

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL



<http://opn.to/a/oGVsM>

Calidad del agua subterránea en el municipio Jimaguayú

Quality of the Underground Water in the Municipality Jimaguayú

Ing. Lisset Maria Pérez-Gómez¹, MSc. Pedro Guerrero-Posada Téc. Martha de la Caridad Suarez-Acuña
Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Camagüey, provincia de Camagüey, Cuba.

RESUMEN. Con el objetivo de efectuar un monitoreo a la situación actual de los indicadores de calidad de las aguas subterráneas y establecer las medidas para alcanzar los parámetros adecuados para las actividades de riego, abasto a la ganadería y el consumo humano, se realizó un estudio diagnóstico de las aguas subterráneas disponibles para el sector agropecuario en unidades productivas seleccionadas y comunidades importantes del municipio Jimaguayú, utilizando como criterio las normas establecidas para la calidad del agua. Se efectuó un análisis de los resultados de los muestreos físico químicos y bacteriológicos de a los puntos evaluados. Como resultado del estudio se ha determinado que las aguas están afectadas en muchos puntos observados, con peligro de salinización por altos valores de conductividad eléctrica y de toxicidad a los cultivos por elevados tenores de sodio y cloro en las fuentes correspondientes a las vaquerías 5-29 y 12-11 y el pozo 1 de la vaquería 12-2 empleadas para el riego, y presencia de nitratos y coliformes fecales en las diez fuentes destinadas al consumo humano en las vaquerías, concluyéndose que será necesario aplicar medidas que permitan mejorar la calidad de las aguas subterráneas.

Palabras clave: riego, consumo humano, consumo animal, salud humana, suelo.

ABSTRACT. With the objective to monitoring the current situation of the indicators of quality of the underground waters and to establish the measures to reach the appropriate parameters for the irrigation activities, supply to the cattle raising and the human consumption, was carried out a diagnostic study of the available underground waters for the agricultural sector in selected productive units and important communities of the municipality Jimaguayú, using as approach the established norms for the quality of the water. It was carried out an analysis of the results of the physic-chemical and bacteriological samplings in the evaluated points. As a result of the study was determined that the waters are affected in many of the observed points, with danger of salinity with high values of electric conductivity and of toxicity to the crops due to the high tenors of sodium and chlorine in the sources corresponding to the dairies 5-29 and 12-11 and the well 1 of the dairy 12-2 used for the irrigation, and the presence of nitrates and fecal contamination in the sources dedicated to the human consumption in the dairies, being concluded that it will be necessary to apply measures that allow to improve the quality of the underground waters.

Keywords: irrigation, human consumption, animal consumption, human health.

INTRODUCCION

En la actualidad se afronta una seria crisis del agua, influida por el cambio climático que genera períodos de sequía o inundaciones temporales; el cambio climático está afectando el patrón de precipitaciones a nivel global (Bueno de Mezquita, 2003).

Cuba no está exenta de este fenómeno, los estudios realizados sobre su influencia en la disponibilidad de las aguas indican que las condiciones de sequía pueden incrementarse, lo cual se reflejará de forma negativa en la calidad de las aguas debido a

* Autor para correspondencia: Lisset Pérez-Gómez, e-mail: lisset@eahcmg.hidro.cu

Recibido: 23/9/2018.

Aprobado: 31/05/2019.

la limitación de los recursos hídricos, al aumento de la contaminación de embalses y ríos y a la excesiva explotación de las aguas subterráneas, por estos motivos esta temática adquiere cada día más actualidad e importancia.

La provincia de Camagüey es notablemente llana y posee el 65% de los acuíferos subterráneos en rocas de baja permeabilidad, esta fuente es considerada de gran importancia teniendo en cuenta que de ella dependen muchas poblaciones importantes. En el municipio Jimaguayú la posibilidad de utilización de sus aguas superficiales es limitada, por ello se convierte en una necesidad la explotación de las aguas subterráneas como fuente fundamental de abasto a las personas, al ganado y para el riego (Cisneros *et al.*, 2016).

Investigadores como Robledo *et al.* (2014), hacen énfasis en que la calidad del agua es un tema muy importante desde el punto de vista económico, ecológico y político, expresan que el agua es uno de los recursos naturales esenciales para la vida por lo que su calidad tiene clara influencia sobre la salud de las plantas, los animales y el hombre. Estos autores han señalado que el término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos

naturales y actividades humanas, siendo un término neutral que no puede ser clasificado sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad de las aguas subterráneas en puntos seleccionados del municipio Jimaguayú destinados al abasto animal, riego y consumo humano, proponiéndose medidas para su conservación o mejoramiento.

MÉTODOS

El estudio se realiza en el municipio Jimaguayú de la provincia Camagüey, Cuba, el cual es atravesado por el parte aguas regional, presenta condiciones geoclimáticas y de vegetación que propician la evaporación y el escurrimiento acelerado de las aguas en la superficie, lo que lo hace vulnerable del recurso agua, no obstante tiene un buen desarrollo de la red de drenaje. Para el trabajo se seleccionaron 15 puntos, entre ellos, las áreas de dos unidades productivas, también fueron utilizados puntos de monitoreo de la Red de Calidad de las Aguas de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Camagüey (EAHC) ubicados en los principales asentamientos humanos del municipio; el muestreo se efectuó al final del periodo seco 2014.

TABLA 1. Puntos de observación y destino del agua consumida

Puntos de muestreo	No.	Uso		
		Riego	Humano	Animal
Nicaragua	1		x	
Quan Tree	2		x	
Rescate de Sanguily	3		x	
Las Cruces	4		x	
Bidot	5		x	
Pozo 1 Vaquería 5- 30	6	x	x	
Vaquería 5- 29	7	x	x	
Pozo 1 Vaquería 12- 4	8	x	x	
Pozo 1 Vaquería 12- 2	9	x	x	
Vaquería 12- 11	10	x	x	
Pozo 2 Vaquería 5- 30	11		x	x
Vaquería 5- 32	12		x	x
Pozo 2 Vaquería 12-4	13		x	x
Pozo 2 Vaquería 12- 2	14		x	x
Vaquería 12- 15	15		x	x

La Tabla 1 muestra el uso de los 15 pozos seleccionados para la muestra. El trabajo se desarrolló según el siguiente procedimiento: localización y ubicación geográfica mediante GPS de las fuentes de abasto de agua subterránea, obtención de la información disponible en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) sobre las fuentes de abasto de agua subterránea, toma de muestras de agua, análisis químico y bacteriológico de parámetros de calidad de las aguas en el laboratorio de calidad del agua del INRH de la provincia Camagüey, y valoración de las medidas posibles a implementar para reducir la contaminación..

Se midió el pH y la CE con equipos destinados a ese fin, mediante análisis de laboratorio se determinó el nivel de iones CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , se calcularon los indicadores: Conductividad Eléctrica

(CE), Sales Solubles Totales (SST), Relación de Absorción de Sodio (RAS), Relación de Absorción de Sodio ajustada (SAR ajust), Salinidad Potencial (SP), Salinidad Efectiva (SE), Carbonato de Sodio Residual (CSR), Coliformes Totales (CT) y Termotolerantes (CTT). Para la valoración de la calidad del agua para consumo humano se tomaron como referencia las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud OMS (2008) y NC 1021: 14 (2014), en relación al uso agrícola se utilizaron los criterios de la norma cubana NC 1048:14 (2014) y de la publicación FAO-29 (Ayers y Westcot, 1987).

El suelo predominante en las áreas previstas a regar es el Pardo sin carbonatos; los cultivos a regar son Pasto Estrella y Bermuda, la técnica de riego empleada es el riego por aspersión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la identificación de los puntos de muestreo se realizó un recorrido por las áreas. En los pozos de las vaquerías no existe información en cuanto a la calidad del agua en años anteriores por no haber sido esto una práctica habitual en estas unidades, en tanto los pozos ubicados en los asentamientos

humanos si tienen un análisis histórico de calidad del agua debido a que son puntos de monitoreo del INRH a los que se les hacen análisis con frecuencia semestral al finalizar el periodo seco y el húmedo.

Los puntos escogidos brindan la información representativa de todo el municipio al estar distribuidos por todo el territorio (Figura 1).

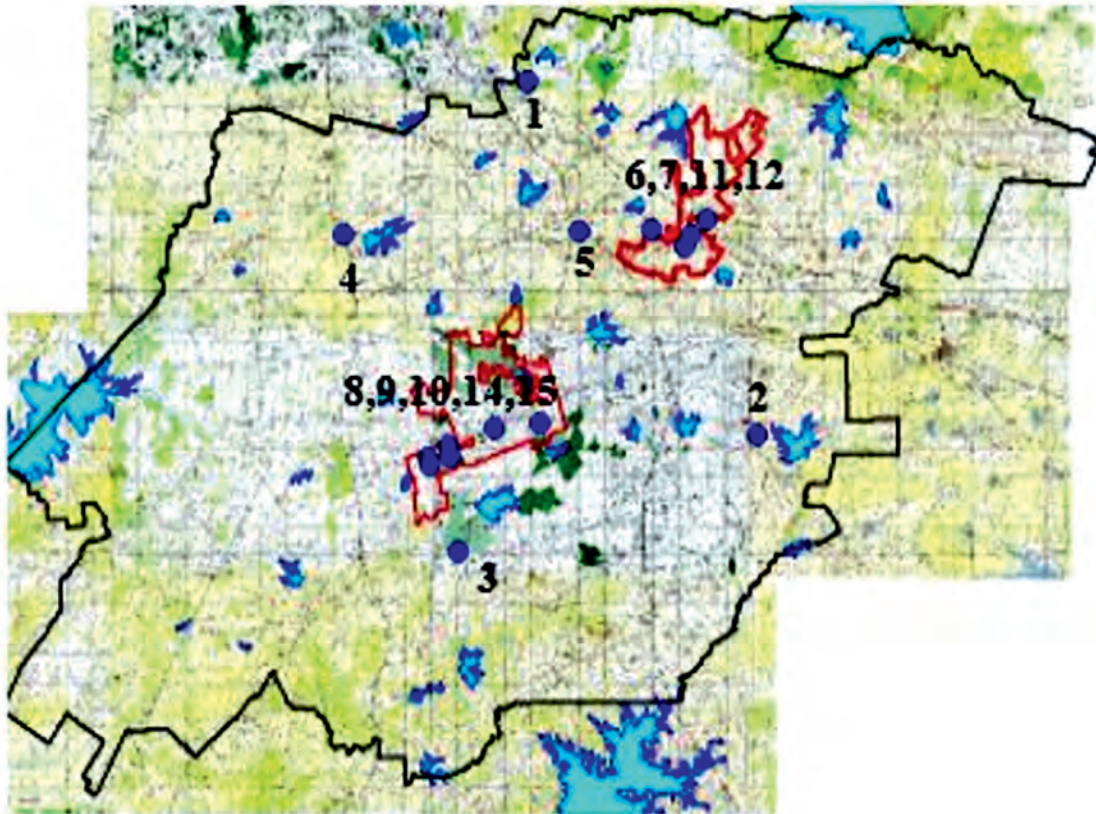


FIGURA 1. Ubicación territorial de los puntos de muestreo.

Después de seleccionados los pozos y ubicados se procedió a la toma de muestras; como resultado del muestreo se obtuvieron los datos que se anexan en las Tablas. 2 y 3.

TABLA 2. Resultados del Análisis Químico

No.	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ me/L	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NO ₃ ⁻ mg/L
1	0	7,52	1,41	1,25	3,97	4,36	1,91	0,22	66
2	0	8,96	4,65	1,82	5,56	3,13	6,61	0,39	63
3	0,47	3,28	0,85	2,03	0,59	3,37	1,48	0,76	23
4	0	5,60	1,97	1,40	1,19	5,10	1,39	1,41	12
5	0	9,28	5,50	2,15	1,19	5,10	9,78	0,73	57
6	0	5,75	2,82	3,32	3,57	3,79	4,21	0,04	72
7	0	7,19	12,41	4,17	7,15	7,90	9,35	0,10	31
8	0	7,60	0,70	2,56	5,56	0,41	2,61	1,97	6
9	0	8,08	3,95	2,20	6,35	2,80	4,09	1,08	41
10	0	8,00	3,24	2,89	6,75	2,80	3,52	1,13	69
11	0	1,28	0,56	2,18	1,19	0,58	0,48	1,87	2
12	0	1,83	0,42	2,01	1,19	0,99	0,61	1,61	8
13	0	7,19	2,26	1,94	3,57	3,13	3,22	1,06	5
14	0	9,11	0,99	1,12	4,57	2,14	3,00	1,45	3
15	0	7,52	2,11	2,60	4,76	1,97	4,22	1,30	18

El análisis estadístico indicó un error en el rango de 0,2 a 6,5%, lo que confirma la confiabilidad de los resultados.

TABLA 3. Indicadores físico químicos y bacteriológicos

No.	pH	CE (dS/m)	SST (mg/L)	RAS ajust (mmol/L ^{0,5})	SP (me/L)	CSR (me/L)	SE (me/L)	CT Colonia/100mL	CTT
1	7,36	0,925	779	0,858	1,69	-0,89	2,72	45	23
2	7,04	1,482	1144	3,047	5,34	0,20	6,61	23	2
3	8,06	0,506	382	0,767	1,12	-0,27	1,69	< 2	< 2
4	7,29	0,719	561	0,654	2,12	-0,76	2,08	50	<2
5	7,62	1,672	1270	4,964	6,95	2,91	9,78	39	23
6	7,04	0,970	832	1,762	3,78	-1,68	5,82	≥1600	≥ 1600
7	6,85	2,500	1534	3,309	14,10	-8,00	17,21	70	20
8	7,08	0,799	701	1,319	1,00	1,59	2,61	70	< 2
9	7,39	1,318	1010	1,781	4,77	-1,15	5,16	300	130
10	7,07	1,236	973	1,321	3,75	-1,63	5,07	130	80
11	6,87	0,181	157	0,224	0,72	-0,50	0,97	110	110
12	7,18	0,218	212	0,297	0,63	-0,36	0,96	70	20
13	7,13	0,928	752	1,545	2,70	0,43	3,22	≥1600	417
14	6,91	0,888	792	1,523	1,09	2,35	3,00	500	20
15	7,70	1,040	865	2,273	3,10	0,72	4,22	≥1600	484

Evaluación de la calidad del agua para riego

Efecto sobre el suelo

El suelo predominante según la norma cubana NC 1048:14 (2014), clasifica en el sub tipo V. La Tabla 4 resume los indicadores de evaluación de la calidad del agua para riego.

TABLA 4. Rango de indicadores de calidad del agua para suelos de Sub Tipo V (NC 1048:14, 2014)

Agrupaciones	U.M.	Calidad I	Calidad II	Calidad III
Conductividad eléctrica	dS/m	< 0,62	0,62 – 1,33	1,34 – 2,00
Sales solubles disueltas	mg/L	< 400	400 - 850	851 - 1300
RAS ajustada	(mmol/L) ^{0,5}	< 6	6 - 8	8,1 – 9,0
Salinidad efectiva	mmol/L	< 7	7 - 10	11 - 15
Na ⁺ (riego aspersion)	mmol/L	< 3	≥ 3	3
Cl ⁻ (riego aspersion) * ST	mmol/L	< 2	≥ 3	3
T	mmol/L	< 3	≥ 3	3
Carbonatos residuales	mmol/L	< 1,25	1,25 – 1,87	1,87 – 2,50

ST. Cultivo semi tolerante; T. Cultivo tolerante

Los problemas más importantes relativos a la calidad del agua de riego que afectan al suelo están asociados a la salinización y la sodificación que producen en estos la alta concentración de sales, la salinización afecta la presión osmótica del agua en el suelo, dificultando la absorción del agua y los nutrientes; la reducción del crecimiento de los cultivos por la salinidad es causada por el potencial osmótico ya que reduce la capacidad de las raíces de las plantas a extraer agua del suelo (De la Losa *et al.*, 2010, citados por García *et al.* (2014).

Según Ayers y Westcot (1987), en las cinco fuentes destinadas para el riego el pH resulta adecuado.

En la Tabla 5 se muestran los rangos de CE relacionados con el peligro de salinización. Los valores de CE obtenidos reflejan un riesgo potencial de salinizar el suelo con valores muy altos en los pozos señalados con los números 7 y 9, en tanto estas mismas fuentes y la número 10 presentan elevados valores de SST, la SE muestra un valor extremo en el pozo 7, sin embargo,

según García *et al.* (2014) al valorar la CE de cada muestra el RAS ajust indica todos los valores en un rango aceptable que no presenta peligro potencial de salinización.

TABLA 5. Clasificación de la FAO para el riesgo de salinidad (Ayers y Westcot, 1987)

Índice de salinidad	CE /dS/m)	Riesgo de salinidad
1	< 0,75	Sin problemas
2	0,75 – 3,0	Problemas crecientes
3	>3,0	Problemas serios

Los suelos predominantes en las áreas de riego tienen permeabilidad media (Cid *et al.* 2006 citados por González *et al.* (2016), aunque afectada por procesos de compactación debido al uso al que han sido sometidos durante años; la clasificación de la SP establece para estos suelos el rango entre 3 a 15 me/L para evitar el peligro de salinización, los valores obtenidos se encuentran en este rango, aunque con un valor extremo en la

fuelle 7. Considerando que en todos los casos la CE es menor de 3 dS/m, solo el agua proveniente del pozo 7 presenta peligro de afectación a la permeabilidad, criterio coincidente con el obtenido a partir de la valoración de la SP.

Los niveles de Na⁺ y Cl⁻ son generalmente altos, las fuentes 7, 9 y 10 muestran elevados valores de ambos iones y la fuente 6 también supera la norma en el ión Na⁺. La presencia de este ión en el agua de riego plantea la probabilidad de que por medio de intercambio catiónico pase a ocupar los sitios en el complejo adsorbente del suelo que antes lo ocupaban los cationes Ca²⁺ y Mg²⁺, esta sodificación del suelo disminuye su permeabilidad y favorece la formación de costras quedando modificadas las propiedades físicas y químicas del suelo con el deterioro lógico del cultivo (Nakadidze y Simeón (1972), citados por Herrera y González (2015).

El riesgo de sodicidad se determina según el RAS ajust que valora las muestras sin problemas (< 6 mmol/L^{0.5}). Otro criterio sobre el peligro de sodicidad es el CSR, en este caso el pozo 8 clasifica en la segunda categoría (2,5 a 1,5 me/L), que la describe de dudosa calidad (Ayers y Westcot, 1987).

En resumen, la muestra de agua del pozo 7 clasifica de calidad III, en tanto las muestras de los pozos 9 y 10 clasifican de calidad II según la norma cubana NC 1048:14 (2014).

Efecto sobre el cultivo

El pH es uno de los indicadores para medir la calidad del agua debido a que este tiene efectos negativos si no es el óptimo en el desarrollo de la planta; (Pizarro, 1985; Pérez, 2011), hacen referencia a que la influencia del pH en los cultivos es más bien indirecta y está relacionada con la disponibilidad de los nutrientes para la planta, principalmente deficiencias de Ca²⁺ o Mg²⁺ o de ambos y en algunos casos toxicidad de aluminio (Al) o manganeso (Mn). Según su pH, las aguas de las fuentes utilizadas para riego se clasifican como neutras a ligeramente alcalinas, lo que significa que pueden provocar problemas menores de precipitación.

La CE afecta el crecimiento de las plantas debido a que incrementa la presión osmótica del suelo haciendo que se dificulte la adsorción del agua por las raíces. Se ha establecido una relación general entre la conductividad eléctrica del agua y el riesgo que esta representa (Samboni *et al.*, 2007, citados por Robledo et al. (2014), los resultados indican riesgo ligero (0,7 < CE < 3 dS/m) en algunos puntos con la situación más crítica en los pozos 7 y 9. Algunos iones pueden causar efecto tóxico sobre los cultivos cuando el agua se utiliza para riego, principalmente cuando se emplea la tecnología de riego aéreo (García 2012, citado por Duarte *et al.* (2017).

La Tabla 6 indica los parámetros de referencia según Ayers y Westcot (1987); en las muestras no se encontró presencia de Boro, en relación al contenido de Na⁺ y Cl⁻ se observa que de los 5 pozos destinados para el riego solamente el número 8 no presenta peligro. Los cultivos existentes en las áreas de riego (Pasto estrella y Bermuda) son clasificados como semi tolerante y tolerante respectivamente a los iones tóxicos según NC 1048:14 (2014), esto significa que presentan relativa resistencia al efecto tóxico de estos iones, no obstante, por tratarse de riego por aspersión este es un aspecto al que se debe brindar especial atención.

TABLA 6. Concentración de iones que pueden provocar efecto tóxico sobre los cultivos

Ion	Concentración que puede crear problemas		
	Inexistentes	Crecientes	Graves
Na (me/l)	< 3	3 - 9	> 9
Cl (me/l)	< 4	4 - 10	> 10
B (mg/l)	< 0,7	0,7 - 2,0	> 2,0

Evaluación de la calidad del agua para consumo humano

El riesgo más grave para la salud humana relacionado con la calidad del agua de beber es el que se deriva de la contaminación microbiológica, particularmente la fecal. Los 15 pozos muestreados se utilizan para el consumo humano, de ellos diez no reciben tratamiento (desinfección) debido a que son puntos aislados ubicados en vaquerías, mientras que en los 5 restantes se realiza la desinfección mediante el proceso de cloración porque son puntos de abasto a un determinado número de personas, según establecen las normas cubanas NC 827: 12 (2012) y NC 1021: 14 (2014). Al analizar los resultados de las muestras se puede observar la presencia de nitratos en las aguas subterráneas, elemento representativo en la contaminación de éstas y que aparecen como resultado de la descomposición y acumulación de residuales orgánicos, así como por la aplicación indiscriminada de fertilizantes nitrogenados. En 5 de los pozos muestreados los valores se encuentran entre 53 y 72 mg/L, los que superan el valor máximo permisible, la presencia de nitratos en las aguas de consumo humano resulta dañina para la salud, fundamentalmente en niños menores de un año; la contaminación del agua de beber causada por productos agroquímicos tales como los plaguicidas y los nitratos constituye un problema adicional y creciente.

La presencia de coliformes totales y termotolerantes (fecales) es otra de las características de las aguas muestreadas; estos son elementos representativos en los estudios de potabilidad que aparecen fundamentalmente por el incorrecto tratamiento de los residuales tanto doméstico como de las vaquerías. La norma OMS (2008), plantea que los CTT serán solo el 10% de los totales, esto no se cumple en ninguno de los 10 pozos muestreados en las vaquerías. La fuente de contaminación más grave es la derivada de los desechos humanos procedentes de las letrinas, las fosas sépticas y los estercoleros, que provocan un aumento de los niveles de microorganismos, incluidos los patógenos.

En la comunidad Rescate de Sanguily el agua es muy alcalina, en las comunidades Quan Try y Bidot, así como en el primer pozo de la vaquería 12-2, los niveles de SST resultan muy altos, todos estos factores se deben atender por la posibilidad de que puedan provocar trastornos a la salud.

Evaluación de la calidad del agua para consumo de los animales

Generalmente en zonas áridas y semiáridas se utilizan aguas de baja calidad para bebida de los animales; estas aguas,

generalmente con exceso de sales, pueden producir desarreglos fisiológicos y hasta la muerte de animales. El efecto más general es la disminución del apetito que reconoce su causa no tanto en un desequilibrio en el contenido de agua de los tejidos, sino en la toxicidad iónica; las aguas altamente salinas así como aquellas

que contienen elementos tóxicos representan un peligro para los animales y pueden llegar a afectar la calidad de la carne y la leche (Ayers y Westcot, 1987),

En la Tabla 7 se muestran los indicadores de calidad del agua para consumo animal a partir de la CE.

TABLA 7. Calidad del agua para el ganado (Ayers y Westcot, 1987)

CE (dS/m)	< 1,5	1,5 - 5,0	5,0 - 8,0	8,0 - 11,0	11,0 - 16,0	> 16,0
Clase	1	2	3	4	5	6

Excelente; 2. Muy satisfactoria; 3. Satisfactoria; 4. De uso limitado; 5. De uso muy limitado; 6. No recomendable

En este caso los cinco pozos utilizados para el abastecimiento de agua a los animales poseen valores de CE que clasifican la calidad del agua en la clase 1. Los nitratos están identificados como uno de los iones con efecto tóxico en los animales (Ayers y Westcot, 1987), los valores obtenidos se encuentran muy alejados del límite máximo que es de 100 mg/L.

Plan de medidas para enfrentar los problemas relacionados con la calidad del agua

Se pudo comprobar el efecto negativo que viene ejerciendo la acción externa del hombre en la pérdida de calidad de las aguas subterráneas en el municipio Jimaguayú.

Aguas de riego: para la aplicación del agua proveniente de los pozos 9 y 10 se requiere que los suelos reciban labores agro técnicas o medidas de mejoramiento específicas a sus propiedades que permitan contrarrestar el efecto degradativo acumulativo del uso de dichas aguas; el agua del pozo 7 para su utilización requieren de medidas de mejoramiento o ser utilizadas en mezclas con otras fuentes de agua de mejor calidad.

Aguas para consumo humano: las letrinas y otras fuentes de contaminación deben construirse pendiente abajo con respecto al pozo y a no menos de 10 m del mismo, no se deben utilizar medios inapropiados para la extracción de agua de los pozos, el revestimiento interior del pozo debe ser impermeable hasta el nivel de la capa freática en la estación seca, los animales no deben poder acercarse a menos de 10 m del pozo, los pozos deben permanecer tapados higiénicamente.

Aguas para consumo animal: drenar los bebederos y tanques de agua, diluir las aguas de mala calidad, reducir las pérdidas por evaporación en los bebederos, controlar la vegetación de alto consumo de agua en los tanques, arroyos y otros

depósitos de agua.

De manera general, en las vaquerías deben evitarse las fuentes de contaminación a los pozos aplicando medidas como el aprovechamiento de los residuales para la producción de humus, realizar muestreos sistemáticos de control de la calidad del agua y capacitar a los productores sobre la importancia de prestar atención a este tema.

CONCLUSIONES

- Los resultados de las evaluaciones indican serios problemas de calidad variables en los diferentes puntos de muestreo, con riesgo de salinización del suelo y toxicidad sobre los cultivos en tres pozos destinados para el riego y presencia de nitratos y de coliformes fecales en los 10 pozos de las vaquerías destinados al consumo humano.
- El plan de medidas señalado debe contribuir a la mejora progresiva de la calidad del agua en el municipio, con efectos positivos sobre el medio ambiente y la salud de personas y animales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados del proyecto internacional "Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local", BASAL, que se ejecuta en Cuba desde el año 2013, con el financiamiento de la Unión Europea y la Agencia Suiza COSUDE, con el PNUD como Agencia Implementadora y con la participación de diversas instituciones nacionales del CITMA y el MINAG. Muchas gracias por el valioso apoyo a la investigación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, S.R.; WESTCOT, D.W.: *La calidad del agua en la Agricultura*, Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia, 1987, ISBN: 92-5-302263-9.

BUENO DE MEZQUITA: "No desperdiciar ni una gota de agua", *Revista de Agroecología Leisa*, (3), 2003.

CISNEROS, E.; DUARTE, C.; TERESA, L.: "Diagnóstico de la disponibilidad, calidad y uso eficiente del agua para riego en los municipios Los Palacios, Güira de Melena y Jimaguayú", En: *Convención de Ing. Agrícola 2016.*, Ed. Publicaciones BASAL, La Habana, Cuba, p. 33, 2016, ISBN: ISBN 978-959-285-034-7.

DUARTE, D.C.; LÓPEZ, S.T.; CISNEROS, Z.E.; ALMAGRO, O.; MARTÍNEZ, C.J.: "Propuesta de medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario local en Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(2): 21-30, 2017, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.

GARCÍA, H.Y.; BALMASEDA, C.; VARGAS, H.: "Caracterización hidroquímica de las aguas de riego de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas", *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(1): 36-41, 2014, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.

- GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, T.; CID, L.G.: “Factores que afectan la respuesta de los cultivos al agua”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(3): 11-17, 2016, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- HERRERA, P.J.; GONZÁLEZ, R.F.: “Estudio de las necesidades de agua de los cultivos, una demanda permanente, un nuevo enfoque”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(1): 52-57, 2015, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- NC 827: 12: *Agua Potable- Requisitos Sanitarios. Normas de Calidad de agua. NC 827: 2012*, La Habana, Cuba, Vig de 2012.
- NC 1021: 14: *Higiene comunal- fuentes de abastecimiento de agua- calidad y protección sanitaria. Normas de Calidad del agua. NC 1021:2014*, La Habana, Cuba, Vig de 2014.
- NC 1048:14: *Calidad del agua para preservar el suelo. Especificaciones. Normas de Calidad del agua. NC 1048:2014*, La Habana, Cuba, Vig de 2014.
- OMS: *Guías de la OMS para evaluar calidad del agua*, Ed. Organización Mundial de la Salud, 2008, ISBN: 92 4 92 4 154696 4.
- PÉREZ, L.J.M.: *Manual para determinar la calidad del agua para riego agrícola*, Inst. Universidad veracruzana, Xalapa de Enríquez, Veracruz, México, 2011.
- PIZARRO, F.: *Drenaje y recuperación de suelos salinos*, Ed. Agrícola Española, Madrid, España, 1985, ISBN: 84-85441-00-1.
- ROBLEDO, J.; VARGAS, E.; GARCÍA, N.: “Aplicación del Sistema Holandés para la evaluación de la calidad del agua. Caso de estudio Lago de Izabal, Guatemala”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(2): 15-21, 2014, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.

Lisset Maria Pérez-Gómez, Investigadora, Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Camagüey, provincia de Camagüey, Cuba, e mail: lisset@eahcmg.hidro.cu

Pedro Guerrero-Posada, e mail: lisset@eahcmg.hidro.cu

Martha de la Caridad Suarez-Acuña, e mail: lisset@eahcmg.hidro.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



El proyecto de colaboración internacional “*Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local*”, **BASAL**, comenzó su ejecución oficial el 2 de abril del 2013, es coordinado por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA y cuenta con la participación de varias instituciones de este ministerio así como tiene como socio clave en su implementación a instituciones y entidades del MINAG y los gobiernos locales. Dispone de un financiamiento cercano a los 13 millones de CUC, provenientes de la Unión Europea y de la Agencia Suiza de Cooperación – COSUDE. Es implementado por el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) y tendrá una duración de 5 años (2013-2017).

BASAL tiene como objetivo apoyar la adaptación al cambio climático en el sector agrícola, a escala local, en los municipios de Los Palacios, Güira de Melena y Jimaguayú y a escala nacional, a través de la Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica del Minag y con la participación de las Direcciones de Cultivos Varios y Ganadería y el Grupo Agroindustrial de Granos de este Ministerio.