una vulnerabilidad a la contaminación calificada como alta (INGEOMINAS, 2004, ps. 92 y 113). Los parámetros hidráulicos reportados de dicho pozo se muestran en la tabla 1. El agua es bombeada sin tratamiento a un tanque elevado de 15 m de altura y 26 m³ de capacidad (figuras 2 y 3) y luego pasa por gravedad a una red de distribución sin ningún tratamiento de desinfección. La Figura 4 muestra la posición relativa en el corregimiento de los componentes del actual sistema de abastecimiento de agua, los reservorios de agua aledaños y los puntos críticos de contaminación por vertimientos líquidos y sólidos. En la comunidad se ha encontrado un alto grado de morbilidad por enfermedades de origen hídrico, debido a la deficiente calidad del agua (Municipio de Ayapel, 2002). Se evidencia un notable deterioro ambiental, debido a la carencia del sistema de recolección de aguas servidas (figura 5) y por el manejo inapropiado de los residuos sólidos (figura 6), (Ramos, 2009).

El empleo de fotografías aéreas digitales en diferentes campos ha experimentado en los últimos años un incremento considerable, desplazando poco a poco el formato analógico debido a su mejor desempeño tanto en el proceso de la adquisición de las imágenes como en la calidad de los productos que de ellas se derivan (Jensen, 2007, de Lange, 2006). En Colombia, la fotogrametría digital es aún incipiente y enfocada principalmente al campo del ordenamiento territorial y a la agricultura de precisión. En el ámbito de los aspectos sanitarios no hay referentes. El grupo GAIA de la Universidad

de Antioquia hizo un estudio del estado de las condiciones de saneamiento ambiental de la zona urbana del corregimiento El Cedro con el fin de presentar propuestas para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes. A partir de información de imágenes digitales sometidas a procesos fotogramétricos (Vélez y Jordán, 2008) se levantó un plano urbano del corregimiento El Cedro y con base en esta información se hizo el levantamiento de la red actual del acueducto, se simuló su funcionamiento hidráulico y se diseñó hidráulicamente una red de alcantarillado con dos lagunas de oxidación facultativas como tratamiento final. Como resultado de este proceso, se presentan las propuestas que contribuyen a solucionar los problemas detectados.

Tabla 1. Parámetros hidráulicos del pozo del Cedro. Fuente: Documento “Diagnóstico y Evaluación Relación entre Ciénaga y Acuífero en Ayapel” COOMUNICIPIOS / 2000, en: Municipio de Ayapel, 2

Parámetros	Und	El cedro
Q= Caudal de Bombeo	Lps	6.00
Ne= Nivel Estático	mts	3.22
Nd= Nivel Dinámico	mts	6.85
A= Abatimiento	mts	3.63
B= Espesor del Acuífero	mts	65.00
Qe= Q/A = Caudal Específico	lps/mts	1.60
T= Transmisividad	m ² /día	796.00
K= Permeabilidad	m/día	12.20
Q _o = Caudal Máximo de Explotación		60.00

Área de estudio

El corregimiento El Cedro tiene una topografía en general plana con una altura promedio de 25 msnm, se sitúa al sureste de la cabecera del municipio de Ayapel en las márgenes de la ciénaga del mismo nombre, en alrededores de la coordenada 8° 17' 21" N y 75° 07' 55" W (figura 1). La zona urbana tiene una población de 1158 habitantes en un área de 15.1 Ha. Existen 252 predios y 193 viviendas (Municipio de Ayapel, 2002). El corregimiento cuenta con cuatro veredas y una población total de 3018

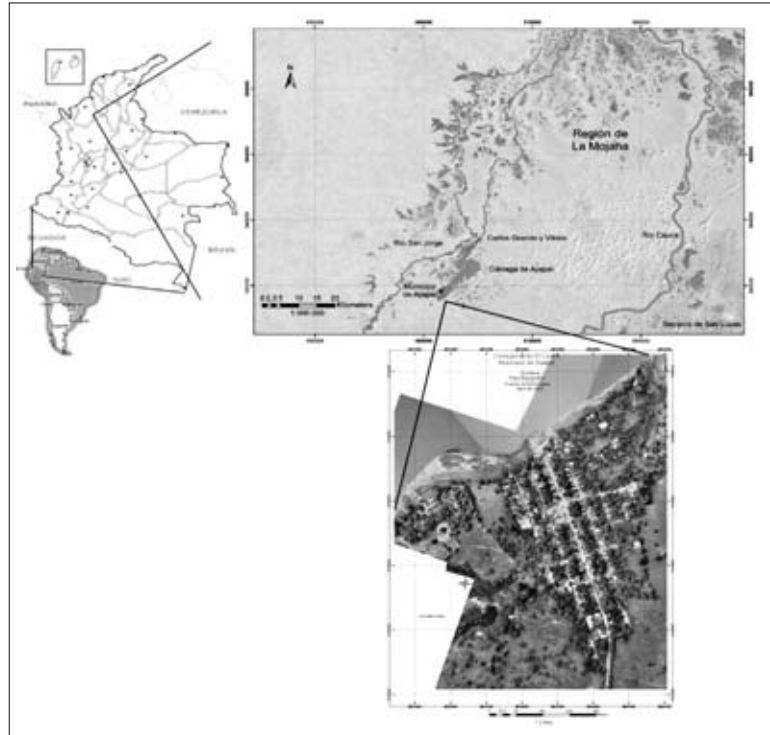


Figura 1. Localización del corregimiento de El Cedro, Municipio de Ayapel.
 Fuente: Fabio Vélez, adaptado de imagen Landsat del 10-enero-2010 y fotografías aéreas digitales de 2007



Figura 2. Caseta Estación de Bombeo



Figura 3. Tanque elevado

Fuente: Ramos, 2009. En el tanque se aprecia el deterioro de los materiales. Ni la estación de bombeo ni la salida del tanque cuentan con un dispositivo para la desinfección del agua.



Figura 5. Vertimientos a la Ciénaga de Ayapel.



Figura 6. Botaderos de RRSS.

Fuente: Ramos, 2009. En las cercanías a la ciénaga y en zonas periféricas del casco urbano es más evidente el problema de los vertimientos sobre el terreno tanto de aguas residuales como de residuos sólidos.

habitantes. Depende directamente del municipio de Ayapel en servicios de educación y salud, aunque cuenta con un colegio y un centro de atención básica. El territorio comprende a las ciénagas de Hoyo de los Bagres, Escobillita y Escobilla y las quebradas Quebradona y la Escobilla. Cuenta con áreas dedicadas a la agricultura (arroz, sorgo y maíz) y a la ganadería con pastos mejorados y naturales; en la quebrada Quebradona se desarrolla explotación rudimentaria de oro.

Los períodos para la limpieza del tanque de almacenamiento son demasiado largos para las condiciones climáticas de la zona. Además la estructura carece de acabados y superficies lisas y no cuenta con dispositivos que faciliten un aseo exhaustivo.

Existe la cultura arraigada de la cría casera de animales domésticos, los cuales deambulan libremente por la zona urbana y sus excrementos son dispuestos al aire libre. Se observó la presencia de vectores sanitarios (moscas y roedores) asociados a esta actividad.

Materiales y métodos

Trabajo de campo

Encuestas. Inicialmente se diseñó una encuesta dirigida a los pobladores del corregimiento del Cedro, enfocándose en las condiciones ambientales, de salubridad y sus hábitos de higiene con el fin de establecer su opinión y hacer un diagnóstico de la percepción de su entorno ambiental y sanitario. Esta encuesta se aplicó a 50 familias.

Muestreo de agua. Durante tres campañas de muestreo en los meses de mayo, junio y octubre de 2009, se tomaron muestras de agua en el tanque de almacenamiento, en la entrada de la red de distribución, en el puesto de salud y en tres viviendas. Estas fueron preservadas, almacenadas y enviadas al laboratorio del grupo GAIA para análisis microbiológico y físico-químico.

Muestreo y caracterización de los residuos sólidos. Se recolectaron y se caracterizaron

muestras en 78 viviendas las cuales fueron escogidas por un proceso aleatorio. El número de las muestras se determinó a partir de los siguientes criterios:

Tamaño muestral, n
Tamaño de la población, (número total de viviendas), N
1,96: Valor correspondiente en la distribución de Gauss para un $\alpha = 0,05$, Z^2_{α}
Prevalencia esperada del parámetro a evaluar, $p = 0,9$
$q = 1 - p$ (Si $p = 90\%$, $q = 10\%$)
Error que se prevé cometer, $i = 0,05$



Figura 4. Posición relativa del tanque de agua, estación de bombeo, reservorios de agua aledaños y descargas puntuales de ARD. La escorrentía de aguas residuales domésticas y vertimiento de residuos sólidos se efectúa en todo el casco urbano.

Fuente: ortofotomapa 2007, Fabio Vélez.

Trabajo de Laboratorio

Análisis de muestras de agua y de residuos sólidos. Las muestras de agua se analizaron en el laboratorio del grupo GAIA de la Universidad de Antioquia, siguiendo los protocolos establecidos en el Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 2005). Para la caracterización de los residuos sólidos se acudió al muestreo aleatorio, pesaje y separación manual.

Parámetros de diseño

Levantamiento y simulación de la red actual de acueducto

Ante la carencia de un plano de la red de acueducto del corregimiento, se levantó un plano en Autocad con base en un ortofotomapa y un DEM (figura 7) que permitió conocer las cotas de las vías y cruces de calles, elaborado por Vélez y Jordan, 2008. El modelo se verificó en campo con un levantamiento topográfico. Se procedió a simular el funcionamiento hidráulico (presiones dinámicas y caudales que circulan por las tuberías) con el programa EPANET.

Red de alcantarillado

Para el diseño de la red de alcantarillado, se tomó como base topográfica el mismo ortofotomapa y el DEM. Se consideraron los siguientes criterios:

Población de Diseño = 1158 hab
Nivel de complejidad Bajo
Dotación = 118 L/ hab-d (calculada)
Factor de Capacidad = $k1 \times K2 = 1.3 \times 1.6 = 2.08$
Conexiones erradas = 0.2 L/ ha- s
Infiltración = 0.1 L/ha-s
Coefficiente de Manning (tubería PVC novafort) = 0.011
Control de la sedimentación por esfuerzo cortante ≥ 0.10 kg/m ²
Cámaras de Inspección en PVC
Caudal Mínimo de Diseño = 1.5 l/s

Predimensionamiento de las lagunas facultativas

Para el tratamiento de las aguas residuales se propuso la construcción de dos lagunas facultativas trabajando en serie, lo que garantiza una alta remoción de microorganismos patógenos antes de hacer el vertimiento a la ciénaga de Ayapel. La ubicación de las lagunas se hizo con base en la topografía del terreno proporcionada por el ortofotomapa y el DEM. Se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros de diseño:

Temperatura ambiente: 30°C
Población de diseño: 1158 hab
Caudal aguas residuales: 7.86 l/s
DBO5: 85 mg/l



Figura 7. Plano topográfico de El Cedro. Fuente: Vélez y Jordan, 2008.

Resultados

Análisis del agua de consumo

De acuerdo con Ramos, (2009) el consumo per capita en la zona urbana de El Cedro es 118 L/ hab-d, obtenido a partir del consumo diario de los habitantes, registrada en el tanque de abastecimiento (dotación bruta).

Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua de consumo en el corregimiento El Cedro indican que los valores de algunos parámetros de calidad del agua (conductividad eléctrica, turbiedad, el hierro y los fosfatos) se encuentran por fuera de los rangos admisibles para el consumo humano establecidos en el decreto 1575 y la resolución 2115 de 2007 (tablas 2 y 3). Adicionalmente, la calidad

microbiológica es inaceptable y entre los factores que pueden influir para que se presente esta situación, están:

- No cuentan con un sistema de alcantarillado. La mayoría de la población dispone de pozos de absorción en sus predios con profundidades no superiores a los tres metros. Dichos pozos de absorción se encuentran localizados a menos de 100 m (distancia mínima establecida normativamente) de cuerpos de agua evidenciando un riesgo potencial alto de contaminación para las fuentes hídricas.
- Elevada carga orgánica (materia fecal de los pozos de absorción) dispuesta en el suelo el cual, por sus características -arenoso, muy permeable, sin capas arcillosas que protejan las napas freáticas- (Municipio de Ayapel, 2002), otorga a la zona una vulnerabilidad crítica. Los resultados confirman la contaminación de la napa freática con alta probabilidad de enfermar a la población, ya que esa fuente de agua constituye su principal suministro. Tanto los vertimientos de aguas residuales domésticas como los de residuos sólidos se hacen generalizadamente en todo el casco urbano del corregimiento, siendo más conspicua su presencia en las zonas aledañas a la ciénaga de Ayapel y en la periferia urbana. Estos desechos son dispuestos en botaderos a cielo abierto o son quemados y proliferan las moscas y los roedores.

Análisis de las encuestas

De acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada a 50 familias, en la población no está arraigada la costumbre de beber agua para hidratarse y quienes lo hacen, en su gran mayoría, no le efectúan un tratamiento de desinfección. El método de desinfección más utilizado es el de hervir el agua aunque no se considera necesario hacerlo por la buena apariencia de la misma y debido a las condiciones económicas

de la población, los demás métodos son poco utilizados. Tres meses después de la limpieza

del tanque, el agua presenta cambios en sus propiedades organolépticas.

Tabla 2. Resultado de los análisis Físicoquímicos del agua de consumo

5 al 13 de mayo de 2009

Sitio	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica	Alcalinidad Total	Dureza Total	Turbiedad	Hierro Total	Manganeso	Nitritos	Nitratos	Cloruros	Fosfatos
		(U de pH)	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	(mg/L CaCO_3)	(mg/L CaCO_3)	(UNT)	(mg/L Fe)	(mg/L Mn)	(mg/L NO_2^-)	(mg/L NO_3^-)	(mg/L Cl^-)	(mg/L PO_4^{3-})
Puesto de Salud	30.2	8.56	109.4	56.9	36.4	< 0.01	0.04	0.07	< 0.005	0.1	0.02	2.7
Tanque	29.8	7.25	112.1	58.2	34.4	< 0.01	0.10	0.07	0.007	0.5	0.02	3.1
Salida del Tanque	29.1	7.62	108.6	55.3	36.4	5.68	0.19	0.06	0.012	0.5	0.03	2.6
Vivienda 1	31.5	7.49	106	54.5	32.4	< 0.01	0.04	0.03	< 0.005	0.2	< 0.01	3.4
Vivienda 2	31.2	7.32	106.3	55.5	38.4	< 0.01	0.06	0.02	< 0.005	0.2	< 0.01	3.8
Vivienda 3	32	7.55	92.3	57.7	32.4	< 0.01	0.10	0.04	< 0.005	0.1	< 0.01	4

5 al 14 de junio de 2009

Sitio	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica	Alcalinidad Total	Dureza Total	Turbiedad	Hierro Total	Manganeso	Nitritos	Nitratos	Cloruros	Fosfatos
		(U de pH)	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	(mg/L CaCO_3)	(mg/L CaCO_3)	(UNT)	(mg/L Fe)	(mg/L Mn)	(mg/L NO_2^-)	(mg/L NO_3^-)	(mg/L Cl^-)	(mg/L PO_4^{3-})
Puesto de Salud	30	7,4	104,6	54.7	44.5	< 0.01	0.06	0.02	< 0.005	0.1	<0.2	1.89
Tanque	29	7,1	104,7	57.8	40.5	4.25	0.25	<0.01	< 0.005	0.5	<0.2	1.46
Salida del Tanque	29	7,5	105,6	55.6	38.4	9.21	0.84	0.02	0.012	0.4	<0.2	1.85
Vivienda 1	30	7	104,7	12	38.4	< 0.01	0.08	0.01	< 0.005	0.2	<0.2	1.94
Vivienda 2	31	7,2	105,3	54.6	44.5	< 0.01	0.11	0.01	< 0.005	0.1	<0.2	1.32
Vivienda 3	31	6,5	105,7	55	42.5	< 0.01	0.05	0.01	< 0.005	0.1	<0.2	1.91

7 al 10 de octubre de 2009

Sitio	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica	Alcalinidad Total	Dureza Total	Turbiedad	Hierro Total	Manganeso	Nitritos	Nitratos	Cloruros	Fosfatos
		(U de pH)	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	(mg/L CaCO_3)	(mg/L CaCO_3)	(UNT)	(mg/L Fe)	(mg/L Mn)	(mg/L NO_2^-)	(mg/L NO_3^-)	(mg/L Cl^-)	(mg/L PO_4^{3-})
Puesto de Salud	28,7	8,7	134,3	59.7	42.5	0.03	0.06	0.01	< 0.002	< 0.1	0.5	1
Tanque	27,4	8,8	116,1	59	52.6	2.16	0.06	0.01	0.002	< 0.1	0.4	1.3
Salida del Tanque	28,4	8,6	115,8	58.6	62.7	6.94	0.01	0.04	0.004	0.3	>20	1.2
Vivienda 1	29	8,8	120,9	55.3	16.2	0.77	0.01	< 0.01	< 0.002	0.1	0.2	1.2
Vivienda 2	28,4	8,8	119,3	59	40.5	0.73	0.01	< 0.01	< 0.002	0.1	0.4	1.2
Vivienda 3	28,6	8,5	122,5	60	42.5	0.21	0.01	0.03	0.003	0.3	0.5	1.3

Tabla 3. Resultados del análisis microbiológico del agua de consumo

Fecha	5 al 13 de mayo de 2009		7 al 10 de octubre de 2009	
Sitio	Coliformes totales	Coliformes fecales	Coliformes totales	Coliformes fecales
	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL
Puesto de Salud	43	< 3	23	4
Tanque	21	< 3	>2400	39
Salida del Tanque	>2400	>2400	460	39
Vivienda 1	< 3	< 3	93	23
Vivienda 2	7	< 3	7	4
Vivienda 3	14	< 3	23	4

Las excretas son dispuestas (figura 8) en pozos de absorción. Las aguas de lavados y aseo son vertidas sobre el terreno en donde se infiltra o llegan por escorrentía superficial a la ciénaga. Esto significa que parte de las aguas residuales del corregimiento pueden estar contribuyendo al deterioro del acuífero superior y de la calidad del agua que es bombeada para el consumo.

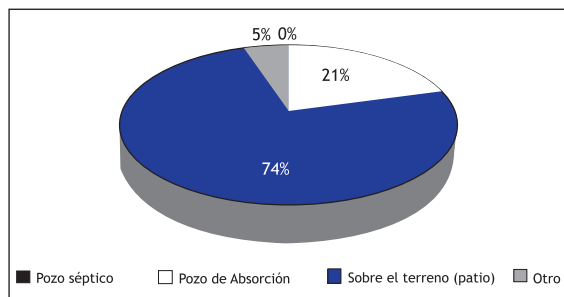


Figura 8. Disposición de las aguas servidas.

Fuente: Dina Ramos.

Caracterización de los residuos sólidos

El muestreo de los residuos sólidos se realizó en la campaña de junio de 2009, por una sola vez. La producción per cápita de residuos sólidos alcanza 0.194 kg hab/día, la mayor fracción (Tabla 4) corresponde a materia orgánica (42.1%) y a materiales con posibilidad de ser reciclados (38.2%) (figura 9).

Simulación de la red de acueducto

Se consideraron los parámetros de diseño:

Dotación Bruta: 118 L/hab d
Caudal medio diario (Qmd)
$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400}$
$Q_{md} = \frac{1158 \text{ hab} \times 118 \text{ L} / \text{hab} - d}{86400} = 1.58 \frac{\text{L}}{\text{s}}$

Caudal Máximo Diario (QMD).

$Q_{MD} = Q_{md} * K_1$
$Q_{MD} = 1.58 * 1.3 = 2.05 \frac{\text{L}}{\text{s}}$

Para efectos del cálculo, se escoge $K_1=1.30$ de acuerdo con el numeral B.2.7.4 en la tabla B.2.5 en el RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) donde estipula éste valor para un nivel de complejidad bajo.

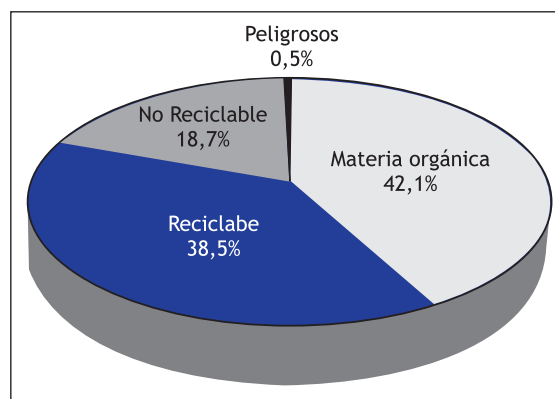


Figura 9. Composición de los Residuos Sólidos.

Fuente: Dina Ramos.

Tabla 4. Caracterización de los residuos sólidos

Componente	Materia Orgánica	Papel	Cartón	Plásticos	Vidrio	Metales	Tetra pack	Textiles	Caucho	Ordinarios	Peligrosos	Otros	Σ
Peso (kg)	144.6	35	12.3	61.9	14.5	11	14.2	12	10.5	14.5	1.8	10.9	343.2
Porcentajes	42.1	10.2	3.6	18.0	4.2	3.2	4.1	3.5	3.1	4.2	0.5	3.2	100

Caudal Máximo Horario (QMH)

$$Q_{MH} = Q_{MD} * K_2$$

$$Q_{MH} = 2.05 * 1,6 = 3.28 \frac{L}{s}$$

Para el cálculo se escoge $K_2=1.60$ de acuerdo con el numeral B.2.7.5 en la tabla B.2.6 en el RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) donde estipula éste valor para un nivel de complejidad bajo.

Estos cálculos fueron realizados con los correspondientes valores de los parámetros para cada uno de los tramos que componen la red. Se encontró que las presiones y los caudales son óptimos en todos los puntos del sistema, lo que permite una adecuada distribución del fluido.

Red de alcantarillado

Debido a la topografía del corregimiento, fue necesario plantear la construcción de dos estaciones de bombeo que conducirán las aguas residuales al sistema de tratamiento que consiste en dos lagunas de oxidación facultativas funcionando en serie.

Lagunas de oxidación

Para conocer la carga superficial orgánica máxima admisible se utilizaron las ecuaciones de Yáñez, McGarry & Pescot y Cubillos (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). Los resultados obtenidos fueron (tabla 5).

Como se puede ver, la remoción de organismos patógenos alcanza un alto porcentaje.

Tabla 5. Resultados del diseño de las lagunas facultativas

Eficiencia Global DBO total	73,23%
Eficiencia Global CF	98,303%
Área laguna Facultativa1	0,094 ha
Área laguna Facultativa2	0,132 ha
Período de retención total	5,3 días
Remoción. Huevos de helmintos	99,74%
DBO soluble efluente	13,4 mg/l
DBO total efluente	22,76 mg/l
Coliformes Fecales efluentes	1,70E+06 NMP/100ml
Área superficial total requerida	0,23 ha
Periodo de desenlode	2,14 Años
Huevos de helmintos en el efluente	2,63 huevos/L

Propuestas de solución

Los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos, indican que el agua suministrada no es apta para el consumo humano, por lo tanto se hace necesario las iniciativas y el uso de tecnologías nuevas y eficientes para el tratamiento del agua. Debido a la disposición no adecuada de las aguas residuales, se hace inevitable un sistema de alcantarillado donde las aguas residuales tengan el tratamiento correcto con el fin de evitar la contaminación de las aguas subterráneas. El manejo de los residuos sólidos no es el apropiado provocando la contaminación de las aguas subterráneas y en la atmosfera y a su vez la proliferación de vectores que afectan la salud de los habitantes; se requiere la ubicación y adecuación de un lugar para la realización de un relleno sanitario y el uso de metodologías alternativas como el compostaje, lombricultivo y el reciclaje.

Para resolver los diversos problemas de saneamiento ambiental del corregimiento El Cedro, además de la continua formación y capacitación en prácticas ambientales, y desarrollo del sentido de trabajo cooperativo y en comunidad, se plantearon los siguientes proyectos y recomendaciones:

Agua para el consumo. Se sugiere:

- Realizar un recubrimiento de las paredes internas del tanque con baldosín o materiales plásticos lisos que eviten la generación de perifiton o la adhesión de sólidos.
- Colocar un dispositivo de salida para el agua del lavado. Aumentar la frecuencia del lavado del tanque de almacenamiento e instalar una compuerta hermética y con seguro, para evitar el ingreso de materiales y animales.
- Implementar un dispositivo de desinfección a la salida del tanque. Se sugiere la instalación de una lámpara de rayos UV o de un dispositivo dosificador de hipoclorito.
- En la zona rural y para las actividades de pesca que demandan varias horas de faena, se recomienda la utilización del sistema SODIS como recurso para la desinfección del agua. En el casco urbano también es aplicable esta tecnología para el agua de consumo directo.

Alcantarillado. Se realizó el diseño hidráulico de una red de alcantarillado para la zona urbana. Queda en manos de la administración del municipio de Ayapel y de Corpoayapel su ejecución. Se contempló además la construcción de dos lagunas de oxidación como tratamiento de las aguas residuales. Es necesario realizar campañas educativas para que la población dé un manejo apropiado de las aguas residuales domésticas y de las excretas provenientes de la cría de animales domésticos. Crear conciencia sobre la importancia de cuidar el acuífero como fuente única para el agua de consumo.

Residuos sólidos. La adecuación de un terreno para un relleno sanitario manual con el cumplimiento de todas las normas técnicas que éste demanda, para que no se convierta en un botadero. Los residuos orgánicos deben ser compostados y el abono producido puede servir para cultivos, huertas caseras o mejoramiento de suelos. Fomentar la cultura de la recuperación de materiales reciclables y la implementación de un mecanismo para su comercialización, cuyas ganancias retornen en beneficio de la población.

Propuesta de Casa ecológica

Con el fin de generar una cultura y mejores prácticas ambientales, se presentó el diseño de una casa modelo en donde se optimiza el uso de los recursos (agua y energía) y se reduce la producción de residuos. Entre los dispositivos que contiene el diseño están:

- Dispositivos ahorradores de agua y SODIS.
- Tanque séptico y pozo de absorción.
- Recipientes para separación de los desechos y unidad de compostaje para ser usado en la huerta casera o en cultivos hidropónicos.
- Almacenamiento de agua lluvias.

Conclusiones

- La mayoría de los problemas de higiene y contaminación ambiental son causados por prácticas inadecuadas de la población.
- Es necesario generar espíritu de trabajo comunitario y sentido ciudadano que propicie las buenas prácticas ambientales.
- Se requiere el acompañamiento de la administración municipal y de las ONG para el desarrollo de la comunidad.
- Tecnologías de punta y sostenibles se pueden poner al alcance de pequeñas comu-

nidades para la solución de sus problemas ambientales.

Agradecimientos

Se presentan los agradecimientos al Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental, GAIA y a Corpoayapel. El apoyo y asesoría en este proyecto de la docente Lina Claudia Giraldo Buitrago.

Referencias Bibliográficas

- APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. 2005.
- CEPIS. Redes de alcantarillado simplificado. Lima, 1987.
- INGEOMINAS Instituto colombiano de geología y minería. Mapa hidrogeológico de Córdoba Escala 1:250.000. Bogotá, 2004.
- Jensen, J. R. Remote sensing of the environment. Prentice Hall. 2ª. ed. New Jersey, 2007. ISBN 0-13-188950-8

de Lange, Norbert. Geoinformatik in Theorie und Praxis. 2 Auflage. Springer. 2006. ISBN 978-3-540-28291-4

Ministerio de Desarrollo Económico. Resolución 1096 del 17 de noviembre de 2000. Reglamento técnico RAS.

Municipio de Ayapel. Plan básico de ordenamiento territorial San Jerónimo de Ayapel 2002-2012 Tomo I. Diagnóstico Técnico.

Organización Mundial de la Salud (OMS). El abastecimiento de agua, el saneamiento y el desarrollo de la higiene. 2007.

Ramos, D. Evaluación de las condiciones sanitarias actuales en el corregimiento el Cedro, Ayapel - Córdoba y contribución para el mejoramiento de los problemas de saneamiento básico. Trabajo entregado para optar al título de Ingeniera Sanitaria de la Universidad de Antioquia. Medellín, 2009.

Resolución 2115 de 2007, expedida por el Ministerio de la protección social, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial el 22 de Junio de 2007.

Vélez, F y Jordan, E. Generación de un ortofotomapa de un sector de la ciénaga de Ayapel y perspectivas de uso como soporte geográfico de información y fuente de nuevo conocimiento. En: Resúmenes I Congreso Nacional Ciénagas y Lagunas de Colombia. Medellín, Septiembre 2008. ISBN 978-958-44-3967-3