

**Ingeniero**  
**Eduardo Solano**  
**Encargado**  
**Acueducto Municipal de Belén**

Estimado señor:

Por medio de la presente me permito saludarle y a la vez adjuntarle los cuadros resumen de resultados del monitoreo de calidad del agua para cada uno de los sistemas que compone el acueducto municipal. Los datos corresponden al bimestre agosto-setiembre 2009.



**Sistema La Asunción**

Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,51	228	0,15	5,60	3,03	26,33	7,3	4,8	81	62	78
Máximo	6,63	244	0,21	6	3,1	39	7,3	4,8	81	62	78
Mínimo	6,4	197	0,11	5,2	3	19,7	7,3	4,8	81	62	78

**Sistema Cariari**

Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,72	571	0,1	40,3	6,5	5,2	7,3	4,8	160	102	157,9
Máximo	6,78	586	0,18	54	9	7,2	7,3	4,8	160	102	157,9
Mínimo	6,69	542	0,11	16	2	1,9	7,3	4,8	160	102	157,9

Apdo. 86-3000  
Heredia, Costa Rica

Tel. (506)277-3292  
Fax (506)277.3289

Correo electrónico:  
jherrer @una.ac.cr

Web. <http://www.una.ac.cr/procame.html>



06 de noviembre de 2009  
**PROCAME-LAA-224-2009**  
Página 2 de 10

### Sistema Doña Claudia

Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,55	311	0,12	6,30	5,93	11,77	8,5	4,7	107	98	92,6
Máximo	6,6	313	0,15	10,2	8,6	27,8	8,5	4,7	107	98	92,6
Mínimo	6,47	307	0,11	1	1	0,8	8,5	4,7	107	98	92,6

### Sistema San Antonio



Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,47	303	0,18	9,83	8,63	31,23	8,4	4,4	103	84	79
Máximo	6,53	307	0,22	13	9	32,9	8,4	4,4	103	84	79
Mínimo	6,39	298	0,16	5,6	8,4	30	8,4	4,4	103	84	79

### Sistema Santa Bárbara

Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,56	193	0,18	7,2	4,5	12,0	6,6	3,2	77	40	58,8
Máximo	6,69	194	0,2	9	7,6	17	6,6	3,2	77	40	58,8
Mínimo	6,48	191	0,16	6,1	1,8	8	6,6	3,2	77	40	58,8

Apdo. 86-3000  
Heredia, Costa Rica

Tel. (506)277-3292  
Fax (506)277.3289

Correo electrónico:  
jherrer @una.ac.cr

Web. <http://www.una.ac.cr/procame.html>



06 de noviembre de 2009  
**PROCAME-LAA-224-2009**  
Página 3 de 10

### Sistema Los Sánchez

Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,34	175,0	0,21	4,5	2,9	14,0	6	3,4	74	40	58,8
Máximo	6,47	175	0,22	7	3,9	15,4	6	3,4	74	40	58,8
Mínimo	6,27	174	0,17	2,9	1	12,7	6	3,4	74	40	58,8

### Sistema Don Chico



Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,52	196	0,13	5,2	3,0	20,1	6,6	5,0	70	57	64,3
Máximo	6,67	211	0,16	6,1	4,2	22,0	7,1	5,4	88	70	73,2
Mínimo	6,40	188	0,11	3,9	2,0	16,1	5,7	4,8	50	44	46,5

### Sistema Pozo Nuevo

Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato
Promedio	6,57	204	0,14	5,4	3,27	17,9
Máximo	6,68	234	0,17	7	4	18,5
Mínimo	6,47	182	0,12	4,4	2,9	16,8

Apdo. 86-3000  
Heredia, Costa Rica

Tel. (506)277-3292  
Fax (506)277.3289

Correo electrónico:  
jherrer @una.ac.cr

Web. <http://www.una.ac.cr/procame.html>



### Sistema Doña Rosa

Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,81	322	0,18	6,87	2,47	5,03	8,50	4,70	107,00	98,00	92,60
Máximo	6,98	331	0,25	10,2	3,3	7,4	8,5	4,7	107	98	92,6
Mínimo	6,47	307	0,14	1	1	0,8	8,5	4,7	107	98	92,6

### Sistema La Soledad



Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,32	160	0,13	4	3,33	15,77	5	2,6	68	38	58,3
Máximo	6,38	161	0,15	5	4	16,7	5	2,6	68	38	58,3
Mínimo	6,28	159	0,1	3,4	2,8	15,2	5	2,6	68	38	58,3

### Sistema Los Mangos

Parámetro	pH	Cond.	Turbiedad	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Sodio	Potasio	D. total	D. cálcica	Alcalinidad
Promedio	6,45	196	0,12	5,1	3,57	18,3	6,7	3,9	84	52	72
Máximo	6,57	199	0,13	6	4	22,4	6,7	3,9	84	52	72
Mínimo	6,23	192	0,11	4,6	3,3	11,1	6,7	3,9	84	52	72

Apdo. 86-3000  
Heredia, Costa Rica

Tel. (506)277-3292  
Fax (506)277.3289

Correo electrónico:  
jherrer@una.ac.cr

Web. <http://www.una.ac.cr/procame.html>



**Nota:** Entiéndase las leyendas de los cuadros anteriores de la siguiente forma:

Leyenda	Parámetro	Unidades
pH	pH (25 °C)	---
Cond.	Conductividad	μS/cm
Turbiedad	Turbiedad	UNT
Cloruro	Cloruro	mg/l
Sulfato	Sulfato	mg/l
Nitrato	Nitrato	mg/l
Sodio	Sodio	mg/l
Potasio	Potasio	mg/l
D. total	Dureza Total	mgCaCO <sub>3</sub> /l
D. cálcica	Dureza Cálcica	mgCaCO <sub>3</sub> /l
Alcalinidad	Alcalinidad	mgCaCO <sub>3</sub> /l



Es importante señalar que en el caso del sistema que abastece agua para uso y consumo humano al sector de Cariari se siguen presentando valores de conductividad y cloruros por encima de los valores recomendados en el Decreto de Agua Potable del país, sin embargo dichos parámetros no superan el valor máximo admisible. Esta situación puede evidenciar un proceso de sobreexplotación del pozo, razón por la cual se debe vigilar en forma exhaustiva el comportamiento del pozo iniciando mediciones de caudal de explotación y comportamiento de la demanda existente en este sector residencial, como punto de partida para la escogencia del plan remedial a implementar.

A continuación se incluye una descripción detallada del significado de cada parámetro incluido en los cuadros por sistema:

#### **Turbiedad:**

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

Aunque no se conocen los efectos directos de la turbiedad sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por otra parte, algunos estudios han demostrado que en el proceso de eliminación de los organismos patógenos, por la acción de agentes químicos



como el cloro, las partículas causantes de la turbiedad reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbiedad en la fuente de abastecimiento, esta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección.

Los estándares internos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) establecen que las aguas de consumo humano deben tener preferentemente una UNT y en ningún caso más de 5 UNT. Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá y las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan como valor guía 5 UNT. La OMS indica, sin embargo, que para una desinfección eficiente, el agua filtrada debería tener una turbiedad promedio menor o igual a una UNT.



### **Alcalinidad**

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad.

La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa.

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor.

### **Dureza**

Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de calcio y los de magnesio.

Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos.

Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos. La remoción de la dureza en el tratamiento se lleva a cabo mediante la precipitación con cal o mediante el proceso combinado cal-carbonato, conocido como *ablandamiento cal-soda*.



En términos generales, puede considerarse que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/L; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/L; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/L (en todos los casos, como  $\text{CaCO}_3$ ).

## pH

Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua. Este parámetro tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. Por lo general, un agua con pH menor de 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales.

Un pH ácido en el agua no necesariamente indica la presencia de ácidos, pues algunas sales como las de aluminio pueden generar pH 4 por hidrólisis. El pH tiene gran importancia en el tratamiento del agua, especialmente en la coagulación, desinfección y estabilización.

La desinfección con cloro es más efectiva a un nivel bajo de pH. Esto se debe a la mayor efectividad del ácido hipocloroso comparado con el ion hipoclorito y al hecho de que el ácido hipocloroso predomina con valores de pH bajos.



## Sulfatos

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.

Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo.

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas.

La remoción de sulfato puede resultar costosa y requerir métodos complicados, por lo cual es preferible elegir fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites aconsejados. Por sus efectos laxantes, su influencia sobre el sabor y porque no hay métodos definidos para su remoción, la OMS recomienda que en aguas destinadas al consumo



humano, el límite permisible no exceda 250 mg/L, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua. Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan un máximo de 500 mg/L.

### **Nitritos y nitratos:**

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ ) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

Los nitritos (sales de ácido nitroso,  $\text{HNO}_2$ ) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas. Después de la absorción, tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos.

Aunque se ha comprobado que bebés menores de 6 meses que ingieren nitratos en concentraciones altas pueden morir si no reciben tratamiento inmediato, es importante anotar que no todos los niños que ingieren aguas con altos contenidos de nitratos (10 mg/L o más) necesariamente desarrollan la enfermedad. Para ello se requiere una predisposición natural. En este caso, la edad es un factor determinante, porque rara vez se presenta en niños de más de seis meses y mucho menos en adultos.

Aunque la toxicidad relativa de los nitratos es bien conocida, es difícil establecer cuál es el nivel de una dosis nociva. Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con



cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado.

## Cloruros

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas.

En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad. A partir de ciertas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción disolvente sobre ciertas sales presentes en el agua y también sobre algunos componentes del cemento, al impartirles una acción corrosiva y erosionante, en especial a pH bajo.

Por sus características químicas y la gran solubilidad de la mayoría de los cloruros, su remoción requiere métodos sofisticados y costosos, muchos de ellos impracticables, especialmente cuando se trata de volúmenes relativamente altos.

El método tradicional, que puede resultar más eficiente y práctico, es el de la destilación. Actualmente se está trabajando en este campo para lograr unidades que aprovechen la energía solar y eliminen los cloruros de manera eficiente y a bajo costo. Este sistema puede resultar especialmente útil en comunidades costeras cuya única fuente sea el agua del mar.

Los límites fijados en el agua por las normas de calidad se sustentan más en el gusto que le imparten al agua que en motivos de salubridad.

Tomando en cuenta el límite de percepción del sabor de los cloruros en el agua, se ha establecido un límite de 250 mg/L en aguas de consumo, concentración que puede ser razonablemente excedida según las condiciones locales y la costumbre de los consumidores. La OMS considera que por encima de esta concentración, los cloruros pueden influir en la corrosividad del agua.



06 de noviembre de 2009  
**PROCAME-LAA-224-2009**  
Página 10 de 10

MSc. Jorge Herrera Murillo  
Coordinador  
Laboratorio de Análisis Ambiental



Apdo. 86-3000  
Heredia, Costa Rica

Tel. (506)277-3292  
Fax (506)277.3289

Correo electrónico:  
jherrer @una.ac.cr

Web. <http://www.una.ac.cr/procame.html>

