

2009

INVENTARIO DE FUENTES Y MEDICIÓN DE PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNICIPIO DE CIUDAD DELGADO, DEPARTAMENTO DE
SAN SALVADOR



Presenta: Ing. Marcia de Calderón

16/11/2009

INDICE

AGRADECIMIENTOS	1
INTRODUCCIÓN	2
METODOLOGÍA	3
OBJETIVO	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
CONDICIONES DE LAS FUENTES	6
ETAPA DE INVENTARIO DE FUENTES	8
ETAPA DE TOMA DE MUESTRAS	14
CONCLUSIONES	16
RECOMENDACIONES	17
REFERENCIAS	18
Anexos	

AGRADECIMIENTOS

A la Alcaldía Municipal de Ciudad Delgado por su buena disposición para apoyar esta investigación, prestando los recursos de personal y transporte necesarios para el trabajo; especialmente al Ing. Hugo Aragón, Jefe de la Unidad Ambiental de la Alcaldía, quién amablemente ha dispuesto de su valioso tiempo para acompañarme en la investigación y se ha preocupado grandemente por investigar los recursos hídricos del municipio.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Ciudad Delgado es uno de los municipios del departamento de San Salvador que más riqueza de fuentes de agua superficial tiene, los usos que se da a este recurso van desde la recreación hasta el abastecimiento para consumo humano.

En este documento se presenta un panorama de las condiciones de 15 fuentes de agua que se identificaron en el municipio, las cuales fueron georeferenciadas y se midieron parámetros físico químicos de campo, una de estas fuentes fue seleccionada para realizar el análisis de iones mayoritarios y la clasificación de las aguas correspondientes. Se presenta adicionalmente un resumen de las condiciones del entorno de los sitios.

Finalmente se presentan algunas conclusiones relativas a los resultados obtenidos y una serie de recomendaciones orientadas hacia la protección y conservación del recurso hídrico del municipio.

Debido a que la toma de muestras y la medición de parámetros físico químicos se limita a 2 y tres registros respectivamente, deben tomarse los datos aquí presentados, con la consideración correspondiente.

OBJETIVO

Presentar un avance del trabajo realizado para el inventario de fuentes y la medición de parámetros físico – químicos de campo en el municipio de Ciudad Delgado.

METODOLOGÍA

El trabajo comprende dos etapas, la primera corresponde al inventario de fuentes y la segunda a la toma de muestras para análisis químico.

En la primera etapa, se realizó la identificación de fuentes de agua en el municipio, para lo cual, la Unidad Ambiental de la comuna se contactó con personal de otras unidades que conociera dichos puntos en las comunidades y poder así llegar seguramente a ellos (figuras 1 y 2).



Figura 1. Personal de la Alcaldía apoyando la investigación (Tecotrino, Col. San Vicente de Paúl)

Cada fuente de agua fue georeferenciada con un GPS marca GARMIN modelo Summit HC con precisión oscilando entre +/- 5m.

Se midieron parámetros físico químicos de campo en las aguas de cada fuente identificada, las medidas fueron tomadas con una sonda multiparámetros marca YSI, modelo 556, propiedad de la Universidad de El Salvador. Para realizar las lecturas la sonda fue previamente calibrada con soluciones buffer de pH, Conductividad Eléctrica y el oxígeno disuelto fue saturado con vapor de agua para calibrarlo. En el campo, la sonda fue aclarada con agua de la fuente para evitar contaminación cruzada en los datos; en los manantiales las mediciones se realizaron en la descarga del agua subterránea o en el punto más cercano a ella, donde siempre había circulación del agua del acuífero.



Figura 2. Fuente CIUDEL-MA-01, lavaderos públicos, Com. Las Arboledas.

Los parámetros medidos en campo fueron:

1. Temperatura ambiente (°C)
2. Temperatura del agua (°C)
3. Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
4. Sólidos totales disueltos (g/L)
5. Salinidad
6. Porcentaje de oxígeno disuelto
7. Oxígeno disuelto (mg/L)
8. pH
9. Potencial de óxido -reducción

En la segunda etapa, se tomaron muestras de agua para análisis químico e isotópico de agua en el laboratorio, las cuales fueron colectadas en frascos de polietileno de alta densidad (HDPE) de 16 oz para análisis químico y 2 oz para análisis isotópico.

Las muestras para análisis químico fueron tomadas en dos frascos separados (de 16 oz c/u), y filtradas con filtros millipore tipo HVLP 0.45 μm con la ayuda de una bomba de vacío (Figura 3); la muestra para análisis de cationes mayoritarios fue acidificada hasta lograr un pH de 2, con Acido nítrico (HNO_3) al 69.8% de pureza, la muestra para análisis de aniones mayoritarios solamente fue filtrada (Figura 3). Ambas muestras fueron conservadas en una hielera procurando una temperatura cercana a los 4 $^{\circ}\text{C}$ y trasladadas el mismo día al laboratorio para su análisis.



Figura 3. Etapa de toma de muestras en el manantial CIUDEL-MA-09

La muestra de 2 oz para análisis de isótopos ambientales de Oxígeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$) y Deuterio ($\delta^2\text{H}$) no requiere ningún proceso de filtrado o conservación, por lo que solamente fue almacenada para su envío al Laboratorio de Isótopos Ambientales de la Universidad de Waterloo, Ontario, Canada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del inventario realizado se identificaron 14 fuentes que corresponden a 10 manantiales y 4 pozos excavados o de gran diámetro (Tabla 1)

Los manantiales, al igual que los pozos excavados se encuentran distribuidos principalmente en las márgenes de los ríos Acelhuate y Arenales, se identificaron también pozos excavados en las márgenes del río Chagüite (Mapa 1), mostrando el aporte de caudal que estas fuentes hacen a los cursos de agua superficial en el municipio.

CONDICIONES DE LAS FUENTES

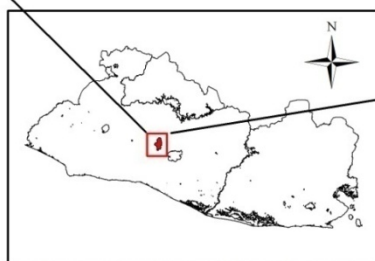
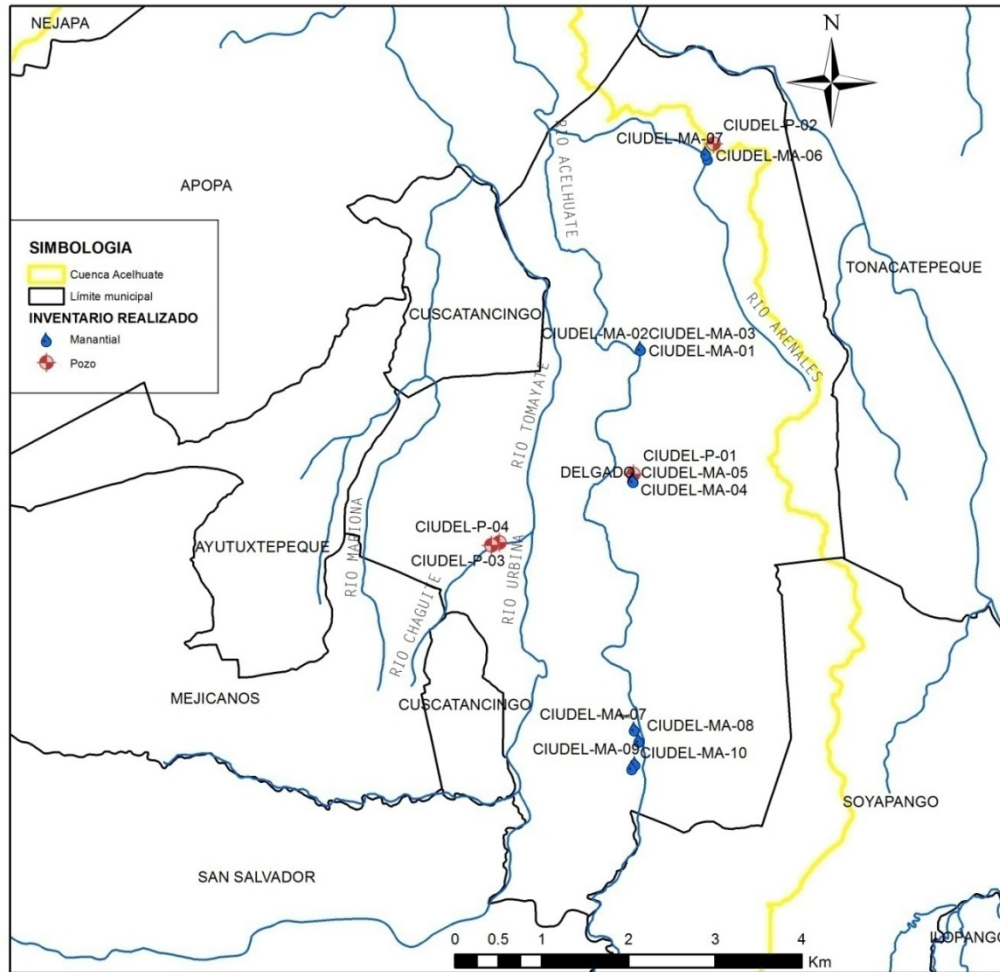
De las fuentes identificadas, los pozos excavados CIUDEL-P-01, CIUDEL-P-02 Y CIUDEL-P-04 son utilizados para abastecimiento de las familias propietarias (Figura 4), el manantial CIUDEL-MA-04 se utiliza para el abastecimiento de la comunidad Altiplano, razón por la cual tienen una estructura de protección de la fuente. El resto de las fuentes se utilizan para oficios y recreo (Tabla 1). El monitoreo de calidad del agua es realizado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.



Figura 4. Pozo para abastecimiento familiar CIUDEL-P-02

Los manantiales CIUDEL-MA-01, CIUDEL-MA-02, CIUDEL MA-03, CIUDEL-MA-07, CIUDEL-MA-08, CIUDEL-MA-09 Y CIUDEL-MA-10 se encuentran en las márgenes del río Acelhuate, por lo que su descarga es inmediata hacia dicho curso de agua.

MAPA 1 INVENTARIO DE FUENTES EN EL MUNICIPIO DE CIUDAD DELGADO



CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE ÁREAS DE RECARGA EN EL ACUÍFERO DE SAN SALVADOR.
 ING. MARCIA DE CALDERÓN
 UES 2009

También se apreció que en las zonas donde se identificaron las fuentes de agua, la población carece en muchos casos de la infraestructura de saneamiento básico, por lo que también localmente se contribuye a la contaminación de las mismas (Figura 5).



Figura 5. Lavaderos públicos, Com. Las Arboledas. CIUDEL-MA-01, CIUDEL-MA-02 Y CIUDEL-MA-03

ETAPA DE INVENTARIO DE FUENTES

Se han medido parámetros físico – químicos de campo en las 14 fuentes identificadas y se ha monitoreado el manantial CUS-MA-09 con dichos parámetros en 2 ocasiones más ya que este punto se seleccionó para lo toma de análisis químico de agua en el laboratorio (Tabla 1)

TABLA 1 INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA MUNICIPIO DE CUSCATANCINGO

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CODIGO	CIUDEL-MA-01	CIUDEL-MA-02	CIUDEL-MA-03	CIUDEL-P-01	CIUDEL-MA-04	CIUDEL-MA-05	CIUDEL-MA-06	CIUDEL-MA-07	CIUDEL-P-02	CIUDEL-P-03	CIUDEL-P-04	CIUDEL-MA-11	CIUDEL-MA-08	CIUDEL-MA-09	CIUDEL-MA-10
NOMBRE	Lav. Publicos 1	Lav. Publicos 2	Lav. Publicos 3	Pozo Fam. Orellana	Agua Caliente	La Pila	Virtiente La Ceiba 1	Virtiente La Ceiba 2	Pozo Fam. Melendez	Lot. El Chaguite 1	Lot. El Chaguite 2	La Pilona	San Vicente de Paul	Tecotrine	Santa Marta
FECHA INV	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09	15/05/09
X	482715.62	482715.62	482715.62	482633.54	482624.49	482630.49	483489.01	483468.02	483558.20	481088.88	480995.73	482643.60	482697.59	482652.35	482616.26
Y	293952.70	293952.70	293952.70	292496.17	292437.79	292428.56	296146.31	296204.71	296306.06	291707.49	291673.75	289561.47	289432.37	289161.98	289115.91
UBIC	Com. Las Arboledas	Com. Las Arboledas	Com. Las Arboledas	Lot. Atlacatl, Com. Altiplano	Com. Altiplano	Com. Altiplano	Canton Cabanas, Bola de Monte	Canton Cabanas, Bola de Monte	Canton Cabanas, Bola de Monte	Ctn. Arenales, Cerro El Chaguite	Ctn. Arenales, Cerro El Chaguite	Col. Lomas del Rio	Col. San Vicente de Paul	Col. San Vicente de Paul	Col. Santa Marta
TIPO	Manantial	Manantial	Manantial	Pozo	Manantial	Manantial	Manantial	Manantial	Pozo	Pozo	Pozo	Manantial	Manantial	Manantial	Manantial
HPOZO	0.00	0.00	0.00	26.36	0.00	0.00	0.00	0.00	30.60	0.00	9.36	0.00	0.00	0.00	0.00
NF	0.00	0.00	0.00	25.80	0.00	0.00	0.00	0.00	33.70	0.00	6.52	0.00	0.00	0.00	0.00
HBROQUEL	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00
DIAMETRO	0.00	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00
PROPIETARI				Juan Fco. Orellana					Olivero Melendez		Finca El Chaguite				
USO	Oficios	Oficios	Oficios	Abastecimiento	Abastecimiento	Oficios	Oficios	Oficios	Abastecimiento	Oficios	Abastecimiento	Oficios y abastecimiento	Recreacion y abastecimiento	Recreacion y abastecimiento	Oficios y abastecimiento
ADMON				Privada					Privada		Privada				
LAT_G	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
LAT_M	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	47.00	47.00	47.00	44.00	44.00	43.00	43.00	43.00	43.00
LAT_S	59.40	59.40	59.40	12.00	10.10	9.80	10.80	12.70	16.00	46.30	45.20	36.50	32.30	23.50	22.00
LON_G	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00
LON_M	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CODIGO	CIUDEL-MA-01	CIUDEL-MA-02	CIUDEL-MA-03	CIUDEL-P-01	CIUDEL-MA-04	CIUDEL-MA-05	CIUDEL-MA-06	CIUDEL-MA-07	CIUDEL-P-02	CIUDEL-P-03	CIUDEL-P-04	CIUDEL-MA-11	CIUDEL-MA-08	CIUDEL-MA-09	CIUDEL-MA-10
NOMBRE	Lav. Publicos 1	Lav. Publicos 2	Lav. Publicos 3	Pozo Fam. Orellana	Agua Caliente	La Pila	Virtiente La Ceiba 1	Virtiente La Ceiba 2	Pozo Fam. Melendez	Lot. El Chaguite 1	Lot. El Chaguite 2	La Pilona	San Vicente de Paul	Tecotrine	Santa Marta
LON_S	35.40	35.40	35.40	38.10	38.40	38.20	9.70	10.40	7.40	29.50	32.60	37.70	35.90	37.40	38.60
H	450.65	450.65	450.65	537.00	568.00	571.00	448.00	445.00	493.00	555.00	564.00	557.00	576.00	551.00	551.00
PH	5.43	4.23	5.58	5.34	4.94	6.48	5.96	6.00	6.08	6.38	4.71	6.74	6.64	7.14	6.44
TH2O	29.31	29.48	28.80	28.33	29.73	25.82	25.84	25.94	27.57	25.27	24.71	28.10	25.95	31.93	32.94
COND	315.00	315.00	414.00	285.00	305.00	290.00	303.00	326.00	191.00	393.00	356.00	845.00	704.00	720.00	734.00
TDS	0.19	0.19	0.25	0.17	0.18	0.19	0.19	0.21	0.12	0.26	0.23	0.52	0.45	0.41	0.41
SAL	0.14	0.14	0.18	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15	0.08	0.19	0.17	0.39	0.33	0.30	0.30
DO_%	42.90	45.60	6.20	56.70	54.40	9.10	31.60	12.00	49.20	27.70	25.00	65.50	76.70	97.40	34.90
DO_MGL	3.28	3.48	0.48	4.41	4.13	0.75	2.57	0.95	3.87	2.25	2.08	5.04	6.22	7.11	2.51
ORP	132.00	233.30	-138.70	172.40	193.10	-219.50	131.60	-12.70	154.80	156.70	241.20	193.00	80.60	144.40	158.10
OBSERV	Orillas del acelhuate	Orillas del acelhuate	Orillas del acelhuate	Ha tenido reportes de presencia de azufre	Nace en talpetate blanco	Pomez en matriz arcillosa	Nace en arena fina	Nace en arena fina	Talpetate bajo capa de tierra blanca	Nace en arena	Nace en talpetate	Pomez y talpetate		Pomez y talpetate	Estrato rocoso

Temperatura

Los rangos de temperatura oscilan entre 24.71 °C en el Pozo CIUDEL-P-04, ubicado en las riberas del río El Chagüite y 32.94 °C en el manantial CIUDEL-MA-10 conocido como Santa Marta (Figura 6). Los valores de temperatura registrados se encuentran en el rango recomendado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable de enero de 1999 (Anexo 1), a excepción de las fuentes CIUDEL-MA-09 y CIUDEL-MA-10 que superan los 30 °C, aunque el valor máximo que se establece es “No rechazable”.

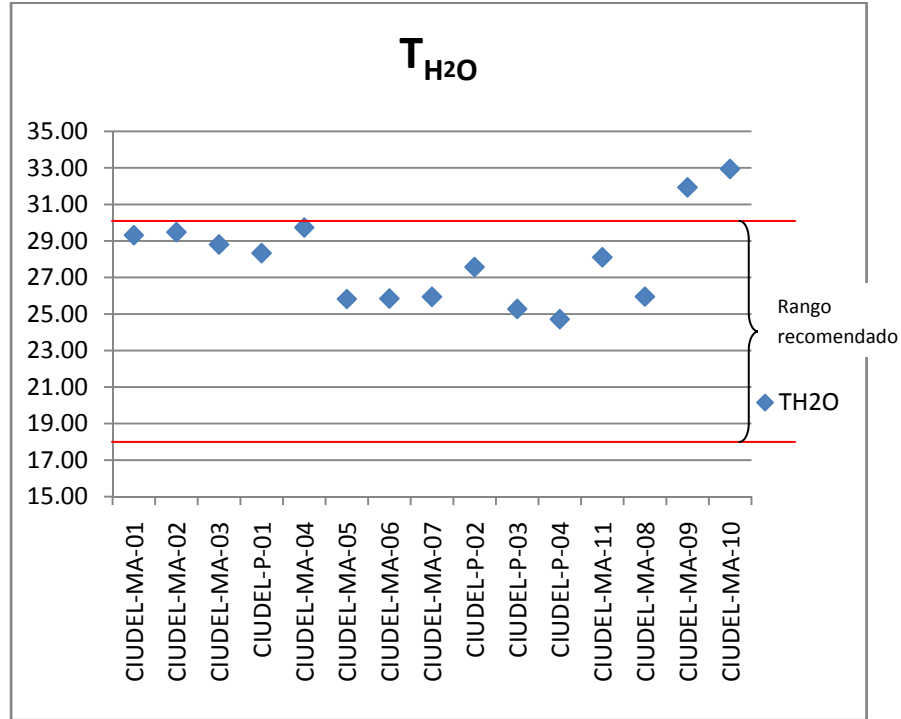


Figura 6. Variación de Temperatura en las fuentes de agua del municipio

Las fuentes antes mencionadas se encuentran geográficamente cercanas, por lo que podrían ser descargas del mismo acuífero, los valores de temperatura elevados podrían estar asociados a una influencia geotermal, estudios más detallados se requieren para confirmar esta hipótesis.

Conductividad Eléctrica.

Es la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, igual al recíproco de la resistencia (por lo general, más iones representan una conductividad más alta)

Los valores de la conductividad eléctrica variaron entre 191 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el pozo CIUDEL-P-02 propiedad de la Fam. Meléndez y utilizado para consumo humano; y 845 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el manantial CIUDEL-MA-11, conocido como La Pilona en la colonia Lomas del Río, en las riberas del río Acelhuate. El rango de valores corresponde a aguas dulces (Figura 7) y según la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable de enero de 1999 (donde se consideraba este parámetro), los valores se encuentran dentro del rango aceptable.(Anexo 1)

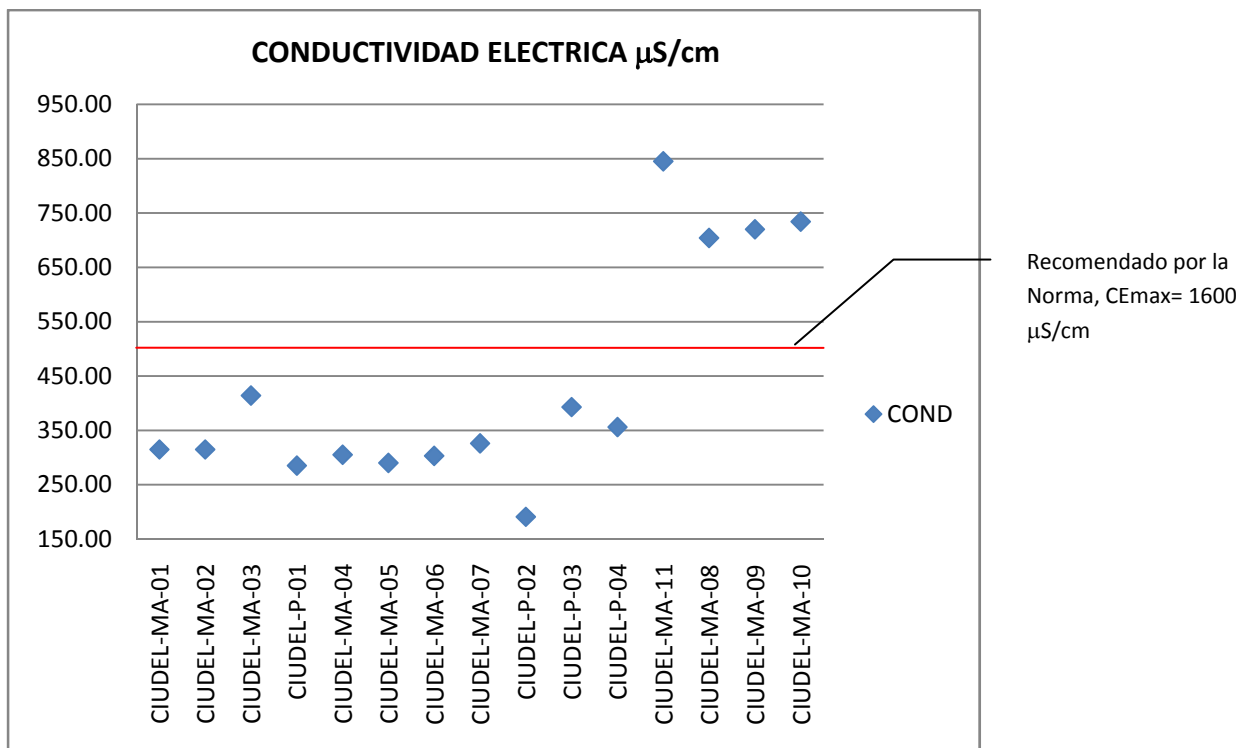


Figura 7. Variación de la Conductividad Eléctrica en las fuentes de agua del municipio

Los 4 manantiales cuyos valores de conductividad se encuentran por arriba del valor recomendado por la Norma están geográficamente cercanos, en las riberas del acelhuate y sus valores pueden ser asociados con un mayor tiempo de residencia del agua subterránea, es decir, el agua ha estado por más tiempo en contacto con la roca que aquellos cuyos valores de conductividad se encuentran más bajos. Aunque estos cuatro manantiales se encuentran por arriba del valor recomendado en la Norma, no superan el máximo establecido en la misma (Anexo 1). Los pozos CIUDEL-P-01, CIUDEL-P-02 Y CIUDEL-P-04 presentaron valores de conductividad por debajo del valor recomendado.

pH

El pH es una medida de la acidez o basicidad de una solución. La sigla significa "potencial de hidrógeno". Los valores de pH varían de 0 a 14 en soluciones acuosas, se consideran ácidas las soluciones con pH menores a 7 y básicas las que tienen pH mayores a 7. Se consideran neutras aquellas soluciones con valores de pH=7.

Los valores de pH registrados en los puntos del inventario oscilaron entre 4.23 en el manantial CIUDEL-MA-02 que se encuentra en la orilla del río Acelhuate y un valor de 7.14 en el manantial CIUDEL-MA-09 (Figura 8) que corresponde con uno de los manantiales que mayores temperaturas y conductividad eléctrica han presentado.

En 7 de los 15 puntos registrados se han obtenido valores de pH por debajo del límite mínimo permitido en la Norma Salvadoreña Obligatorio NSO 13.07.01.04 Agua. Agua Potable, 2006 (Anexo 2), los pozos CIUDEL-P-01 y CIUDEL-P-04 que son utilizados para consumo humano han presentado valores por debajo del límite mínimo de la norma, aunque el valor de pH ácido en sí, no se considera perjudicial para la salud, podría estar ocasionando la solubilidad de elementos que en forma iónica sí lo son, sin embargo, debido a que el registro de los datos presentados en este informe corresponde a un solo día no pueden tomarse estos valores como representativos del acuífero sin antes realizar un monitoreo de estas aguas.

En general, puede decirse que en la fecha del registro de los parámetros físico químicos la tendencia de las aguas del municipio es de aguas ácidas, solamente el manantial CIUDEL-MA-09 presenta un valor de pH=7.14 cuya clasificación corresponde a la de aguas básicas.

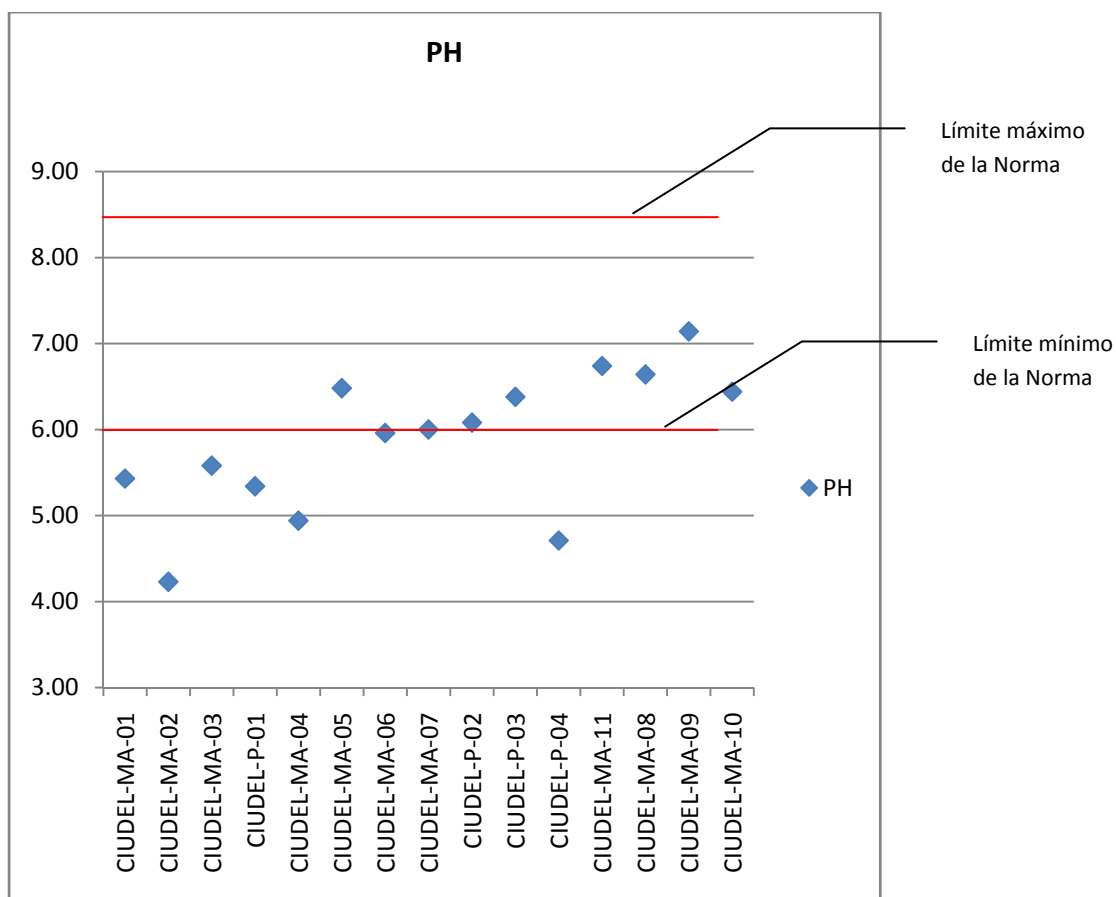


Figura 8. Variación del pH en las fuentes de agua del municipio

ETAPA DE TOMA DE MUESTRAS

El manantial CIUDEL-MA-09 fue seleccionado como punto de monitoreo y toma de muestra para el análisis químico del agua en el laboratorio. Tres jornadas de campo para monitoreo de parámetros físico químicos fueron llevadas a cabo, en estas jornadas fueron medidos los valores de pH, Tamb, Tagua, Conductividad, TDS, Salinidad, Oxígeno disuelto y Potencial REDOX (Anexo 3 y Figura 9).

Se llevaron a cabo 2 jornadas de muestreo, la primera fue analizada en el laboratorio de Servicios Analíticos Procafé, la segunda en el laboratorio de Control de Calidad y Control de Contaminantes de la ANDA, a excepción del Sodio y el Potasio que fueron analizados en el primero por no prestarse dichos servicios en el segundo (Anexo 3).

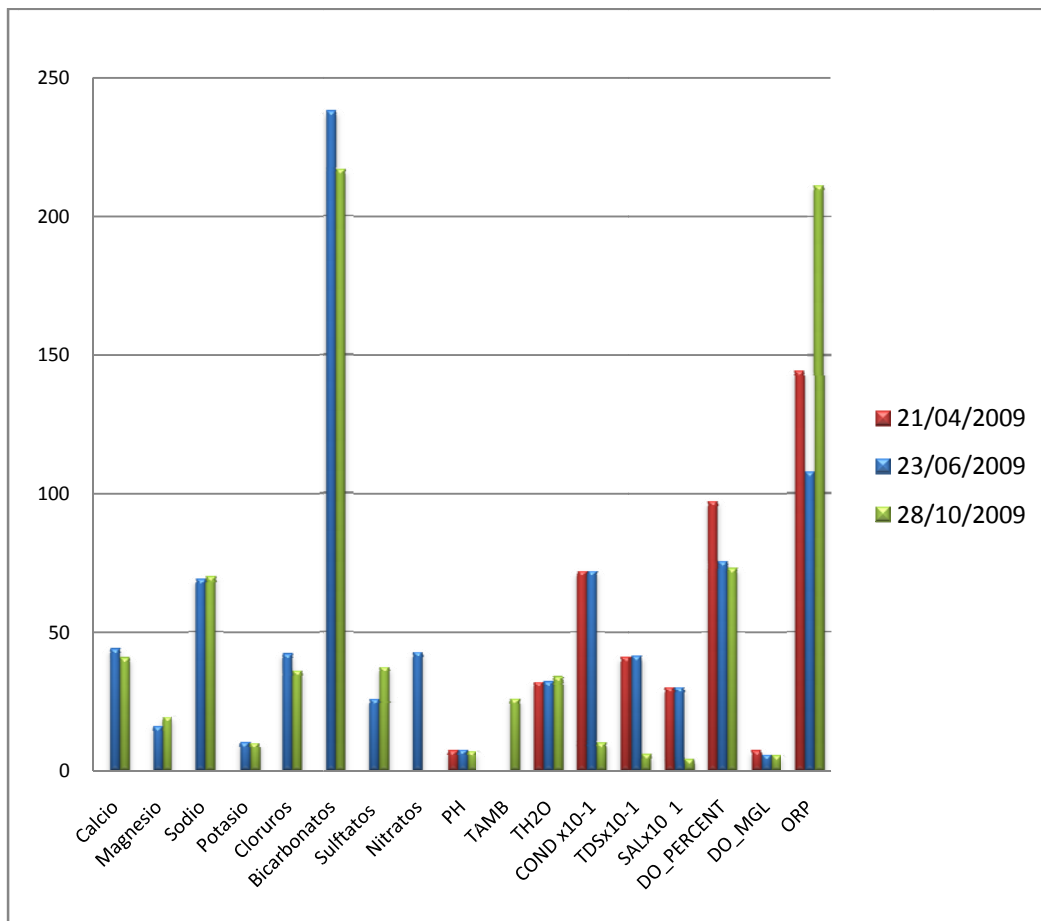


Figura 9. Monitoreo de la Fuente CIUDEL-MA-09

Los parámetros de campo medidos en los meses de abril y junio no presentan diferencias notables, esto podría deberse a que la influencia de la época lluviosa todavía no era perceptible en el acuífero, las mediciones realizadas a finales de octubre permiten apreciar la influencia estacional en el agua del manantial, se observa dilución de las aguas debido a un valor de conductividad eléctrica más bajo, este valor redujo en un 86% su valor de la época seca. La

temperatura no presenta cambios notables. El potencial REDOX presenta un incremento en su valor con la influencia estacional de la época lluviosa.

Los iones disueltos en el agua presentan una variación baja debido al efecto estacional, pudiéndose considerar que son valores representativos del acuífero en este punto, para mayor exactitud, se requiere un monitoreo más frecuente.

La elevada concentración de bicarbonatos es propia de procesos de disolución de la roca en el paso del agua por las unidades geológicas del subsuelo, y debido a las concentraciones que presentan, pueden considerarse como Bicarbonatadas Sódicas (Figura 10).

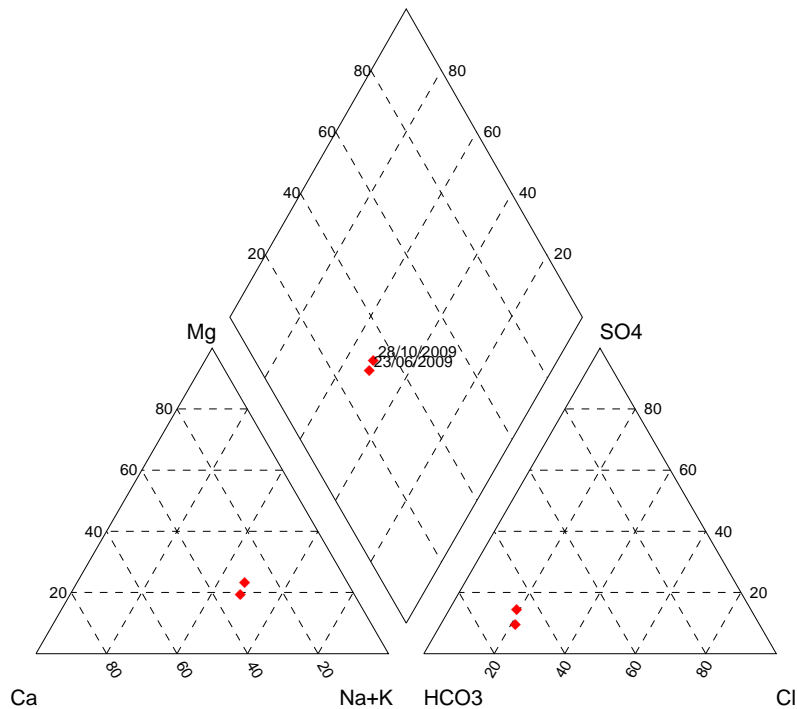


Figura 10. Diagrama de Piper para la Fuente CIUDEL-MA-09

Los nitratos presentan un valor de 43.00 mg/L, el cual es elevado en el análisis realizado para la muestra del mes de junio, ya que el máximo permitido por la Norma Salvadoreña Obligatorio NSO 13.07.01.04 Agua. Agua Potable, 2006 (Anexo 2) es de 45 mg/L; este resultado puede asociarse con la contaminación por letrinas, fosas sépticas y descargas de aguas grises en la zona, dada la falta de un saneamiento básico adecuado en las zonas circundantes.

CONCLUSIONES

- En general las condiciones de las fuentes del municipio no cuentan con una zona definida de protección de las mismas, la cual es requerida para evitar la contaminación del recurso.
- Se evidenció por medio de indicadores biológicos que el río Chagüite todavía cuenta con características físico – químicas para la existencia de peces.
- El municipio de Ciudad Delgado cuenta con un alto potencial de recurso hídrico, puede considerarse que es uno de los municipios con mayor presencia de manantiales en el área metropolitana de San Salvador, siendo un importante aporte a los caudales bases de los ríos a los cuales descarga y por lo tanto un factor clave para la capacidad de autorecuperación de los mismos.
- Las fuentes de agua del municipio se encuentran dentro de los rangos establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatorio NSO 13.07.01.04 Agua. Agua Potable, 2006, para los parámetros físico químicos siguientes: Conductividad Eléctrica y Temperatura, para el pH las fuentes CIUDEL-MA-01, CIUDEL-MA-02, CIUDEL-MA-03, CIUDEL-MA-04, CIUDEL-MA-06, CIUDEL-P-01 Y CIUDEL-P-04 se encuentran por debajo del límite mínimo de la norma, el resto se encuentra en el rango recomendado por la misma, sin embargo, se requiere un monitoreo más intensivo para poder determinar la tendencia de acidez o basicidad de dichas fuentes.
- El agua del manantial CIUDEL-MA-09 puede ser caracterizada como Bicarbonatada Sódica como resultado de los análisis químicos realizados en la misma durante los meses de junio y agosto.
- Se aprecia una contaminación por nitratos en la fuente CIUDEL-MA-09, cuyo valor medido fue de 43 mg/L y se encuentra cercano al límite máximo permitido en la norma, esta condición puede ser atribuida a los sistemas sépticos, de letrinas y de aguas grises de las comunidades circundantes de la fuente.

RECOMENDACIONES

- Elaborar una ordenanza municipal que permita delimitar las zonas de protección de las fuentes del municipio, esto deberá incluir medidas de integración de la población para lograr los objetivos.
- Implementar proyectos de saneamiento básico que ayuden a evitar la contaminación por descargas directas a los cuerpos de agua en las zonas del municipio que todavía carecen del servicio de alcantarillado sanitario.
- Implementar proyectos educativos que integren a las poblaciones que circundan las fuentes del municipio de forma tal que dichas personas se conviertan en vigilantes y protectores de los valiosos recursos hídricos con que se cuenta.
- Implementar un plan de monitoreo de los recursos hídricos del municipio con el objetivo de determinar el potencial de uso de los mismos.
- Solicitar servicios en horas sociales a la Universidad de El Salvador para realizar un programa de medición de caudales de las fuentes del municipio y determinar así su potencial de explotación.

REFERENCIAS

- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. **Norma Salvadoreña Obligatorio NSO 13.07.01.04 Agua. Agua Potable**, 2006
- Ministerio de Salud – CONACYT – COSUDE. **Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable**. Enero, 1999.
- C.A.J. Apello, D. Postma. **Geochemistry, groundwater and pollution**. 2nd Edition, 2005.

Anexo 1

Requisitos de Calidad Físico - Químicos

Tabla No 2
Valores para Agua Potable

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Color Aparente	-	NR	-
Color Verdadero	Mg/l (Pt-Co)	-	15
Conductividad	$\mu\text{mho/cm}$ a 25°C	500	1,600
Olor	No de umbral de Olor	NR	3
pH	-	6.0 - 8.5	-
Sabor	No de umbral de Sabor	NR	1
Sólidos totales disueltos	mg/l	300	600
Temperatura	°C	18a 30	NR*
Turbiedad	UNT	1	5

Fuente: Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable de enero de 1999. Sección 3.2, Tabla No. 2

Anexo 2

Tabla 2
Límites permisibles de características físicas y organolépticas

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Color Verdadero	Pt-Co	15
Olor	-	No Rechazable
pH	-	8.5 ¹⁾
Sabor	-	No Rechazable
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000 ²⁾
Turbidez	UNT	5 ³⁾
Temperatura	°C	No Rechazable

¹⁾ Límite Mínimo Permissible 6.0 Unidades

²⁾ Por las condiciones propias del país.

³⁾ Para el agua tratada en la salida de planta de tratamiento de aguas superficiales, el Límite Máximo permissible es 1.

Tabla 4
Valores para sustancias químicas
de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE ¹⁾ mg/l
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr ⁺⁶)	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (NO ₃) ²⁾	45.00
Nitrito (Medido como Nitrógeno)	1.00
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01

¹⁾ Sujeto a mayores restricciones

²⁾ Dado que los nitratos y los nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de bebida, la suma de las razones de cada uno de ellos y su respectivo límite máximo permissible no debe superar la unidad, es decir

$$\frac{NO_3}{LMP.NO_3} + \frac{NO_2}{LMP.NO_2} \leq 1$$

Fuente: Norma Salvadoreña Obligatorio NSO 13.07.01.04 Agua. Agua Potable (2006)

ANEXO 3

Resultados de análisis de laboratorio

Fuente: CUS-MA-09
Col. San Vicente de Paúl, Ciudad Delgado

Parámetro	Unidades	21/04/2009	23/06/2009			28/10/2009		
		Valor	Valor	Sitio	Método	Valor	Sitio de medición	Método
Calcio	mg/L		44.00	PROCAFE	Absorción Atómica	40.76	ANDA	Titulométrico 3500 - CaB Edta
Magnesio	mg/L		16.00	PROCAFE	Absorción Atómica	19.45	ANDA	Calculo
Sodio	mg/L		69.00	PROCAFE	Absorción Atómica	70.00	ANDA	Absorción Atómica
Potasio	mg/L		10.00	PROCAFE	Absorción Atómica	9.70	ANDA	Absorción Atómica
Cloruros	mg/L		42.15	PROCAFE	Argentometría	35.98	ANDA	Cálculo
Bicarbonatos	mg/L		238.00	PROCAFE	Volumetría	216.89	ANDA	Volumétrico
Sulfatos	mg/L		25.74	PROCAFE	Turbidímetro	37.40	ANDA	Turbidímetro
Nitratos	mg/L		43.00	PROCAFE	Colorimetría		ANDA	4500-NO3-D
PH		7.14	7.36	Campo	YSI 560	6.85	Campo	YSI 560
TAMB	°C			Campo		25.80	Campo	
TH2O	°C	31.93	32.00	Campo		33.80	Campo	
COND x10 ⁻¹	μS/cm	72.00	72.10	Campo		9.90	Campo	
TDSx10 ⁻¹	g/L	41.00	41.40	Campo		5.80	Campo	
SALx10 ¹		30.00	30.00	Campo		4.00	Campo	
DO_PERCENT	mg/L	97.40	75.60	Campo		73.10	Campo	
DO_MGL	%	7.11	5.51	Campo		5.37	Campo	
ORP		144.40	107.90	Campo		211.40	Campo	