

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León**

**Facultad de Ciencia Químicas**

**Carrera de Farmacia**



*A la libertad por la Universidad!*

**Monografía para optar al Título de Licenciado Químico Farmacéutico.**

**Determinación de la Calidad del Agua Mediante Indicadores Biológicos Y  
Fisicoquímicos en la Comunidad El Paragua. Malpaisillo, Marzo-Julio  
2013.**

**AUTORES:**

- ✓ **Br. Josselin Mariam Carrasco López**
- ✓ **Br. Gina Deane Centeno Altamirano**
- ✓ **Br. Iván Alberto Chávez**

**Tutora:  
MSc. Gloria María Herrera**

**Julio, 2013**

# ÍNDICE

✚ Introducción.....	1
✚ Planteamiento del problema.....	6
✚ Objetivo.....	7
✚ Marco teórico.....	8
✚ Material y Método.....	49
✚ Resultados.....	59
✚ Análisis de resultados.....	66
✚ Conclusiones.....	70
✚ Recomendaciones.....	71
✚ Bibliografía.....	72
✚ Anexos.....	78

## AGRADECIMIENTOS

*A Jehová Dios:*

Por habernos dado la sabiduría, salud y la fortaleza para que fuera posible alcanzar este triunfo, el entendimiento para poder llegar al final de nuestra carrera.

*A nuestros padres:*

Muchas gracias por el apoyo incondicional que nos brindaron, por todos los sacrificios que hicieron a lo largo de nuestra carrera, así como su comprensión y paciencia en los momentos difíciles que tuvimos.

*A nuestros hermanos:*

Por su cariño, apoyo y comprensión.

*A nuestros compañeros de tesis:*

Porque a pesar de todos los momentos difíciles que tuvimos pudimos salir adelante con nuestro trabajo, por su paciencia, comprensión y cariño.

*A nuestra tutora:*

MSc. Gloria Herrera por su generosidad al brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a *Dios* porque Él es quien hace posible las cosas, me dio la vida, la sabiduría, la salud y la fuerza necesaria para poder culminar con éxito mi carrera.

A mis padres, *Martha Judy Altamirano G. y Fulvio Javier Centeno C.* quienes me dieron su amor, comprensión y apoyo incondicional siempre.

A mis Abuelitas *Gertrudis Guido y Socorro Córdoba*, que a lo largo de su vida me han inculcado valores y me han dado los mejores consejos para ser una persona de bien.

A mis hermanos *Cassandra Judith y Javier Alejandro*, por su gran cariño y apoyo.

A *Geovanny Saldaña*, quien me ha dado su amor incondicional, su apoyo, comprensión y motivación a cada momento.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma prestaron directa e indirectamente su apoyo en la culminación de este trabajo.

*Gina Centeno.*

*A mi padre incondicional, mi DIOS.*

Gracias porque todo lo que tengo y lo que soy es por tu misericordia. Siempre estas a mi lado y me llevas de la mano por la vida.

Rut. 2:12: El señor te compensará por lo que han hecho, tu remuneración sea cumplida de parte de Jehová, el Dios de Israel, bajo cuyas alas has venido a refugiarte.

*A mis madres Yadira Carrasco y Melania Carrasco.*

Infinitas gracias porque por su apoyo, amor, ánimos, me ayudaron a culminar mi carrera. Gracias por darme todo hasta lo q no tenían. Las amo.

*A mi hermana Oneyda Carrasco “mi chichi”.*

Que sería de mi sin ti, eres mi ejemplo. Gracias por tanto sacrificio que hace por nosotras. Te adoro.

A todos los docentes que ayudaron a mi aprendizaje durante todos estos años. En especial a nuestra tutora *MSc. Gloria Herrera* que con su sabiduría, paciencia y dedicación, nos ayudo a culminar nuestra monografía. Gracias por todo se le aprecia.

*A mi familia y amigos* que de una u otra manera han estado apoyándome a cumplir mis sueños. Se les quiere.

*Josselin Carrasco.*

*A Jehová Dios.*

Padre querido, te doy gracias por ser mi primer maestro. Por siempre estar Conmigo en mis momentos difíciles, porque una de las metas que me he trazado ya la he logrado, gracias a TI, que siempre me apoyaste, que escuchaste mis oraciones y hoy hiciste realidad mi sueño de ser profesional, porque sin TI no hubiese tenido ni la sabiduría ni fortaleza suficiente para culminar esta etapa académica. *¡Gracias por siempre!*

*A mis padres, Aura y Eduardo y A mis tíos padres Aida y Osman*

A ellos les debo todo lo que soy, desde pequeña me enseñaron el camino del estudio como un medio de superarme como persona, me apoyaron incondicionalmente en todo lo necesario para la realización y culminación de mi carrera, no sólo en lo económico, sino también con aquellos valores positivos que me inculcaron. Gracias por ser los mejores Padres....

*A nuestra Tutora, Msc. Gloria Herrera.*

Por su guía, comprensión, su infinita paciencia, ayuda, carisma, tiempo, entrega, confianza y valiosos consejos a lo largo del proceso de investigación.

*Iván Chávez.*

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es conocida desde la antigüedad; por ejemplo, en Roma eran frecuentes los envenenamientos provocados por el plomo de las tuberías que transportaban el agua. En las ciudades medievales las aguas eran habitualmente, sucias y pestilentes y provocaban serios y extendidos problemas de salud que se fueron agravando cada vez más.<sup>(2)</sup>

El agua es un compuesto muy importante en la vida diaria, se necesita para la subsistencia de todos los seres vivos, para la mayoría de procesos industriales es el fluido de trabajo. Por ser el solvente universal es común encontrar en aguas superficiales y subterráneas un gran número de compuestos que en determinadas concentraciones pueden ser nocivos para la salud de los consumidores, además, puede contener microorganismos indeseables.<sup>(33)</sup>

Se estima que en América Latina y el Caribe, el 43% de la población no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y para uso doméstico. Además se ha demostrado que las enfermedades hidrotansmisibles como la gastroenteritis, la fiebre tifoidea, la hepatitis A y el cólera, entre otras, están entre las principales causas de muerte en los países de América Latina. Hay una relación directa entre la mortalidad infantil, la cobertura y calidad del agua de consumo humano debido a que los niños son especialmente propensos a enfermarse con diarrea.<sup>(31)</sup>

Otro Problema de Salud Pública, es la contaminación de las aguas por metales pesados, entre estos tenemos al Plomo, el cual es uno de los elementos más tóxicos, que por sus propiedades acumulativas es considerado uno de los contaminantes más importantes y ampliamente distribuidos en el ambiente, sobre todo en las aguas. Actualmente las fuentes más comunes de exposición al Plomo son las emisiones de las industrias minerometalúrgicas y metalmecánica, así como los abastecimientos recicladores de baterías.<sup>(32)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

El conocimiento de la calidad del agua es de vital importancia para todas las personas que la utilizan tanto en sus hogares como en la industria, ya que puede ocasionar severos daños a la salud de los consumidores o a los equipos industriales. El agua de consumo puede considerarse de buena calidad cuando es salubre y limpia; es decir, cuando no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar adversamente la salud de los consumidores.<sup>(33)</sup>

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá, que desde los años ochenta ha trabajado en calidad y Saneamiento del Agua junto con las Naciones Unidas, ha venido desarrollando importantes aportes a la evaluación y control de la calidad del agua; en 1996, convocó a una reunión internacional de expertos para examinar ensayos de toxicidad simples, de bajo costo, factibles de conformar una batería de bioensayos sustentable para la evaluación de toxicidad de aguas de consumo humano, accesible a países en desarrollo. Otro importante aspecto a considerar fue que el conjunto de pruebas permitiera realizar monitoreos rutinarios en laboratorios con equipamiento básico e insumos mínimos. Como resultado de estas actividades se creó la red internacional *WaterTox* en 1997, formada por instituciones de ocho países (Argentina, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, India, México y Ucrania), lográndose los objetivos mediante el desarrollo de un programa de intercalibración para la validación de una batería de ensayos a través de muestras ciegas, y su posterior aplicación en muestras ambientales.<sup>(34)</sup>

Existe una diversidad de estudios relacionados a la calidad del agua, tales como: la determinación de plomo por medio de varios ensayos toxicológicos así como ensayos microbiológicos, que depende de gran medida para su consumo por la población en general.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

Entre esta diversidad de estudios tenemos:

Un estudio realizado por del Toro y colaboradores en el 2010, en donde se evaluaron los niveles de plomo en las aguas de la cuenca San Pedro, Camagüey utilizando, el método de absorción atómica, se encontró que las concentraciones de plomo varían en los diferentes puntos de recolección de las muestras a concentraciones que van desde los 10,93 a 24,30 µg/L, estando dentro de los límites permitidos que es de 50 µg/L. También, se midió el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura del agua. <sup>0)</sup>

César Julio Cáceda, realizó un estudio en el 2005, que lleva por tema: Aplicación de Bioensayos en la medición de Toxicidad por metales pesados en fuentes superficiales de agua para consumo humano, en este estudio se evaluó el efecto tóxico potencial de metales pesados de una muestra de agua del Río Santa sobre el crecimiento de la raíz de *Allium cepa* y *Lactuca sativa*. De acuerdo con los resultados obtenidos la aplicación de bioensayos con *Allium cepa* fue más sensible a la presencia de metales de plomo y cromo con respecto a *Lactuca sativa*. <sup>(24)</sup>

Un estudio realizado en marzo del 2007 por el Centro para la Investigación de recursos acuáticos de Nicaragua de la UNAN-Managua, con el título Análisis del Potencial Hidrológico y Calidad de las Aguas Superficiales en la Subcuenca del Río Ochomogo. Este estudio se llevó a cabo para determinar la disponibilidad del agua superficial y los factores que inciden en la calidad del agua en la subcuenca. Se utilizaron indicadores físico-químicos en las cuales las aguas no presentaron problemas a excepción del hierro que se encuentra por encima de los límites establecidos por las Normas Canadienses (CCME). En cuanto a aspectos microbiológicos la presencia de indicadores de contaminación, indican contaminación bacteriológica del agua por las diferentes actividades en la subcuenca. Los coliformes totales y termotolerantes superan los valores límites establecidos por las diferentes Agencias para la Protección del Medio Ambiente tanto de los Estados Unidos, Europa y Canadá. Las concentraciones encontradas de *E. coli* en todos los sitios de muestreo exceden los criterios de calidad de agua lo que evidencian una contaminación de

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

origen fecal, mientras que la presencia de *Streptococcus fecalis* en las aguas confirman una contaminación reciente de origen animal.<sup>(21)</sup>

Un estudio realizado para analizar la calidad del agua de consumo humano (agua de pozo) del sector rural al noreste de León mostraron que un 95.7% de los resultados, no cumplen con los requisitos establecidos en las normas CAPRE. Según los estándares del laboratorio de microbiología de la UNAN-León, el 97.1% de las muestras están contaminadas. Existe un grado de asociación significativa entre la contaminación microbiana y la presencia de animales cerca del pozo. Los resultados sugieren que la contaminación se da fundamentalmente por introducción directa de mecatres contaminados a los pozos.<sup>(26)</sup>

En el 2011, Beatriz García Méndez y Colaboradores, realizaron estudios preliminares para evaluar la calidad del agua del río marombas (SC-Brasil), utilizando los parámetros físico-químicos y bioensayos. Las muestras de agua se recogieron en 3 puntos y se mantuvo la determinación de pH, oxígeno disuelto (OD), el análisis de pesticidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos orgánicos volátiles (COV) y los bifenilopoliclorados (PCB). Se realizaron pruebas de toxicidad aguda (CL50) y fitotoxicidad en *Allium cepa L.* evaluados por la inhibición del crecimiento y peso de la raíz y los biomarcadores de estrés oxidativo glutatión reducido (GSH) y la peroxidación lipídica. Los resultados de los parámetros físico-químicos indicaron que los valores de pH eran compatibles con las normas establecidas. Se confirmó la presencia de plaguicidas. Los ensayos no mostraron toxicidad y hubo ausencia de inhibición del crecimiento en las raíces de *Allium cepa L.* La Concentración de GSH fue significativamente mayor en comparación con el punto 1 y el punto 3 con el control negativo. No hubo diferencia significativa en la evaluación de la peroxidación de lípidos entre los diferentes grupos. Estos resultados indican que las aguas del Río Marombas pueden estar contaminadas con agroquímicos, lo que sugiere la necesidad de implementar un sistema de seguimiento periódico de su calidad.<sup>(35)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

Debido a la inexistencia de estudios acerca de este tema, en Nicaragua como futuros profesionales de la salud encargados de velar por el bienestar de la población nos vimos motivados a determinar los principales factores que determinan la Calidad del Agua de consumo en aguas potables y de pozos de la comunidad El Paragua del municipio de Malpaisillo utilizando el método Colorimétrico en solución acuosa mediante la reacción de proceso de sulfhidración, el Bioensayo de Toxicidad Aguda para la determinación de minerales con *Allium cepa* Lasí como la determinación bacteriológica de Coliformes totales y Fecales mediante el método del número más probable; siendo un trabajo monográfico innovador que puede servir como referencia a futuras investigaciones.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desde hace mucho tiempo, todos los desechos de la actividad humana son arrojados a las aguas. Así se pueden encontrar en ellas: desechos químicos radiactivos, pesticidas, metales pesados, por lo cual muchas aguas tienen tal grado de contaminación que son perjudiciales para la salud y para la vida en general.

La Dra. Gabriela Gómez, directora del Centro Salud FanorUrroz del Municipio de Malpaisillo, nos expuso, que las enfermedades Diarreicas Agudas han ido en aumento en lo que va del año 2013, teniendo un total de 254 casos de Diarreas. Es por tal razón que nos surgió el siguiente problema:

Según los ensayos a realizar en las muestras recolectadas en la comunidad del Paragua, ¿serán las aguas de esta comunidad aptas para consumo humano? Para esto se utilizaran el método del número más probable para determinar Coliformes fecales y totales, el Bioensayo de Toxicidad Aguda para la determinación de minerales con *Allium cepa L*; y el método Colorimétrico en solución acuosa mediante la reacción de proceso de sulfhidración.

**OBJETIVOS:**

**GENERAL:**

- ❖ Determinar la calidad de agua mediante indicadores Biológicos y Físico – Químico en la Comarca el Paraguas. Malpaisillo, Marzo – Julio 2013.

**ESPECIFICOS:**

- ❖ Determinar la presencia de Coliformes Totales y Fecales mediante el Método microbiológico del Número más Probable utilizando la técnica de tubos de fermentación múltiple.
- ❖ Realizar el Bioensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa L* mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces de cebolla.
- ❖ Efectuar el método Colorimétricos en solución acuosa mediante la reacción de proceso de sulfhidración.

## MARCO TEORICO

### La contaminación del agua

Un agua clara y potable es una necesidad humana básica; sin embargo, el acceso a ella continúa siendo una gran dificultad para muchas comunidades de países en desarrollo. La contaminación de agua por organismos patógenos constituye todavía una fuente de enfermedades importante en estos países, un gran número de poblaciones se enfrenta, además, con una contaminación química creciente proveniente del uso de agroquímicos, actividades industriales y fuentes domésticas.<sup>(34)</sup>

A pesar de este panorama, en las décadas pasadas se ha trabajado intensamente en el desarrollo y validación de diversos métodos de control microbiológico de agua, y varias técnicas han sido adaptadas para uso a nivel de comunidad de manera sustentable.<sup>(34)</sup>

Históricamente, la utilización de métodos biológicos para la detección de sustancias nocivas o peligrosas se registra por primera vez a principios del siglo XX. Hacia 1940 se introdujo el uso de bioensayos con peces y durante los años cincuenta se inician las pruebas con invertebrados y algas. El concepto de bioensayo deriva de la toxicología clásica, el cual ha sido adaptado y aplicado al diagnóstico ambiental, considerándose como un complemento a la caracterización físico-química convencional. Las pruebas de toxicidad constituyen una herramienta eficaz para la predicción de niveles de concentración de compuestos tóxicos, en los que mediante la analítica clásica no se logra obtener efectos observables, extendiéndose estas evaluaciones al ámbito de poblaciones, comunidades o ecosistemas para la identificación de elementos biológicos en riesgo.<sup>(34)</sup>

Los ensayos biológicos son herramientas de diagnóstico adecuadas para determinar el efecto de agentes físicos y químicos sobre organismos de prueba bajo condiciones experimentales específicas y controladas. Estos efectos pueden ser tanto de inhibición como de magnificación, evaluados por la reacción de los organismos, tales como muerte,

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

crecimiento, proliferación, multiplicación, cambios morfológicos, fisiológicos o histológicos.<sup>(34)</sup>

Los efectos pueden manifestarse a diferentes niveles, desde estructuras subcelulares o sistemas de enzimas, hasta organismos completos, poblaciones o comunidades. Por tanto, la toxicidad será la capacidad de una sustancia para ejercer un efecto nocivo sobre un organismo o la biocenosis, y dependerá tanto de las propiedades químicas del compuesto como de su concentración, según sea la duración y frecuencia de la exposición al tóxico, y su relación con el ciclo de vida del organismo; las pruebas podrán ser de tipo agudo o crónico.<sup>(34)</sup>

El potencial nocivo de una sustancia tóxica puede ser contrarrestado por el sistema biológico a través de diferentes estrategias, tales como reacciones metabólicas de detoxificación, excreción de tóxicos, etc. Por tanto, la toxicidad aparente evaluada en un ensayo biológico es el resultado de la interacción entre la sustancia y el sistema biológico.<sup>(34)</sup>

Además, se debe considerar que el efecto tóxico sobre los sistemas biológicos es ejercido por la acción combinada de todas las sustancias nocivas presentes en el medio, incluso aquellas que no son tóxicas en sí, pero que afectan las propiedades químicas o físicas del sistema, y consecuentemente las condiciones de vida de los organismos. En los sistemas acuáticos es característico el caso de sustancias que agotan el oxígeno, o que son coloreadas, o que simplemente impiden la propagación de la luz (caso de material particulado). También se deben tener en cuenta aquellos efectos no directamente relacionados con sustancias, tales como el deterioro o daño producido por acción de cambios en la temperatura o por radiación.<sup>(34)</sup>

Inversamente, los ensayos biológicos también incluyen el efecto de los organismos sobre las sustancias, como la degradación microbiana o biodegradabilidad.<sup>(34)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

Los resultados de los bioensayos se refieren, en primer lugar, a los organismos usados en el ensayo y las condiciones estipuladas en el procedimiento de prueba. Un efecto nocivo evaluado por medio de ensayos biológicos normalizados puede indicar niveles de peligrosidad trasladable y asimilable a organismos que forman parte de los sistemas naturales y la biocenosis.<sup>(34)</sup>

Los ejemplos de fuentes puntuales son: fábricas, plantas de tratamiento de aguas residuales, minas subterráneas, pozos de petróleo, buques de petróleo, etc.<sup>(4)</sup>

### **Ensayos biológicos para la evaluación de la calidad del agua:**

#### **1. Ensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa* L mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces de cebolla.**

##### **Principio**

Cuando un bulbo de cebolla (*Allium sp*) se rehidrata, se produce una estimulación del crecimiento de las células, lo cual permite la elongación de las raíces de la planta. Sin embargo, cuando la hidratación se lleva a cabo en presencia de sustancias tóxicas, la división celular de los meristemos radiculares puede inhibirse, ya sea retardando el proceso de mitosis o destruyendo las células. Este tipo de alteraciones generalmente impide el crecimiento normal de la raíz y, por tanto, su elongación.<sup>(30)</sup>

El efecto puede determinarse en forma indirecta, mediante la comparación de la elongación de las raíces de cebollas expuestas al tóxico con las de cebollas no expuestas, luego de un periodo de 72 h de prueba. La cuantificación del efecto se realiza estableciendo el porcentaje de inhibición del crecimiento de las raíces respecto a la longitud promedio de las raíces del control.<sup>(30)</sup>

### **Reactivos y Materiales**

Bulbos de *Allium sp* (cebolla amarilla)

Para la elaboración de las pruebas se deben seleccionar bulbos de 1.5 cm de diámetro, secos y sin formación de hojas o raíz. Pueden ser obtenidos del mercado local o adquiridos a través de algún proveedor.<sup>(30)</sup>

Previo al montaje de la prueba, los bulbos deben limpiarse eliminando la epidermis seca y removiendo, con un bisturí o instrumento punzante, los restos de tejido y raíces del área radicular. No se deben dañar las raíces primordiales. Con el fin de eliminar los restos de tejidos es conveniente colocar los bulbos en agua destilada por dos horas y secar.<sup>(30)</sup>

### **Medio de crecimiento**

El medio de crecimiento utilizado para el desarrollo del ensayo se indica en el resumen de las condiciones recomendadas para las pruebas de toxicidad con *Allium cepa L.* La solución madre preparada de acuerdo con lo indicado se diluye diez veces con agua destilada, y el pH se ajusta a siete antes de utilizar. También se puede utilizar agua dura o agua de la llave como medio de crecimiento. En el caso de usar cualquiera de estas opciones el control negativo y el agua utilizada para preparar las diluciones de los compuestos químicos o las muestras deberá ser la misma.<sup>(30)</sup>

### **Materiales**

- Tubos de ensayo de vidrio de 10 cm de largo y 1.5 cm de diámetro (o recipientes de mayor tamaño, dependiendo del tipo de bulbos a utilizar).
- Gradillas o soportes para tubos bisturí.
- Reglilla para hacer mediciones en cm o mm.<sup>(30)</sup>

### **Almacenamiento de los bulbos de cebolla**

Se recomienda adquirir los bulbos en vísperas de la realización de pruebas o en su defecto, almacenarlos en un lugar donde se puedan garantizar condiciones secas, y una temperatura entre 10 y 20 °C. En algunas regiones, los bulbos pueden mantenerse almacenados hasta por un año, sin embargo, en zonas geográficas donde la temperatura y humedad son altas, el almacenamiento está limitado a unos pocos días.<sup>(30)</sup>

### **Procedimiento de la prueba**

#### **Preparación de diluciones**

Generalmente se sugiere el empleo de una serie de cuatro concentraciones, un control negativo y uno o dos controles positivos. Para su preparación se emplea el método dedilución en forma secuencial aplicando un factor de 0.2 o 0.3.<sup>(30)</sup>

Cuando se va a llevar a cabo una evaluación presuntiva puede emplearse una serie dediluciones logarítmicas, por ejemplo: 100; 10; 1; 0.1; 0.01, etc, lo cual permitirá establecer el intervalo de concentración conveniente para la determinación de la concentración inhibitoria media (CI50).<sup>(30)</sup>

Se recomienda igualmente utilizar agua dura para el control negativo, así como para lapreparación de las diluciones de la muestra y la preparación del control positivo con eltóxico de referencia Cu (II).<sup>(30)</sup>

### **Ensayo**

Cuando se trabaja con bulbos de diámetro pequeño, las pruebas se realizan en tubos deensayo de 10 cm de longitud x 1.5 cm de ancho; en el caso de bulbos de mayor diámetro pueden utilizarse tubos o recipientes de mayor volumen, dependiendo del tamaño de losmismos. Es importante destacar que la profundidad de los recipientes debe ser tal que, altérmino de la prueba, la elongación máxima no alcance el fondo del recipiente.<sup>(30)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

En la prueba se utilizan cinco concentraciones de la muestra, un control negativo, y uno o dos controles positivos, cada una con doce réplicas. El ensayo se inicia con el llenado de los tubos con cada una de las diluciones y controles; este llenado debe hacerse hasta el borde del tubo. A continuación se colocan los bulbos limpios sobre la boca del tubo cuidando que la zona radicular quede inmersa en el líquido.<sup>(30)</sup>

Los tubos se colocan en una gradilla, la cual se localiza sobre una mesa que no presente vibraciones y se mantienen a temperatura ambiente (20 °C) por un periodo de 72 horas. Debe evitarse la iluminación directa.<sup>(30)</sup>

Dos veces al día durante el periodo de prueba se debe restablecer el volumen perdido por evaporación o absorción. Para restablecer este volumen se utiliza la muestra o dilución correspondiente. Se recomienda inclinar el bulbo sin sacar las raíces del tubo, adicionando cuidadosamente el volumen con ayuda de una pipeta Pasteur.<sup>(30)</sup>

### **Resumen de las condiciones recomendadas para las pruebas de toxicidad con *A. cepa*L.**

1. Tipo de ensayo	Estático
2. Temperatura	20 °C; ambiente
3. Calidad de luz	Fluorescente, blanco-frío
4. Iluminación	Indirecta
5. Recipientes	Tubos de ensayo de 10 * 1.5 cm de diámetro
6. Número de réplicas	12
7. Material biológico	Bulbos de aproximadamente 1.5 cm de diámetro
8. Condición de los bulbos	Pelar los bulbos y la base, evitar dañar el anillo radicular
9. Agua de dilución	Agua de la llave, canilla o medio de crecimiento
10. Número de concentraciones	5
11. Duración de la prueba	72 h
12. Efecto medido	Inhibición de crecimiento de las raíces
13. Control negativo	Agua de la llave o medio de crecimiento
14. Control positivo	Cobre (II) a partir de una solución de CuSO

### **Expresión de resultados**

#### **Medición**

Al término del período de exposición se registra la longitud promedio de las raíces, medición que se lleva a cabo con ayuda de una regla común con escala en milímetros. La medición se lleva a cabo colocando la escala en el margen del tubo, se ubica el valor de longitud mínimo y máximo donde incide la mayoría de las raíces y el punto medio se define como el promedio. Se efectúa la estimación en cada tubo y se obtiene el promedio matemático de diez réplicas (los dos valores más extremos se descartan). Para obtener el porcentaje de efecto de inhibición se debe realizar la siguiente operación:<sup>(30)</sup>

$$\frac{(\text{Longitud del control} - \text{Longitud de la muestra}) \times 100}{\text{Longitud del control}}$$

### **2. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L)**

#### **Principio**

El bioensayo de toxicidad con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L) es una prueba estática de toxicidad aguda (120 h de exposición) en la que se pueden evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o de mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento. Como puntos finales para la evaluación de los efectos fitotóxicos, se determina la inhibición en la germinación y la inhibición en la elongación de la radícula y del hipocotilo. Es importante destacar que durante el periodo de germinación y los primeros días de desarrollo de la plántula ocurren numerosos procesos fisiológicos en los que la presencia de una sustancia tóxica puede interferir alterando la supervivencia y el desarrollo normal de la planta, siendo por lo tanto una etapa de gran sensibilidad frente a factores externos adversos. Por otra parte, muchas de las reacciones y procesos involucrados son generales para la gran mayoría de las semillas, por lo que la respuesta de esta especie y los datos obtenidos a partir de la aplicación de esta prueba son en gran medida representativos de los efectos en semillas o plántulas en general. El éxito o aptitud de una plántula para establecerse en un ambiente

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

determinado es relevante para garantizar la supervivencia de la especie. La evaluación del desarrollo de la radícula y del hipocotilo constituye indicadores representativos para determinar la capacidad de establecimiento y desarrollo de la planta.<sup>(34)</sup>

A diferencia de la prueba tradicional de germinación de semillas, la evaluación del efecto en la elongación de la radícula y del hipocotilo de las plántulas permite ponderar el efecto tóxico de compuestos solubles presentes en niveles de concentración tan bajos que no son suficientes para inhibir la germinación, pero que sin embargo pueden retardar o inhibir completamente los procesos de elongación de la radícula o del hipocotilo, dependiendo ello del modo y sitio de acción del compuesto. De esta manera, la inhibición en la elongación de la radícula e hipocotilo constituyen indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en vegetales, aportando información complementaria a la proporcionada al estudiar el efecto en la germinación. Este ensayo puede ser aplicado para la evaluación de la toxicidad de compuestos puros solubles, de aguas superficiales organismo diagnóstico, el bioensayo con semillas permite evaluar la fitotoxicidad de muestras coloreadas o con elevada turbiedad de manera directa y sin necesidad de filtración previa, reduciéndose así las interferencias debidas al pretratamiento, además de simplificar el procedimiento de prueba.<sup>(34)</sup>

Si bien *L. sativa* no es una especie representativa de ecosistemas acuáticos, la información generada a partir de esta prueba de toxicidad proporciona datos acerca del posible efecto de los contaminantes en las comunidades vegetales cercanas a las márgenes de cuerpos de agua contaminados, siendo también una especie interesante de considerar por su importancia desde el punto de vista hortícola. Por otra parte, es de fácil y rápida germinación, por lo que es posible desarrollar la prueba en pocos días.<sup>(34)</sup>

Este bioensayo de toxicidad ha sido recomendado y aplicado por diferentes organismos de protección ambiental para la evaluación ecotoxicológica de muestras ambientales y compuestos puros, además de la evaluación del efecto fitotóxico de pesticidas sobre especies no blanco necesario para el registro de pesticidas.<sup>(34)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

En la incorporación de esta prueba en una batería de bioensayos es importante considerar el compromiso entre la sensibilidad de la especie *L. sativa*, el reducido tiempo de exposición de la prueba con semillas, los bajos costos asociados y que no requiere equipamiento sofisticado, en particular en la aplicación a muestras ambientales o en el monitoreo de procesos de detoxificación, saneamiento, control de efluentes o reúso de biosólidos.<sup>(34)</sup>

**Material biológico:** semillas de lechuga (*Lactuca sativa* Lvar. mantecosa).<sup>(34)</sup>

### **Obtención, control y conservación de las semillas**

La obtención de semillas de lechuga (*L. sativa* Lvar. mantecosa) se realiza en semilleras locales, procurando que sean semillas sin curar (sin fungicidas o plaguicidas), con buen poder germinativo y baja variabilidad en la elongación de la radícula e hipocotilo.<sup>(34)</sup>

Las semillas seleccionadas se almacenan fraccionadas a 4 °C, en oscuridad y en ambiente seco. Conservadas en estas condiciones mantienen su vigor al menos durante dos años. Un indicador de la reducción de la vitalidad y envejecimiento de las semillas es la reducción en el poder germinativo y el aumento en la variabilidad de las medidas de elongación de radícula e hipocotilo en el control negativo. En este caso se recomienda realizar las pruebas de toxicidad utilizando un nuevo lote de semillas.<sup>(34)</sup>

### **Procedimiento para el desarrollo de la prueba:**

#### **Preparación de las diluciones**

Para realizar una curva dosis-respuesta se recomienda preparar un mínimo de cinco o seis diluciones de la muestra o compuesto a estudiar, de manera que se obtengan valores de toxicidad intermedios entre el 100 y 0%. Para las muestras ambientales se recomienda el uso de un factor de dilución de 0,3 o 0,5 para la preparación de la serie de diferentes concentraciones. El uso de un factor de 0,3 permite evaluar la toxicidad considerando el intervalo entre el 100 y 1% de la muestra realizando cinco diluciones (100, 30, 10, 3 y 1%). Al aplicar un factor de dilución de 0,5, es necesario utilizar mayor número de diluciones

## ***Determinación de la calidad del agua de consumo***

---

para abarcar el mismo intervalo de concentraciones (100, 50, 25, 12, 6, 3 y 1,5%), pero se obtiene mayor precisión en los resultados. Para la preparación de cada dilución se utiliza agua dura reconstituida (es posible el uso de agua mineral dura para consumo humano), realizando el control negativo con el agua de dilución empleada.<sup>(34)</sup>

Para el caso de las muestras cuya toxicidad es desconocida, previo a la realización de la prueba definitiva, se sugiere hacer una prueba presuntiva (ensayo preliminar) utilizando diluciones logarítmicas (100; 10; 1; 0,1; 0,01) que permitan establecer el intervalo de concentración conveniente para obtener valores de efecto entre 100 y 0% necesarios para calcular la CI50. Con el fin de controlar la sensibilidad de las semillas, simultáneamente a la evaluación de la toxicidad de una muestra debe realizarse un control positivo, utilizando, por ejemplo, una sal de Zn (II) como tóxico de referencia.<sup>(34)</sup>

La concentración de prueba de este control es la correspondiente a la CI50 para el lote de semillas en uso.<sup>(34)</sup>

### **Medida de los puntos finales de evaluación de la fitotoxicidad**

Cada punto final se evalúa comparando el efecto generado en los organismos expuestos a la muestra con respecto a la respuesta en los organismos del control negativo sujetos a las mismas condiciones de ensayo, excepto por la ausencia de muestra.<sup>(34)</sup>

Terminado el periodo de exposición (120 h), se procede a cuantificar el efecto en la germinación y en la elongación de la radícula y del hipocotilo.<sup>(34)</sup>

### **Efecto en la germinación**

Registrar el número de semillas que germinaron normalmente, considerando como criterio de germinación la aparición visible de la radícula.<sup>(34)</sup>

### **Efecto en la elongación de la radícula e hipocotilo**

Utilizando una regla o papel milimetrado, medir cuidadosamente la longitud de la radícula y del hipocotilo de cada una de las plántulas correspondientes a cada concentración de tóxico o dilución de muestra y a los controles. La medida de elongación de la radícula se considera desde el nudo (región más engrosada de transición entre la radícula y el hipocotilo) hasta el ápice radicular. La medida de elongación del hipocotilo se considera desde el nudo hasta el sitio de inserción de los dos cotiledones. <sup>(34)</sup>

### **Control de calidad de la prueba**

El ensayo deberá repetirse en caso de que los controles presenten:

#### **En el control negativo:**

- Porcentaje de germinación inferior al 90%.
- Alta variabilidad en la elongación de la radícula ( $CV > 30\%$ ). <sup>(34)</sup>

#### **En el control positivo:**

- Porcentaje de germinación inferior al 90%.
- Variación de la sensibilidad de las semillas fuera de lo permitido por las cartas control.

### **Expresión de los resultados**

Se realizan los siguientes cálculos:

- Promedio y desviación estándar de la elongación de la radícula y del hipocotilo de las plántulas de cada repetición. <sup>(34)</sup>
- Porcentaje de inhibición del crecimiento de la radícula y del hipocotilo, con el promedio de elongación para cada dilución respecto del promedio de elongación del control negativo. <sup>(34)</sup>
- Porcentaje de inhibición en la germinación. <sup>(34)</sup>

Elaborar la gráfica dosis-respuesta colocando en la ordenada el porcentaje de inhibición y en la abscisa, la concentración. <sup>(34)</sup>

### **Interpretación de los resultados**

Los efectos cuantificados sobre la elongación de la radícula o del hipocotilo son efectos subletales. La inhibición en la germinación podría considerarse como un efecto letal, siempre y cuando podamos corroborar que finalizada la exposición a una muestra las semillas no germinaron por muerte del embrión, y que no existe simplemente un retraso en el proceso de germinación, manteniéndose la viabilidad de la semilla. Al evaluar la fitotoxicidad de muestras ambientales complejas o con compuestos volátiles, en algunos casos se ha observado que al finalizar el periodo de exposición, la inhibición en la germinación es elevada, pero si se extiende el periodo de ensayo, sin renovar la exposición a la muestra, las semillas comienzan a germinar. La vitalidad de las semillas que no han germinado es posible verificarla mediante la prueba de tetrazolium para viabilidad, pudiendo de esta manera asignarle con certeza a la inhibición de la germinación, el valor e importancia de un efecto letal. No obstante esto, la inhibición en la germinación registrada al finalizar la prueba, se considera fitotoxicidad, aunque el efecto en la germinación sea reversible. <sup>(34)</sup>

### **3. Bioensayo de toxicidad aguda con *Daphnia magna*.**

#### **Principio**

Dentro del grupo de cladóceros, las especies del género *Daphnia* son las más utilizadas como organismos de prueba o de referencia en pruebas de toxicidad. La amplia distribución geográfica, el importante papel que cumplen al interior de la comunidad zooplanctónica, la facilidad de cultivo en el laboratorio, la reproducción partenogenética (lo cual asegura una uniformidad de respuesta) y el corto ciclo de vida con la producción de un alto número de crías, han hecho de este grupo un ideal para la evaluación de toxicidad, de carácter universal. <sup>(34)</sup>

## ***Determinación de la calidad del agua de consumo***

---

El género *Daphnia* se ubica dentro del orden cladóceros de la clase crustácea, y especies como *Daphnia magna*, *Daphniapulex* y *Daphniasimilis*, son utilizadas extensivamente en pruebas de toxicidad, por lo cual existe una extensa información sobre las técnicas de cultivo, los requisitos de temperatura, luz y nutrientes, así como su respuesta a muchos tóxicos. Específicamente, los ensayos de toxicidad con *Daphniamagna* permiten determinar la letalidad potencial de sustancias químicas puras, aguas residuales domésticas e industriales, lixiviados, aguas superficiales o subterráneas, agua potable y agua de pozo de sedimentos, entre otros.<sup>(34)</sup>

En las pruebas de toxicidad con *D. magna*, neonatos menores de 24 h de edad son expuestos a la muestra o compuesto a probar, por un periodo de 48 h, al término del cual se cuantifica el número de organismos muertos. Con estos resultados se establece la proporción o porcentaje de mortalidad producida.<sup>(34)</sup>

### **Material biológico**

Las hembras partenogénicas de *D. magna* pueden obtenerse directamente de compañías proveedoras de materiales biológicos, quienes certifican la especie. También pueden ser obtenidas de otras fuentes como laboratorios especializados donde se llevan a cabo pruebas de toxicidad con este cladóceros o por medio de su recolección en campo; en estos casos, la especie deberá ser taxonómicamente identificada.<sup>(34)</sup>

### **Expresión de los resultados**

**Cálculo de la CL50** Para el cálculo de la CL50 y sus respectivos límites de confianza al 95% se utiliza el método Probit, ya sea manualmente o con ayuda de paquetes estadísticos que tengan este procedimiento. El porcentaje de organismos afectados o muertos por la acción tóxica de una sustancia se transforma a unidades Probit. Esta transformación permite el ajuste a una línea de regresión, en la cual la concentración perteneciente al Probit 0,5, corresponderá a la cantidad de sustancia capaz de generar el efecto estudiado en la mitad de la población.<sup>(34)</sup>

### **Determinación de Coliformes Totales y Fecales: Número más Probable**

#### **Toma de muestras para análisis microbiológico**

Las muestras que se tomarán para el análisis deben ser representativas para poder determinar así su calidad microbiológica. Hay normas para la toma de muestras de aguas según sus distintas procedencias (grifos, pozos, depósitos, lagos, ríos, manantiales, etc.). Para su recogida debe utilizarse frascos estériles y debe recolectarse cantidades comprendidas entre 500 y 1000 ml. En todos los casos los envases se llenarán por completo para excluir el aire. Cuando se estime probable que el agua a analizar contenga trazas de cloro, cloramina u ozono, será necesario neutralizar su efecto bactericida en el momento del muestreo. Para ello se añadirá una cantidad suficiente de tiosulfato sódico. Para un volumen de 250 ml son suficientes 0,2 ml de una solución acuosa al 3% de tiosulfato sódico. Su análisis debe comenzar antes de que hayan transcurrido 6 h desde el momento de la toma de muestras. En circunstancias excepcionales, las muestras pueden conservarse a una temperatura de 4°C durante un periodo máximo de 24 h antes de su análisis.<sup>(25)</sup>

#### **Bacteria Coliforme:**

Incluyen *E. Coli* y otras bacterias que se asemejan morfológicamente y fisiológicamente. Estos microorganismos con frecuencia difieren entre sí en características pequeñas. Las bacterias Coliformes suelen encontrarse en el aparato intestinal del hombre y animal. *E. Coli*, rara vez se encuentra fuera del intestino.<sup>(28)</sup>

Las bacterias coliformes son bacilos cortos, Gram negativos que fermentan la lactosa y forman ácido y gas. Son anaerobios facultativos, se multiplican a mayor rapidez a temperatura entre 30 y 37 °C, crecen a grandes abundancias en medios corrientes, como caldo y agar.<sup>(28)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

La colonia de *E. Coli* en agar E.M.B (eosina y azul de metileno) tienen 2 a 4 mm de diámetro, un centro grande de color oscuro e incluso negro, y tienen brillo verde metálico cuando se observan con luz refleja.<sup>(28)</sup>

Se han creado otras pruebas para diferenciar tipos de bacterias coliformes, suelen emplearse cuatro y se han juntado sus iniciales en la palabra nemotécnica IMViC (Indol, Rojo Metilo (R.M.), Vogues – Proskauer (VP) y la del citrato.<sup>(28)</sup>

Se considera que todas las bacterias coliformes, tienen importancia en el H<sub>2</sub>O desde el punto de vista sanitario aunque muchos autores han tratado de diferenciar el tipo fecal (*E.coli*) y el no fecal (*A.aurogenes*).<sup>(28)</sup>

### **Determinación de Coliformes Totales y Fecales**

Los Coliformes Fecales son un subgrupo de los Coliformes totales capaz de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 °C como lo hacen los totales.<sup>(25)</sup>

Aproximadamente el 95% del grupo de los Coliformes presentes en heces están formados por *Escherichiacoli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Y que los Coliformes Fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Éstos últimos se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a Coliformes Totales y Fecales. La capacidad de los Coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad. Desde hace mucho tiempo se han utilizado como indicador de contaminación fecal. Su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos productores de enfermedades.<sup>(25)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

El método de la **NPM** es un método robusto por lo que puede aplicarse en cualquier tipo de agua, aún aquellos que contienen gran cantidad de materia orgánica. Para la determinación del NMP de Coliformes Totales y Fecales en este tipo de aguas, es necesario proceder a preparar diluciones decimales de la muestra, debido a que se espera que la concentración de coliformes sea superior en éstas que en un agua potable. El número de diluciones varía mucho, dependiendo del origen de la muestra a tratar. Por lo demás, para su análisis de proceder en la misma forma que para una muestra de agua potable.<sup>(36)</sup>

### **Procedimiento:**

Vamos a seguir el mismo método para la determinación de los dos tipos de Coliformes, lo único que variará será la temperatura de incubación de cada determinación, que para los Coliformes Totales será de 37 °C y para los fecales ha de ser de 44 °C.<sup>(25)</sup>

### **Prueba presuntiva:**

Para determinar estos Coliformes se va a utilizar el medio de cultivo BGBB (dispuesto en tubo), que es un medio selectivo y de enriquecimiento ya que inhibe el crecimiento de microorganismos distintos de los del grupo de los Coliformes a la vez que permite que éstos crezcan sin restricción, se distribuye el medio en nueve tubos (tres series de tres tubos) con diez mililitros cada uno de medio de cultivo y echando 10 ml del agua a la primera serie de tubos, 1 ml de agua a la segunda serie, y 0,1 ml a la tercera. Colocaremos en cada tubo una campana Durham para recoger el gas producido y al medio de cultivo se le habrá añadido un indicador ácido-base. Estos tubos se incuban a la temperatura correspondiente según se trate Coliformes Totales o Fecales durante 24 horas.<sup>(25)</sup>

Los Coliformes son lactosa positiva, es decir, son capaces de fermentar a la lactosa con producción de ácido y gas, estos signos serán los que buscaremos. La reacción será positiva cuando se produce desprendimiento de gas en la campana Durham por lo menos en un 10% de su capacidad, y el medio vira a color amarillo debido a formación de ácido.<sup>(25)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

Una reacción positiva por débil que sea, indicará la presencia y Coliformes y habrá que hacer las pruebas confirmativas de IMViC. Se aplicará la técnica del número más probable (NMP).<sup>(25)</sup>

### **METODO DEL NUMERO MAS PROBABLE (NMP)**

<b>3 TUBOS</b>	<b>3 TUBOS</b>	<b>3 TUBOS</b>	<b>3 TUBOS</b>
<b>1 ml. 1:10</b>	<b>1 ml. 1:100</b>	<b>1 ml. 1:1000</b>	<b>gérmenes / ml</b>
0	0	0	3
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	480
3	3	2	1100
3	3	3	2400

**Ensayos fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua:**

**1. Método Colorimétrico Simple para determinar desde 2 p.p.m. de plomo en solución acuosa mediante la reacción de proceso de sulfhidración.**

El procedimiento estándar para extraer plomo soluble consiste de los siguientes pasos:

- a. Se prepara una solución de ácido acético al 4%, tomar de este 50 ml y aforar con agua de pozo a 100ml. (igual paso para agua de grifo)
- b. Se deja la solución reposar durante 24 horas a temperatura ambiente.  
En este punto la solución está lista para analizar su contenido de plomo.<sup>(27)</sup>

Además del método colorimétrico visual que se propone, existen varios métodos para cuantificar el plomo disuelto en la solución. El método de la difracción es uno de los más conocidos, otros métodos están basados fundamentalmente en la utilización de equipos de absorción óptica o atómica.<sup>(27)</sup>

**Descripción del Método**

Al utilizar el procedimiento estándar para extraer los compuestos de plomo descrito anteriormente, el ácido acético diluido reacciona con los constituyentes de la solución acuosa (agua) produciendo entre otros, acetato de plomo. El acetato de plomo es soluble en agua y la solución final es incolora.<sup>(27)</sup>

El método propuesto consiste básicamente en precipitar el plomo del acetato como sulfuro de plomo, obteniéndose una coloración que tiende a ser más oscura a medida que el contenido de plomo en la solución es mayor. La determinación cuantitativa del contenido de plomo se logra mediante la comparación visual de la muestra problema con una serie de muestras patrón de concentración conocida.<sup>(27)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

### **Preparación de muestras patrón**

Se colocan 1.285 grs. de acetato de plomo en un matraz aforado de 1000 ml y se afora con agua destilada agitando hasta disolver el acetato de plomo. Esta solución contendrá 1000 p.p.m. de plomo (solución A).<sup>(27)</sup>

Se toman 20 ml de la solución A y se aforan a 1000 ml para obtener la solución B con 20 p.p.m. de plomo. De ésta última (solución B) se toman 10, 20, 30, 40 Y 50 ml aforando a 100 ml en cada caso, con lo que se obtienen las muestras patrón de 2, 4, 6, 8 Y 10 p.p.m. respectivamente.<sup>(27)</sup>

### **Proceso de sulfhidración**

El dispositivo para sulfhidrar se ilustra en la figura 2 y se procede de la siguiente manera, se colocan 200 grs. aproximadamente de pirita de fierro en el matraz (I), en el matraz (II) se agregan 150 ml de agua y por último se añade por el embudo de vidrio colocado en el matraz(1) ácido clorhídrico diluido 50% en volumen. Obteniéndose de esta manera ácido sulfhídrico gaseoso.<sup>(27)</sup>

Las muestras patrón deberán sulfhidrarse burbujeando cada una de ellas hasta precipitar por completo el sulfuro de plomo. Se obtienen coloraciones que van del amarillo claro (2 p.p.m.) al café (10 p.p.m.).<sup>(27)</sup>

## Determinación de la calidad del agua de consumo

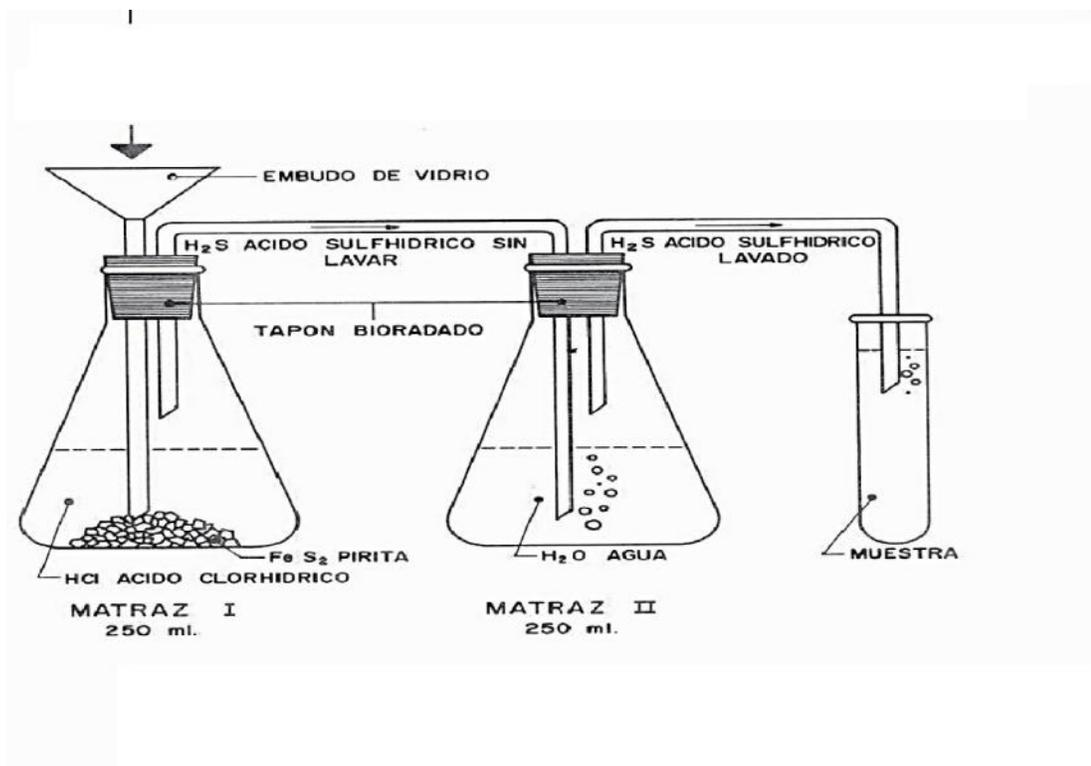


Figura 1.modelo de sulfhidracion

Para analizar el contenido de plomo soluble en un recipiente cerámico con esmalte vítreo, se sigue el procedimiento estándar descrito anteriormente y la solución final se sulfhidra hasta que ya no precipite más sulfuro de plomo, a continuación el color de esta muestra se compara visualmente con las muestras patrón que han sido ya preparadas, determinándose de esta manera la concentración de plomo soluble de la muestra problema.<sup>(27)</sup>

Si la coloración de la muestra estudiada es más oscura que la muestra patrón de 10 p.p.m. deberán hacerse diluciones sucesivas hasta poder determinar la concentración de plomo. Es importante hacer notar que la coloración de las soluciones en estudio y las patrón cambian con el tiempo, por lo que se recomienda hacer las determinaciones en el momento de preparar las muestras patrón, de tal forma que la determinación se efectúe en un tiempo no mayor de 1 hora.<sup>(27)</sup>

## **2. Método por espectroscopía molecular UV-Vis (método de la ditizona).**

### **a) Principio:**

Se mezcla una muestra acidulada que contenga cantidades del orden de microgramos de plomo con solución reductora amoniacal de citrato-cianuro y se extrae con ditizona en cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ ) para formar con ditizonato de plomo de color rojo cereza. Se mide fotométricamente el color de la solución de color mixta. El volumen de muestra tomada para el análisis será de 2l cuando se emplea digestión. <sup>(13)</sup>

### **b) Interferencias:**

La ditizona forma complejos coloreados con bismuto,  $\text{Sn}^{2+}$  y  $\text{Tl}^+$ , en solución amoniacal débil de cianuro (pH 8,5 a 9,5). En solución amoniacal fuerte (pH 10 a 11,5) de citrato-cianuro, los ditizonatos de estos iones son inestables y sólo se pueden extraer parcialmente. Este método utiliza una extracción única de ditizona, de color mixto, y pH elevado. La interferencia de  $\text{Sn}^{2+}$  y  $\text{Tl}^+$  se reduce posteriormente cuando estos iones se oxidan durante la digestión preliminar. Una modificación del método permite la detección y eliminación de la interferencia de bismuto. Las cantidades excesivas de bismuto, talio y estaño pueden eliminarse. La ditizona en  $\text{CHCl}_3$  absorbe a 510 nm; contrólense su interferencia mediante el empleo de concentraciones aproximadamente iguales de ditizona en exceso en muestras, patrones y blancos. <sup>(13)</sup>

El método carece de interferencia para la determinación de 0,0 a 30,0  $\mu\text{gPb}$  en presencia de 20 mg  $\text{Tl}^+$ , 100  $\mu\text{g}$   $\text{Sn}^{2+}$ , 200  $\mu\text{g}$   $\text{In}^{3+}$ , así como 1000  $\mu\text{g}$  de cada uno de los siguientes :  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{V}^{3+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ . Cantidades del orden de gramos de metales alcalinos no interfieren. Existe una modificación para evitar la interferencia de cantidades excesivas de bismuto o estaño. <sup>(13)</sup>

**c) Tratamiento preliminar de la muestra:**

En el momento de la toma de muestra acidúlese con  $\text{HNO}_3$ . Añádanse 5 ml de solución 0.1N de yodo para evitar las pérdidas de compuestos orgánicos de plomo volátiles durante la manipulación y digestión de las muestras. Prepárese un blanco de agua destilada libre de plomo y trátese según el procedimiento completo.<sup>(13)</sup>

**d) Concentración mínima detectable:**

1.0  $\mu\text{g Pb/ 10 ml}$  de solución de ditizona.<sup>(13)</sup>

**3. Espectroscopia de Absorción Atómica**

Mientras que la mayoría de las técnicas espectroscópicas se utilizan para el estudio y caracterización de moléculas o iones en su entorno cristalino, la espectroscopia de emisión y absorción atómica se usa casi exclusivamente para el análisis de átomos. Por consiguiente, la técnica resulta casi insuperable como método de análisis elemental de metales. En principio, la espectroscopía de emisión puede utilizarse para la identificación y para la determinación cuantitativa de todos los elementos de la tabla periódica.<sup>(22)</sup>

Cuando la transición se produce desde el estado fundamental hasta un estado excitado del átomo mediante la absorción de radiación de una determinada frecuencia (característica para cada átomo), estamos en el caso de las técnicas de absorción. En el caso en que los átomos se lleven previamente a un estado excitado y se mide la intensidad de la radiación emitida a la frecuencia característica correspondiente a la transición desde el estado excitado al estado fundamental, hablamos de técnicas espectrofotométricas de emisión. A continuación se tratan las técnicas espectrofotométricas de absorción atómica, de fotometría de llama y de emisión por plasma.<sup>(22)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

Pueden identificarse tres clases diferentes de procesos de emisión que difieren en cómo la sustancia alcanza el estado excitado previo a la emisión. <sup>(22)</sup>

- a) Emisión a partir de una excitación electromagnética.
- b) Emisión a partir de excitación térmica.
- c) Emisión a partir de excitación eléctrica.

Dada la estrecha relación existente entre absorción atómica y fotometría de llama es inmediata una comparación entre ellas. En fotometría de llama la sensibilidad es proporcional al número de átomos que se han excitado, mientras que, en absorción atómica la sensibilidad depende del número de átomos que se encuentran en el estado fundamental. Normalmente, tan sólo un pequeño porcentaje de átomos se encuentran en estado excitado en la llama. Por lo tanto, la absorción atómica da lugar, en general, a una mayor sensibilidad que la fotometría de llama para un gran número de elementos. <sup>(22)</sup>

Además, la absorción atómica es una técnica que presenta menos interferencias y es más simple que la fotometría de llama, lo que explica el espectacular desarrollo de la técnica en los últimos años. Hay que señalar que a pesar de ello, la absorción atómica no ha eliminado el uso de la fotometría, sino que ambos métodos deben considerarse complementarios, siendo la sensibilidad de cada uno de ellos superior a la del otro para determinados elementos. <sup>(22)</sup>

Las ventajas fundamentales de la utilización de la llama como fuente de excitación son que los espectros son muy sencillos y que los resultados cuantitativos tienden a ser más reproducibles. Los espectros son sencillos debido a la baja energía de excitación de la llama que da lugar a pocas líneas de emisión. Este hecho hace disminuir el problema de las interferencias espectrales a partir de líneas y bandas de otros elementos y además no implica la necesidad de un monocromador de elevada resolución. La mayor reproducibilidad de estos métodos se debe al mejor control de las variables en una excitación por llama. <sup>(22)</sup>

Las dos desventajas más importantes de los métodos de emisión en llama son que la energía de excitación es demasiado baja para la mayoría de los elementos y que la muestra debe estar disuelta. En absorción atómica la baja energía no es una desventaja tan importante ya que la misión de la llama, en ese caso, es únicamente atomizar la muestra y formar un vapor de átomos sin excitar; por esta razón es aplicable a un mayor número de elementos que la fotometría de llama.<sup>(22)</sup>

### **Fundamentos del Método**

Las técnicas que normalmente se emplean en el campo del medio ambiente son muy parecidas a las técnicas de otros campos, sin embargo los niveles de concentración de los metales son muy bajos para las técnicas de análisis rutinarias, consecuentemente se han desarrollado variaciones a los métodos que permitan trabajar a esos niveles de concentración.<sup>(23)</sup>

La palabra espectro se define como una representación gráfica de la distribución de intensidad de la radiación electromagnética absorbida o emitida de una muestra en función de la longitud de onda. Los espectros de absorción se obtienen al iluminar una muestra con una radiación continua analizando la proporción de radiación absorbida en función de la longitud de onda.<sup>(23)</sup>

La base del análisis por absorción atómica es la absorción de energía a longitudes de onda características por parte de átomos que se encuentran en su estado fundamental. La diferencia entre la intensidad de radiación emitida por una fuente continua, usualmente una lámpara de cátodo hueco (HCL) específica para el metal de interés, que pasa en forma de haz y la que fue absorbida por los átomos del metal analizado, depende del número de éstos. Esta diferencia es separada por el monocromador y medida por el fotodetector. La cantidad de luz absorbida por el analito es cuantificada por comparación de la luz transmitida a través de la llama contra la luz transmitida por el haz de referencia. La relación entre la absorción y la concentración es expresada por la ley de Beer:

$$\text{Log}(I^0/I) = abc = A^{(23)}$$

Una solución conteniendo los elementos de interés son aspirados hacia una flama donde son atomizados en su estado elemental. Los espectrómetros de absorción atómica son calibrados con soluciones estándar conteniendo concentraciones conocidas del elemento de interés. La concentración de cada analito es determinado desde la curva de calibración construida por los estándares.<sup>(23)</sup>

#### **4. Marcha analítica de metales pesados.**

La marcha analítica es un proceso técnico y sistemático de identificación de iones inorgánicos en una disolución mediante la formación de complejos o sales de color único y característico.<sup>(15)</sup>

Una secuencia de reactivos es más o menos selectiva si se produce con más o menos problemas. Un reactivo es específico (más selectivo) cuando reacciona con muy pocos cationes y aniones. Se van a llamar reactivos generales (menos específicos) cuando reaccionan con muchos cationes y aniones.<sup>(15)</sup>

La marcha analítica de cationes es una técnica de análisis cualitativo que permite la separación e identificación de los cationes presentes en una muestra. Consiste en una serie de pasos sistemáticos basados en reacciones químicas las cuales permiten en primer lugar separar cada catión constituyente de la muestra aprovechando ciertas propiedades particulares como lo es la solubilidad y el pH, y en segundo lugar identificarlos mediante reacciones específicas de cada catión.<sup>(16)</sup>

Los cationes son clasificados en cinco grupos de acuerdo a su comportamiento frente a ciertos reactivos, principalmente frente al ácido clorhídrico, sulfuro de hidrógeno, sulfuro de amonio y carbonato de amonio. La clasificación se basa en si la reacción entre los

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

cationes y el reactivo promueve o no la formación de un precipitado, es decir, se basa en la diferencia de solubilidades de los cloruros, sulfuros y carbonatos formados. Los cinco grupos que constituyen la marcha analítica de cationes son los siguientes:

**Grupo I.** Este grupo está constituido por iones plata ( $\text{Ag}^+$ ), mercurioso ( $\text{Hg}_2^{2+}$ ) y plomo ( $\text{Pb}^{2+}$ ), los cuales se caracterizan por formar precipitados en presencia de ácido clorhídrico diluido.<sup>(16)</sup>

**Grupo II.** Los iones que conforman este grupo generan precipitados al hacerlos reaccionar con sulfuro de hidrógeno en un medio ligeramente ácido. Los cationes que integran el mismo son: mercurio ( $\text{Hg}^{2+}$ ), cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), bismuto ( $\text{Bi}^{3+}$ ), cadmio ( $\text{Cd}^{2+}$ ), antimonio III y V ( $\text{Sb}^{3+}$  y  $\text{Sb}^{5+}$ ), arsénico III y V ( $\text{As}^{3+}$  y  $\text{As}^{5+}$ ) y estaño II y IV ( $\text{Sn}^{2+}$  y  $\text{Sn}^{4+}$ ). A su vez, dichos cationes se clasifican en dos subgrupos: el subgrupo IIa que incluye los primeros cuatro cationes y el subgrupo IIb que incluye los seis cationes restantes.<sup>(16)</sup>

Esta sub clasificación responde a la diferencia de solubilidad que tienen ambos grupos en presencia de polisulfuro de amonio. El grupo IIb se caracteriza por ser soluble en dicho reactivo mientras que el grupo IIa no lo es.<sup>(16)</sup>

**Grupo III.** Este grupo está integrado por los iones cobalto ( $\text{Co}^{2+}$ ), níquel ( $\text{Ni}^{2+}$ ), hierro II y III ( $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ ), cromo ( $\text{Cr}^{3+}$ ), aluminio ( $\text{Al}^{3+}$ ), zinc ( $\text{Zn}^{2+}$ ) y manganeso ( $\text{Mn}^{2+}$ ). En este grupo los cationes precipitan al hacerlos reaccionar con sulfuro de amonio en medio neutro o amoniacal.<sup>(16)</sup>

**Grupo IV.** Conformado por los cationes calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), estroncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ) y bario ( $\text{Ba}^{2+}$ ) los cuales reaccionan con carbonato de amonio en presencia de cloruro de amonio en medio neutro o ligeramente ácido para generar un precipitado.<sup>(16)</sup>

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

**Grupo V.** Este grupo está conformado por aquellos cationes comunes que no reaccionan con los reactivos mencionados en los grupos anteriores. Estos cationes son: el litio ( $\text{Li}^+$ ), el magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), el sodio ( $\text{Na}^+$ ), el potasio ( $\text{K}^+$ ), el hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y el ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).<sup>(16)</sup>

### **El procedimiento experimental el siguiente:**

1. tomar un tubo de ensayo con la disolución por analizar. Esta disolución puede contener todos o algunos de los cationes de metales pesados:  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , además de otros iones de distinta naturaleza.<sup>(17)</sup>

2. adicionar unas gotas de  $\text{HCl}$  2N en el tubo de ensayo. Todos los metales pesados precipitarán en forma de cloruros (no solubles en frío) de color blanco.<sup>(17)</sup>

3. Colocar un embudo con filtro (en el aro sujeto al soporte) sobre un vaso de precipitado. Decantar el contenido del tubo de ensayo sobre el filtro. Enjuagar el tubo llenándolo con agua destilada y decantando en el filtro. Los cloruros metálicos quedan retenidos en el filtro mientras que el resto de la disolución (ya sin metales) cae en el vaso de precipitado.<sup>(17)</sup>

4. Calentar agua destilada en un vaso de precipitado con el mechero hasta que empiece aebullir. Decantar el agua sobre el filtro con un vaso de precipitado limpio debajo. El cloruro de plomo  $\text{PbCl}_2$  es soluble en caliente pero los cloruros de mercurio  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  Y plata  $\text{AgCl}$  no lo son y permanecen en el filtro.<sup>(17)</sup>

5. Para comprobar que el plomo ha pasado a la disolución, se adicionan unas gotas de yoduro potásico  $\text{KI}$  en el vaso. Si existe plomo, se formará yoduro de plomo  $\text{PbI}_2$  que da un precipitado amarillo.<sup>(17)</sup>

### **Metales pesados**

Un metal pesado es un miembro de un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Se incluyen principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos. Muchas definiciones diferentes han propuesto basarse en la densidad, otras en el número atómico o peso atómico, y algunas en sus propiedades químicas o de toxicidad. El término metal pesado es considerado como una "mala denominación" en un informe técnico de la IUPAC debido a su definición contradictoria y su falta de "bases de coherencia científica. Existe un término alternativo metal tóxico, para el cual tampoco existe consenso de su exacta definición. <sup>(5)</sup>

Metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son: <sup>(6)</sup>

Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn). <sup>(6)</sup>

Metales tóxicos son aquellos cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Los términos metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos. <sup>(6)</sup>

Algunos metales son indispensables en bajas concentraciones, ya que forman parte de sistemas enzimáticos, como el cobalto, zinc, molibdeno o como el hierro que forma parte de la hemoglobina. Su ausencia causa enfermedades, su exceso intoxicaciones. <sup>(6)</sup>

En la actualidad, existen fuentes antropogénicas de metales pesados, por ejemplo la contaminación, los ha introducido a los ecosistemas o combustibles derivados de la basura

(no orgánica) generalmente aportan estos metales, así que se debe considerar los metales pesados cuando se utilizan los residuos como combustible. <sup>(5)</sup>

Los metales pesados tóxicos más conocidos son el mercurio, el plomo, el cadmio y el arsénico, en raras ocasiones, algún no metal como el selenio. A veces también se habla de contaminación por metales pesados incluyendo otros elementos tóxicos más ligeros, como el berilio o el aluminio. <sup>(5)</sup>

### **Metales pesados y contaminación**

Las motivaciones para controlar las concentraciones de metales pesados en corrientes gaseosas son diversas. Algunos de ellos son peligrosos para el medioambiente y la salud (ejemplo: mercurio, cadmio, plomo, cromo), otros causan corrosión (ejemplo: zinc, plomo), o son dañinos por otros medios (ejemplo: el arsénico puede contaminar los catalizadores).

Dentro de la Comunidad Europea los once elementos más importantes son arsénico, cadmio, cobalto, cromo, cobre, mercurio, manganeso, níquel, plomo, estaño y talio, de los cuales sus emisiones en incineradores están reguladas. Algunos de ellos son necesarios para los humanos en pequeñas proporciones tales como cobalto, cobre, cromo, manganeso, níquel, mientras otros son carcinogénicos o tóxicos, afectando, entre otros el sistema nervioso central (manganeso, mercurio, plomo, arsénico), los riñones o el hígado (mercurio, plomo, cadmio, cobre) o la piel, los huesos, o dientes (níquel, cadmio, cobre, cromo). <sup>(5)</sup>

La contaminación con metales pesados puede surgir de muchas fuentes, pero más comúnmente de la purificación de metales, por ejemplo, el smelting (proceso de extracción del metal de la piedra) del cobre o la preparación de combustible nuclear. La electrodeposición es la primera fuente de cromo y cadmio. Mediante la precipitación de estos compuestos o el intercambio de iones hacia los suelos y barros, los metales pesados se pueden localizar y quedar depositados. A diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales pesados no decaen y presentan otros desafíos para remediarlos. Actualmente, se utilizan plantas (fitorremediación) y microorganismos para remover metales pesados, como

el mercurio. Plantas que exhiben hiperacumulación pueden usarse para remover de los suelos estos metales por la concentración en bio-materia. En algunos diques de cola se utiliza vegetación que luego es incinerada para recobrar los metales pesados.<sup>(5)</sup>

Uno de los mayores problemas asociados a la presencia de metales pesados es el potencial de bioacumulación y biomagnificación causando mayor exposición de estos metales a un organismo de la que podría encontrarse sola en el medio ambiente. Peces en alta mar (como el *Tetractenosglaber*) y aves marinas (como la *Fratercula ártica*) son monitoreados por la presencia de estos contaminantes.<sup>(5)</sup>

### **Plomo**

El plomo es un elemento químico de la tabla periódica, cuyo símbolo es Pb (del latín Plumbum) y su número atómico es 82 según la tabla actual. Este químico no lo reconocía como un elemento metálico común por su gran elasticidad molecular. Cabe destacar que la elasticidad de este elemento depende de las temperaturas del ambiente, las cuales distienden sus átomos, o los extienden.<sup>(8)</sup>

### **Propiedades fisicoquímicas**

El plomo es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16 °C, de color plateado con tono azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Su fusión se produce a 327,4 °C y hierve a 1725 °C. Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.<sup>(8)</sup>

### **Características generales**

Los compuestos de plomo más utilizados en la industria son los óxidos de plomo, el tetraetilo de plomo y los silicatos de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos

metales, y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Es un metal pesado y tóxico, y la intoxicación por plomo se denomina saturnismo o plumbosis. <sup>(8)</sup>

### **Plomo en el medio ambiente**

Con respecto a su incidencia en el medio ambiente, el plomo se encuentra de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas. <sup>(8)</sup>

Las sales de plomo entran en el medio ambiente a través de los tubos de escape (principalmente los defectuosos) de los coches, camiones, motos, aviones, barcos y aerodeslizadores y casi todos los tipos de vehículos motorizados que utilicen derivados del petróleo como combustible, siendo las partículas de mayor tamaño las que quedarán retenidas en el suelo y en las aguas superficiales, provocando su acumulación en organismos acuáticos y terrestres, y con la posibilidad de llegar hasta el hombre a través de la cadena alimenticia. Las pequeñas partículas quedan suspendidas en la atmósfera, pudiendo llegar al suelo y al agua a través de la lluvia ácida. <sup>(8)</sup>

Otro efecto significativo del plomo en las aguas superficiales, es que provoca perturbaciones en el fitoplancton, que es una fuente importante de producción de oxígeno en los océanos y de alimento para algunos organismos acuáticos de variado tamaño (desde ballenas hasta pequeños pecillos). <sup>(8)</sup>

### **Evolución de la contaminación ambiental de plomo en el siglo XX**

De 1900 a 1980, no ha habido década en que no aumente la contaminación mundial de plomo, observar que de la década de los años 50, en que se emiten 180,000 toneladas de plomo a la atmósfera, se ha elevado hasta más de 400,000 toneladas de plomo en la década de los años 80, aunque en el gráfico no incluya el año 2000, las emisiones tienden a disminuir, ya que un gran porcentaje de las emisiones de plomo a la atmósfera se debía a

los restos de plomo tetraetílico, insumos que desde la década del 80 ha disminuido considerablemente su uso como antidetonante.<sup>(18)</sup>

### **Agua**

El agua en áreas no contaminadas, presenta concentraciones bajas de plomo (1 microgramos /litro), en aguas superficiales y alrededor de 8 microgramos/litro en los ríos, las concentraciones de plomo en agua de mar son más bajas, que en aguas de río y lagos, en aguas oceánicas superficiales se observan concentraciones de 0,05 a 0,4 microgramos de agua/litro y en aguas subterráneas hasta una profundidad de 1000 metros, se han detectado concentraciones de alrededor de 0,03 microgramos /litro.<sup>(18)</sup>

### **Plomo al agua de pozo**

El plomo algunas veces existe de forma natural en el suelo y las rocas y puede filtrarse hasta llegar al agua subterránea.<sup>(19)</sup>

El plomo también puede llegar al agua subterránea de una fuente de contaminación tal como un depósito de desechos peligrosos, fundidores de plomo, refinерías, centros de reciclaje y trituración de pilas u otra fuente industrial de plomo.<sup>(19)</sup>

### **Plomo (Pb) y agua**

El agua de mar contiene concentraciones traza de plomo (2-30 ppt). Los ríos contienen una media de 3 a 30 ppb. El fitoplancton contiene aproximadamente 5-10 ppm de plomo (en base seca), los peces de agua dulce aproximadamente 0.5-1000 ppb, y las ostras 500 ppb aproximadamente. La organización mundial de salud (WHO) estableció en 1995 como límite legal 50 ppb de plomo, este límite decrecerá hasta 10 ppb en el 2010.<sup>(12)</sup>

En condiciones normales el plomo no reacciona con el agua. Sin embargo, cuando el plomo se pone en contacto con aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta. En la superficie

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

del metal se forma una pequeña capa de óxido de plomo (PbO); en presencia de oxígeno y agua, el plomo metálico se convierte en hidróxido de plomo (Pb (OH)<sub>2</sub>): <sup>(12)</sup>



### **Solubilidad del plomo y de sus compuestos**

El plomo elemental no se disuelve en agua en condiciones normales (20°C y presión de 1 bar). Sin embargo, la reacción tiene lugar cuando está disuelto en agua en las formas de PbCO<sub>3</sub> o Pb (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>2-</sup>. Un ejemplo bien conocido de compuesto de plomo soluble en agua es el azúcar de plomo (acetato de plomo), cuyo nombre deriva de su naturaleza dulce. <sup>(12)</sup>

El plomo se une frecuentemente al azufre en forma de sulfuro (S<sup>2-</sup>), o al fósforo en forma de fosfato. En estas formas el plomo es extremadamente insoluble, y se presenta formando compuestos inmóviles en el medio ambiente. Los compuestos de plomo son generalmente solubles en agua blanda y levemente ácida. <sup>(12)</sup>

El límite establecido por la OMS para el plomo en agua potable es de 0.1 mg/l. <sup>(10)</sup>

### **Intoxicación con plomo**

El plomo es un veneno muy potente. Cuando una persona ingiere un objeto de plomo o inhala polvo de plomo, parte del veneno puede permanecer en el cuerpo y causar serios problemas de salud. <sup>(9)</sup>

El Plomo lo podemos encontrar en:

- Artículos de plomería, tuberías, grifos. El plomo se puede encontrar en el agua potable en casas cuyos tubos hayan sido conectados con soldadura de plomo. Aunque los nuevos códigos de la construcción exigen soldadura libre de plomo, este elemento aún se encuentra en algunos grifos modernos.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

- Suelo contaminado por décadas de emisiones de los carros o años de raspaduras de pinturas de las casas. Por esto, el plomo es más común en los suelos cerca de las autopistas y las casas.
- Pasatiempos que impliquen soldadura, vidrio de color, fabricación de joyas, barnizado de cerámica, figuras de plomo en miniatura (siempre mire las etiquetas).
- Elementos de pintura y suministros de arte para los niños (siempre mire las etiquetas).
- Jarras y vajillas de peltre.
- Baterías de almacenamiento.

Los niños reciben plomo en el cuerpo cuando se llevan objetos de plomo a la boca, en especial si se tragan el objeto. También pueden recibir el veneno del plomo en los dedos al tocar un objeto de plomo que despidе polvo o se está pelando, y luego cuando se llevan los dedos a la boca o si ingieren alimento posteriormente. Los niños también pueden inhalar cantidades diminutas de este elemento.<sup>(9)</sup>

### **Síntomas**

El plomo es un elemento que puede afectar muchas partes diferentes del cuerpo y existen muchos síntomas posibles de intoxicación con él. Una sola dosis alta de plomo puede ocasionar síntomas de emergencia graves.<sup>(9)</sup>

Sin embargo, es más común que la intoxicación con plomo se dé por acumulación lenta con el paso del tiempo y esto ocurre por exposición repetitiva a pequeñas cantidades de este elemento. En este caso, puede que no se presenten síntomas obvios. Con el tiempo, incluso niveles bajos de exposición al plomo pueden causar daño al desarrollo mental de un niño y los posibles problemas de salud empeoran a medida que el nivel de este elemento en la sangre se eleva.<sup>(9)</sup>

El plomo es mucho más dañino para los niños que para los adultos, dado que puede afectar el cerebro y nervios en desarrollo de los primeros. Cuanto más pequeño sea el niño, más dañino puede resultar el plomo y los bebés que aún no han nacido son los más vulnerables.<sup>(9)</sup>

### **Mecanismo de acción del plomo**

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas:<sup>(11)</sup>

- a) Reemplaza al calcio y se comporta como un segundomensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.
- b) Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
- c) Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.
- d) Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular.

Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. En niños se puede ver un síndrome semejante al de Fanconi, con aminoaciduria, glucosuria, e hipofosfatemia, sobre todo en aquellos con plumbemias altas.<sup>(11)</sup>

Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente porque el plomo altera en muchos pasos el metabolismo y función del calcio como explicamos

previamente. El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal.<sup>(11)</sup>

### **Toxicocinética**

El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio ó ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por esta vía. Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de hierro y/o calcio, si hay gran ingesta de grasa ó inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si se es niño, ya que en ellos la absorción de plomo es de 30 a 50 % mientras que en el adulto es de 10%.<sup>(11)</sup>

Luego de su absorción el plomo se distribuye en compartimentos, en primer lugar circula en sangre unido a los glóbulos rojos, el 95% del plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. El metal puede movilizarse del hueso en situaciones como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada.<sup>(11)</sup>

El plomo cruza la placenta y la barrera hematoencefálica. Finalmente se excretará por orina en un 90%, y en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna. Hay que recordar que en el hueso está depositado el 90% del plomo y que una disminución de la plumbemia sin quelación indica esta distribución a tejido blando y hueso.<sup>(11)</sup>

### **Las posibles complicaciones abarcan:**

- Problemas de comportamiento o atención
- Bajo rendimiento escolar
- Problemas auditivos

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

- Daño renal
- Reducción del cociente intelectual
- Lentitud en el crecimiento corporal

### **Los síntomas de la intoxicación con plomo pueden abarcar:**

- Dolor y cólicos abdominales (generalmente el primer signo de una dosis tóxica alta de intoxicación con plomo)
- Comportamiento agresivo
- Anemia
- Estreñimiento
- Dificultad para dormir
- Dolores de cabeza e Irritabilidad
- Pérdida de habilidades del desarrollo previas (en niños pequeños)
- Inapetencia y falta de energía
- Reducción de la sensibilidad

Los niveles muy altos pueden ocasionar vómitos, marcha inestable, debilidad muscular, convulsiones o coma. <sup>(9)</sup>

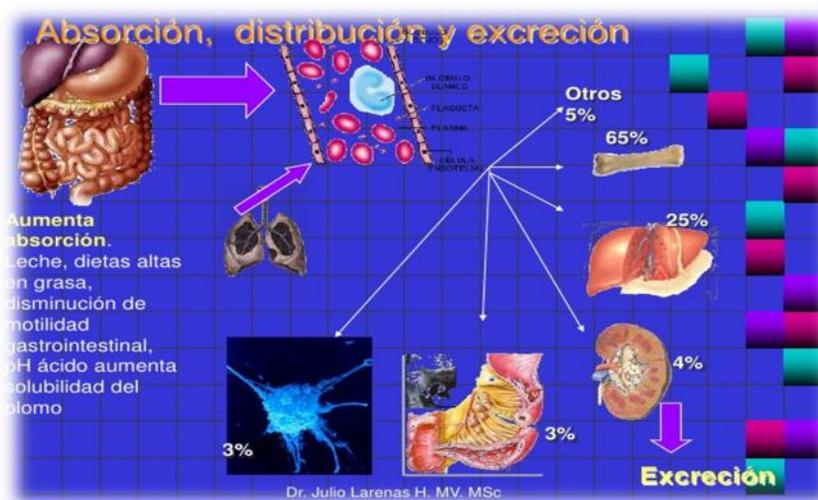


Figura 2. Modelo metabólico del plomo en el ser humano.

### **Límites de plomo para productos de consumo.**

#### **En agua potable.**

En un principio los estándares de plomo en el agua potable se limitaban a 50µg/L. Como resultado de nuevos informes e investigaciones sobre exposición al plomo y sus efectos en la salud, la concentración se estableció en 15µg/L. Mientras que la cantidad de cadmio en agua potable se limita a 5µg/L. <sup>(14)</sup>

### **Generalidades microbiológicas**

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. <sup>(29)</sup>

Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichiacoli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860. Von Escherich la bautizó como *Bacteriumcoli*. Con posterioridad, la microbiología sistemática nombraría el género *Escherichia* en honor a su descubridor. <sup>(29)</sup>

### **Caracteres bioquímicos**

El grupo contempla a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas: <sup>(29)</sup>

1. Ser aerobias o anaerobias facultativas;
2. Ser bacilos Gram negativos;
3. No ser esporógenas;
4. Fermentar la lactosa a 37 °C en 48 horas, produciendo ácido láctico y gas.

### **Hábitat del grupo Coliforme**

Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales.<sup>(29)</sup>

Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.<sup>(29)</sup>

### **Los coliformes como indicadores**

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.<sup>(29)</sup>

Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces.<sup>(29)</sup>

### **Bacterias que integran el grupo**

El grupo de los coliformes incluye bacterias en forma de bacilo, Gram negativos, con las siguientes propiedades bioquímicas: oxidasa negativo y capacidad de fermentar lactosa, con producción de gas en 48 horas a una temperatura de 37 °C.<sup>(29)</sup>

## ***Determinación de la calidad del agua de consumo***

---

El grupo Coliforme está formado por los siguientes géneros:<sup>(29)</sup>

1. *Escherichia*
2. *Klebsiella*
3. *Enterobacter*
4. *Citrobacter*

### **Coliformes totales y coliformes fecales**

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales que comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales aquellos de origen intestinal.<sup>(29)</sup>

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.<sup>(29)</sup>

### **Coliformes fecales**

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliforme. Son definidas como bacilos gram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5 °C +/- 0.2 °C dentro de las 24 +/- 2 horas. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es el *Escherichiacoli*.<sup>(29)</sup>

La presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

Los niveles recomendados de bacterias coliformes fecales son:<sup>(29)</sup>

- Agua potable: menos de 0 NMP por 100 ml de la muestra de agua.
- Natación: menos de 200 NMP por 100 ml de la muestra de agua
- Navegar/Pescar: menos de 1,000 NMP por 100 ml de la muestra de agua.

Los parámetros bacteriológicos tienen mayor importancia para dictámenes higiénicos; es preciso hallar el número de gérmenes saprófitos o de *E. coli* y de bacterias procedentes del intestino humano como indicadores de la contaminación.<sup>(28)</sup>

Conviene destacar la importancia que tienen las cifras de *E. coli* y coliformes, pertenecientes a las enterobacterias que fermentan lactosa con producción de gas y ácido. Para determinar el número de estas bacterias se suele emplear medio selectivo Agar Endo.<sup>(28)</sup>

## **MATERIAL Y METODO:**

**Tipo de estudio:** El estudio es de tipo experimental, siendo un experimento puro.

**Área de estudio:** Pozos y grifos de la comunidad el Paragua, del municipio de Malpaisillo

**Universo de estudio:** Agua grifo y agua de pozo de 68 casas pertenecientes a la Comunidad El Paragua, del Municipio de Malpaisillo de la ciudad de León.

**Tamaño de muestra:**Corresponde al 30.76% del Universo

- ❖ 10 muestras de agua de pozo de la Comunidad El Paragua del municipio de Malpaisillo.
- ❖ 10 muestras de agua de grifo de la Comunidad El Paragua del municipio de Malpaisillo.

### **Criterios de inclusión:**

- ❖ Aguas de pozos y potable de la comunidad El Paragua del municipio de Malpaisillo.
- ❖ Agua de pozos usada para consumo humano.
- ❖ Pozos o grifos que estén cerca de minas, ríos o basureros.

### **Criterios de exclusión:**

- ❖ Aguas que sean de ríos, quebradas, posas y lagos.
- ❖ Aguas de pozos y de grifo que no pertenezcan a la comunidad El Paragua.
- ❖ Agua de pozos que no sean usada para consumo humano.

### **Variables:**

- ❖ Ensayo microbiológico para Coliformes total y fecales. NMP
- ❖ Bioensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa* L.
- ❖ Método colorimétrico simple del proceso de sulfhidración.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

### Operacionalización de variables

Variable	Concepto	Indicador	Escala
<b>Ensayo microbiológico para Coliformes total y fecales. NMP</b>	Método para la detección y enumeración en agua de organismos <i>Coliformes Totales</i> , organismos <i>Coliformes Fecales</i> (termotolerantes) y <i>Escherichiacoli</i> presuntiva, mediante el cultivo de un medio líquido en tubos múltiples y el cálculo de sus números más probables en la muestra	Presencia o ausencia de turbidez  Presencia o ausencia de gas.	NMP/ ml
<b>Bioensayo de toxicidad aguda con <i>Allium cepa L.</i></b>	Estudio experimental para determinar los efectos adversos que pueden aparecer en un corto tiempo (usualmente dos semanas) después de una dosis única de una sustancia, o de varias dosis administradas en 24 horas.	❖ Crecimiento de raíces.  ❖ Inhibición decrecimiento de raíces.	Cm  %
<b>Método colorimétrico simple del proceso de sulfhidración.</b>	Es el que consiste básicamente en precipitar el plomo del acetato como sulfuro de plomo, obteniéndose una coloración que tiende a ser más oscura a medida que el contenido de plomo en la solución es mayor.	Cuali-cuantitativo:  Se obtienen coloraciones que van del amarillo claro (2 p.p.m.) al café (10 p.p.m.).	ppm

**Procesamiento y análisis de la información:** Una vez realizada la parte experimental se graficaron los resultados utilizando los programas Microsoft Office Excel 2010, Microsoft Office Word 2010.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

### Material, Reactivos y Equipos

Material	Equipos	Reactivos
✓ Beakers de 100 y 500ml	✓ Campana de extracción de gases	✓ Ácido clorhídrico concentrado
✓ Balones de 100, 250 y 1000ml	✓ Balanza analítica: Modelo: Sartorius Serie TE214S	✓ Agua destilada
✓ Probeta de 100ml	✓ Incubadora doble a 36°C PrecisionScientific. Modelo: 6M	✓ Sulfato de cobre II $\text{Cu}(\text{SO}_4)_2$ 0.02 M
✓ Erlenmeyer 250 ml con sus respectivos tapones de hule	✓ Autoclave para esterilizar los medios de cultivo PeltonCrane cód.: 61139	✓ Agua de llave
✓ Gradilla	✓ Autoclave para descontaminar cód.: 61143.	✓ Agua de pozo
✓ Tubos de ensayo	✓ Cocina Corning Hot Plate PC- 100	✓ Ácido acético glacial 4%
✓ Embudo de vidrio	✓ Balanza triple brazo, Capacidad 2610 g, OHAUS	✓ Acetato de plomo
✓ Espátula	✓ Baño María CMS 392-159	✓ Pirita de fierro
✓ Tubo de vidrio de 5 mm de diámetro	✓ Agitador VortexScientific Industries Modelo K550 G UL Listed.	✓ Caldo Lactosado
✓ Pipeta de 25 y 10 ml		✓ Billis Verde Brillante
✓ Bisturí		✓ Caldo E.coli
✓ Regla milimetrada		✓ Alcohol
✓ Placas petri		
✓ Asa		
✓ Mechero		
✓ Fósforo		
✓ Papel Aluminio		
✓ Campana durham		

### **Procedimiento:**

#### **1. Recolección de la muestra:**

Se visitó las casas donde se encuentran los respectivos pozos y llaves, se solicitó la autorización para poder tomar las muestras de agua.

Una vez dentro de la casa, se procedió con guantes, nazobuco, gorro y gabacha, para recolectar las muestras y evitar contaminarlas. Luego se introdujo una pesa en un guante, se amarró esta un recipiente de vidrio de un litro, previamente esterilizados; se introdujo al pozo de manera que le permitiera hundirse para poder tomar la muestra, luego se tapó la botella y se enumeró, poniéndole el mismo número a la botella y al pozo de manera que nos sirva para identificarlos.

Para tomar las muestras de las llaves se tomó directamente de ella, se tuvo mucho cuidado antes, durante y después de la toma de la muestra, ya que cualquier descuido puede resultar en contaminación de la misma y reflejar resultados falsos. Se desinfectó el borde del grifo con alcohol y se le practicó la técnica de flameo, la cual consistió en flamear el grifo durante un minuto con un mechero de alcohol para evitar cualquier contaminación ajena al agua. Luego se dejó correr el agua por un minuto para tomar de igual manera un litro de agua en un recipiente de vidrio, previamente esterilizado teniendo el mechero cerca para mantener el área aséptica, se tapó y se enumeró respectivamente.

Las muestras se trasladaron en un termo con hielo para mantenerlas frescas y así poder realizar el mismo día el ensayo microbiológico.

#### **2. Preparación de la muestra:**

Una vez realizado el ensayo microbiológico las aguas restantes se almacenaron dentro de un refrigerador a una temperatura de 5° C, para su posterior uso.

**3. Ensayo microbiológico para detectar presencia de coliformes totales y fecales**

**Test presuntivo para Coliformes:**

Se Preparó la muestra y diluciones siguientes:

Una vez elaborada la dilución 1:10 en el laboratorio procedió a realizar las diluciones 1:100 y 1:1000.

Se inoculó 9 tubos de caldo Lactosado (3 diluciones y 3 tubos por dilución).

Se agitó suavemente cada tubo para una adecuada disolución con el medio de cultivo.

3 tubos con 10 ml de caldo lactosado y 10ml de la muestra.

3 tubos con 5ml de caldo lactosado y 1ml de la muestra.

3 tubos con 5ml de caldo lactosado y 0.1ml de la muestra.

El tiempo entre la preparación de la muestra y su inoculación en un medio no debe ser superior a 15 min.

Se Incubó a 35°C +/- 1°C por 24 horas y se observó la formación de gas; en los tubos donde no se evidenció la formación de gas se incubaron nuevamente hasta completar 48 h y se observó la formación de gas en los tubos de fermentación.

La presencia de gas o efervescencia significa un test presuntivo positivo para Coliformes y se registra como positivo, cualquiera sea la cantidad de gas producido. Ausencia de gas a las 48h, significa un test presuntivo negativo para Coliformes. Anotar los resultados.

**Interpretación:**

- a. Si el total de tubos son negativos: el examen se da por terminado, reportando la ausencia de coliformes totales y fecales en la muestra analizada.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

- b. Todos aquellos tubos que den positivos para prueba presuntiva se anotarán convenientemente y se procederá a realizar la prueba confirmatoria para coliformes totales y fecales.

### **Test confirmativo para Coliformes:**

Todos los tubos que resultaron positivos a las 24 ó 48h en el test presuntivo se transfirieron al caldo BVB para confirmar Coliformes.

Se mezcló por agitación el tubo del test presuntivo y transferir un inóculo con asa de 3mm de diámetro, a tubos de fermentación conteniendo caldo BVB.

Se tuvo la precaución de enfriar el asa para asegurar que se transfiera un inóculo de cultivo viable.

Se incubó los tubos BVB a 37°C x 48h +/- 2h.

Al término del periodo de incubación se observó la formación de gas o efervescencia en los tubos de fermentación de caldo BVB. La presencia de gas en los tubos de fermentación del caldo BVB significa test confirmativo para Coliformes, ausencia de gas constituye un test negativo para Coliformes.

Anotar los resultados del test confirmativo y leer en la tabla del NMP.

### **Interpretación:**

- a. Si se observa turbidez y producción de gas: La prueba se considera POSITIVA, debiendo anotar el número de tubos positivos para posteriormente hacer el cálculo del NMP.
- b. Si en ninguno de los tubos se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez: Se consideran NEGATIVOS, estableciéndose el Código 0,0,0 para efecto del cálculo del NMP

## ***Determinación de la calidad del agua de consumo***

---

### **Método Caldo EC para Coliformes Fecales y Confirmación para *Escherichiacoli*.**

Todos los tubos que resultaron positivos a las 48h en el test presuntivo se transfirieron a caldo EC para confirmar Coliformes Fecales y consecutivamente *E. coli*.

Se mezcló por agitación el tubo del test presuntivo y transferir un inóculo con un asa de 3mm de diámetro, a tubos de fermentación conteniendo Caldo EC.

Se tuvo la precaución de enfriar el asa para asegurar que se transfiera un inóculo de cultivo viable.

Los tubos con caldo EC se incubaron en un baño maría con cubierta a 45.5 °C +/- 0.2 °C por 24h +/- 2h, se examinó si hay producción de gas, si la producción de gas fué negativa incubar nuevamente hasta completar las 48h +/- 2h.

El nivel de agua del baño debe sobrepasar el nivel del caldo dentro de los tubos.

Al término del periodo de incubación se observó la formación de gas o efervescencia en los tubos de fermentación de caldo EC.

La presencia de gas o efervescencia en los tubos de fermentación de caldo EC significó un test confirmativo positivo para Coliformes fecales; la no formación de gas significó test negativo para Coliformes fecales.

Anotar los resultados del test confirmativo.

### **Confirmativo para E. Coli:**

De cada tubo de caldo E.C. que presente formación de gas, transferir un inóculo a una placa de agar LEAM para obtener colonias aisladas.

Se incubó las placas invertidas 18h a 24h a 35°C.

Al término del período de incubación observar las colonias sospechosas con centro oscuro con o sin brillo metálico en el caso de usar agar LEAM.

Anotar los resultados.

### **Interpretación**

- a. Si se observa turbidez y producción de gas: La prueba se considera POSITIVA, debiendo anotar el número de tubos positivos y establecer el código para posteriormente hacer el cálculo del NMP.
- b. Si no se observa producción de gas, aun cuando se observe turbidez: Se consideran negativos, estableciéndose el Código 0, 0,0 para efecto del cálculo del NMP.

### **4. Procedimiento Bioensayo de Toxicidad Aguda para la determinación de minerales con *Allium cepa* L.**

- a) Los cebollines fueron obtenidos en un campo de cosecha del municipio de Malpaisillo.
- b) En el laboratorio se procedió a lavarlos con agua destilada, secarlas y pelarlas con ayuda de un bisturí se cortaron varias capas hasta obtener bulbos de aproximadamente 1.5 cm de diámetro cortándose las raíces que estas presentaban dejándose el primordio central.
- c) Se preparó la solución de sulfato de cobre II 0.02M pesando 0.798g y se diluyó en un balón de 250 ml, de esta solución madre se prepararon diluciones a las siguientes concentraciones: 0.5 mg/ml, 1 mg/ml y 1.5 mg/ml en balones de 50 ml.(control positivo),realizando 8 réplicas por concentración.
- d) Luego se prepararon soluciones de las muestras a concentraciones de 0.5ml/ml, 1ml/ml y 1.5ml/ml en balones de 100 ml.
- e) Se llenaron cada uno de los tubos de las muestras hasta el borde realizando ocho replicas por cada concentración.
- f) En los tubos de ensayo se adicionó agua de llave (control negativo), realizando 8 replicas. Se utilizó agua de grifo del laboratorio de la facultad UNAN -León y de una casa en particular.
- g) Se colocó los bulbos en el borde de los tubos con el fin de que el primordio quedara en contacto con las soluciones correspondientes.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

- h) Tomando en cuenta las condiciones del ensayo (ver anexo figura N° 4 .Bioensayo de Toxicidad con *Allium cepa L*) durante el tiempo de prueba se rellenaron los tubos de ensayo dos veces al día durante tres días (72 horas) con las soluciones correspondientes ya que los bulbos absorbían dichas soluciones.
- i) Cumplido las 72 horas se midió con una regla la longitud de las raíces una por una, luego se calculó el promedio de las 8 repicas por cada una de las concentraciones de cada muestra.
- j) Luego se obtiene el resultado del porcentaje de inhibición utilizando la siguiente formula:  
(Longitud del control – Longitud de la muestra) x 100/Longitud del control

### **5. Método Colorimétrico Simple para determinar desde 2 p.p.m. de plomo en solución acuosa mediante la reacción de proceso de sulfhidracion.**

Es importante señalar que el método llevado a cabo en el ensayo propuesto fue una muestra de agua de grifo y de pozo las cuales se trataron con una solución de agua destilada y ácido acético al 4% siguiendo el patrón expuesto a continuación tomando en cuenta la función que tiene el ácido acético al reaccionar con la muestra. <sup>(27)</sup>

Para esto se siguieron los siguientes pasos:

- a. Se preparó una solución de ácido acético al 4%, tomar de este 50 ml y se aforó con agua de pozo a 100ml. (igual paso para agua de grifo)
- b. Se dejó la solución reposar durante 24 horas a temperatura ambiente.  
En este punto la solución está lista para analizar su contenido de plomo.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

Al utilizar el procedimiento estándar para extraer los compuestos de plomo descrito anteriormente, el ácido acético diluido reaccionó con los componentes que se encuentran en el agua produciendo entre otros, acetato de plomo. El acetato de plomo es soluble en agua y la solución final fue incolora.

### **Preparación de muestras patrón**

Se colocó 1.285 g de acetato de plomo en un balón aforado de 1000 ml y se aforó con agua destilada agitando hasta disolver el acetato de plomo. Esta solución contendrá 1000 ppm. de plomo (solución A). Se tomó 20 ml de la solución A y se aforó a 1000 ml para obtener la solución B con 20 ppm de plomo. De ésta última (solución B) se tomó 10, 20, 30, 40 y 50 ml aforando a 100 ml en cada caso, con lo que se obtuvo las muestras patrón de 2, 4, 6, 8 y 10 ppm respectivamente.

Se procedió de la siguiente manera, se colocaron 200 grs. aproximadamente de piritita de hierro en el matraz (I), en el matraz (II) se agregan 150 ml de agua y por último se añadió por el embudo de vidrio colocado en el matraz (I) ácido clorhídrico diluido 50% en volumen. Obteniéndose de esta manera ácido sulfhídrico gaseoso.

Las muestras patrón se sulfhidraron burbujeando cada una de ellas hasta precipitar por completo el sulfuro de plomo. Se obtuvieron coloraciones que van del amarillo claro (2 p.p.m.) al café (10 p.p.m.). (Ver anexo figura N°20)

Para analizar el contenido de plomo soluble en la muestra, se siguió el procedimiento estándar descrito anteriormente y la solución final se sulfhidra hasta que ya no precipite más sulfuro de plomo, a continuación el color de esta muestra se comparó visualmente con las muestras patrón que han sido ya preparadas, determinándose de esta manera la concentración de plomo soluble de la muestra problema.

**RESULTADOS**

**Ensayo microbiológica para determinar coliformes totales y fecales por el método de NMP.**

Se calculó la densidad microbiana con base en el número más probable conforme al procedimiento señalado, para estimar la población de bacterias Coliformes totales, bacterias Coliformes fecales y *Escherichiacolide* acuerdo con las diluciones empleadas. Se expresó en NMP/100 ml para agua.

**TABLA N° 1**

**Prueba Presuntiva para Coliformes Totales y Fecales**

Agua de Pozo				Agua de Grifo			
N° de Mx	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	N° de Mx	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
1	Pos.	Pos.	Pos.	1	Neg.	Neg.	Neg.
2	Pos.	Pos.	Pos.	2	Neg.	Neg.	Neg.
3	Pos.	Pos.	Pos.	3	Neg.	Neg.	Neg.
4	Pos.	Pos.	Neg	4	Pos.	Neg.	Neg.
5	Pos.	Pos.	Pos.	5	Neg.	Neg.	Neg.
6	Pos.	Pos.	Neg.	6	Neg.	Neg.	Neg.
7	Pos.	Pos.	Pos.	7	Pos.	Pos.	Pos.
8	Pos.	Pos.	Pos.	8	Neg.	Neg.	Neg.
9	Pos.	Pos.	Neg.	9	Neg.	Neg.	Neg.
10	Pos.	Pos.	Neg.	10	Neg.	Neg.	Neg.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

**TABLA N° 2: Prueba Confirmativa de Coliformes Totales**

Agua de Pozo					Agua de Grifo				
N° de Mx	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	NMP/ 100 ml	N° de Mx	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	NMP/ 100 ml
<b>1</b>	2	2	1	<b>28</b>	<b>1</b>	-	-	-	-
<b>2</b>	3	3	3	<b>2400</b>	<b>2</b>	-	-	-	-
<b>3</b>	3	3	1	<b>480</b>	<b>3</b>	-	-	-	-
<b>4</b>	3	2	0	<b>93</b>	<b>4</b>	-	-	-	-
<b>5</b>	3	1	2	<b>120</b>	<b>5</b>	-	-	-	-
<b>6</b>	3	1	0	<b>43</b>	<b>6</b>	-	-	-	-
<b>7</b>	3	3	3	<b>2400</b>	<b>7</b>	2	0	0	<b>9</b>
<b>8</b>	3	3	3	<b>2400</b>	<b>8</b>	-	-	-	-
<b>9</b>	3	2	0	<b>93</b>	<b>9</b>	-	-	-	-
<b>10</b>	3	1	0	<b>43</b>	<b>10</b>	-	-	-	-

**TABLA N° 3: Prueba Confirmativa de Coliformes Fecales:**

Agua de Pozo						Agua de Grifo					
N° de Mx	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	NMP/ 100 ml	Confirmación de <i>E.coli</i>	N° de Mx	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	NMP/ 100 ml	Confirmación de <i>E.coli</i>
<b>1</b>	3	2	1	<b>150</b>	Pos.	<b>1</b>	-	-	-	-	Neg.
<b>2</b>	3	3	3	<b>2400</b>	Pos.	<b>2</b>	-	-	-	-	Neg.
<b>3</b>	3	3	1	<b>480</b>	Pos.	<b>3</b>	-	-	-	-	Neg.
<b>4</b>	2	2	0	<b>21</b>	Pos.	<b>4</b>	-	-	-	-	Neg.
<b>5</b>	-	-	-	-	Neg.	<b>5</b>	-	-	-	-	Neg.
<b>6</b>	-	-	-	-	Neg.	<b>6</b>	-	-	-	-	Neg.
<b>7</b>	1	0	0	<b>4</b>	Pos.	<b>7</b>	2	0	0	9	Pos
<b>8</b>	3	3	3	<b>2400</b>	Pos.	<b>8</b>	-	-	-	-	Neg.
<b>9</b>	2	2	0	<b>21</b>	Pos.	<b>9</b>	-	-	-	-	Neg.
<b>10</b>	-	-	-	-	Neg.	<b>10</b>	-	-	-	-	Neg.

*Determinación de la calidad del agua de consumo*

Tabla N° 4

Bioensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa* L mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces de cebolla.

N° DE REPLICAS	POZO #1			POZO #2			POZO #3			POZO #4			POZO #5			POZO #6		
	Concentraciones (ml/ml)																	
	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
1	0.8	1	0.6	0	0.9	0.5	0.2	0.3	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0	0.5	0.3	0	0
2	1.3	0	0	0	1	0.4	3	0.2	1.5	2	1	1.3	0	0	0	0.5	1.5	0.1
3	1.5	0	0	0.1	0.4	0.7	1.5	0.1	0	1	0	0.2	1	1	1	3.5	0.8	0
4	0	1.3	0.2	0	0	0.3	0.2	1.3	0	0	0	1.2	1.5	0.5	0	1	0.1	0
5	1.3	0.4	0	0	0.1	0.1	0.3	0.5	1.3	0	2.3	0	1.1	1	0.8	0.5	1	1.5
6	0	2.5	0	1.3	0	0.1	0.2	0.6	0	0.1	0.5	0	1.5	0.5	0.5	0	0	1.5
7	0.4	0	0.3	1.8	1	0	0.5	0.3	0.3	1.5	0.4	0	0.1	1.7	1.2	1	0	0.2
8	0	0	0.8	0	0	0.4	0.5	0.5	0.2	0	0.2	0.8	0.7	0.8	0.3	0	2	0
PROMEDIO	0.6	0.5	0.3	0.4	0.4	0.2	0.8	0.4	0.4	0.6	0.5	0.4	0.7	0.6	0.5	0.8	0.6	0.4
% DE INHIBICIÓN	50	58.3	75	66.6	66.6	83.3	33.3	66.6	66.6	50	58.3	66.6	41.7	50	58.3	33.3	50	66.6

Nota: El promedio obtenido es en unidad de medida en cm

*Determinación de la calidad del agua de consumo*

TABLA N° 5

Bioensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa L* mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces de cebolla.

N° DE REPLICAS	POZO #7			POZO #8			POZO #9			POZO #10			Control positivo (CuSO <sub>4</sub> )		
	Concentraciones (ml/ml)														
	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
1	1	1.2	1.9	1.5	0.5	0	0.9	0.2	0.5	0	0	0.3	0	0	0
2	0	0.1	0	1.7	0	0.2	0	0.8	0	0	0	0.5	0	0	0
3	1.3	2.5	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	1.8	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0.3	0.3	1.5	2.5	0.5	1.3	0.9	0	1	0	0	0
5	0	0.8	0.1	0	0.4	0.2	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0
6	0.3	0.5	0	0	1.5	0.1	1.1	0	0.9	2	0.5	0	0	0	0
7	3	0	1	0.8	0	0	0	3	0	1	1.5	0.2	0	0	0
8	0.9	0	0	0	0.2	0	2.3	0	0	0.3	0.8	0.5	0	0	0
<b>PROMEDIO</b>	1.0	0.6	0.3	0.6	0.3	0.2	0.8	0.6	0.4	0.7	0.4	0.3	0	0	0
<b>% DE INHIBICION</b>	16.7	50	75	50	75	83.3	33.3	50	66.6	41.7	66.6	75	100	100	100

Nota: El promedio obtenido es en unidad de medida en cm

*Determinación de la calidad del agua de consumo*

TABLA N° 6

Bioensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa L* mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces de cebolla.

N° DE REPLICAS	GRIFO #1			GRIFO #2			GRIFO #3			GRIFO #4			GRIFO #5			GRIFO #6		
	Concentraciones (ml/ml)																	
	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
1	1.6	0.1	0.1	2	0	1.3	0	0	0	2	1	0.1	0.5	0.1	0	0	0.1	0.2
2	1.6	0.5	0.3	0.5	0.4	1	0	0	0	0	1.6	0.2	0.7	0.2	0.8	3.5	0	0.2
3	0	2	0.6	0	1	0	0.9	0	0	0.6	0.2	1.5	0.7	0.1	0	1	2	0.6
4	1.5	0	0	1.7	0	0	2.5	0	1.8	0.4	1.8	0.3	0.2	1	0.8	0	2	1
5	1.5	1	0	0.3	0	0	0.5	0	0	1.4	0	0.1	0	1.2	0.6	0.5	0	1
6	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0.3	1.4	0	0	2.3	0.7	0	3	0	0.6
7	0	0	0.2	0.9	1.5	1.2	0.8	0.9	0.2	0	0	0.6	0.5	0	0	0.1	0	0
8	1	1.5	0.1	0.3	0.7	0	0	0.9	0	0.4	0.8	0	0.8	0	0.2	1.5	0	0
PROMEDIO	0.9	0.6	0.2	0.7	0.4	0.4	0.5	0.2	0.2	0.7	0.6	0.3	0.7	0.4	0.3	1.2	0.5	0.4
% DE INHIBICION	25	50	83.3	41.7	66.6	66.6	58.3	83.3	83.3	41.7	50	75	41.7	66.6	75	0	58.3	66.6

Nota: El promedio obtenido es en unidad de medida en cm.

*Determinación de la calidad del agua de consumo*

TABLA N° 7

Bioensayo de toxicidad aguda con *Allium cepa L* mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces de cebolla.

N° DE REPLICAS	GRIFO #7			GRIFO #8			GRIFO #9			GRIFO #10			Control negativo 1	Control negativo 2	
	Concentraciones (ml/ml)														
	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	Agua grifo-Laboratorio	Agua de grifo-casa	
1	0	0.5	0	1.3	1.6	0	0.5	2	0.5	0.5	0.6	0.1	0.6	0.5	
2	1.9	1	0.2	0	0.9	0.5	0	0.5	1	0.6	0.1	0	0.4	1.5	
3	0	2	0	1	0.2	1.1	0	0	1	2	0.1	0	0.5	1	
4	0.7	0	0.5	0	1.3	0.3	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.3	0	
5	0	0.7	0.8	1	0	0	0	0.3	0	0	0.1	0.5	0.3	3.5	
6	0.2	0.1	0.2	1.5	0	0	0.1	0.9	0	0	0.5	0.1	0.6	1.5	
7	1.5	0.2	0.1	1.3	1.3	0.2	0.6	0.5	0.1	0	0.3	0	0	0.1	
8	0	0.2	1	0.9	0	0.2	2	0	0.5	0	0	0	0.4	1.5	
<b>PROMEDIO</b>	0.5	0.5	0.3	0.8	0.6	0.2	0.5	0.5	0.4	0.4	0.2	0.08	0.3	1.2	
<b>% DE INHIBICION</b>	58.3	58.3	75	33.3	50	83.3	58.3	58.3	66.6	66.6	83.3	93.3	75	0	

Nota: El promedio obtenido es en unidad de medida en cm.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

**Método colorimétrico simple para determinar desde 2 p.p.m. de plomo en solución acuosa mediante la reacción de proceso de sulfhidración.**

**Durante el ensayo realizado se presentaron las siguientes reacciones:**



**Reacción del matraz I al matraz II:**



**Reacción del matraz II a la muestra/ tubo de ensayo**



Acetato de plomo

sulfuro de hidrogeno

sulfuro de plomo

acetato de hidrogeno

**Después de haber realizado el ensayo se obtuvieron los siguientes resultados:**

**TABLA N° 8**

AGUA DE POZO			AGUA DE GRIFO		
Muestra problema	Presencia de plomo	Posible concentración	Muestra problema	Presencia de plomo	Posible concentración
1	Positivo	4-6 ppm	1	Positivo	2-4 ppm
2	Positivos	4-6 ppm	2	Positivos	2-4 ppm
3	Positivo	2-4 ppm	3	Positivo	2-4 ppm
4	Positivos	2-4 ppm	4	Positivos	2-4 ppm
5	Positivo	2-4 ppm	5	Positivo	2-4 ppm
6	Positivo	2-4 ppm	6	Positivo	2-4 ppm
7	Positivos	2-4 ppm	7	Positivos	2-4 ppm
8	Positivo	2-4 ppm	8	Positivo	2-4 ppm
9	Positivos	2-4 ppm	9	Positivos	2-4 ppm
10	Positivo	2-4 ppm	10	Positivo	4-6 ppm

*Gina, Josselin, Iván*

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### **Análisis de resultado # 1: Ensayo Microbiológico del Método NMP.**

El agua constituye un elemento esencial, ya que es indispensable para la vida, por lo que es necesario llevar un seguimiento de la calidad. Con este estudio se determinó la calidad del agua de consumo de la comunidad del Paraguas, Municipio de Malpaisillo, en 20 muestras recolectadas en pozos y grifos, que corresponde al 30.76% del universo del estudio.

Como resultados obtuvimos lo siguiente:

Al realizar el ensayo NMP para las muestras recolectadas, se encontró en el análisis presuntivo la presencia de Coliformes Totales y Fecales, dando así las pautas para realizar las pruebas confirmativas de este ensayo (Ver tabla N° 1).

En la Tabla N° 2, se reflejan los resultados de la Prueba Confirmativa de Coliformes Totales, encontrando la presencia de este tipo de microorganismo en todas las muestras de agua de pozo analizadas, con valores que van desde 28 – 2400 NMP/100 ml, así como también la muestra 7 de las aguas de Grifo recolectadas con un valor de 9 NMP/100 ml. Por lo tanto las muestras que presentan este tipo de microorganismo en valores mayores a 1,8 NMP/100 ml, no son aptas para consumo según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba presuntiva, se realizó la Prueba Confirmativa para Coliformes fecales, dando como resultados la presencia de Coliformes fecales en las muestras de agua de pozo # 1,2,3,4,7,8,9, así como también la muestra #7 de las aguas de Grifo recolectadas (Ver Tabla N°3). Estos resultados se corroboran con el crecimiento de E. coli en placas con agar EMB de las muestras en la que el crecimiento de

## ***Determinación de la calidad del agua de consumo***

---

Coliformes fecales fue positivo, por lo tanto las muestras antes mencionadas no cumplen con los requisitos de calidad microbiológica, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA), en los que se establece, que tanto para aguas de pozo como de grifo, debe haber ausencia total de Coliformes fecales. Por lo tanto estas muestras no son aptas desde el punto de vista microbiológico para consumo humano, excepto las muestras de agua de pozo # 5, 6, 10 y las muestras de agua de grifo # 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 y 10 están aptas para consumo bajo medidas de tratamiento de las mismas.

### **Análisis de resultados # 2: bioensayo de toxicidad de *Allium cepa* L.**

En este estudio se evaluó la presencia de plomo en las muestras de agua potable y de pozo mediante la inhibición del crecimiento de las raíces *Allium cepa* L.

Se utilizó como control negativo agua de grifo tanto del laboratorio como de una casa de habitación; debido a la desconfianza en el uso del agua de grifo del laboratorio de la facultad de CCQQ ( las cuales corresponden a una infraestructura de muchos años y a la exposición de estas a los distintos reactivos ) evitando así resultados erróneos.

Los resultados de esta prueba demuestran que en las concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5 de las muestras en estudio causan importante inhibición del crecimiento de las raíces de *Allium cepa* L. en comparación con el control negativo 2. La inhibición del crecimiento de las raíces fue mayor al aumentar la concentración de las muestras en estudio.

La longitud promedio medida de las raíces en el control negativo 2 (agua de grifo-casa de habitación) fue de 1.2 cm y 0.3 en el control negativo 1 (agua de grifo del laboratorio), observándose una diferencia significativa entre ambos grupos, comprobando así la presencia de plomo en el agua del laboratorio.

## ***Determinación de la calidad del agua de consumo***

---

En los valores de las muestras de aguas observamos que los promedios más altos en cuestión de crecimiento de la raíz (*Allium cepa L*) en comparación con las demás muestras analizadas fueron para el agua del grifo 6 y pozo 7. Por el contrario en las muestras del grifo 10 y pozo 2 mostraron una mayor inhibición de la elongación de dichas raíces, observándose así un mayor porcentaje de inhibición. Por lo tanto a mayor concentración de la muestra, mayor va ser el porcentaje de inhibición del crecimiento de las raíces.

### **Análisis de resultados # 3: Método colorimétrico simple**

#### **Según las reacciones que se efectuaron ocurrió lo siguiente:**

Al hacer reaccionar el acidoacético diluido, este reacciona con los componentes que se encuentran en el agua produciendo entre otros, acetato de plomo. El acetato de plomo es soluble en agua y la solución final fue incolora. (Reacción N° 1)

#### **En la Reacción 2 que es la que se da entre matraz I al matraz II, se da lo siguiente:**

Al hacer reaccionar las virutas de Hierro ( $\text{FeS}_2$ ) con HCl concentrado, dio como producto el Sulfuro de Hidrógeno  $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$  más el Cloruro Ferroso, aportando esta reacción el  $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$  necesario para el siguiente paso de este método.

El sulfuro de hidrógeno en agua es un ácido muy débil, con valores de  $\text{pH}=7$ , el 50% de los sulfuros en disolución se encuentran en la forma química  $\text{H}_2\text{S}$ ; proporción que va disminuyendo a medida que aumenta el  $\text{pH}$ , a valores de  $\text{pH} = 9$  no existe prácticamente la forma neutra protonada. Por otro lado, a medida que el  $\text{pH}$  se hace más alcalino, aumenta la proporción de la forma  $\text{S}^{2-}$ .

El conocimiento de estos equilibrios tiene consecuencias prácticas inmediatas, dado que el sulfuro de hidrógeno presenta una solubilidad muy baja en agua. Esto hace que a valores de  $\text{pH}$  inferiores a 8 se origine la formación de vapores de  $\text{H}_2\text{S}$  desde las mezclas acuosas, lo

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

que explica la formación de burbujas en el matraz # 2. Se trata de un gas tóxico e inestable. De hecho, el rango de explosividad a 20°C se sitúa entre el 4,3 y el 4,6% en aire.

**En la Reacción # 3 que se da del matraz II a la muestra/ tubo de ensayo ocurre lo siguiente:**

En esta reacción se mezclan el acetato de Plomo obtenido en la reacción # 1 con el sulfuro de Hidrógeno adquirido en la reacción # 2, obteniendo como producto de esta reacción el sulfuro de Plomo, con precipitado que van de amarillo tenue (2 – 4 ppm) para las muestras de pozo # 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 y para las muestras de agua de grifo # 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9; a amarillo un poco más intenso (4 -6 ppm) para las muestras de pozo # 1, 2 y para las muestras de agua de grifo # 10, estas coloraciones fueron contrastadas con la coloración de ppm de los diferentes patrones de plomo utilizados según la bibliografía.

Los resultados de este estudio evidencian que el agua de grifo pasan los valores permitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA) que deben de ser no más de 0.010 ppm, especialmente la de pozo que contiene más impurezas. Los tipos y concentraciones de impurezas naturales dependen de la naturaleza del material geológico a partir del cual se mueve el agua subterránea, y la calidad del agua de reposición. Todas las impurezas que puede presentarse en las aguas de consumo pueden causar graves problemas y daños en el ser humano cuando no se trata de eliminarlas.

## CONCLUSIONES

Después de los resultados obtenidos y analizados del presente estudio concluimos que:

Se realizó el ensayo microbiológico por el método Número más probable y se determinó la presencia de Coliformes Totales en un 100% y Coliformes Fecales en un 70% de las muestras de aguas de pozos y solo un 10% de las muestras de grifo resultaron con presencia tanto de coliformes totales como fecales, cuyos valores exceden el límite máximo permisible según lo declarado por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano(DS N° 031-2010-SA), lo que las hace no apta para consumo humano.

En relación al bioensayo de toxicidad aguda *Allium cepa L.*, las muestras en estudio provocaron la inhibición del crecimiento normal de la raíz de *Allium cepa*; para confirmar la presencia de esta sustancia tóxica se procedió a realizar el ensayo colorimétrico simple para determinar plomo la cual se presentaron desde 2 ppma 6 ppm del tóxico, según el cambio de coloración obtenidas en las diferentes muestras , demostrando así que los valores de estas exceden el límite máximo permisible según lo declarado por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA) que deben de ser no más de 0.010 ppm, lo que las hace no apta para consumo humano.

Por lo tanto en el presente trabajo concluimos que el 100 % de las aguas de pozo y solo el 10 % de las aguas de grifo de la Comunidad El Paragua del Municipio de Malpaisillo no están aptas para consumo humano en cuanto a parámetros biológicos y Físico-Químicos.

## **RECOMENDACIONES**

Después de obtener los resultados y las conclusiones a que se llegó luego del presente estudio deseamos sugerir las siguientes recomendaciones:

1. Se encomienda seguir realizando estudios y ensayos parecidos para identificar metales en agua de consumo.
2. Se recomienda implementar otros métodos analíticos en las cuales se lleve a cabo la identificación cuantitativa de metales.
3. Se propone a las autoridades encargadas de desarrollar el plan académico incorporar en el área de microbiología y toxicología ensayos donde se pretenda determinar parámetros para la calidad de agua de consumo.
4. Por medio de las prácticas comunitarias dar a conocer la importancia de tratar el agua de consumo para evitar enfermedades.
5. Como profesionales de la salud proponemos brindar charlas a los habitantes de esta comunidad sobre como tratar el agua para su debido consumo como clorarla, hervirla entre otras.
6. Una mayor intervención por parte de las autoridades de ENACAL instalar tuberías hasta los lugares donde las personas tienen solamente acceso al agua de pozo y de la misma manera cambiar tuberías antiguas existente.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. OMS/UNICEF. Jong-wook. L. (2009). Progresos en materia de saneamiento y Agua Potable. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/agua\\_potable](http://es.wikipedia.org/wiki/agua_potable). Recuperado el 30 junio 2013
2. Frers C. (2012) Aguas Que Lloran Por Los Humanos. Disponible en: <http://www.ecojoven.com/tres/05/aguas.html>. Recuperado el 28 de junio 2013
3. Lenntech B.V. (2012). Fuentes De Contaminación De Aguas Subterráneas. Disponible en: <http://www.lenntech.es/agua-subterranea/fuentescontaminacion.htm#ixzz2n0f3xyqq>. Recuperado el 23 de junio del 2013
4. Echarri L. (2007). Contaminación Hídrica. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/contaminaci%C3%B3n\\_h%C3%ADrica](http://es.wikipedia.org/wiki/contaminaci%C3%B3n_h%C3%ADrica). Recuperado 5 julio 2013
5. Duffus H. Encyclopedia of Earth. National Council for Science and the Environment. (2002) .Metal Pesado. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/metal\\_pesado#metales\\_pesados\\_y\\_contaminaci.c3.b3n](http://es.wikipedia.org/wiki/metal_pesado#metales_pesados_y_contaminaci.c3.b3n). Recuperado el 7 mayo 2013
6. Harte J., C.Holden, Scheneider R. Shirey C, (1991). Metales Pesados. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/MetalesPes.htm>. Recuperado el 23 de junio del 2013
7. Diccionario Online Ltd. (2012). Definición De Agua De Pozo. Disponible en: [http://diccionario.babylon.com/agua\\_de\\_pozo/](http://diccionario.babylon.com/agua_de_pozo/). Recuperado el 2 de junio del 2013

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

8. Martí B. Conde L. Hernández J. «Química analítica de los cationes: Plomo». Química analítica cualitativa (18ª edición edición). Thomson (2006).Plomo.Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/plomo>. Recuperado el 27 junio 2013
9. Drtango, Inc. (2012).Intoxicación Con Plomo. Disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002473.htm>. Recuperado el 22 marzo 2013
10. LenntechB.V. (2012).Contaminación Por Plomo. Disponible en <http://www.lenntech.es/biblioteca/enfermedades/dirigir/envenenamiento-plomo.htm#ixzz2n0kvv6il>. Recuperado el 2 de junio del 2013.
11. Valdivia M. (2005). Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter.Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rspmi/v18n1/a05v18n1.pdf> . Recuperado el 18 enero 2005.
12. Lenntech B.V. (2012).Plomo (Pb) Y Agua.Disponible en<http://www.lenntech.es/plomo-y-agua.htm#ixzz2n0o3hups>.Recuperado el 20 de junio del 2013.
13. Xarxa Telemàtica Educativa De Catalunya. Método Por Espectroscopía Molecular Uv-Vis (Método De La Ditizona). Disponible en[http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/bscw.gmd.de\\_bscw\\_bscw.cgi\\_d32876665-1\\_\\_pb\\_6tecnicasanalisis.html](http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/bscw.gmd.de_bscw_bscw.cgi_d32876665-1__pb_6tecnicasanalisis.html) .Recuperado el 2 de junio del 2013.
14. Muñoz N. (2009). Determinación De Plomo Y Cadmio En Hierbas Medicinales. Disponible en<http://repositorio.ub.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/106>. Recuperado el 22 Marzo 2012.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

15. Villagra L. (2011). Marcha Analítica. Disponible en <http://www.buenastareas.com/ensayos/Marcha-Analitica/1565705.html>. Recuperado 02 del 2011.
16. N Alexéiev. (1975) Curtman L. (1959). Práctica 3-Marcha Analítica De Cationes: Grupos I Y Iii. Disponible en [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/lauraitm/guialqa/practica\\_3.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/lauraitm/guialqa/practica_3.pdf). Recuperado el 20 de junio del 2013.
17. Fundamentos De Química (2000). Práctica 8: Disolución Reguladora De Ph Analítica De Metales Pesados. Disponible en <http://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/.../fqpractica8.pdf>. Recuperado el 25 de junio 2012.
18. Tesis Digitales Unmsm (2003). Fuentes De Contaminación Del Plomo. Disponible en [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/ubillus\\_lj/cap3.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/ubillus_lj/cap3.pdf). Recuperado el 25 junio de 2013.
19. Hoja Informativa Sobre el Plomo En Los Pozos De Agua Privada. (2009). Protéjase Del Plomo En El Agua De Su Pozo-Plomo. Disponible en [http://epi.publichealth.nc.gov/oii/pdf/el\\_plomo\\_wellwaterfactst.pdf](http://epi.publichealth.nc.gov/oii/pdf/el_plomo_wellwaterfactst.pdf). Recuperado en septiembre 2013.
20. Déniz R. González Y. Bravo L. Mollineda A. (2010). Determinación de plomo en las aguas de los ríos Tínima, Hatibonico y afluentes de la cuenca San Pedro Camagüey. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/as/v3n1/a14v3n1.pdf>. Recuperado el 20 agosto 2010.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

21. Caballero Y. (2007).Potencial Hidrológico Y Calidad De Las Aguas Superficiales En La Subcuenca Del Rio Ochomogo. Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua-(CIRA/UNAN)- Managua. Disponible en <http://www.cira-unan.edu.ni/media/documentos/YCaballero.pdf>. Recuperado el 2 de junio del 2013.
22. Martos .F; Durán J; Román M; Nogueras M (2004). Espectroscopía De Absorción Atómica. Disponible en [http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/bscw.gmd.de\\_bscw\\_bscw.cgi\\_d32817116-1\\_aas\\_final.html](http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/bscw.gmd.de_bscw_bscw.cgi_d32817116-1_aas_final.html). Recuperado el 29 de marzo del 2013.
23. Súlca J .Espectrometría De Absorción Atómica Para El Control Ambiental En La Industria Del Cemento. Disponible en [http://www.asocem.org.pe/bivi/re/ic/qc/estrometria\\_sulca.pdf](http://www.asocem.org.pe/bivi/re/ic/qc/estrometria_sulca.pdf). Recuperado el 29 de marzo del 2013
24. Cáceda Quiroz. JC. (2005) Aplicación de Bioensayos en la medición de Toxicidad por metales pesados en fuentes superficiales de agua para consumo humano. Rev. Ciencia y Desarrollo. Perú. Disponible en: <http://www.unjbg.edu.pe/coin2/pdf/01011000706.pdf>. Recuperado 28 de Marzo del 2013.
25. Castro José M. (2010). Análisis Microbiológico del agua. Disponible en <http://www.slideshare.net/caballercalderon/analisis-microbiologico-aguas>. Recuperado el 28 de marzo de 2013
26. Villavicencio G., Orozco O. González A. Guadalupe O. (2008). Calidad del agua de consumo en las comunidades rurales del occidente de Nicaragua. Agua para la vida. Tribuna del agua. Disponible en [http://www.tribunadelagua.com/media/uploads/repositorio\\_ficheros/A-S3-P1-Octavio\\_Guevara.pdf](http://www.tribunadelagua.com/media/uploads/repositorio_ficheros/A-S3-P1-Octavio_Guevara.pdf). Recuperado el 1 de julio 2013.

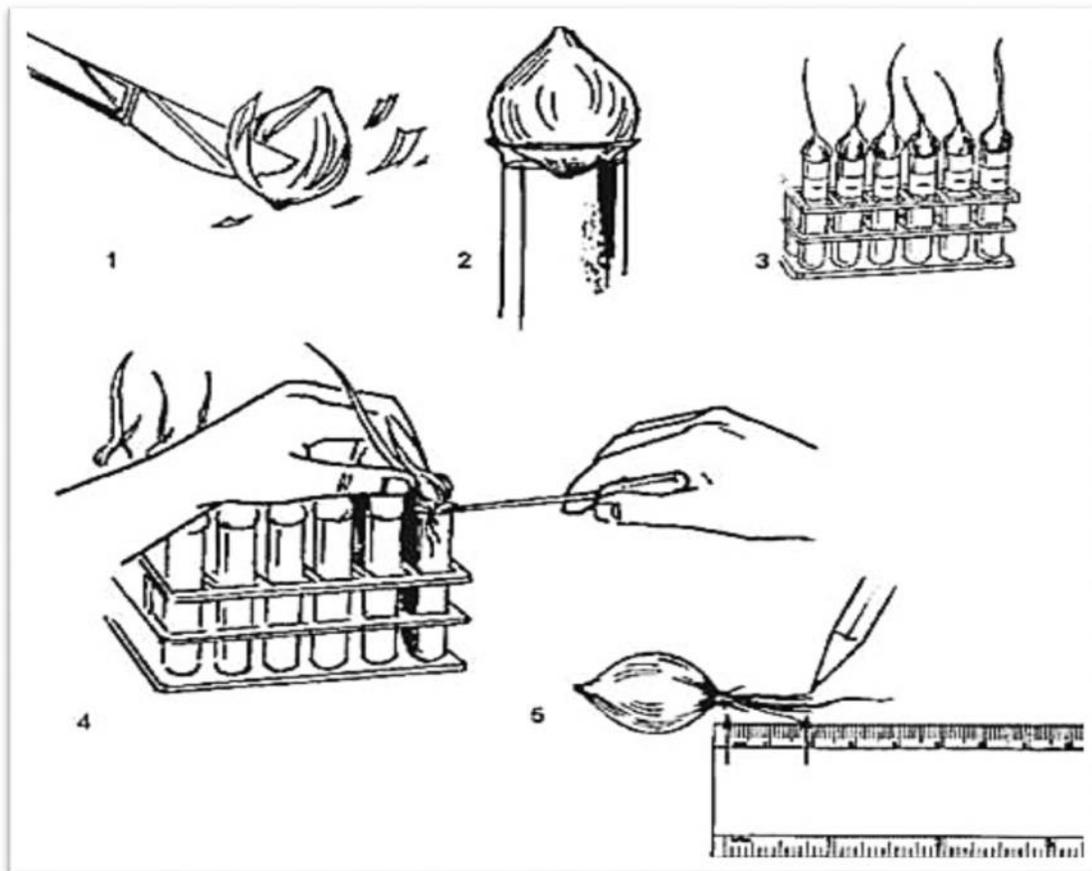
27. Oíaz A., García J.A., Ocampo J. y Valdez A. (1977). Método Colorimétrico Simple Para Determinar Plomo Soluble En Esmaltes Cerámicos. Centro de Investigación de Materiales. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en [http://rmf.smf.mx/pdf/rmf/26/3/26\\_3\\_525.pdf](http://rmf.smf.mx/pdf/rmf/26/3/26_3_525.pdf). Recuperado 10 de julio 2013
28. Castillo J. (2007). Análisis microbiológico del agua. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos15/analisis-agua/analisis-agua.shtml#ixzz2WtYookah>. Recuperado el 2 de julio de 2013.
29. CEPIS.(1983). Guía para la evaluación de laboratorios bacteriológicos de análisis de agua. Coliforme. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Coliforme> .Recuperado el 2 de julio del 2013
30. DsazBoez M. Ronco A. y Granados Y. (2004). Ensayo de toxicidad aguda con bulbos de cebollas *Allium cepa L* mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento de raíces. Disponible en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/573/cap2.pdf>. Recuperado el 10 de julio del 2013.
31. Aurazo Z.M. Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2004). Manual para análisis básicos de Calidad del agua de bebida. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/manual.pdf>. Recuperado: 08 de Julio del 2013.
32. Ruiz, A.S. (2012). Tratamiento de muestra en la determinación de plomo en agua del río natiidad, Oaxaca. [Tesis de Licenciatura]. México. Universidad de la Sierra Juárez. Facultad de Ciencias Ambientales. Disponible en [http://www.unsij.edu.mx/tesis/digitales/Tesis\\_Sandra%20Ruiz%20Angel.pdf](http://www.unsij.edu.mx/tesis/digitales/Tesis_Sandra%20Ruiz%20Angel.pdf). Recuperado el 04 de Marzo del 2013.

33. Gramajo, Cifuentes. B.M. (2004) Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la zona 11, Mixco, Guatemala. [Tesis de Ingeniería] Guatemala. Universidad de San Carlos Guatemala. Facultad de Ingeniería. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0907\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0907_Q.pdf). Recuperado el 08 de Julio del 2013.
34. Castillo, Granados. G. (2004). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. México. Disponible en <http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/26391/106/120928.pdf>. Recuperado el 14 de Marzo del 2013.
35. Méndez B. (2011). Estudios De La Calidad De Agua Del Rio Maromas (Sc/Brasil), Utilizando Parametros Físico-Químicos Y Bioensayos. Revista De Ciências Ambientais, Canoas. Disponible en <http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/260/252>. Recuperado el 2 de junio 2013.
36. Secretaria de Comercio y Fomento industrial. (1987). Calidad del agua determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichiacoli* presuntiva. Disponible en: [http://www.upemor.edu.mx/labo/tarchivos/archivos/HEAL/practica\\_7.pdf](http://www.upemor.edu.mx/labo/tarchivos/archivos/HEAL/practica_7.pdf). Recuperado el 19 de julio 2013

# ANEXOS

**PROCEDIMIENTOS**

**Figura 3.**Esquema gráfico de los pasos a seguir en la prueba con *Allium cepa L.*



1. Limpieza y pelado de bulbos,
2. ubicación de bulbos en tubos para exposición a las soluciones de ensayo,
3. colocación de tubos en soporte,
4. agregado de soluciones a tubos durante el ensayo,
5. medición de longitud de raíces al finalizar el tiempo de exposición de los bulbos.

**Figura N°4. Bioensayo de toxicidad con *Allium cepa* L.**

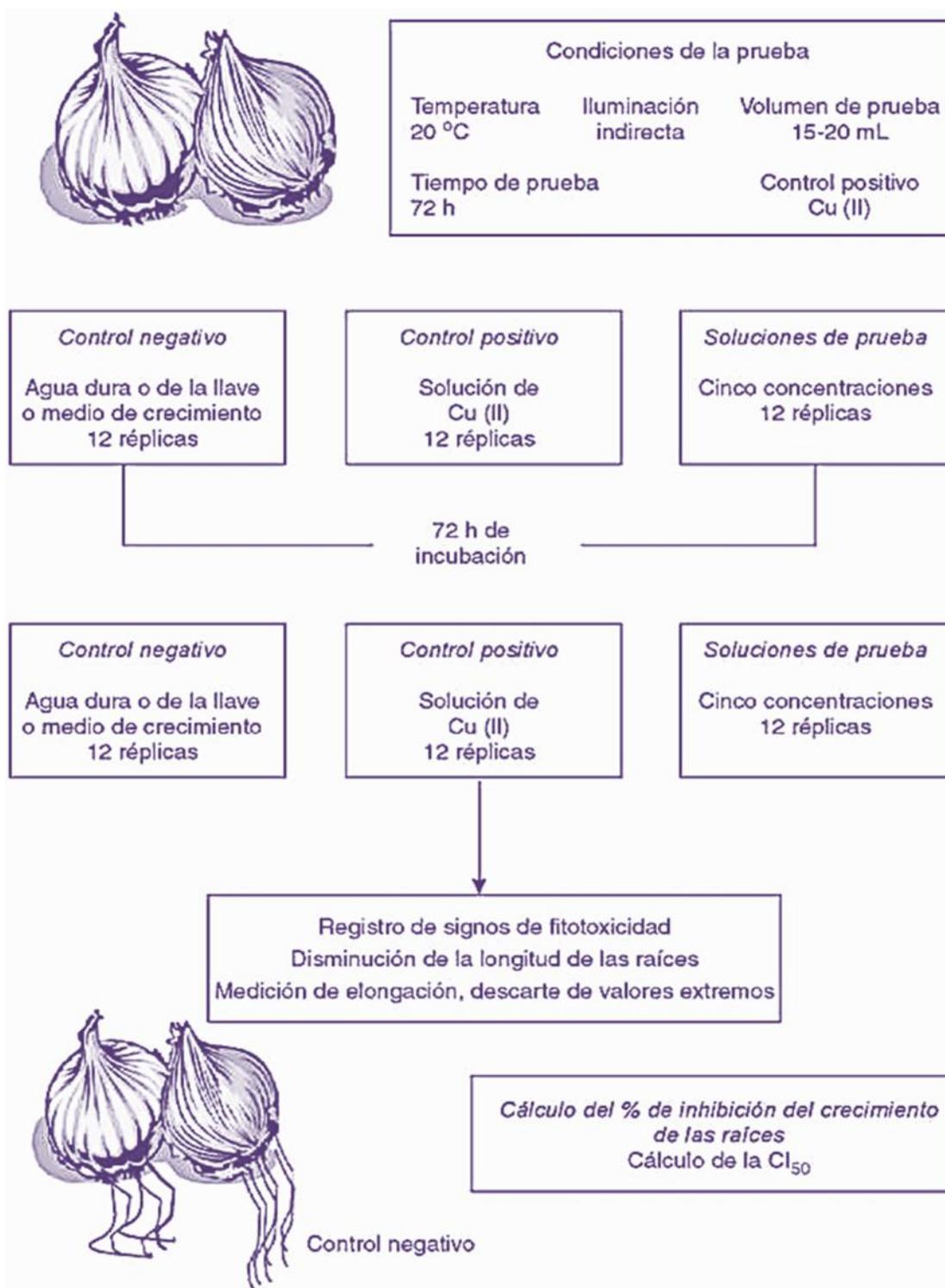
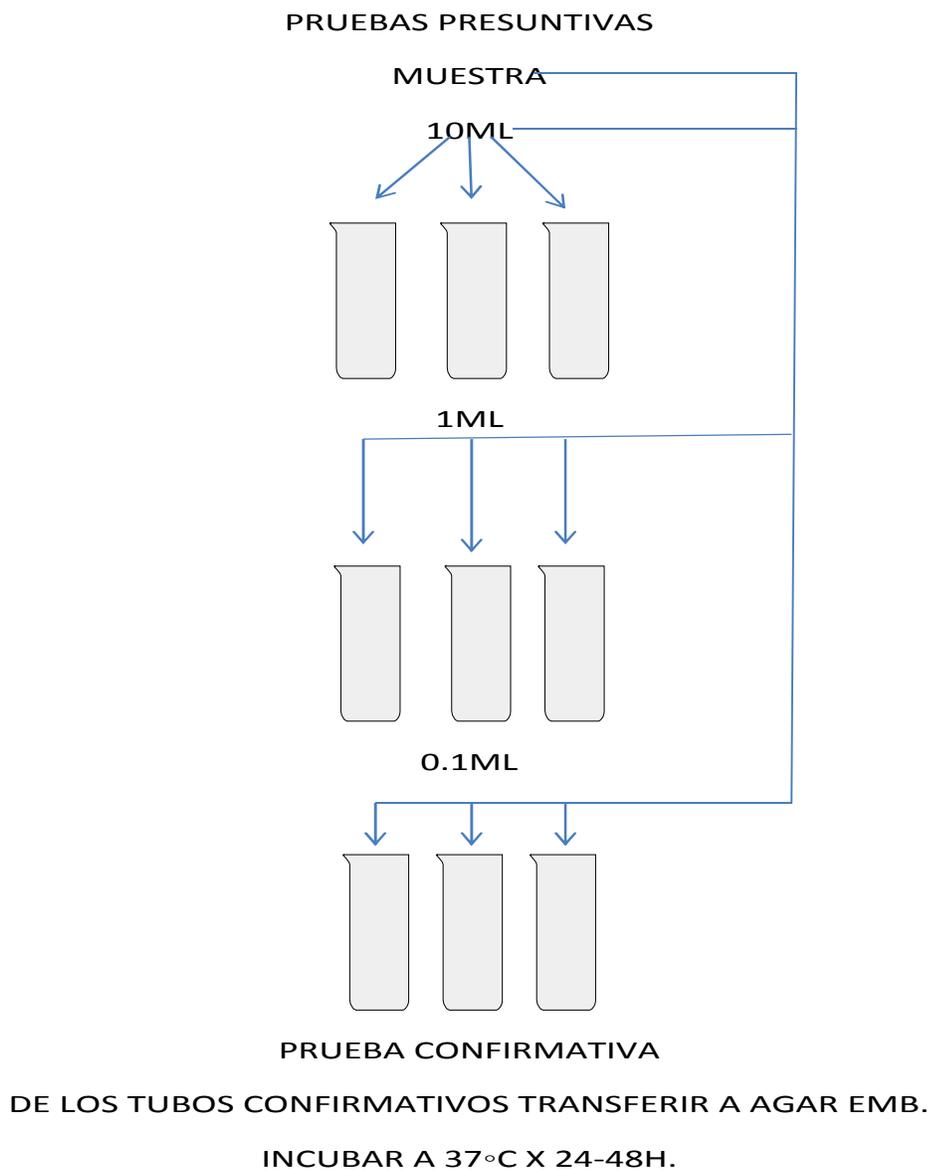


Figura N°5. Procedimiento para la prueba confirmativa para detectar coliformes Totales y Fecales.



**Preparación de los medios de cultivos**

**Para Prueba Presuntiva para Coliformes: Caldo Lactosado**

**a. Concentración Simple:**

Se pesó 3.9g de polvo Caldo Lactosado, se transfirió a un erlenmeyer, dicho polvo se disolvió con 300 ml de agua. Una vez preparado el caldo, este se transfirió a 60 tubos de ensayo. Cada tubo contenía 5ml del caldo.

Este procedimiento se realiza para montar las muestras de agua de grifo y de agua de pozo.

**b. Concentración Doble:**

Se pesó 7.8g de polvo Caldo Lactosado, se transfirió a un erlenmeyer, dicho polvo se disolvió con 300 ml de agua. Una vez preparado el caldo, este se transfirió a 30 tubos de ensayo. Cada tubo contenía 10ml del caldo.

Este procedimiento se realiza para montar las muestras de agua de grifo y de agua de pozo.

**Para Prueba Confirmativa para Coliformes Totales: Caldo Bilis Verde Brillante (BVB):**

Se pesó 17.6g de polvo BVB, se transfirió a un erlenmeyer, dicho polvo se disolvió con 440 ml de agua caliente. Una vez preparado el caldo, este se transfirió a 88 tubos de ensayo. Cada tubo contenía 5ml del caldo.

Se prepara la cantidad exacta de caldo en dependencia de la cantidad de tubos que dieron positivas en la prueba presuntiva.

**Para Prueba Confirmativa para Coliformes Fecales: Caldo E. coli:**

Se pesó 16.28g de polvo E. Coli se transfirió a un erlenmeyer, dicho polvo se disolvió con 440 ml de agua caliente. Una vez preparado el caldo, este se transfirió a 88 tubos de ensayo. Cada tubo contenía 5ml del caldo.

## ***Determinación de la calidad del agua de consumo***

---

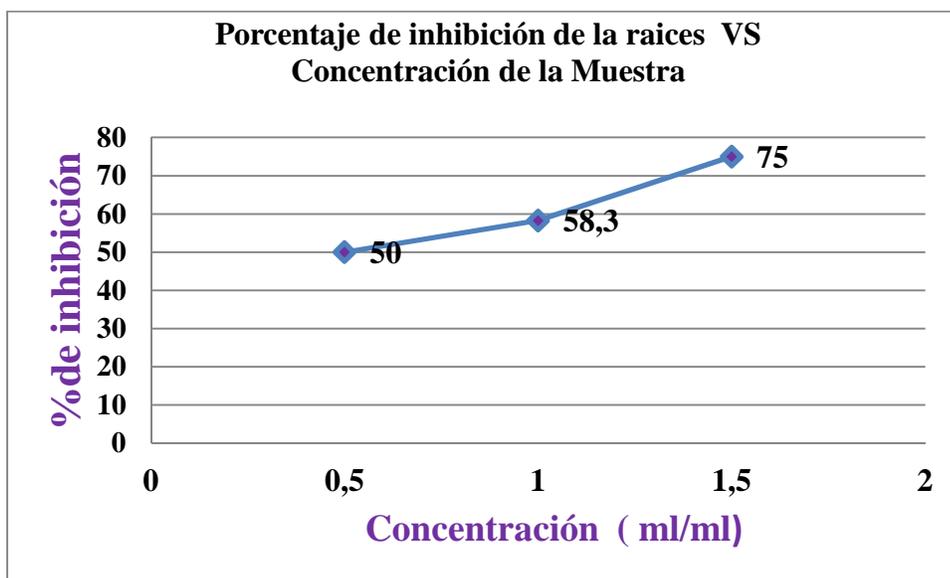
Se esterilizaron todos los medios de cultivo a 110 °C por 15 minutos en el autoclave.

Se prepara la cantidad exacta de caldo en dependencia de la cantidad de tubos que dieron positivas en la prueba presuntiva.

### **Confirmación para *Escherichiacoli*:**

Se pesó 5.184g de Agar Levine EMB, se diluyó en 144ml de agua, una vez preparado se transfirió a 8 placas Petri. Cada placa contenía 18ml de agar.

**Gráfico #1**



**Gráfico # 2**

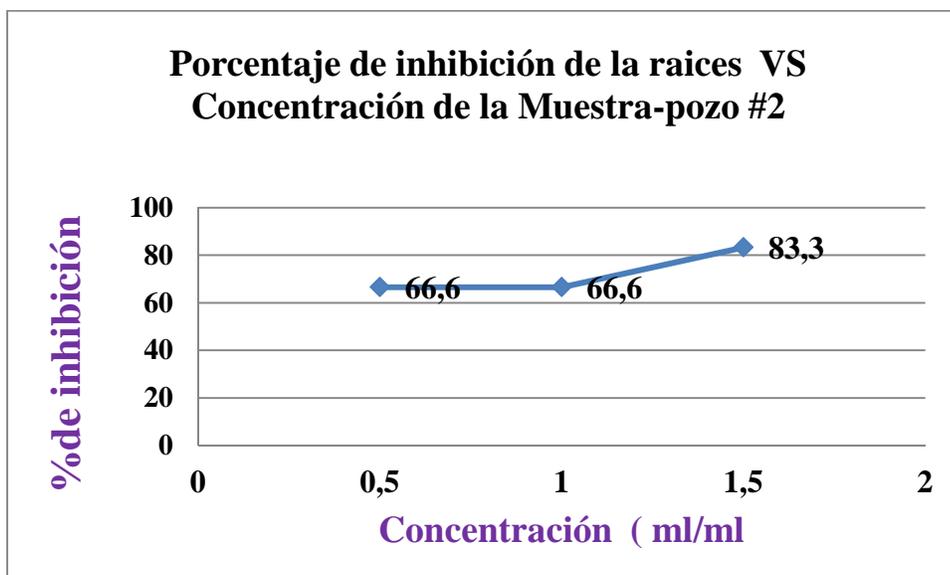


Gráfico # 3

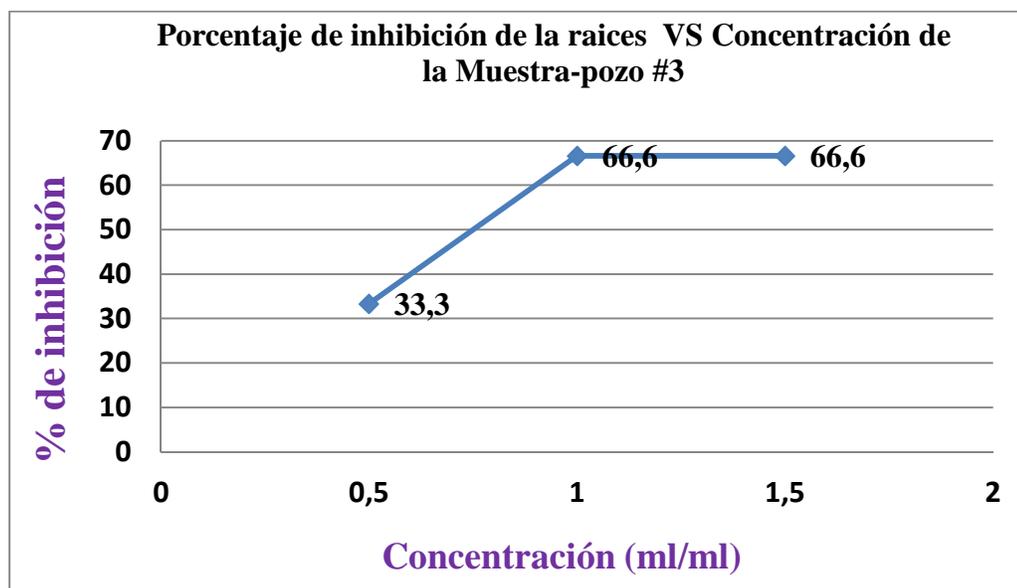


Grafico # 4

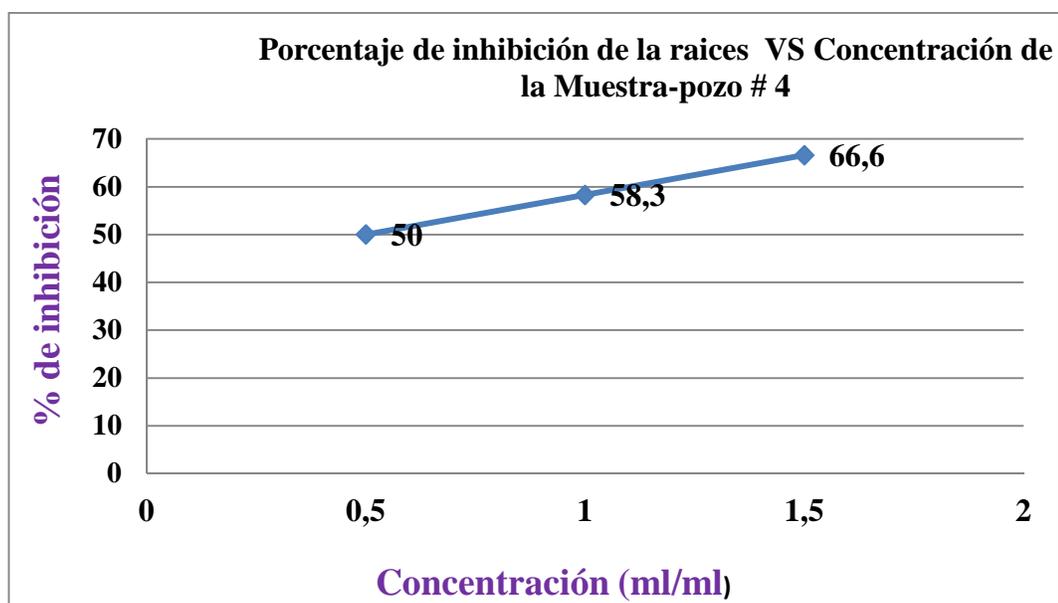


Gráfico # 5

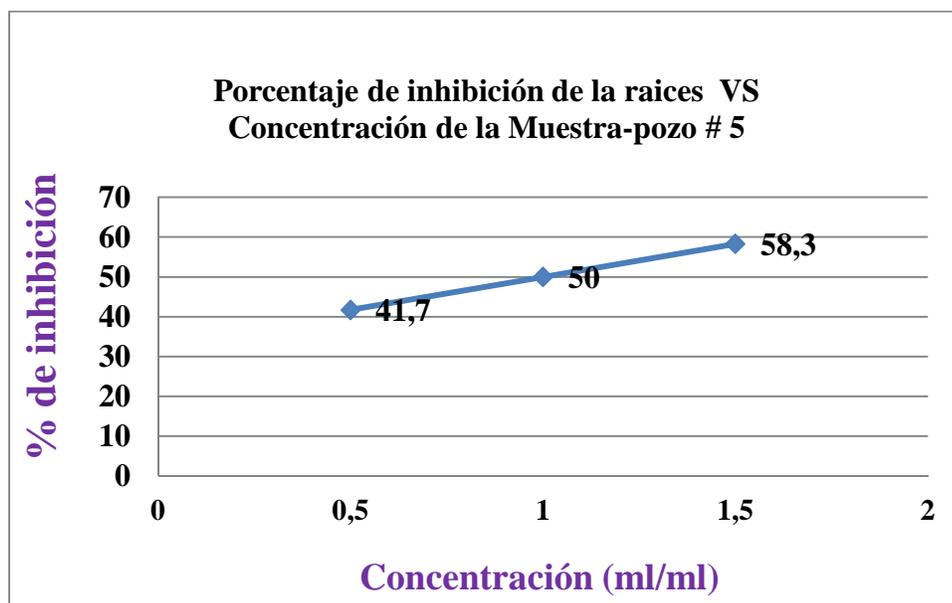


Gráfico # 6

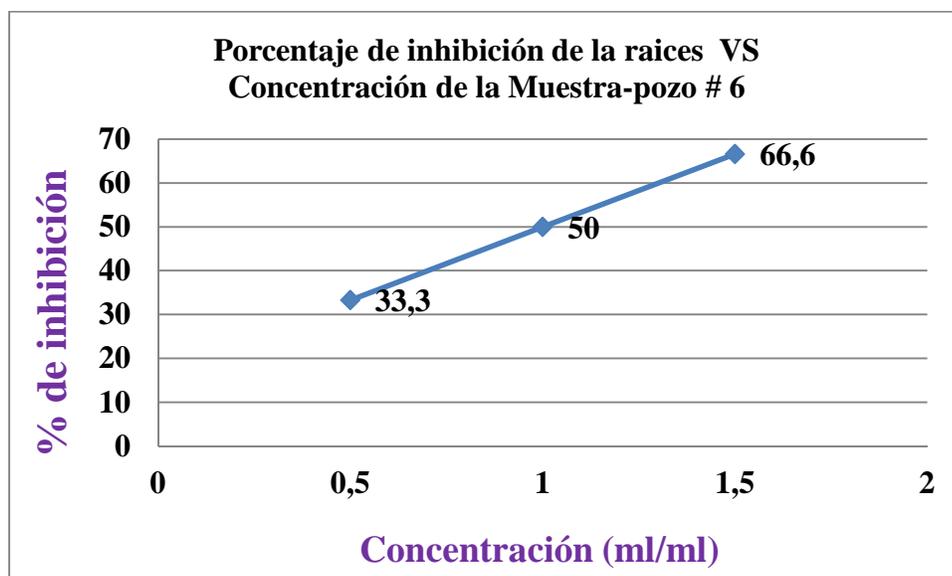


Gráfico # 7

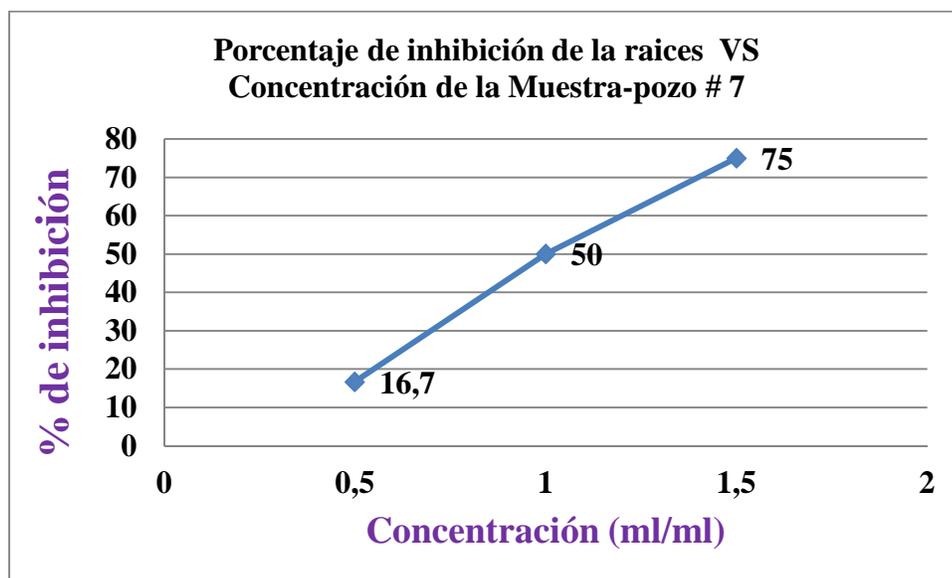


Gráfico # 8

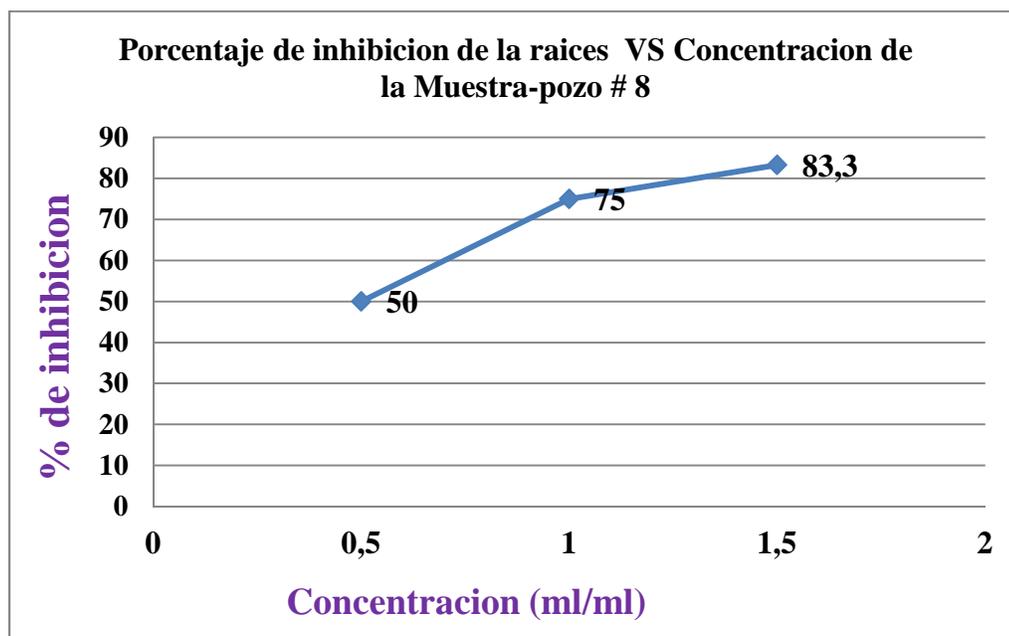


Gráfico # 9

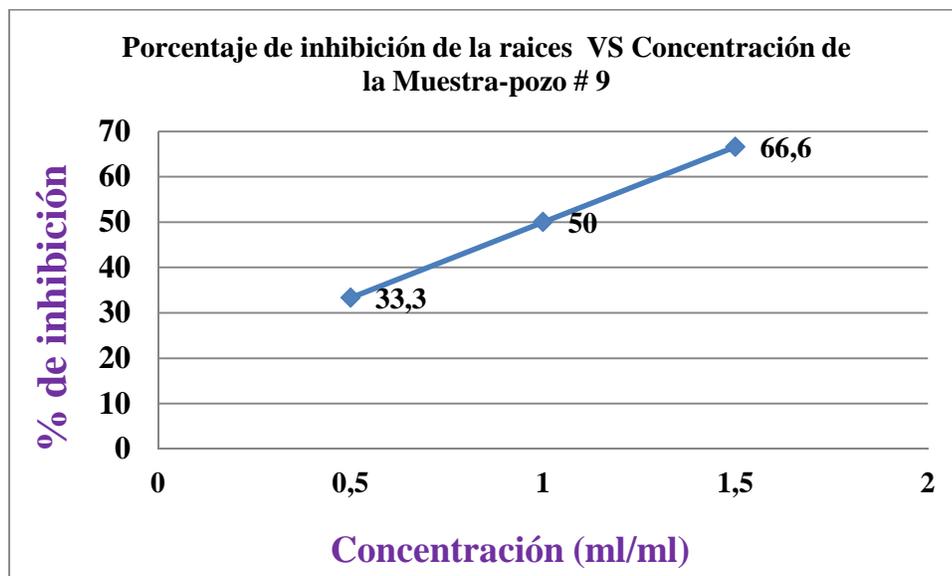


Gráfico # 10

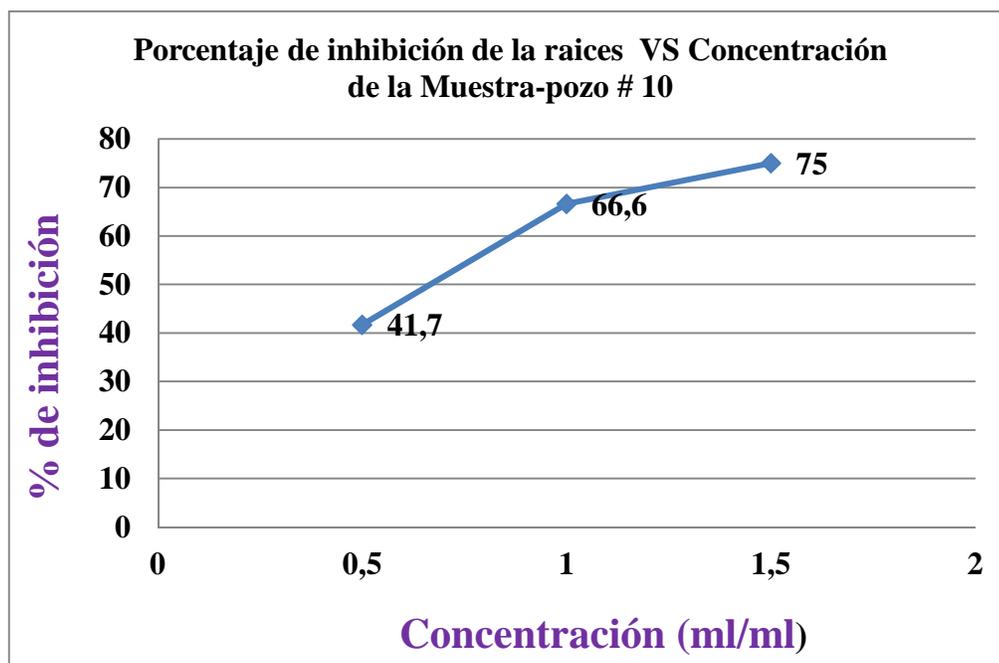


Gráfico # 11

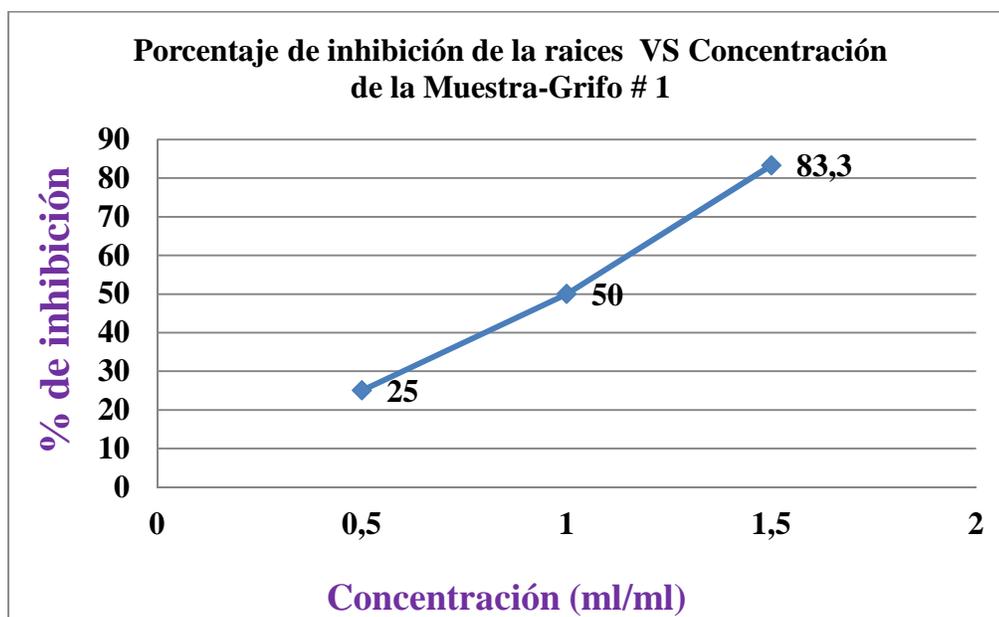


Gráfico # 12

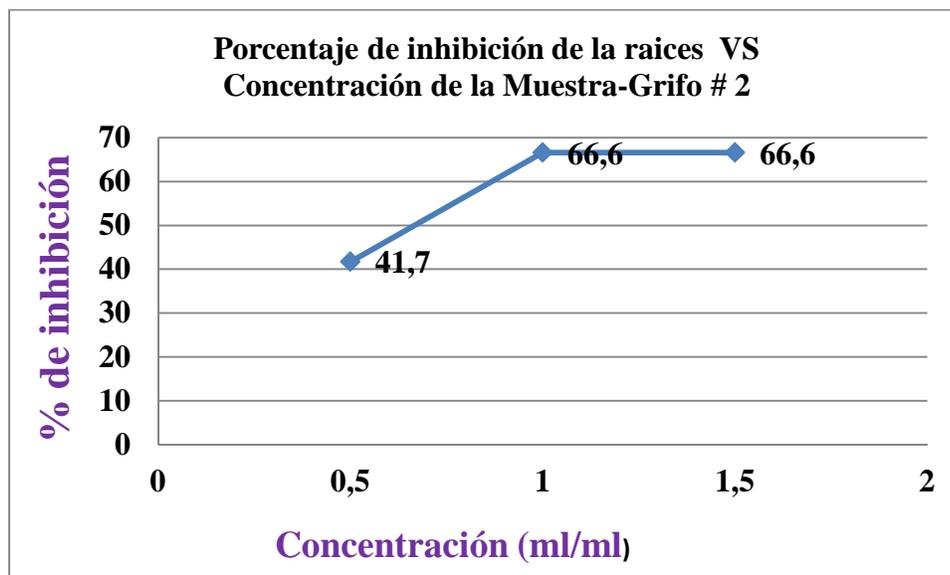


Gráfico # 13

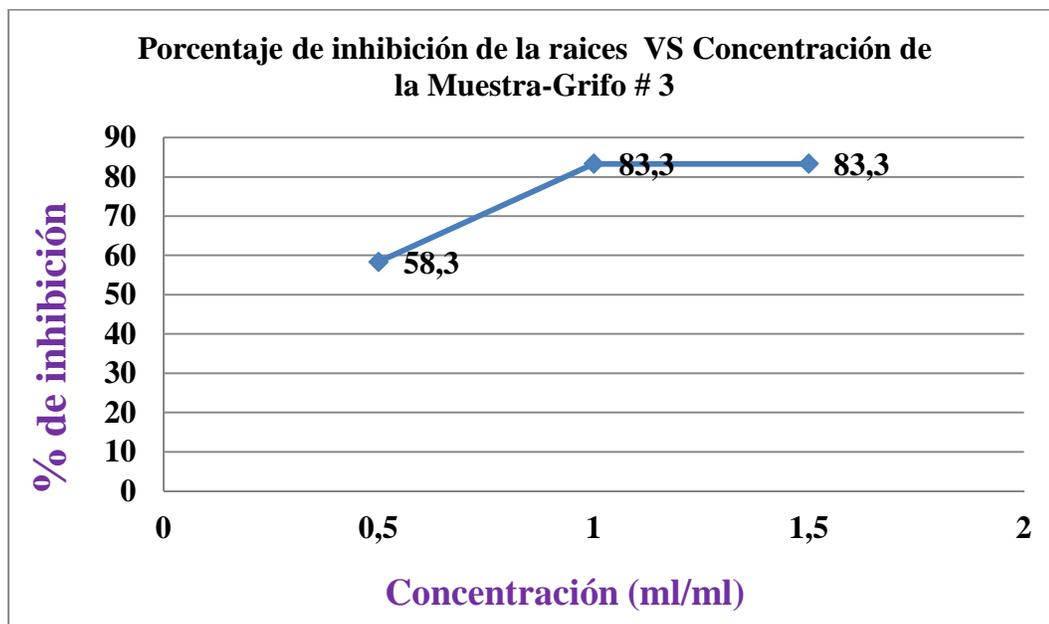


Gráfico # 14

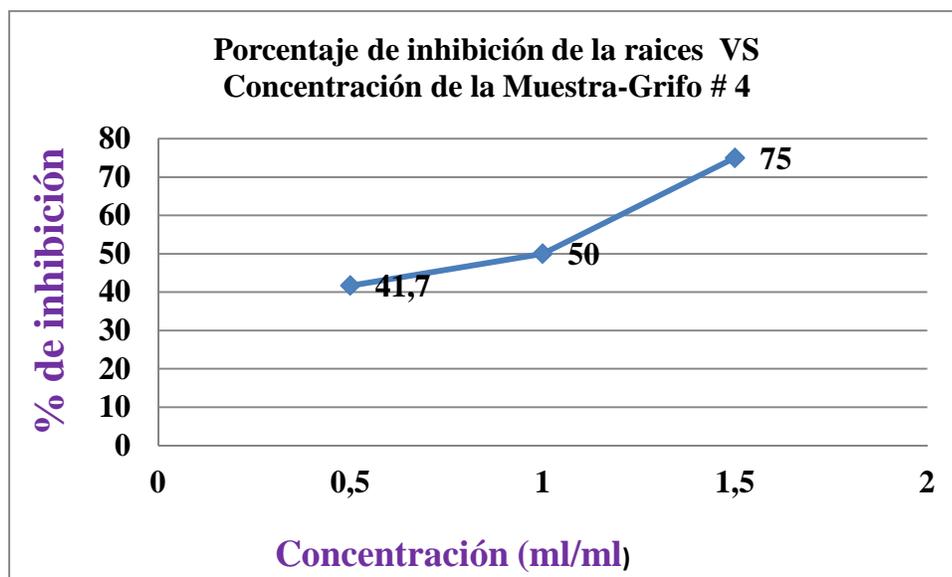


Gráfico # 15

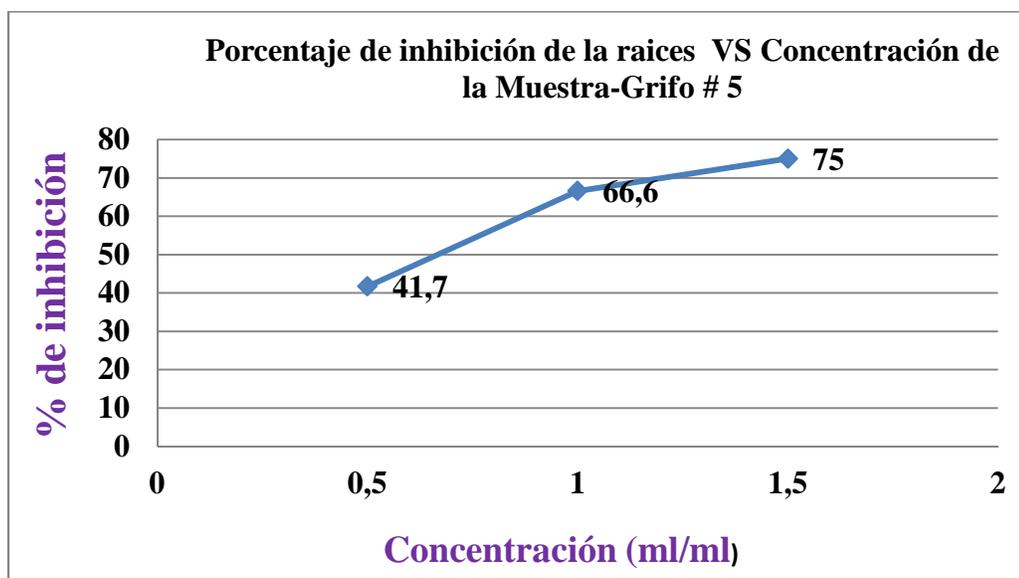


Gráfico # 16

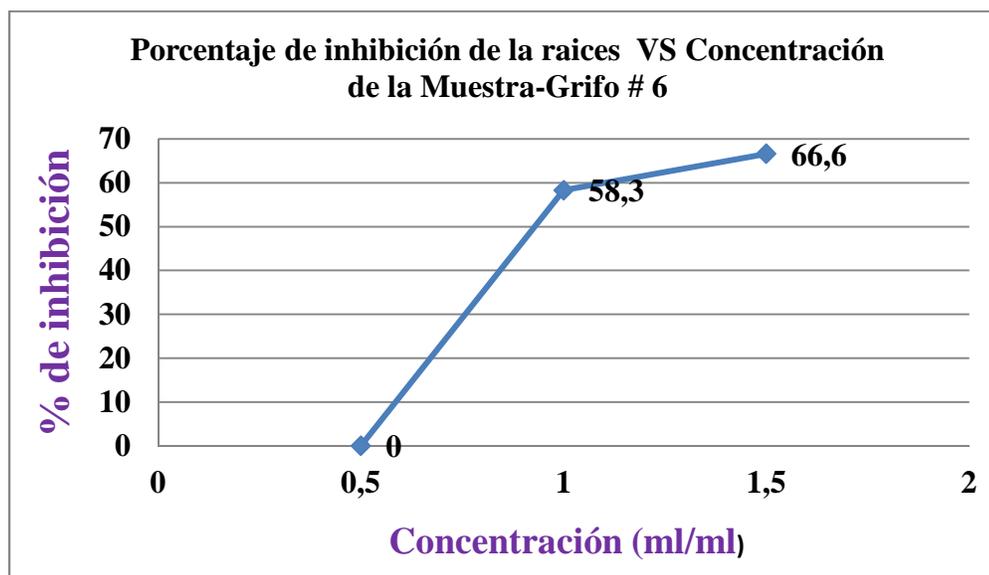


Gráfico # 17

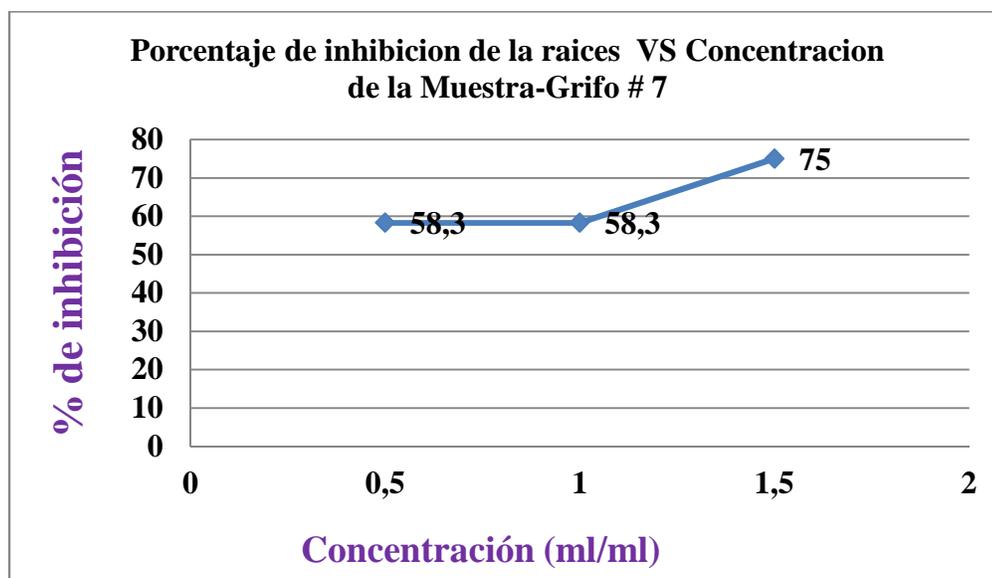


Gráfico # 18

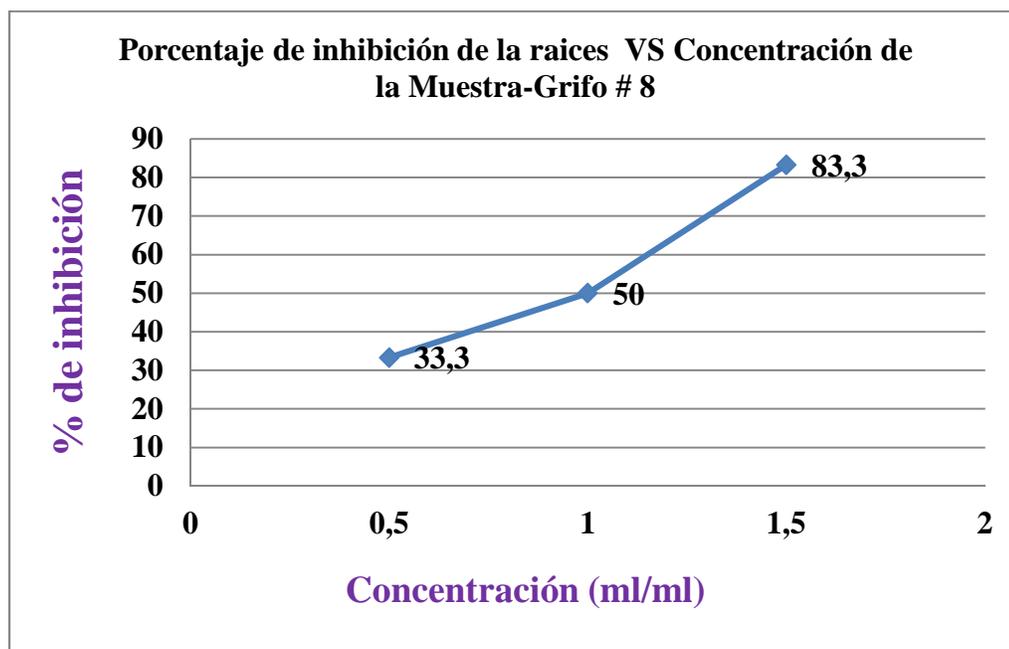


Gráfico # 19

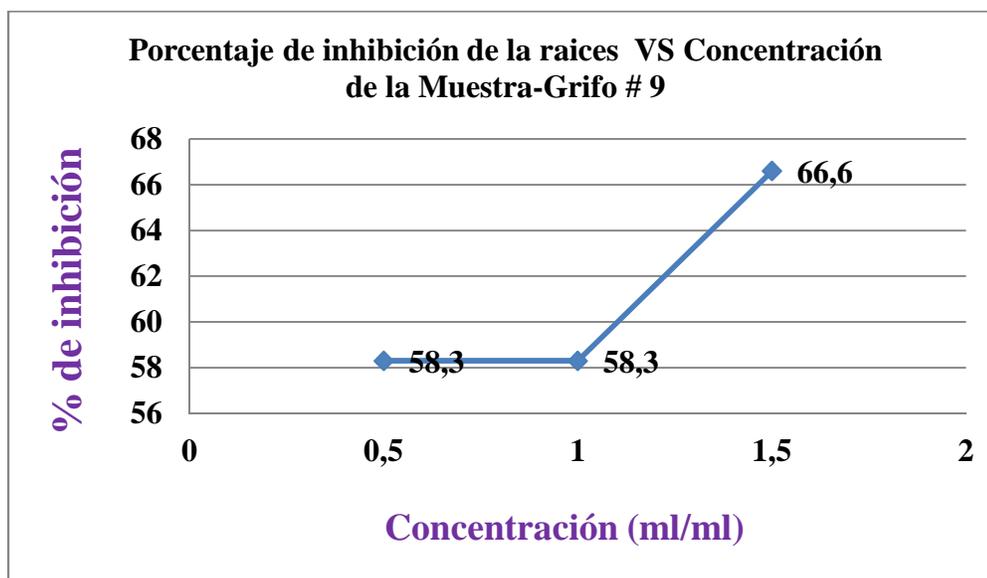
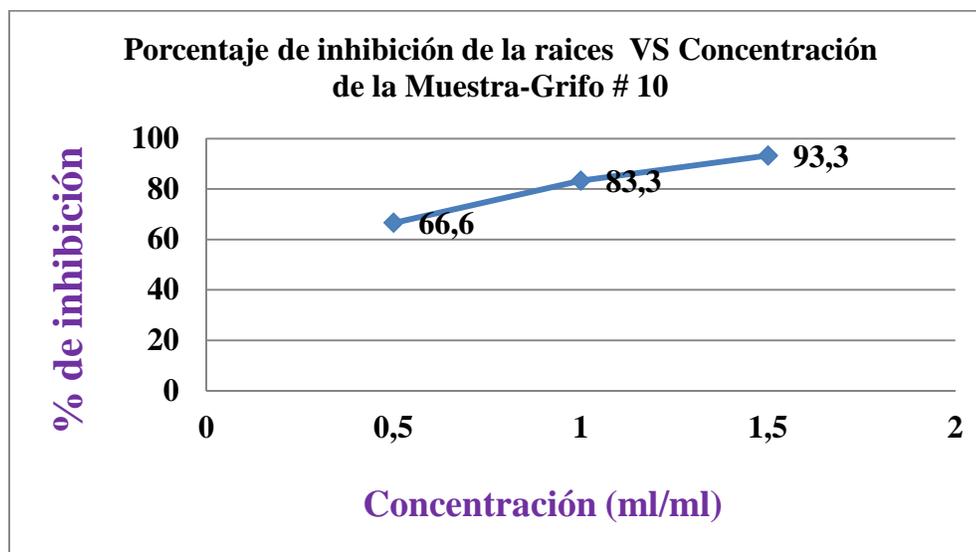


Gráfico # 20



**ABREVIATURAS**

- **AAS:** Técnica de absorción atómica (siglas en ingles).
- **BVB:**Caldo bilis verde brillante.
- **Caldo EC:**Caldo E.coli.
- **CAPRE:** Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. Norma Regional de Calidad del Agua.
- **EPA:**Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (por su nombre oficial, en inglés, *UnitedStates Environmental ProtectionAgency*).
- **FAO:**Foodand Agriculture Organization of the United Nations.
- **ICP-MS:** Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo.
- **IMViC:**prueba utilizada en microbiología para la identificación bacterias. Se compone de cuatro pruebas: Indol, Rojo de metilo, Voges-Proskauer y Citrato. El resultado de este test se expresa mediante símbolos de positivo o negativo(+ o -) según el resultado de cada prueba, siguiendo siempre el orden establecido por las iniciales del método.
- **IUPAC:**International Union of Pure and Applied Chemistry  
Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.
- **JECFA:**Sus siglas en ingles: Joint FAO/ WHO ExpertCommitteeonFoodAdditives.Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios.
- **Mg/L:**Miligramos por Litro.
- **Mcg/l:**Microgramos por Litro.
- **NMP:** Numero más probable.
- **OMS:**Organización Mundial de la Salud.
- **PTWI:**ProvisionalTolerable Weekly Intake.
- **PPB:**PartesporBillón.
- **PPT:**partesportrillón.

**GLOSARIO**

- **Aguas albañales:** Canal o conducto que da salida a las aguas inmundas. Depósito de inmundicias.
- **D Endo Agar:** es un medio ligeramente selectivo y de diferenciación para el aislamiento y la diferenciación de la familia Enterobacteriaceae y diversos otros bacilos gram negativos
- **Allium cepa L:** comúnmente conocida como cebolla, es una planta herbácea bienal perteneciente a la familia de las amarilidáceas. Es la especie más ampliamente cultivada del género *Allium*, el cual contiene varias otras especies que se denominan como «cebollas» y que se cultivan como alimento.
- **Aminoaciduria:** Es una cantidad anormal de aminoácidos en la orina. Los aminoácidos son los pilares fundamentales de las proteínas en el cuerpo.
- **Carcinogénicos:** son aquellos que actúan sobre los tejidos vivos de tal forma que producen cáncer.
- **Electrodeposición:** es un proceso electroquímico de chapado donde los cationes metálicos contenidos en una solución acuosa se depositan en una capa sobre un objeto conductor. El proceso utiliza una corriente eléctrica para reducir sobre la superficie del cátodo los cationes contenidos en una solución acuosa.
- **Esmaltes cerámicos:** En el ámbito de la tecnología o el arte, el esmalte, (o esmalte vidriado, o esmalte porcelánico) es el resultado de la fusión de cristal en polvo con un sustrato a través de un proceso de calentamiento, normalmente entre 750 y 850 °C. El polvo se funde y crece endureciéndose formando una cobertura suave y vidriada muy duradera en el metal, el vidrio o la cerámica.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

- **Esporogénicas:** son células especializadas, no reproductivas, producidas por unas pocas bacterias de la división Firmicute. Su función primaria es asegurar la supervivencia en tiempos de tensión ambiental.
- **Fitoplancton:** conjunto de los organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua.
- **Fitorremediación:** La fitorremediación es la descontaminación de los suelos, la depuración de las aguas residuales o la limpieza del aire interior, usando plantas vasculares, algas (fitorremediación) u hongos (micorremediación), y por extensión ecosistemas que contienen estas plantas.
- **Fuentes antropogénicas:** El término antropogénico se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas. Las fuentes antropogénicas incluyen industria, agricultura, minería, transporte, construcción, urbanización y deforestación.
- **Fratercula Ártica:** El frailecillo atlántico o frailecillo común (*Fratercula arctica*) es una especie de ave Charadriiforme de la familia Alcidae. Es un ave marina de unos 30 cm de curioso aspecto.
- **Gérmes saprófitos:** organismo heterótrofo vegetal que obtiene su energía de materia orgánica muerta o de los detritos desechados por otros seres vivos, de los cuales extrae los compuestos orgánicos que requiere como nutrientes.
- **Hidroarsenismo:** es una enfermedad ambiental crónica cuya etiología está asociada al consumo de aguas contaminadas con sales de arsénico y que en algunas regiones del mundo es de carácter endémico.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

- **Homeotermos:** proceso mediante el cual un grupo de seres vivos mantienen su temperatura corporal dentro de unos límites, independientemente de la temperatura ambiental.
- **Pirita de hierro:** es un mineral del grupo de los sulfuros cuya fórmula química es  $\text{FeS}_2$ .
- **Plombemia:** es una enfermedad curable que afecta a las personas que se exponen al plomo sin la protección adecuada.
- **Plumbosis:** Se denomina saturnismo, plumbosis o plumbemia al envenenamiento que produce el plomo (Pb) cuando entra en el cuerpo humano.
- **Sulfhidracion:** Proceso de adicionar un reactivo que contenga sulfuro de hidrogeno.
- **Síndrome de fanconi:** es una enfermedad del riñón que se caracteriza por una alteración en los túbulos renales proximales que hace que se eliminen por la orina cantidades excesivas de varias sustancias: glucosa, fosfatos, bicarbonato y aminoácidos.
- **Smelting:** proceso de extracción del metal de la piedra.
- **Tubulopatía:** Toda afección aguda o crónica que afecta a los túbulos renales.
- **Zooplankton:** El zooplankton, como se conoce a los microorganismos que flotan a la deriva en los cuerpos de agua. Se encuentra conformado sustancialmente por protozoos, rotíferos, y crustáceos como cladóceros y copépodos.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

TABLE N°9

### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Origen	Parámetro	Unidad de medida	Valor recomendado	Valor admisible
<b>Agua tratada</b>	Coliformes totales	NMP/100 ml	Neg.	1.8
	Coliformes fecales	NMP/100ml	Neg.	Neg.
<b>Agua no tratada (pozo)</b>	Coliformes totales	NMP/100 ml	Neg.	1.8
	Coliformes fecales	NMP/100ml	Neg.	Neg.

TABLE N°10.

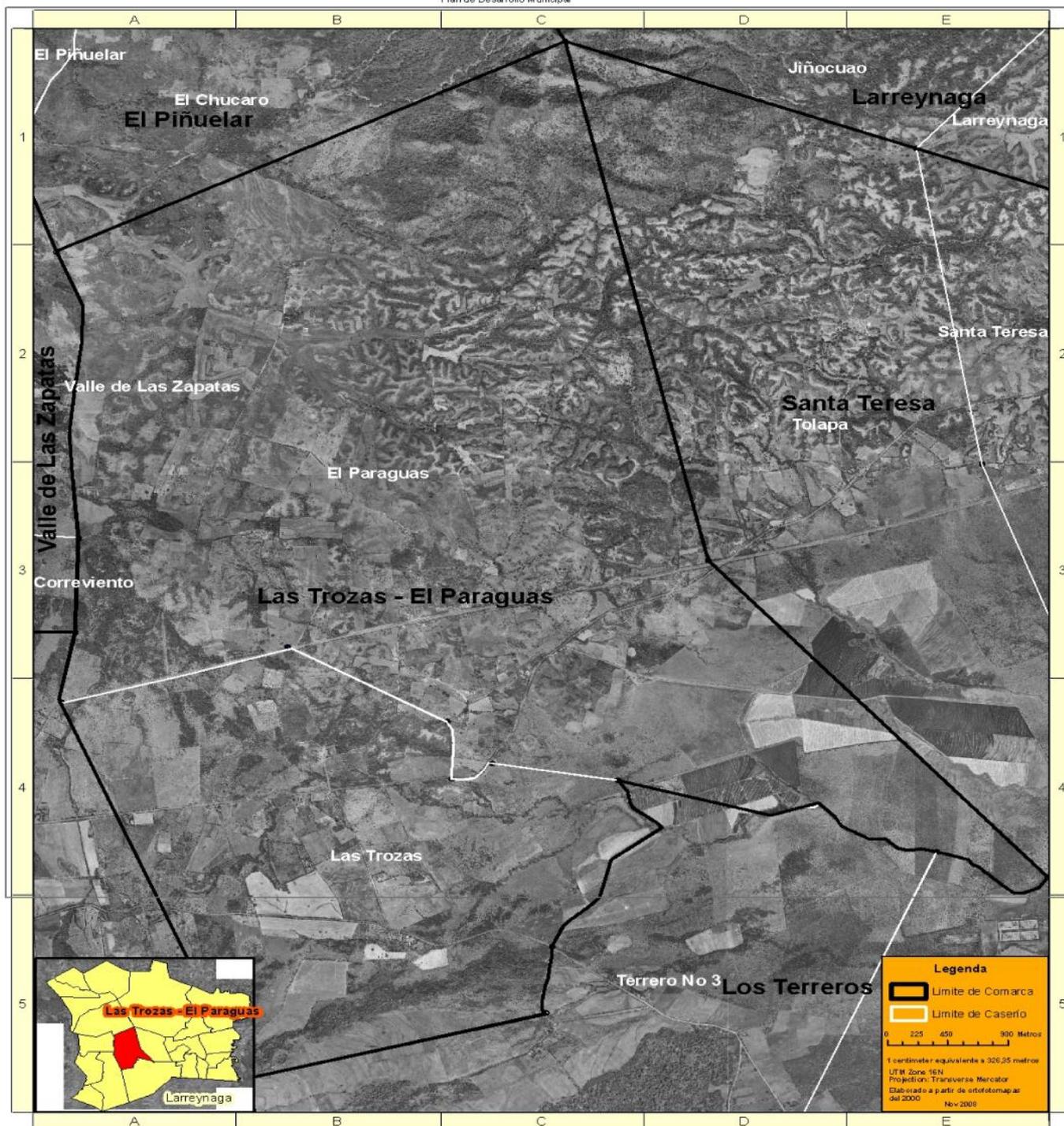
### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
<b>1. Antimonio</b>	mg / L	0,020
<b>2. Arsénico (nota 1)</b>	mg / L	0,010
<b>3. Bario</b>	mg / L	0,700
<b>4. Boro</b>	mg / L	1,500
<b>5. Cadmio</b>	mg / L	0,003
<b>6. Cianuro</b>	mg / L	0,070
<b>7. Cloro (nota 2)</b>	mg / L	5
<b>8. Clorito</b>	mg / L	0,7
<b>9. Clorato</b>	mg / L	0,7
<b>10. Cromo total</b>	mg / L	0,050
<b>11. Flúor</b>	mg / L	1,000
<b>12. Mercurio</b>	mg / L	0,001
<b>13. Niquel</b>	mg / L	0,020
<b>14. Nitratos</b>	mg / L	50,00
<b>15. Nitritos</b>	mg / L	0,010
<b>16. Plomo</b>	<b>mg / L</b>	<b>0,010 ( 0.010 ppm )</b>
<b>17. Selenio</b>	mg / L	0,07

## Determinación de la calidad del agua de consumo

COMUNIDAD	ZONA	TOTAL	HOMBRE	MUJER	VIVIENDA
Paraguas	1	450	207	243	97

**Municipio Larreynaga**  
Comarca Las Trozas - El Paraguas  
Plan de Desarrollo Municipal



**IMÁGENES DE LA ENSAYOS REALIZADOS**



**Figura 6.Recoleccion del***Allium Cepa L.*



**Figura # 7.Recolección de las muestras .agua de pozo**  
en una de las casas de la comunidad El Paragua.

## *Determinación de la calidad del agua de consumo*

---

**Ensayo microbiológico para detectar coliformes totales y fecales por el método NMP.**



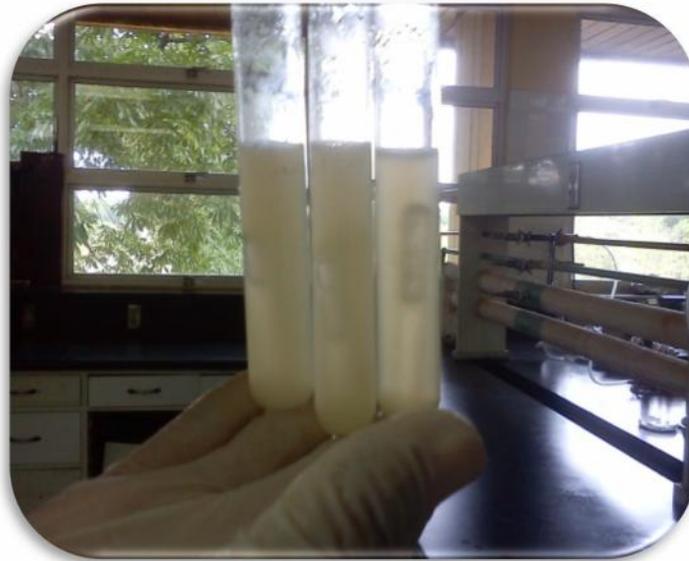
**Figura #8.**Preparación de los caldos para coliformes fecales

(solución amarilla-caldo E.coli) y para coliformes totales (solución verde-caldo BVB)



**Figura # 9.**Llenado de tubos para la prueba confirmativa para coliformes fecales

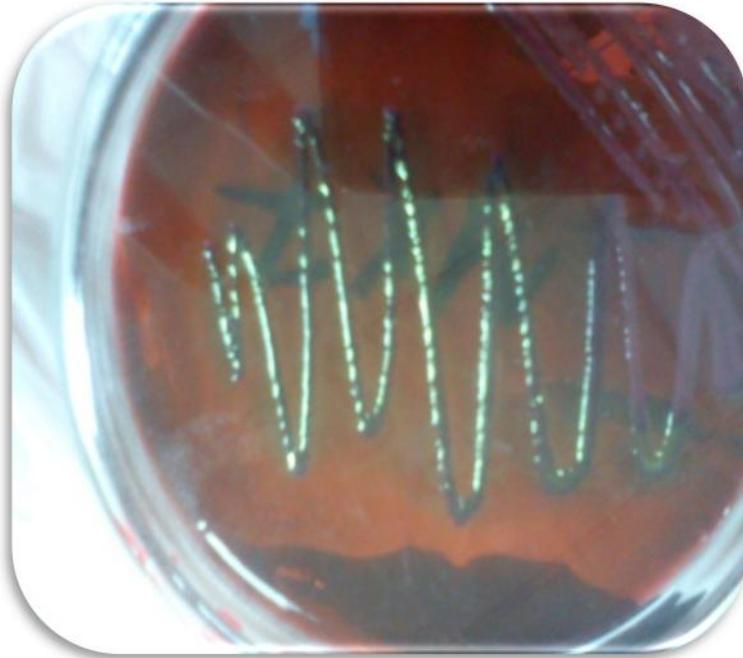
(solución amarilla-caldo E.coli) y para coliformes totales (solución verde-caldo BVB)



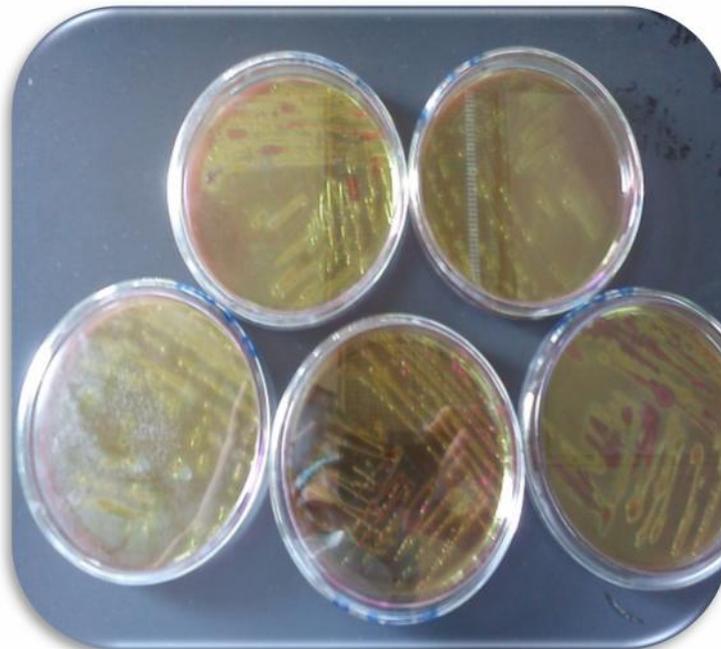
**Figura # 10.**Prueba confirmativa para coliformes fecales con presencia de gas y turbidez dentro de la campana durham



**Figura # 11.**Prueba confirmativa para coliformes totales con presencia de gas y turbidez dentro de la campana durham



**Figura # 12.** Simbra de *E.coli* de muestra de grifo # 7 en medio selectivo Agar EMB.



**Figura # 13.** Simbra de *E.coli* de muestra de pozos en medio selectivo Agar EMB.

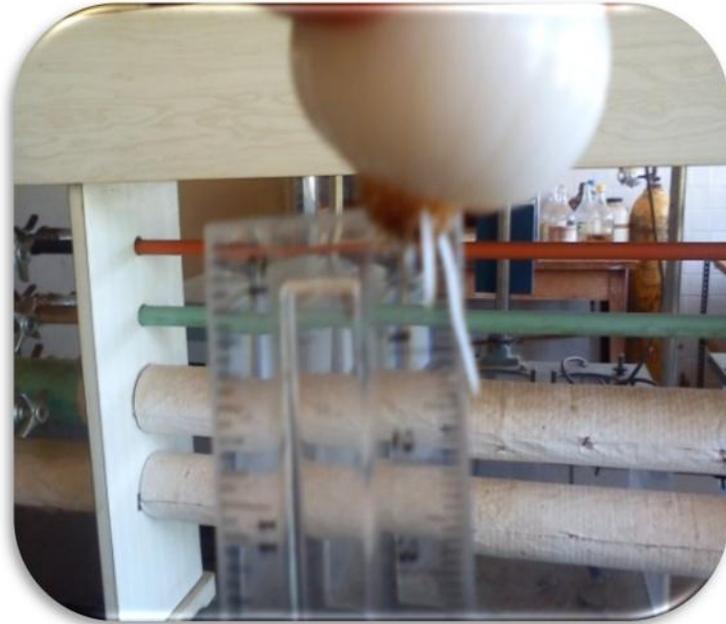
**Ensayo de *Allium cepa* L.**



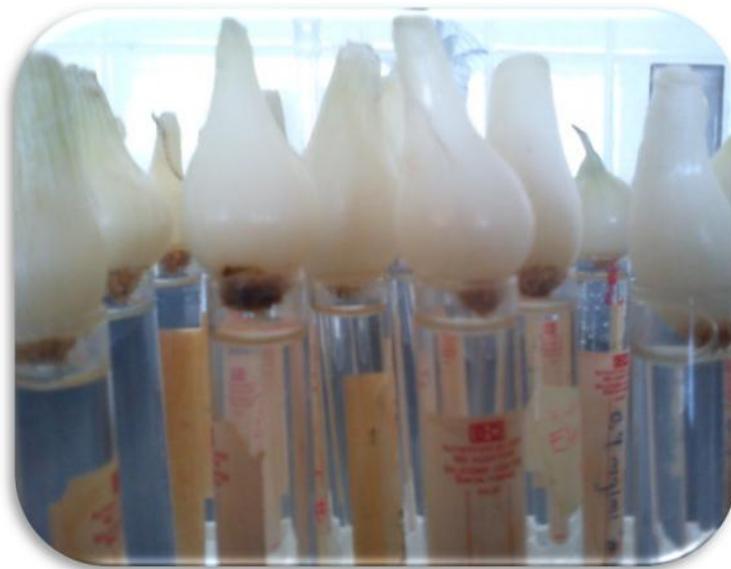
**Figura # 14 .** Montaje del Bioensayo de Toxicidad con *Allium Cepa* L.



**Figura # 15.** Bulbo de *Allium Cepa* expuestos a las soluciones de las muestras Después de las 72 horas.



**Figura #16.** Medición de la longitud de la raíz de un bulbo de *Allium cepa* expuesta al control negativo (agua de grifo) después de 72 horas.



**Figura #17.** Veinticuatro horas después de haber Montado el ensayo.

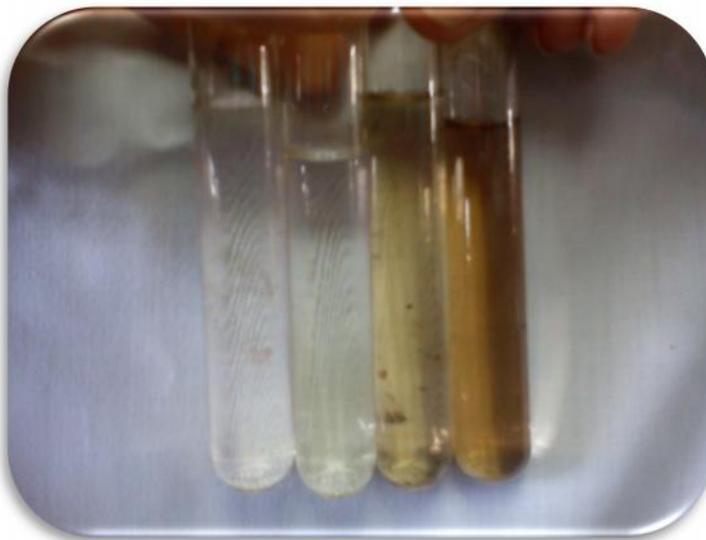


**Figura # 18.** Solución del sulfato de cobre (II)

### **Ensayo colorimétrico**



**Figura # 19.** Montaje del ensayo colorimétrico para el proceso de sulfhidración.



**Figura # 20.** De izquierda a derecha: solución 2 ppm, muestra, solución 10ppm, solución 1000 ppm



**Figura # 21.** De izquierda a derecha: Muestra 4-6 ppm, solución 2 ppm, solución 10 ppm



**Figura # 22.** Comparación con la solución expuesta a la reacción de sulfuración con la no expuesta.



**Figura # 23.** De izquierda a derecha: solución patrón de 10ppm, 8ppm, 6ppm, 4ppm, 2ppm, 1000ppm