

## **EVALUACION DE BACTERIAS HETEROTROFICAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA REGION DE AZUERO DURANTE LA EPOCA SECA Y LLUVIOSA**

**Alexis De La Cruz L.**

Universidad de Panamá  
Centro Regional Universitario de Azuero.  
E-mail: [alexisdela@gmail.com](mailto:alexisdela@gmail.com).

### **RESUMEN**

Durante los últimos tiempos la calidad bacteriológica del agua se ha visto deteriorada, principalmente a nivel de los sistemas de reservas y redes de distribución, de allí, que el objetivo de este estudio consistió en evaluar la calidad bacteriológica de tres tanques de almacenamiento de agua potable de la región de Azuero y así determinar si cumplen con las normas de agua potable establecidas por las normas técnicas panameñas de agua potable (DGNTI-COPANIT 395). Para la metodología se tomaron muestras de agua en los diferentes tanques de Parita, La Villa de Los Santos y Chitré, todos suplidos por las distintas potabilizadoras del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN). Para los análisis bacteriológicos, se utilizó la técnica de membrana filtrante de acuerdo al Standard Methods of Examination of Water and Waste Water, además de medir parámetros como cloro residual, pH, y temperatura. Los resultados obtenidos nos permitieron verificar que, a pesar de que se encontraron colonias de bacterias heterotróficas en las muestras de agua procedentes de los distintos tanques de almacenamiento (Rufina Alfaro en La Villa de Los Santos, Roberto Reina en Chitré y de Parita), los promedios no superaron los niveles establecidos por la norma que es de 500 UFC/ml, cumpliendo con la norma; al aplicar la evaluación estadística de ANOVA y correlación, se encontraron diferencias significativas ( $F: 9.04$ ;  $P: 0.0002$ ), entre los tres tanques de almacenamiento. Cabe resaltar que el tanque con mayor recuento bacteriano fue el de Chitré. En cuanto a la época, los mayores recuentos se dieron en la estación lluviosa. Igualmente se demostró una fuerte correlación entre el factor temperatura y la presencia de colonias heterotróficas en los tanques de almacenamiento. Se concluye que, a pesar de las diferencias estadísticas, los análisis bacteriológicos demostraron que los tanques cumplen con las normas técnicas de agua potable.

**PALABRAS CLAVES:** Bacterias heterotróficas, tanques de almacenamiento, época seca y lluviosa, membrana filtrante.

### **ABSTRACT**

The objective of this study consisted in assessing the bacteriological quality of storage tanks for drinking water in the region of Azuero and determinate whether they meet drinking water standards set by Panamanian standards of water drinking (DGNTI-COPANIT 395). For the methodology took samples of water in the different tank of Parita,

*Recibido: 14/11/14; Aceptado: 9/12/14*

31

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://www.revistacentros.com>

indexada en [http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave\\_pais=33](http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave_pais=33)

La Villa de Los Santos and Chitré, all supplied by the different purification of the Institute of aqueducts and sewer national (IDAAN), for the bacteriological analysis, we used the technique of membrane filter according to standard Methods of Examination of water and Waste Water, as well as measuring parameter as residual chlorine and pH. The results obtained allowed us to verify to find colonies of heterotrophic bacteria in water samples from different storage tanks (Rufina Alfaro in la Villa, Roberto Reina in Chitre and Parita), averages do not exceed levels established by the standard is of 500 UFC/ml, complying with the standard; to apply the statistical evaluation of ANOVA and correlation, found significant differences (F: 9.04); (P: 0.0002), between the three storage tanks, worth noting that the tank with higher bacterial count was Chitre. As regards the time, higher counts were in the rainy season. Also showed a strong correlation between the temperature factor and the presence of heterotrophic colonies in storage tanks. It is concluded that despite the statistical differences, the bacteriological analysis showed tanks to meet the technical standards of drinking water.

**KEYWORDS:** Heterotrophic bacteria, storage tank, dry and rainy time, filter membrane.

## **INTRODUCCION**

El agua que sale de las plantas potabilizadoras, sufre un deterioro en su calidad bacteriológica, al ser almacenadas y luego repartida a través de un sistema de distribución, principalmente por fallas a nivel de ruptura, contaminación cruzada, acumulación de sedimentos en sistemas de reserva, los cuales muchas veces no son controlados y puede representar un problema de salud pública.

Por otro lado los tanques de almacenamiento de agua juegan un papel básico para el diseño de sistemas de distribución del agua, tanto desde el punto de vista económico, así como por su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema. Estos sirven de depósito de agua permanente con disponibilidad para los usuarios en horas de máximo consumo y permiten el almacenamiento en horas de bajo consumo (Castro y Quiróz, 2003).

Aunque el agua reúna las condiciones de potabilidad establecida, puede deteriorarse antes de llegar al consumidor, si los tanques de almacenamiento no reúnen las condiciones adecuadas de seguridad y salubridad. En muchos lugares, estos tanques permanecen abiertos y no se limpian con frecuencia, lo cual ocasiona que el cloro residual se pierda y estimule la proliferación de microorganismos (Sánchez, 2009).

Es por ello que la contaminación microbiológica de los tanques puede deberse a la infiltración de contaminantes por la fugas del sistema de distribución de agua, así como por microorganismos suspendidos en la atmósfera, afectando directamente la calidad del agua (McJunkin, 1993).

De acuerdo a un trabajo similar, realizado a tanques de almacenamiento de agua en México, se demostró que el desarrollo de bacterias heterotróficas se debe al material del

*Recibido: 14/11/14; Aceptado: 9/12/14*

32

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://www.revistacentros.com>

indexada en [http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave\\_pais=33](http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave_pais=33)

cual están recubiertos, que es un solvente de polímero orgánico, constituyéndose en un nutriente orgánico y de protección para estas bacterias (Marcos, 2005).

En esa misma línea de investigación, Cruz et al., (2008) realizaron un estudio en plantas potabilizadoras de Chitré y los santos encontrando diferencia significativa, en cuanto heterotróficas en agua cruda y tratada.

Otras evaluaciones realizadas con este grupo de bacterias, han demostrado que las mismas, son capaces de adherirse y colonizar los biofilms de las tuberías madres teniendo así la capacidad de sobrevivir en ambientes de agua destilada. Liberándose así las biopelículas en la fase de agua presentando así un riesgo potencial para la salud humana (Hadarlo y Edberg, 1997)

De esta forma las bacterias heterotróficas pertenecen al grupo de las enterobacterias que son negativas a la tinción de gram, con forma bacilar, aerobios o anaerobios facultativos, con algunos géneros que fermentan ciertos carbohidratos, reducen por lo general los nitratos y necesitan de compuestos orgánicos para energía y duplicación.

Algunas de éstas proceden de las heces fecales; sin embargo son indicadores de mantenimiento de la calidad de agua en los tanques y redes de distribución, así como durabilidad de los procesos de tratamiento y desinfección de las plantas potabilizadoras (Acosta et al., 2008).

Muchas de estas bacterias no son patógenas al hombre, pero se convierten en bacterias oportunistas cuando ocurren de fallos en los procesos de tratamiento y problemas de vulnerabilidad inmunológica (Castro et al., 2003).

En realidad las bacterias heterotróficas no son perjudiciales, pero sirven como un indicador potencial de coexistencia de microorganismos patógenos oportunistas más allá de ciertos niveles (Marco, 2005). Es así que los volúmenes de agua almacenados en grandes tanques se mezclan e intercambian, causando la disposición natural de sedimentos que llega a ser inestable, liberando bacterias viables de las placas biofílmicas hacia el flujo principal del agua, muchas de las cuales son bacterias heterotróficas (Camacho et al., 2009).

La presencia de estas bacterias heterotróficas está influenciada por factores como altas temperaturas, presencia de grandes cantidades de sedimentos, la nula o escasa presencia de cloro libre y los largos periodos de tiempos de almacenamiento de las masas de agua (Anzueto et al., 2006).

Entre las bacterias heterotróficas cuya fuente de carbono y energía son compuestos orgánicos, se encuentran los géneros: ***Klebsiella sp.***, ***Enterobacter sp.***, ***Aeromona sp.***, ***Acinetobacter sp.***, ***Serratia sp.***, entre otras (Rangel et al., 2008).

De acuerdo al reglamento técnico de Agua Potable-DGNTI-COPANIT-395, en las normas biológicas, las bacterias heterotróficas no están normadas, pero se toman como referencia valores guías internacionales como, por ejemplo, el de la Organización Mundial de la Salud (OPS), que establece que se puede permitir hasta un valor máximo de 500 Unidades formadoras de colonias de bacterias heterotróficas (UFC) por cada mililitro de agua analizada (MICI-Normas Técnicas de Agua Potable, 1995). De aquí que el objetivo de este trabajo fue el de evaluar la calidad bacteriológica por heterótrofos en los Tanques de Almacenamiento que abastecen las ciudades de Chitré, Parita y Los Santos, y verificar si cumplen con las normativas y si existen diferencias entre los tres tanques. Es evidente que no se realizan limpiezas a nivel de los tanques de almacenamiento de agua potable del IDAAN, por ello es necesario evaluar la calidad bacteriológica por bacterias heterotróficas del agua de reserva en tres tanques de almacenamiento, durante la época seca y lluviosa, que se entrega a la población de la Región de Azuero.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Área de Investigación y Diseño:

Para este estudio, de carácter descriptivo, expofacto, se seleccionaron al azar tres tanques de almacenamiento de agua que corresponden a cada una de las tres plantas potabilizadoras, ubicadas en la península de Azuero, las cuales fueron: en Chitré, Herrera (Ing. Roberto Reina), en La Villa de Los Santos (Planta Rufina Alfaro), en Parita, Herrera (Planta de Parita), se monitorearon durante los meses de octubre-noviembre de 2009, para la época lluviosa y marzo-abril de 2010, para la época seca, un total de 27 muestras de agua semanales (9 muestras de agua de cada tanque), para un total de 108 muestras durante cada uno de los dos meses; por época se tomaron 216 muestras, totalizando 432 muestras.

**Nuestras variables constituyeron:** cada uno de los tanques de almacenamiento de agua, monitoreado tanto en época seca como la lluviosa, así como los parámetros microbiológicos de recuento de bacterias heterotróficas.

**Hipótesis de Investigación:** para este estudio se planteó, determinar si hay diferencias en la calidad de agua por recuento de bacterias heterotróficas entre cada uno de los tanques de almacenamiento de agua de los distintos distritos, tanto en la época seca y lluviosa,

La metodología de análisis microbiológico de las muestras de agua, consistió en lo establecido en el **Standard Methods of Examination of Water and Waste Water** (APHA,AWWA, WWA, 1995), establecido para los parámetros de recuento de bacterias heterotróficas en agua por la técnica de membrana filtrante, la que consiste en hacer pasar un volumen de 100 ml de muestra de agua potable (con cloro), a través de un sistema de filtración (tipo Millipore, Gelman), con membrana de porosidad de 0.45  $\mu$ m,

Recibido: 14/11/14; Aceptado: 9/12/14

34

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://www.revistacentros.com>

indexada en [http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave\\_pais=33](http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave_pais=33)

específico para atrapar bacterias, las cuales luego de ser filtradas, las membranas fueron cultivadas en un medio de Agar para bacterias Heterotróficas (Agar mHPC), servidos en platos de 47 mm de diámetro de tamaño; estos últimos fueron incubados por un periodo de 5 días a temperatura de 28°C, los cuales fueron observados durante cada uno de los 5 días. La cuantificación final de heterotróficas se basó en el criterio de observar todas las colonias que crecieron con diferentes tonalidades de colores y tamaño de colonias, usando la siguiente fórmula:

Unidad Formadora de Colonia (UFC/100 ml): **Número colonias de bacterias contadas X 100 /volumen de muestra filtrada.**

Durante el monitoreo en campo se tomaron factores cualitativos (parámetros físico químicos) por métodos de comparación colorimétrica, como los datos de pH, temperatura y cloro residual (libre). a través de equipo de comparación visual de pH y cloro marca HACH y por otro lado la temperatura con un termómetro escala 100 °C (grados celcius)

**Análisis estadísticos:** Para los análisis de los datos se corrieron las pruebas estadísticas Anova y Correlación de Pearson.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

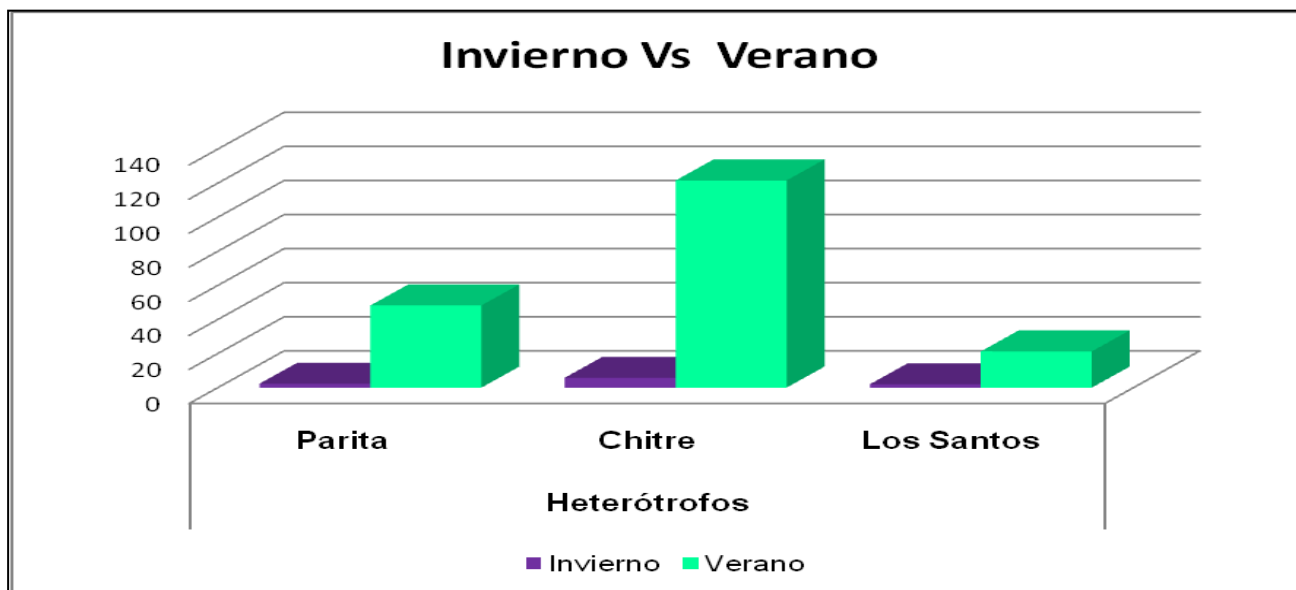
Al hacer la evaluación de los resultados obtenidos, podemos observar que en la época seca, se obtuvieron los más altos niveles de bacterias heterotróficas, con una diferencia significativa a un nivel de probabilidad de 1% (F: 81.60: P: 0.0001), tal como se muestra en el Cuadro No.1.

Es importante resaltar que la temperatura es un factor influyente en la proliferación mayor de las bacterias heterotróficas durante la época seca. De manera similar el trabajo realizado por **Marco., (2005)**, sobre la caracterización microbiológica y físico - química en la red de distribución del, Valle del Cauca Colombia, se encontró mayor proliferación de bacterias heterotróficas durante los meses de temperaturas más altas.

**Cuadro No. 1: Análisis de Varianza entre las bacterias heterótrofias evaluadas con respecto a las distintas épocas (seca y lluviosa).**

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
Modelo	1	961.495750	961.495750	81.60	<.0001**
Error	176	2073.936511	11.783730		
Total correcto	177	3035.432261			

El hecho de realizar la evaluación de los niveles de unidades formadoras de colonias de bacterias heterotróficas tanto para la época seca (mes de febrero y marzo), y la época lluviosa (invierno) (mes de octubre y noviembre), como se observa en la gráfica No.1, muestra que en la época seca (verano), para los tres tanques de almacenamiento de agua, se registra con mayores recuentos de estas bacterias.



**Figura No. 1: Evaluación de Unidades Formadoras de Bacterias Heterotróficas entre la época seca y la lluviosa, durante el estudio.**

Al hacer una evaluación de los resultados bacteriológicos entre los tres tanques de almacenamiento de agua, se registraron diferencias altamente significativas ( $F: 9.04$ ;  $P: 0.002$ ), entre los tres. Así el tanque de almacenamiento con mayor recuento, principalmente para la época seca, fue el que abastece a la potabilizadora Ing. Roberto Reina, en Chitré, provincia de Herrera, siendo los tanques de Parita y de La Villa de Los Santos (Rufina Alfaro), los que exhibieron más bajos resultados, tal como se muestra en el cuadro No. 2., de análisis de varianza a nivel de tanques.

**Cuadro No. 2: Análisis de Varianza entre las bacterias heterótroficas evaluadas a nivel de tanques de almacenamiento de agua.**

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
Modelo	2	284.123979	142.061990	9.04	0.0002
Error	175	2751.30828	15.721762		

Resultados similares se ubicaron en un estudio análogo por **Cruz et al., (2008)**, a nivel de las potabilizadoras Rufina Alfaro y la de Chitré, que presentó mayores reportes de cómputos microbiológicos para la planta Ing. Roberto Reina, ubicada en Chitré, Herrera.

Adicionalmente, esta investigación tomó en cuenta la evaluación de parámetros físico-químicos como el cloro residual, la turbiedad, el pH, y la temperatura. Respecto al cloro residual, se encontraron diferencias altamente significativas (F: 9.29; P: 0.0001), observándose un pequeño incremento en el tanque de Chitré, principalmente en época seca, de manera similar para el tanque de la Villa de Los Santos, donde entre ambos tanques de almacenamiento de agua no hay diferencia para este parámetro, pero sí muestra una diferencia respecto al tanque de Parita, que reportó las concentraciones más bajas de cloro residual. Respecto a las épocas no hubo diferencias significativas en cuanto al cloro residual, (ver cuadro No. 3 y gráfica No. 2). Con respecto a la turbiedad evaluada para ambas épocas, se muestra una diferencia altamente significativa (F:20.16; P:0.001), siendo la época lluviosa la que presentó las mayores concentraciones, y con respecto a los tanques de almacenamiento, el de Parita registró los mayores niveles de turbiedad, (ver cuadro No.4 y gráfica No. 3).

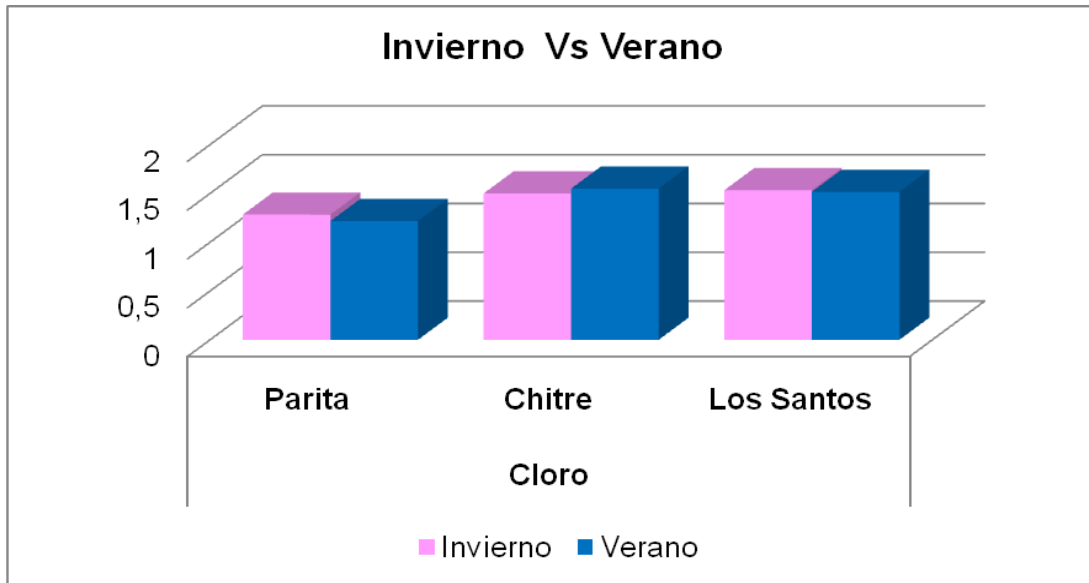
**Cuadro No. 3: Análisis de Varianza entre los niveles de cloro residual obtenido en los tres tanques de almacenamiento de agua, respecto a las épocas.**

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
<b>Modelo</b>	1	0.31250000	0.31250000	2.32	0.1292
<b>Error</b>	178	23.93611111	0.13447253		
<b>Total correcto</b>	179	24.24861111			

Con respecto al pH, hubo diferencias significativas, a nivel de los tres tanques para ambas épocas (F: 1.91; P: 0.15), (ver gráfica No.4) Para el caso de la temperatura, si se determinaron diferencias significativas entre las dos épocas, a nivel de tanque no se encontraron diferencias (F: 67.63; P: 0.0001) y (F: 0.39; P: 0.67). (Ver gráfica No.5 )

**Cuadro No.4: Evaluación de la Turbiedad a nivel de los tres tanques de almacenamiento de agua tanto en época seca como lluviosa.**

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
<b>Modelo</b>	1	5.45501437	5.45501437	20.16	<.0001**
<b>Error</b>	178	48.16466765	0.27058802		
<b>Total correcto</b>	179	53.61968202			



**Figura No.2: Comparación de los niveles de cloro residual entre los tanques de almacenamiento de agua tanto en la época seca como lluviosa.**

Al establecer la relación entre las bacterias heterotróficas y los parámetros físico-químicos, el único parámetro es el de la temperatura que mostró una correlación con la proliferación de estas bacterias para la época seca ( $r: 0.48$ ), para el resto se obtuvieron correlaciones negativas o débiles. Esto se corrobora en un estudio sobre el recuento de bacterias heterotróficas en aguas del Golfo Arauco en Chile, que confirmó la relación estrecha entre la temperatura y la presencia de estas bacterias (Abarzúa, *et al.*, 1995).



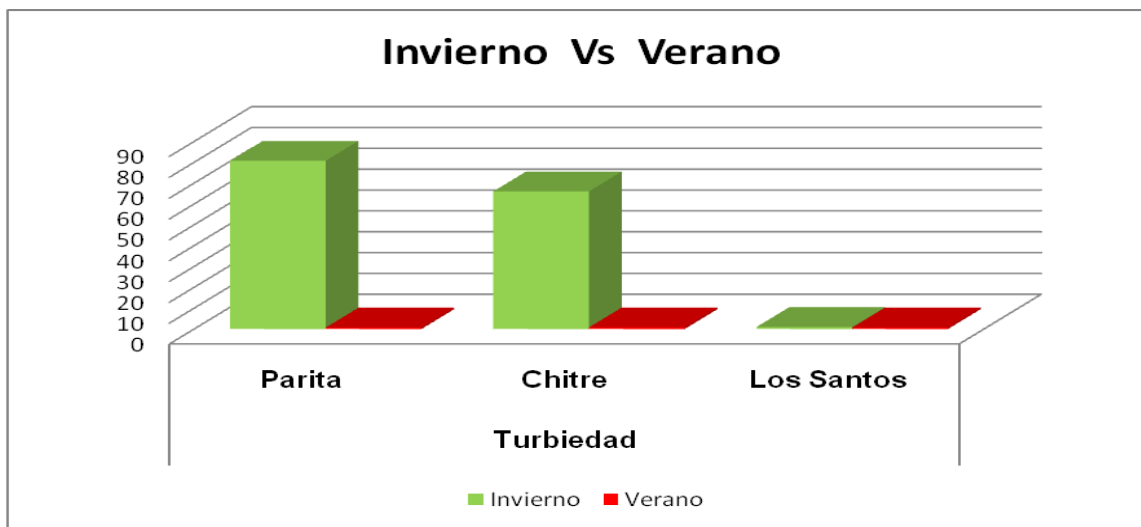


Figura No.3: Comparación de la Turbiedad evaluada entre los tres tanques de almacenamiento de agua tanto en época seca como lluviosa.

Los reglamentos técnicos DGNTI-COPANIT 395, de agua potable, establecen un nivel de 500 unidades formadoras de colonias por mililitros en muestras procesadas para la técnica de filtro de membrana, siendo que los valores promedios están por debajo de la norma, lo que determina que los tanques de almacenamiento cumplen con las normas.

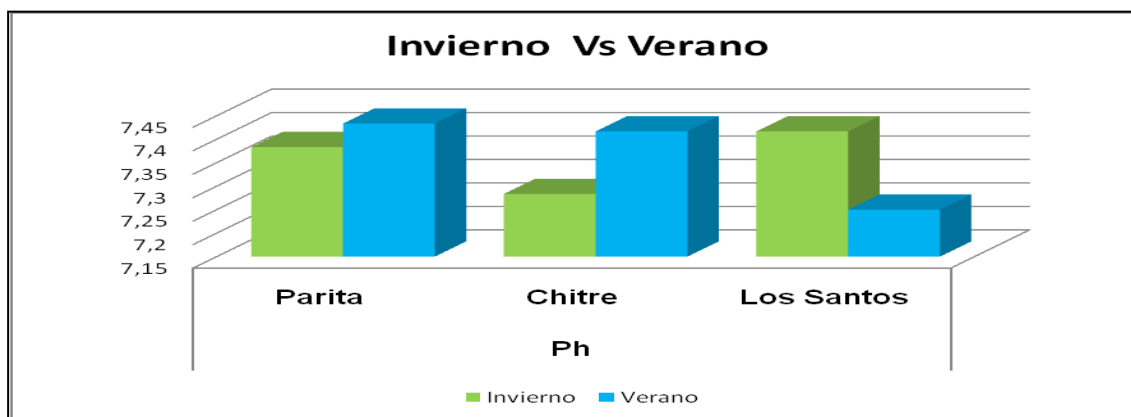


Figura No.4: Evaluación de pH entre los tres tanques de almacenamiento de agua tanto en época seca como lluviosa

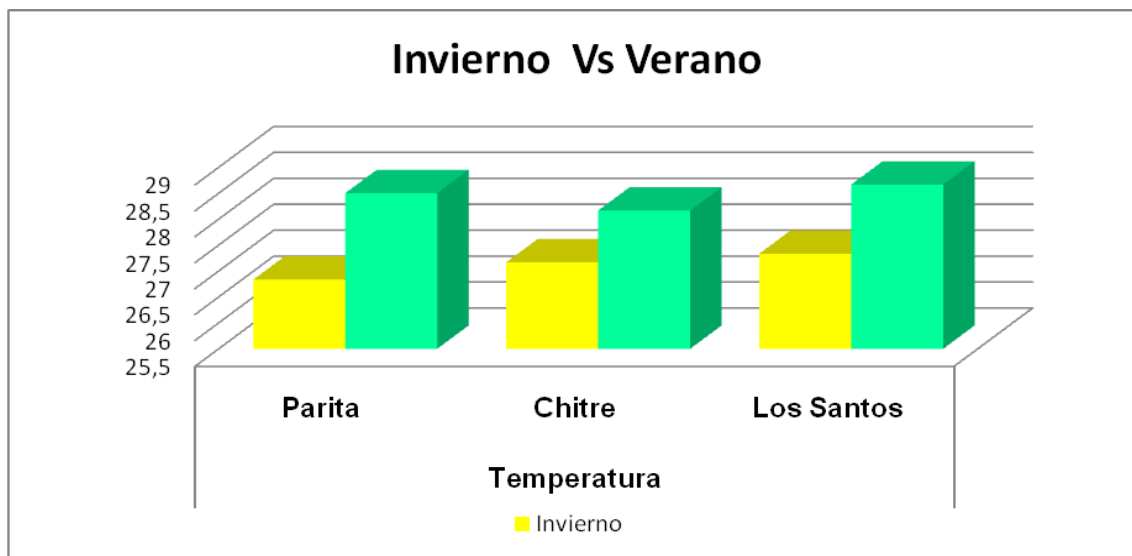


Figura No.5: Evaluación de la temperatura entre los tres tanques de almacenamiento de agua tanto en época seca como lluviosa.

## CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tres tanques evaluados y las épocas, siendo el tanque de almacenamiento de Chitré y la época seca, los que presentaron mayores recuentos de bacterias heterotróficas. Respecto a la relación entre los parámetros físico-químicos y la presencia de bacterias heterotróficas, la temperatura mostró una correlación positiva con respecto al nivel de bacterias encontradas entre los tres tanques de almacenamiento de agua.

De acuerdo a Los resultados bacteriológicos por bacterias heterotróficas encontrado, se demuestra que los tres tanques de almacenamiento de agua cumplieron con las normas de agua potable de Panamá.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

Abarzúa, M., Basualto, S., Urrutia, H. 1995. **Relación entre la abundancia y biomasa de fitoplacton y bacterioplacton en aguas superficiales del Golfo del Arauco.** Universidad de Concepción. Chile. Página 36.

Aguilar, G., Iza, A. 2009. **Gobernanza del agua en Mesoamérica. Dimensión Ambiental. España.** Fascículo instructivo., 2, 2-10.

Aispurúa, D. 1995. **Estudio de coliformes en la red de distribución de los acueductos rurales del distrito de Dolega.** Trabajo de Graduación. Universidad de Panamá, Panamá, 110 pp

Anzueto, A., González, E., Garau, J. 2006. **Antibioticoterapia en Serratia spp.** Revista Internacional Ambiental. 12, 20-36.

APHA-AWWA-WEF.1995. **Standard Methods for Examination of water and wastewater**, 19th edition. USA, 300 pp.

Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B. y Velásquez, O. 2009. **Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos.** Segunda Edición. México. Página 30-40.

Caraballo, A., Zeballos B. 2003. **Análisis Microbiológico, Físico-Químico y Organotrófico de aguas de Almacenamiento para Consumo.** Trabajo de Graduación. Universidad de Panamá. Panamá, 120 pp.

Castro, N. y Quiróz C. 2003. **Riesgos Microbiológicos del Almacenamiento de Agua Potable en Tinacos.** Revista Mexicana. 10, 1-7.

Cruz, Y., F. Serrano, L. Poveda. 2008. **La Calidad Microbiológica del agua Cruda y Tratada de dos Plantas Potabilizadoras de Azuero.** Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá. Panamá, 90 pp.

Delgadillo, A., O. Ramírez. 2005. **Potabilización de Aguas.** Manual de Plantas de agua. Tercera Edición. Ciudad Perú. Páginas: 10-14.

García, N. 2004. **Introducción a la Microbiología.** Editorial Universidad Estatal a Distancia. México, Páginas 53-54.

González, E., Lewis M., Martínez, C. 1997. **Evaluación y Control Bacteriológico en Tanques para Almacenamiento de Agua en la Ciudad de Panamá.** Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Universidad de Panamá. Panamá, 50 pp.

Hardalo, C., Edberg, S. 1997. **Pseudomonas aeruginosa: Assessment of Risk from Drinking Water**, Critical Reviews in Microbiology, 23(1):47-75. Consultada el 29 de abril de 2011. Disponible en <http://www.thefactsaboutwater.org/research-studies-publications/pseudomonas-aeruginosa/>

Madigan, M., Martinico, J. 1992. **Biología de los Microorganismos**. Sexta Edición. Pearson Education., S.A. Madrid, 800 pp..

Mc Junking, E. 1993. **Agua y Salud Humana**. Organización Panamericana de la Salud. OPS. 40 pp.

Marcos, M. 2005. **Evaluación Microbiológica de Sistemas de Abastecimiento de agua Potable**. 2do. Simposium. Memorias. 12 pp..

Ministerio de Comercio e Industria. Panamá (MICI). 1999. Resolución 597. **Normas de Agua Potable**. Dirección General Normas Técnicas (DGNTI). Comité Panameño de Normas Técnicas (COPANIT).

Rangel, L., G., Acosta, M., Casimiro, M., Santamaría, S., Ramírez, A., Núñez.. 2008. **Análisis y Caracterización de Bacterias Heterotróficas aisladas a partir de muestras de Agua**. México. Resumen Compendiado. Págs: 30-40