

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVIDENCIA DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL SECTOR SUR ORIENTE Y NOR-PONIENTE DE SAN SALVADOR UTILIZANDO EL BIOENSAYO CON Nothoscordum fragans (Cebollin).

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

CESAR EDMUNDO MONTES GUTIERREZ

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGIA

CIUDAD UNIVERSITARIA MIERCOLES 13 AGOSTO DE 2008

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVIDENCIA DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL AGUA
DE CONSUMO HUMANO DEL SECTOR SUR ORIENTE Y NOR-PONIENTE DE SAN
SALVADOR UTILIZANDO EL BIOENSAYO CON Nothoscordum fragans (Cebollin).

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

CESAR EDMUNDO MONTES GUTIERREZ

ASESOR: Dr. RIGOBERTO AYALA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGIA

CIUDAD UNIVERSITARIA MIERCOLES 13 AGOSTO DE 2008

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVIDENCIA DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL SECTOR SUR ORIENTE Y NOR-PONIENTE DE SAN SALVADOR UTILIZANDO EL BIOENSAYO CON Nothoscordum fragans (Cebollin).

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

CESAR EDMUNDO MONTES GUTIERREZ

JURADOS:

M.Sc. YANIRA ELIZABETH LÓPEZ _____

M.Sc. GUILLERMO ERNESTO MARTINEZ ESPINOZA _____

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGIA

CIUDAD UNIVERSITARIA MIERCOLES 13 AGOSTO DE 2008

INDICE DE CONTENIDOS

Autoridades Universitarias.....	I
Asesores y Jurados.....	II
Agradecimientos.....	III
Resumen.....	IV-V
Lista de Cuadros.....	VI
Lista de Graficos.....	VII
I- Introducción.....	1
II- Revisión de Literatura.....	3
1. Principales fuentes de contaminación de los mantos acuíferos.....	3
1.1. Contaminación Urbana.....	3
1.2. Contaminación por fertilizantes.....	4
1.3. Contaminación por plaguicidas.....	4
1.4. Contaminación industrial.....	5
2. La calidad del agua.....	6
3. Bioensayo de toxicidad con <u>Nothoscordum fragans</u>	11
III- Materiales y Métodos.....	14
4. Metodología de Campo.....	14
5. Metodología de Laboratorio.....	16
5.1. Protocolo de laboratorio.....	20
IV- Resultados.....	22
V- Discusión.....	31
VI- Conclusiones y Recomendaciones.....	36

VIII- Literatura citada.....	38
ANEXOS.....	47

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. RUFINO QUEZADA SANCHEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. DUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FISCAL GENERAL

Dr. RENE MADECADEL PERLA JIMENEZ

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

DECANO

DR. RAFAEL ANTONIO GOMEZ ESCOTO

SECRETARIA

LIC. MARIA TRINIDAD TRIGUEROS DE CASTRO

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGIA

NOEMY ELIZABETH VENTURA CENTENO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MIERCOLES 12 DE AGOSTO DE 2008

ASESORES Y JURADOS

ASESOR:

Dr. RIGOBERTO AYALA

JURADO EVALUADOR:

Msc. YANIRA ELIZABETH LÓPEZ

JURADO EVALUADOR:

Msc. GUILLERMO ESPINOZA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MIERCOLES 12 DE AGOSTO DE 2008

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios altísimo todo poderoso por su divina ayuda y haber derramado sus bendiciones hacia mí al orientarme y permitirme la conclusión de esta obra.

A mi madre Candida Rosa Gutiérrez Linares, por su esfuerzo y sacrificio que hizo posible mi formación académica y por apoyarme en todo momento a solucionar los problemas y vicisitudes que surgieron en mi camino.

Agradezco a la escuela de biología por permitirme llevar acabo mi investigación en sus instalaciones y brindarme el equipo y material para llevarla acabo.

De manera muy especial a mi asesor el Dr. Rigoberto Ayala por dedicarme su tiempo, dedicación y apoyo en todo momento para realizar este trabajo de graduacion.

Al jurado evaluador Masc. Yanira Ventura y Lic. Guillermo Espinosa, por sus observaciones que ayudaron a enriquecer este estudio, así como a la Directora de la Escuela de Biología Masc. Ana Marta Setino Calderón por su amabilidad y orientación.

A mi compañero Lic. Miguel Moreno por su empuje y apoyo en la realización de mis defensas de tesis y su por su amistad.

RESUMEN

El Salvador, como en la mayor parte de países subdesarrollados y algunos desarrollados, ha entrado en una crisis del recurso hídrico, debido a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con sustancias altamente tóxicas. El problema se agrava cuando de estas mismas fuentes se toma el agua para consumo humano. (Calderón 1981)

San Salvador se provee de agua de diferentes fuentes y es distribuida por la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA) por diferentes sistemas.

En este estudio se determinó la presencia de tóxicos en el agua potable del sector sur-oriente (Sistema Río Lempa) y sector Nor-poniente (Sistema Zona Norte) de la ciudad de San Salvador utilizando el bioensayo con Nothoscordum fragans (cebollín). El estudio tiene como parámetro la inhibición del crecimiento de la raíz de la planta, por parte de las sustancias tóxicas contenidas en las diferentes muestras de agua y su potencial tóxico, obtenida a través de la máxima dilución inhibitoria.

Se hicieron 3 muestreos en épocas distintas del año (seca, lluviosa y transición), desde la primer semana de agosto a principios del mes de diciembre del año 2002.

Las muestras se tomaron de dos diferentes fuentes de agua: superficial y freática.

Las zonas muestreadas distribuidas por ANANDA fueron para el sector sur oriente (Sistema Río Lempa): Río Lempa y Colonia Santísima Trinidad, municipio de Mejicanos, San Salvador; y para el sector nor-poniente (Sistema Zona Norte): a 50 y 10 metros de distancia del tanque de distribución ubicado en colonia San Ramón, Municipio de Mexicanos, San Salvador, proveniente de los mantos freáticos o agua subterránea. Se utilizaron 6 distintas diluciones en concentraciones de 10^0 a 10^5 por

triplicado de las muestras de agua diluidas con medio nutritivo. En cada tubo de ensayo conteniendo las soluciones diluidas antes descritas, se colocó un bulbo de cebollín sin germinar. Los resultados se obtuvieron midiendo con una regla el largo de la raíz y midiendo con una regla el largo de la raíz y promediando los tres individuos de cada dilución. Se utilizó el estadístico ANOVA.

Los resultados obtenidos mostraron toxicidad para todas las muestras de agua; por medio de los resultados del ANOVA se determinó en todos los casos $F_o > F$. Al comparar los datos gráficos de los 3 muestreos se encontró diferencia en la concentración de tóxicos en la época lluviosa, transición lluviosa- seca, y seca, siendo la época lluviosa la que dio resultados mayores de inhibición.

Por medio de los resultados se determinó que el proceso de tratamiento del agua potable no reduce significativamente la cantidad de tóxicos en el agua de consumo humano. También que la cloración del agua trae consigo subproductos de este que son tóxicos para la salud. Por otro lado se infiere por los resultados que los mantos freáticos están siendo contaminados por infiltración de tóxicos. Por último se concluyó que los bioensayos son un medio eficaz y fiable para la detección de tóxicos y una herramienta importante para la ciencia medio-ambiental.

LISTA DE CUADROS

1. PRIMER MUESTREO, EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002. CUADRO #1: PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: * SISTEMA RIO LEMPA (A Y B) Y ** SISTEMA ZONA NORTE (C1 Y C2). Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Freática (tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque..... pag.24
2. PRIMER MUESTREO, EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002. CUADRO #2: PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: *SISTEMA RIO LEMPA(A Y B) Y **SISTEMA ZONA NORTE (C1 Y C2). SEGUNDO MUESTREO, TRANCISION LLUVIOSA-SECA OCTUBRE 2002. Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Freática (tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque.....pag.24
3. PRIMER MUESTREO, EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002. CUADRO #3: PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: * SISTEMA RIO LEMPA (A Y B) Y ** SISTEMA ZONA NORTE (C1 Y C2). TERCER MUESTREO, EPOCA SECA, DICIEMBRE 2002. Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Freática (tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque.....pag.24
4. ANÁLISIS DE VARIANZA MUESTREO #1 (época lluviosa, agosto 2002). *Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque. NOTA: La prueba F del ANOVA, muestra una diferencia significativa entre el crecimiento de la raíz del cebollin en cada dilución por triplicado, lo que significa que las diluciones de las muestras de agua estudiada, influyen inversamente en la inhibición del crecimiento de la raíz.....30
5. ANÁLISIS DE VARIANZA MUESTREO #2 (transición lluviosa-seca, octubre 2002). *Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque. NOTA: La prueba F del ANOVA, muestra una diferencia significativa entre el crecimiento de la raíz del cebollin en cada dilución por triplicado, lo que significa que las diluciones de las muestras de agua estudiada, influyen inversamente en la inhibición del crecimiento de la raíz..... pag.30
6. ANÁLISIS DE VARIANZA MUESTREO #3 (época seca, diciembre 2002). *Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque. NOTA: La prueba F del ANOVA, muestra una diferencia significativa entre el crecimiento de la raíz del cebollin en cada dilución por triplicado, lo que significa que las diluciones de las muestras de agua estudiada, influyen inversamente en la inhibición del crecimiento de la raíz..... pag.30

LISTA DE GRAFICOS

1. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. PRIMER MUESTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.....25
2. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. SEGUNDO MUESTREO TRANSICION LLUVIOSA-SECA, OCTUBRE 2002.....26
3. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. TERCER MUESTREO EPOCA SECA, DICIEMBRE 2002.....27
4. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. PRIMER MUEWSTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.....28
5. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. PRIMER MUEWSTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.....28
6. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. PRIMER MUEWSTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.....28
7. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: SISTEMA RIO LEMPA (A Y B)* Y SISTEMA ZONA NORTE (C1 Y C2) ** PRIMER MUESTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002. *Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque.....29
8. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: SISTEMA RIO LEMPA (A Y B)* Y SISTEMA ZONA NORTE (C1 Y C2) ** SEGUNDO MUESTREO, TRANSICION LLUVIOSA-SECA. OCTUBRE 2002. *Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque.....29
9. GRAFICO DE LINEA QUE REPRESENTA PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: SISTEMA RIO LEMPA (A Y B)* Y SISTEMA ZONA NORTE (C1 Y C2) ** TERCER MUESTREO EPOCA SECA, DICIEMBRE 2002. *Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C1 = a 10mts del tanque de distribución; C2 = a 50mts del tanque.....29

INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas y superficiales del país se encuentran contaminadas debido a factores como: descargas industriales, afluentes de aguas servidas, prácticas inadecuadas de fertilización y crecimiento demográfico acelerado (Maradi, 2003).

Según Iannacone & Alvaríño (2006), el suelo, el agua y las plantas son los principales receptores de los plaguicidas, y la contaminación resultante de la deposición de estos compuestos representa un peligro a medida que aumenta su concentración y se extiende a la cadena alimenticia.

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (2003), manifiestan el potencial peligro, tanto para la población humana, como para el medio ambiente, en especial para el desequilibrio que representa en el medio acuático contaminando peces comestibles y diferentes cultivos que son regados diariamente con estas aguas.

En los estudios realizados tanto por García, et. al. (2007) como por Vesna et. al. (1996), la contaminación en agua de río por químicos, metales pesados, petroquímicos, pulpa de papel y residuos de industria textil, utilizando utilizando la prueba estándar con **Allium cepa**, demostrando una notable sensibilidad a los diferentes tipos de contaminantes siendo en ese estudio la muestra mas contaminada la de plantas de pulpa y papel. Los mismos autores mencionan la versatilidad de la prueba, ya que cuenta con varios parámetros tales como: Aberración cromosomica, genotoxicidad e inhibición del crecimiento de la raíz.

La presente investigación, tubo por objeto demostrar la existencia de contaminantes en el agua potable para el sector sur oriente y nor.-poniente de la capital. Para lo cual se tomaron muestras durante la época lluviosa, trancision lluviosa seca y seca en el río Lempa y su tanque de distribución ubicado en Colonia Santísima Trinidad, Mexicanos, San Salvador y muestras de del tanque de distribución de la zona norte, ubicado en Colonia San Ramón de la misma ciudad.

Se utilizo el bioensayo con **Nothoscordum fragans** (el cual es un bulbo bioequivalente y de la misma familia del **Allium cepa** o cebolla) esta prueba tiene la ventaja de presentar

rápidos resultados, es muy sensitiva a una gran cantidad de tóxicos, con bajo costo, y una buena base científica para respaldar las investigaciones. Los datos de toxicidad obtenidos en este experimento son de naturaleza cuantificable, lo que representa una ventaja sobre muchas pruebas con microorganismos que no lo son.

Por otro lado la investigación sentará bases en el país para futuros estudios en otras áreas (medicamentos, alimentos etc.)Utilizando bioensayos, los cuales tienen varias ventajas sobre las pruebas físico-químicas que son principalmente de alto costo (Kong & Ma 1994).

REVISION DE LITERATURA

PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LOS MANTOS ACUÍFEROS

Las fuentes de contaminación son de dos tipos naturales y antropogénicas, el agua para que sea potable debe estar exenta de sustancias nocivas a la salud humana. Esas sustancias pueden presentarse en estado coloidal en suspensión o en solución y pueden ser de origen industrial y agrícola. (Repetto 1991)

Hay dos tipos mas de contaminación: una de tipo indirecto, como es la contaminación agrícola y la producida por desechos, y la de carácter directo que es la que se realiza en el mismo sito de aplicación por ejemplo la ocasionada por estiércol de ganado. (Porras & Thauvin 1978)

Contaminación Urbana

Según Repetto (1991), las descargas de desechos municipales e industriales, son fuentes concentradas de compuestos de nitrógeno y fósforo el agua puede seguir presentando concentraciones elevadas de ellos aun después de ser purificadas, eliminando apenas el 20% de nitrógeno en el agua.

Los residuos domésticos en áreas rurales o urbanas pueden plantear problemas para las aguas subterráneas. Las aguas de desechos domésticos, contienen cierto tipo de aditivos que se pueden convertir en grandes contaminantes del agua, uno de estos aditivos es el tripolifosfato de sodio ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), conocido como fosfato de los detergentes (López & García 1989)

Contaminación por fertilizantes

En la mayor parte del mundo, los fertilizantes químicos se consideran indispensables para la producción agrícola y son aplicados indiscriminadamente representando mayores ganancias económicas para los agricultores. (ONUONU 1981)

En un estudio realizado en 1997 por CHANDRA, S. et. al., se determinó que, parte de los fertilizantes nitrogenados aplicados en el suelo, no son utilizados por las plantas y son

llevados a los cuerpos acuáticos (ríos, lagos, mares) por acción de la lluvia o por lixiviación a los mantos de agua.

Cualquier tipo de fósforo (orgánico ó sintético) es convertido rápidamente a su forma insoluble y fijado en el suelo por esta razón, la mayoría de problemas de contaminación de agua, se presentan en aguas superficiales y son debidas a la erosión del suelo, arrastrando compuestos de fósforo (López & García, 1989).

Contaminación por Plaguicidas

Las causas más comunes son: Aplicación directa al control en el agua de una plaga transmisora de enfermedades, fumigaciones en áreas en cultivos cercanas a las fuentes de aguas, por percolación hasta las aguas subterráneas y descargas de desperdicios de fábricas en ríos (López y García, 1989).

Los plaguicidas basados en arsénico, mercurio y cobre, pesticidas orgánicos organoclorados y órganofosforados, son de elevada toxicidad en especial los organoclorados que no son biodegradables y producen bioacumulacion en los organismos que los ingieren en el agua contaminada. (Repetto 1991).

Contaminación Industrial

Existen según ONUONU (1981), tres causas más comunes y relevantes de contaminación industrial: 1- Residuos derivados de los procesos de producción; 2- Las fugas; 3- Las situaciones imprevistas ocasionadas por accidentes.

Estos contaminantes son innumerables y pueden ser materias inorgánicas que se encuentran en suspensión y/o en soluciones o sustancias orgánicas como desechos químicos fenólicos, detergentes etc (Repetto 1991).

LA CALIDAD DEL AGUA

Los efectos crónicos de los químicos en el agua bebible, requieren a veces mucho tiempo de exposición antes de que su impacto pueda ser percibido visiblemente.

Schulz y Okun. (1992), mencionan que el agua potable debe tener las siguientes características de calidad de agua:

1. Libre de organismos patógenos.
2. baja en concentraciones de compuestos de aguda toxicidad o que tienen efecto a largo plazo.
3. Clara.
4. No salina
5. Libre de compuestos que le causen ofensivo olor o sabor.
6. No corrosiva.

Kinmer & Mccallion (1989), mencionan que los problemas de la contaminación del agua son particularmente complicados en la industria química. El uso del agua y del vapor de agua es muy amplio en las industrias químicas y todas sus operaciones, y cada punto donde se usan representa una posible fuente de contaminación con las materias primas o con los productos intermedios o intermediarios.

Según Perazzoli, A.G. (1998) por lo general se hace menos costoso diseñar el proceso en que se prevenga la contaminación, así como instalar equipo para recircular y recuperar productos químicos, que separar y neutralizar la contaminación después de producida dentro de una planta de tratamiento de desechos u otra industria química.

La siempre creciente contaminación de nuestras fuentes de agua toma aun mas importancia por la permanencia de numerosos brotes de enfermedades diarreicas en América Latina y el Caribe, las cuales han sido atribuidas a la falta de desinfección del

agua que se suministra .El abastecimiento de agua deficiente y poco seguro presenta un problema permanente de salud pública para la mayor parte de la población salvadoreña. Casi la mitad de la población padecen de enfermedades vinculados con la falta y calidad del agua y un gran número de personas mueren todos los años por infecciones intestinales lo que es causado en parte por el agua contaminada. (Rubio 1994) 1

Te-Hsiu Ma, et.al. (2000) mencionan que en muchos estudios indican que los bioensayos con plantas son muy sensitivas en la detección de metales pesados, carcinógenos y mutágenos en particular en sus compuestos activos.

Hay un incremento en la evidencia que los químicos lanzados en el medio ambiente, juegan un papel muy importante en la incidencia de cáncer a escala mundial. Se estima que el 80% de cáncer en humanos es causado por fuentes medio ambientales (McCANN, et al. 1975)

López et. al. 1997 menciona un estudio realizado en la población que deriva su agua de consumo de la parte baja del río Misissippi, el cual sugiere una posible relación entre el consumo de agua potable derivada de este río y la incidencia de cáncer del hígado en estas poblaciones.

Steinkellner et. al. (1997) comparo los efectos de los metales pesados sobre tres diferentes bioensayos con plantas entre ellas **Allium cepa**, realizando concentraciones de estos metales en aceite y calculando la generación de micronucleos en las células de los tres tipos de plantas. Los micronucleos son cuerpos extranucleares de material cromático, formado como consecuencia de la ruptura de los cromosomas por aneuploidia.

Grover, I. S. et.al. (2004) concluyó que en el ensayo de efecto genotoxico de micronucleos, los bioensayos con plantas pueden ser usados para monitorear la contaminación por metales en aceite.

En estudios realizados por Arkhipchuk et. al. (2002), con **Allium cepa**, **Lactuca Sativa** e **Hydra attenuata**, se realizaron comparaciones de toxicidad, genotoxicidad y mutagenicidad de estos bioensayos relacionándolos con las tradicionales pruebas fisicoquímicas. Los resultados indicaron una marcada diferencia entre los valores de toxicidad, mutagenicidad y

genotoxicidad lo puede deberse a la distinta sensibilidad de los organismos utilizados, sin embargo todas probaron ser muy efectivas en la detección de tóxicos como por ejemplo el mercurio uno de los más conocidos genotóxicos conocidos. Patricio et. al. (2007), obteniendo resultados parecidos menciona que sus resultados indican la importancia de combinar estos test de toxicidad con los métodos tradicionales para obtener una más objetiva y realista estimación de toxicidad química.

De Diana, Fernández & Torres (1996) han investigado el efecto de la contaminación de aire, agua y gas en bioensayos con plantas tomando como parámetro la formación de micronucleos, lo que demuestra según el autor la gran versatilidad de los bioensayos con organismos vegetales en su utilización como monitores de contaminación ambiental.

Por sustancias tóxicas entendemos los que después de entrar al organismo producen a corto mediano o largo plazo disturbios o problemas funcionales dependientes de la concentración presentando también problemas de acumulación o sea que son retenidos en aguas o tejidos llegando a límites críticos o letales y se llaman también micro contaminantes, por encontrarse en pequeñas cantidades en el agua (Repetto 1991).

Según Cuscolla (1993), el riesgo de contraer cáncer como causa de la repetida y continua ingestión de pequeñas cantidades de residuos de plaguicidas en alimentos es un aspecto preocupante a escala mundial. El mismo autor señala, que una persona anualmente como media, puede tomar 5 medicamentos distintos consume, 800 kilogramos de alimentos conteniendo miles de sustancias naturales y sintéticas, bebe unos 8001 litros de agua con trazas de céntimas de sustancias, respira unos 7000m³ de aire con diversos gases y muchos contaminantes, todo esto nos dice que difícilmente una persona puede evitar totalmente, la ingestión de sustancias tóxicas cancerígenas.

Calderón (1981), define la bioacumulación como la cantidad de residuos de plaguicidas acumulados por un organismo en un tejido específico ya sea por adsorción o absorción.

Según García et. al. (2007) la bioacumulación está relacionada con la cantidad de plaguicidas percibida por el organismo y expresada como cantidad de plaguicida tomada por peso corporal por unidad de tiempo(mg/kg/día).

Calderón (1981), al hablar del ecosistema refiere que el suelo el agua y las plantas son los principales receptores de los plaguicidas, y la contaminación resultante de la deposición de estos compuestos causa gran preocupación, sobre todo, por el peligro que representa al irse aumentando su concentración, a medida que se extiende la cadena alimenticia.(biomagnificación)

Kilgore (1976) citado por López y García (1989), reportan que el etilparatión (EPT) no siempre se degrada rápidamente, si no que tiende a mantenerse estable. Así la vida media de estos plaguicidas tiende variar de 1.2 a 34 días.

Lichtenstein et al. (1966), encontraron que la persistencia y toxicidad de residuos de metilparatión (MPT) son persistentes en aguas de lagos, durante seis meses y varía dependiendo del PH, el agua y actividades microbianas, pudiendo ser mayor

Eisler citado por Domínguez y Paz (1988), encontró concentraciones de 0.5 ppm de metilparatión (MPT) en agua salobre, por un mínimo de 45 días, a pesar de la conocida inestabilidad de cationes en aguas biológicamente activas. Nitratos y fosfatos causan eutroficación en ríos y lagos, al proliferar las algas, además una cantidad elevada de nitratos causa metahemoglobinemia. (Repetto 1991)

La bioacumulación de plaguicidas, pueden tener efecto en actitudes de conducta en algunas especies de peces y crustáceos alterando por ejemplo, su ciclo reproductivo, aunque la toxicidad de dichos producto tiende hacer mayor para los artrópodos que para los peces, pero siempre se consideran mas susceptibles cuando están en su etapa juvenil que en la edad adulta (Shimmel citado por López y García, 1989).

López (1977), en estudios realizados en la fauna acuática de ecosistemas algodoneros en El Salvador encontró que las especies Mytella sp. y Anadara sp. (Churria y Curil) presentaron las concentraciones mas altas de insecticidas correspondiendo sus cantidades al patrón de aplicaciones, para el control de plagas del cultivo.

Al hablar de la influencia a nivel orgánico existe disminución de las sustancias corticales y elementos como Mg., P, proteína total y os molaridad, con interferencia en los

procesos reproductivos, pudiéndose transformar los parationes en oxona, transformación que sucede en el hígado por efecto de la enzima oxidasa microsómica (aminopyrina dimetilasa) (Pierce, et. al. 2007).

EL BIOENSAYO DE TOXICIDAD CON **NOTHOSCORDUM FRAGANS**

El uso de **Allium cepa** como un sistema de prueba fue introducido por Levan (1938), cuando investigaba el efecto de la colchicina. (Fiskesjo 1997)

Según Fiskesjo (1985), puede haber modificaciones a la prueba, una de ellas es la utilización de bulbos de la variedad que este más disponible y sea más fácil de conseguir. En el presente estudio se utilizo **Nothuscordum fragans** (cebollin), de un proveedor especial de cultivos orgánicos, razón por la cual se considero más viable que la cebolla común por estar libre de los contaminantes propios de cultivos con agroquímicos y pertenecer a la misma familia taxonómica del **Allium cepa** (familia: Liliáceas)

Fiskesjo (1997), menciona que un bulbo constituye una forma vegetal de propagación y resistencia, estando sus órganos modificados para almacenar sustancias de reserva y proteger el ápice caulinar durante el período de letargo y posterior desarrollo de la planta. En un bulbo el tallo esta reducido a un órgano cónico pequeño en el que se insertan numerosas catafilas reservantes u hojas modificadas para acumular sustancias nutritivas. Exteriormente el bulbo esta cubierto por catáfilas delgadas y coráceas de protección. Las raíces son adventicias y se desarrollan a partir de la base del disco caulinar (Fiskesjo, 1997).

Cuando los bulbos son rehidratados se activa la brotación y se estimula el crecimiento de la planta, iniciándose el crecimiento de las raíces del disco. Sin embargo, ante la presencia de sustancias tóxicas, la división celular de los meristemas radiculares pueden afectarse, retardando el proceso de mitosis y alterando algún proceso de elongación de las células radiculares. Esta clase de perturbación inhibe el crecimiento normal de la raíz por lo que la fitotoxicidad de un compuesto puede ser determinada a través de la medición de este parámetro. (Fiskesjo, G. 1997)

El mismo autor menciona que bulbos de igual tamaño son seleccionados de una población de cebollas comunes **Allium cepa** ($2n=16$); el material del prueba es fácilmente guardable bajo condiciones secas de 10-20 grados centígrados.

Según Fiskesjo (1985), puede haber modificaciones a la prueba, una de ellas es cuando la raíz tiene un largo de 1-2 cm y es plantada en agua de buena calidad, los tratamientos son realizados a ciertos intervalos de tiempo (4h- 24h). Para un detallado estudio de configuración de cromosomas, un tratamiento adicional por 1-2h con 0.1% de colchicina puede ser realizado para ver una muestra en un microscopio. La otra forma es exponiendo las cebollas directamente a la sustancia probada sin previa germinación de la raíz y la muestra puede ser cambiada todos los días en la cantidad evaporada.

El mismo autor menciona, que diferentes parámetros pueden ser relevantes para distintos tipos de tratamientos y por lo general son:

- a) El índice mitótico (número de células divididas por 1000 observadas).
- b) La normal meta y anafase.
- c) Normal rotura de cromosomas.
- d) El efecto mitótico celular con respecto a riesgos de aneuploidia.
- e) Alongamiento de la raíz relacionado con la turgencia, cambios de color, forma de la raíz, así como posibles tumores en la misma.

Fiskesjo, (1993), menciona que el ensayo con bulbos de cebolla (**Allium cepa**) es un bioensayo de toxicidad aguda (72 hs) semiestático (con renovación diaria de la solución de ensayo). Como punto final de la evaluación de efectos fitotóxicos se cuantifica la inhibición de la elongación de las raíces del bulbo.

La prueba de Allium es sugerida como un patrón en monitoreo medioambiental, incluye sugestivos parámetros para usarse como patrón, resultando en varios tipos de aplicaciones en toxicología.(Fiskesjo, G. 1988)

La prueba de **Allium cepa** es un bioensayo a corto tiempo con muchas ventajas: bajo costo, fácil manejo, buena condición para estudio de cromosomas dañados por disturbios en la división celular incluyendo la evaluación de riesgo de aneuploidia. Con el uso de series de cebollas para cada concentración del examen del químico permite consideraciones estáticas y de curvas de efecto de la concentración. La prueba con **Allium cepa**, es por último una prueba

sensitiva que se proyecta con una buena correlación con otras pruebas biológicas. (Fiskesjo, 1985)

METODOLOGÍA

METODOLOGIA DE CAMPO:

San Salvador se provee de agua de diferentes fuentes y es distribuida por la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA) por diferentes sistemas; para la presente investigación se tomaron en cuenta los sistemas Zona Norte (abastece al sector nor- poniente de San Salvador) y el Sistema Río Lempa (abastece al sector sur-oriente).

AREAS DE INFLUENCIA DEL SISTEMA RIO LEMPA

El sector sur oriente de la capital, desde la 25 Av. sur hacia el centro de la capital, Colonia Costa rica, Soyapango, parte de San Marcos, Ciudad Delgado, Bulevar del ejercito, San Bartolo, San Felipe, Las Cañas, San Martín. Con la construcción de un bay-pass que une el sistema Zona Norte con el sistema Río Lempa refuerza la deficiencia de producción de agua del sistema Zona Norte.

AREAS DE INFLUENCIA DEL SISTEMA ZONA NORTE

Comprende toda el área nor –poniente de la capital, tal como: San Ramón, Colonia Zacamil, Colonia Escalón, Miralvalle, San Antonio Abad, Santa Tecla, Zaragoza, Villas de mar y sectores aledaños.

TOMA DE MUESTRAS:

- 1) Se colectaron dos muestras del Río Lempa, sistema, la primera muestra se tomó directamente del agua cruda del Río Lempa antes de entrar a la planta purificadora, la segunda se colectó en el tanque de distribución de la Col. Santísima trinidad ubicada en Ayutuxtepeque, municipio de Mexicanos, esta última es proveniente del sistema Río Lempa previamente tratada (potabilizada)
- 2) Para el área Nor-Poniente de la capital, se tomaron dos muestra del tanque terminal de San Ramón, a 10m y 50m de distancia del mismo. En este tanque se distribuye el agua tratada en la Estación Central ubicada en Nejapa.
- 3) El tamaño de las muestras fue de 1 litro en cada uno de los puntos, estas se guardaron en refrigeración hasta el momento de ser utilizadas.
- 4) La colecta de las muestras en cada punto, se hizo una vez durante la época lluviosa, luego en la transición lluviosa- seca y por último en la época seca, ya que existe posibilidades de cambios en la concentración de los contaminantes por la lluvia y los productos químicos usados en el inicio de la época de cultivo.
- 5) El agua cruda del río lempa de la planta de captación de ANDA, se centrifugó para eliminar los componentes orgánicos.
- 6) Al final, se tomaron un total de 12 muestras en los distintos sitios de muestreo en el tiempo que duro la investigación.

METODOLOGÍA DE LABORATORIO:

PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE Nothoscordum fragans (Adaptado de Fiskesjo, 1985, 1988, 1993, 1997)

2. Nothoscordum fragans

2- Bioensayo de toxicidad aguda con bulbos de cebollin (Nothoscordum fragans)

2.2 Reactivos y material biológico

- 1) Agua dura reconstituida. Para su preparación utilizo un medio nutritivo MS utilizado comúnmente para cultivos microbiológicos
- 2) Tubos de ensayo de distinto tamaño calculando la respectiva equivalencia de volumen de solución.
- 3) Matraces aforados de 500 o 1000 mL para hacer las diluciones.
- 4) Pipetas volumétricas de 1, 2, 5 y 10 mL.
- 5) Erlenmeyers de 500ml y 1000ml
- 6) Bisturí
- 7) Regla u otro elemento de medición
- 8) Toallas de papel.
- 9) Material biológico: Bulbos de cebollin (Nothoscordum fragans)

2.3 Procedimientos de ensayo

Preparación de diluciones: Se empleo de una serie de seis diluciones y un control negativo. Para su preparación se empleo el método de dilución en forma secuencial aplicando un factor de 10^{-n} . Con fines de evaluación presuntiva en el control positivo se empleo una serie de diluciones logarítmicas en partes por millón (ej. 5%....0.005% ppm.) con cobre iónico Cu (II) y posteriormente se estableció la concentración conveniente para la determinación de la CE/CI₅₀ (Concentración que produce el 50% de Efecto o Inhibición) que fue de 0.005ppm, la cual se

utilizo para el control positivo. Para la preparación de cada dilución se utilizo el agua de dilución empleada.

El mismo autor señala que existe una variabilidad genética natural en las cebollines que se usan en la prueba, sin embargo, es una ventaja que estas puedan obtenerse en un mercado local, por supuesto esto implica el riesgo de que las cebollas hayan sido tratadas con herbicidas. Para la presente investigación, se utilizaron cebollines orgánicos (cultivados sin ningún químico artificial) obtenidos de un distribuidor. Por otro lado, una comparación con un control positivo compensaría esta posible desventaja de sensibilidad de los cebollines, por lo que se realizo simultáneamente a la evaluación de la toxicidad de una muestra, un control positivo utilizando Cu (II) como tóxico de referencia.

Protocolo de ensayo: Para la realización del ensayo, los bulbos se limpiaron eliminando las catáfilas externas secas y removiendo, con un cuchillo o instrumento punzante, los restos de tejido y raíces del área radicular. Se evitar dañar los primordios radiculares. A medida que se van limpiando y para evitar su deshidratación, los bulbos se colocaron en agua de dilución manteniéndolos por dos horas en remojo hasta iniciar el ensayo.

Según el mismo autor el bioensayo de toxicidad se realiza en tubos de ensayo de 10 cm de longitud x 1.5cm de diámetro de boca. Para el presente ensayo se utilizaron cebollines comerciales de tamaño uniforme, el volumen de la solución de ensayo se modifico respetando la relación entre la biomasa vegetal y el volumen de la solución utilizada con los bulbos pequeños. El diseño experimental se compone de seis repeticiones por triplicado (de cebollines), tanto para el control negativo como para cada dilución de la muestra o del tóxico de referencia (cobre).

Los tubos de ensayo se llenaron hasta el borde colocando un bulbo sobre la boca de cada uno de ellos de modo tal que la zona radicular quede inmersa en el líquido. Las gradillas con los tubos se mantuvieron a temperatura ambiente sobre una mesa que no presentaran vibraciones y evitando la iluminación directa.

El mismo autor expone que al término del periodo de exposición (72 hs), se mide la longitud promedio de todas las raíces de cada bulbo con ayuda de una regla común con escala en milímetros. Colocando una regla al nivel del bulbo donde emergen las raíces, medir la longitud promedio del haz de raíces ubicando al punto medio como el promedio visual entre el valor mínimo y máximo de la longitud donde incida la mayoría de las raíces

Obtención y control de los bulbos

Preferentemente se utilizarán en el bioensayo bulbos de de **Nothoscordum fragans** 2-3 cm de diámetro. Se obtuvieron a través de un proveedor. En este caso se necesito redimensionar los recipientes y el volumen de ensayo en relación al tamaño de las cebollines empleados.

Para la realización del bioensayo se seleccionaron bulbos que fueran de tamaño similar y que el disco caulinar no estuviera dañado. No se utilizaron bulbos que estuvieran brotando (con hojas y/o raíces) ni aquellos que estuvieran deshidratados. La conservación de los bulbos se realizo en un ambiente fresco y seco. Dado que gran número de bulbos suele perderse durante el almacenamiento por brotación, deshidratación o pudrición, fue importante contar con una cantidad mayor a la que se utilizo en los ensayos previstos durante un mes.

PROTOCOLO DE LABORATORIO (Adaptado de Fiskesjo, 1985, 1988, 1993, 1997)

- 1- Se prepararon 4.33g/lit de medio nutritivo (MS), se colocaron en erlenmeyers de 2000ml y se agregó H₂O para un volumen de un litro, disolviendo con un agitador magnético.
- 2- Se distribuyó esta solución en 5 erlenmeyers con capacidad de 500ml, cada uno con una proporción de 3:1 de medio nutritivo y agua destilada respectivamente.
- 3- Con fines de evaluación presuntiva en el control positivo se empleó una serie de diluciones logarítmicas en pares por millón (ej. 5%...0.005% ppm.) con cobre iónico Cu(II) y posteriormente se estableció la concentración conveniente para la terminación de la CE/CI₅₀ (Concentración que produce el 50% de efecto o inhibición), obteniéndose la concentración de 0.005 ppm, la cual se utilizó para el control positivo(CE/CI₅₀), en la preparación de cada dilución.
- 4- Se escogieron las cebollas uniformizando el tamaño de los bulbos y se limpiaron estos mismos, eliminando las catáfilas externas secas, y removiendo con un bisturí, los restos de tejido del área radicular.
- 4- Se prepararon 6 diluciones por triplicado para cada una de las muestras de agua a probar desde 10⁰, hasta 10⁻⁵, en tubos de ensayo utilizando el agua de la muestra examinada y el medio nutritivo diluido en el literal #2 como diluyente de la muestra.
- 5- Se preparo también un control positivo por triplicado en cada muestreo.
- 6- Luego colocaron los bulbos en cada tubo con el primordio de la raíz dentro del líquido.
- 7- Después de 72h, se midió el largo de las raíces de cada uno de los bulbos con ayuda de una regla.
- 8- De cada dilución se obtuvo un promedio de crecimiento de los bulbos del cebollin en las tres repeticiones .ANEXO 2

Se siguió la misma metodología para las cuatro muestras de cada uno de los tres muestreos: Época lluviosa, transición lluviosa –seca y época seca.

RESULTADOS

En los cuadros 1, 2 y 3 se muestran los promedios en centímetros del crecimiento de la raíz del cebollín, como resultado del bioensayo de las muestras del sector norponiente (sistema zona norte) y sur-oriente (Sistema Río Lempa) (Anexo 3) para las 3 muestras correspondientes a las épocas lluviosa (muestreo # 1) transición lluviosa seca (muestreo # 2) y época seca (muestreo # 3). En los anexos del 4 al 9 se muestran las evidencias fotográficas para el muestreo número uno.

Los gráficos de línea 1, 2 y 3 demuestran la comparación del crecimiento promedio de las raíces de los 4 sitios de recolección con el control negativo (medio nutritivo) y control positivo (dilución con cobre iónico) para las 3 muestras; los cuales señalan que a mayor longitud de la raíz, significa menor inhibición y la mayor longitud se da en la mayor dilución donde la concentración inhibidora es menor. Una inhibición del crecimiento de las raíces sometidas la prueba con respecto a los controles, evidenciando la presencia de tóxicos en el agua de las muestras.

Los resultados del bioensayo por época del año para el sistema zona norte, se muestran comparativamente en los gráficos 4, 5 y 6.

Relacionando los resultados para los dos sitios de muestra (10 m y a 50 m del tanque de distribución), los gráficos señalan para la época lluviosa una mayor inhibición del crecimiento en la muestra tomada a 10 m del tanque de distribución que a 50 m de este, la cual se repite en la transición excepto por una ligera disminución del crecimiento en la muestra a 50 m del tanque. Para la época seca puede verse una disminución en el promedio de crecimiento para ambas muestras, siendo la tomada a 50 m la que registra el menor crecimiento a diferencia de las dos anteriores gráficas.

Es de recordar que el agua suministrada por el Sistema “Zona Norte” de ANDA es exclusivamente de agua subterránea o freática como manantiales y pozos y que el menor

crecimiento de la muestra más cercana al tanque en los 2 primeros muestreos puede ser debido a una mayor cloración del agua en la época lluviosa y la transición lluviosa-seca.

Los resultados de la prueba por el sistema Río Lempa, se muestran en los gráficos 7, 8 y 9 de manera comparativa para época del año y en los dos lugares muestreados: Río Lempa y Santa Trinidad.

Los gráficos señalan un menor crecimiento para la muestra del Río Lempa en comparación con la de la Santa Trinidad para la época lluviosa esto debido probablemente a una cercanía de tierras de cultivo y la escorrentía de agua con agroquímicos en el inicio de la época lluviosa, ya que en la época de transición puede verse un aumento notable de crecimiento en la muestra proveniente del Río Lempa en contraste con la de la Colonia Santísima Trinidad.

En el último muestreo correspondiente a la época seca (graf. 9) hay una disminución en el crecimiento promedio de ambas muestras examinadas, pero con una mayor incidencia de inhibición para el crecimiento en la muestra de la Santísima Trinidad.

Al aplicar el ANOVA (análisis de varianza) a las mediciones obtenidas del largo de las raíces del Nothoscordum fragans, se comprueba que las diluciones de las muestras de agua estudiada, influyen inversamente en la inhibición del crecimiento de la raíz, en otras palabras existen tóxicos presentes todas pero a diferente concentración.

La prueba F del ANOVA señala ser $F_o > F$ para todas las pruebas como se muestra en los cuadros resumen 4, 5 y 6 para los 3 muestreos realizados.

PRIMER MUESTREO, EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002

CUADRO #1: PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: * SISTEMA RIO LEMPA (A Y B) Y ** SISTEMA ZONA NORTE (C₁YC₂).

[]	*SISTEMA RIO LEMPA		**SISTEMA ZONA NORTE		control negativo(cm.)	control positivo(cm.)
	C ₁	C ₂	A	B		
	10m(cm)	50m(cm)	lempa(cm.)	trinidad(cm.)		
1/1	0.43	0.2	0.10	0.57	4.7	0.2
1/10	0.69	0.29	0.73	1.06		
1/100	1.29	0.72	1.24	1.67		
1/1000	1.51	1.23	2.00	2.20		
1/10000	1.78	1.75	2.46	2.54		
1/100000	2.65	2.03	3.33	3.52		

CUADRO #2: PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: *SISTEMA RIO LEMPA(A Y B) Y **SISTEMA ZONA NORTE (C₁ Y C₂). SEGUNDO MUESTREO, TRANCISION LLUVIOSA-SECA OCTUBRE 2002.

[]	*SISTEMA RIO LEMPA		**SISTEMA ZONA NORTE		control negativo(cm.)	control positivo(cm)
	C ₁	C ₂	A	B		
	10m(cm)	50m(cm)	lempa(cm.)	trinidad(cm.)		
1/1	0.18	1.14	0.10	0.57	5	0
1/10	1.60	1.77	0.73	1.06		
1/100	1.73	2.03	1.24	1.67		
1/1000	2.26	2.29	2.00	2.20		
1/10000	2.49	2.65	2.46	2.54		
1/100000	3.54	3.06	3.33	3.52		

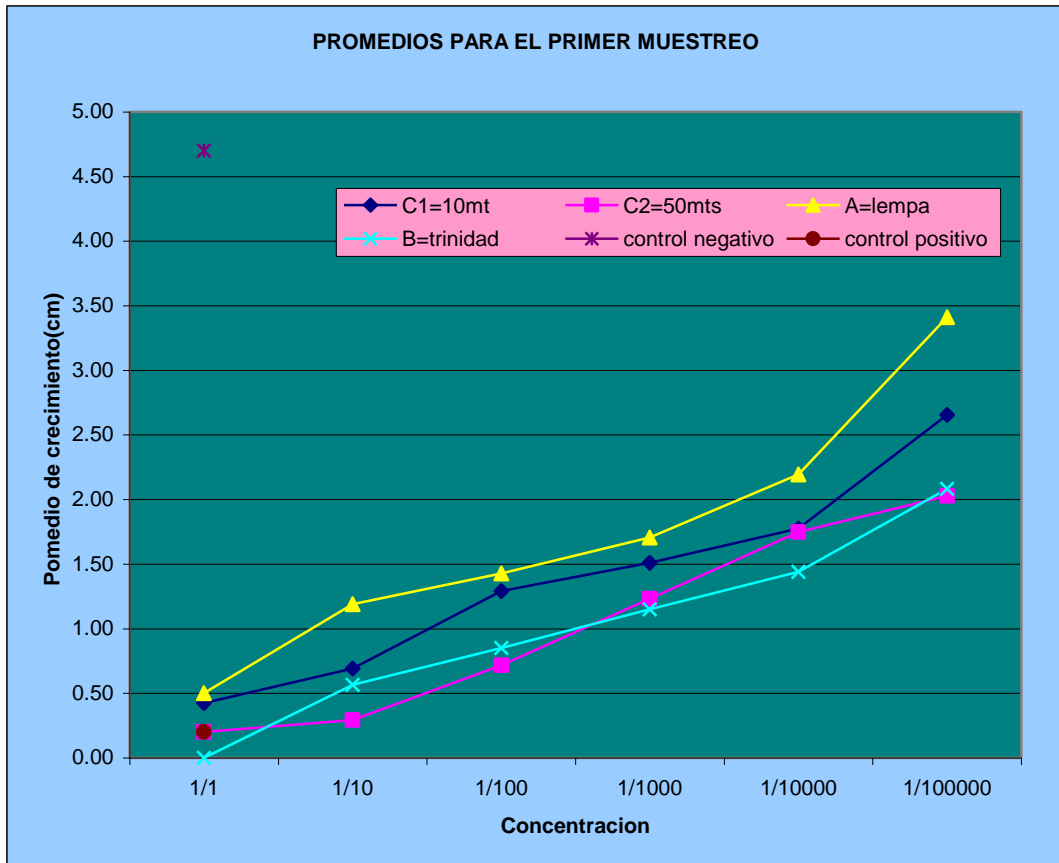
CUADRO #3: PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: * SISTEMA RIO LEMPA (A Y B) Y ** SISTEMA ZONA NORTE (C₁ Y C₂). TERCER MUESTREO, EPOCA SECA, DICIEMBRE 2002

[]	*SISTEMA RIO LEMPA		**SISTEMA ZONA NORTE		control negativo(cm)	control positivo(cm)
	C ₁	C ₂	A	B		
	10m(cm)	50m(cm)	lempa(cm)	trinidad(cm)		
1/1	0	0.31	0.10	0.57	5.2	0.1
1/10	1.36	1.43	0.73	1.06		
1/100	1.67	2.17	1.24	1.67		
1/1000	1.82	2.34	2.00	2.20		
1/10000	2.39	3.01	2.46	2.54		
1/100000	3.16	3.45	3.33	3.52		

Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Freática (tratada): C₁ = a 10mts del

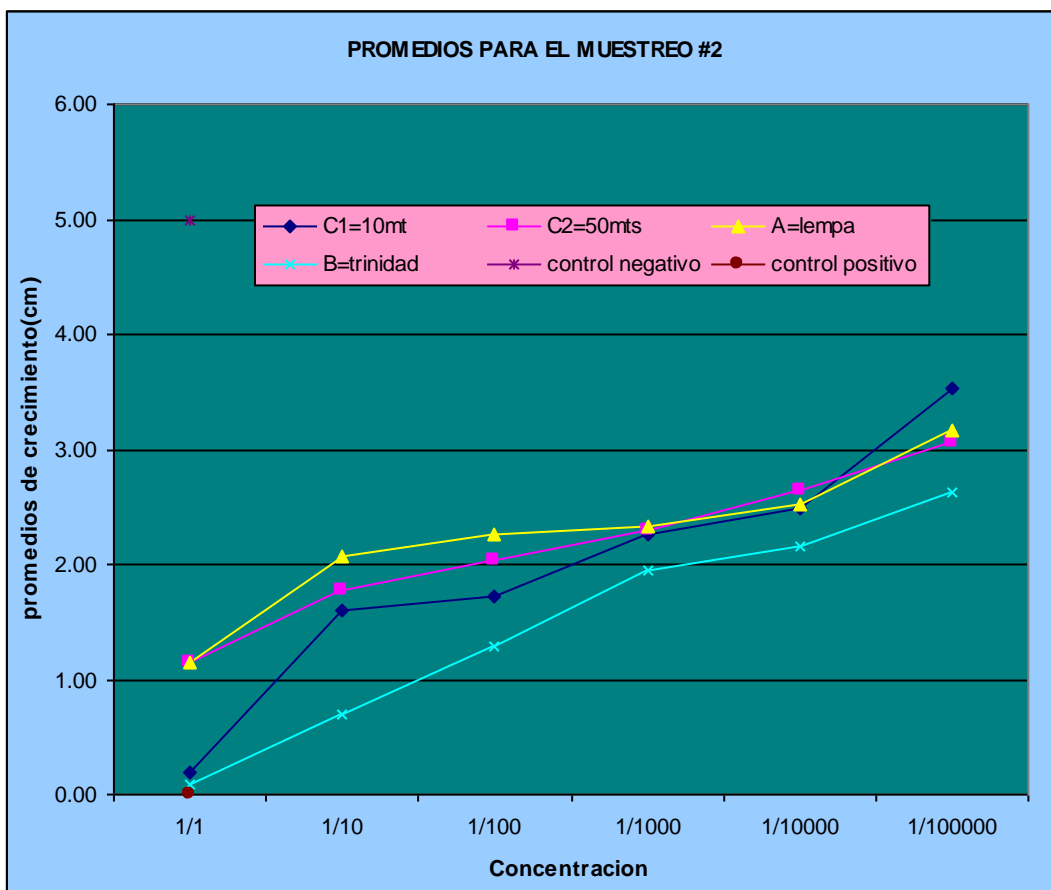
tanque de distribución; C₂ = a 50mts del tanque

GRAFICO DE LINEA#1 QUE REPRESENTA PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: SISTEMA RIO LEMPA (A Y B)* Y SISTEMA ZONA NORTE (C₁ Y C₂) ** PRIMER MUESTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.



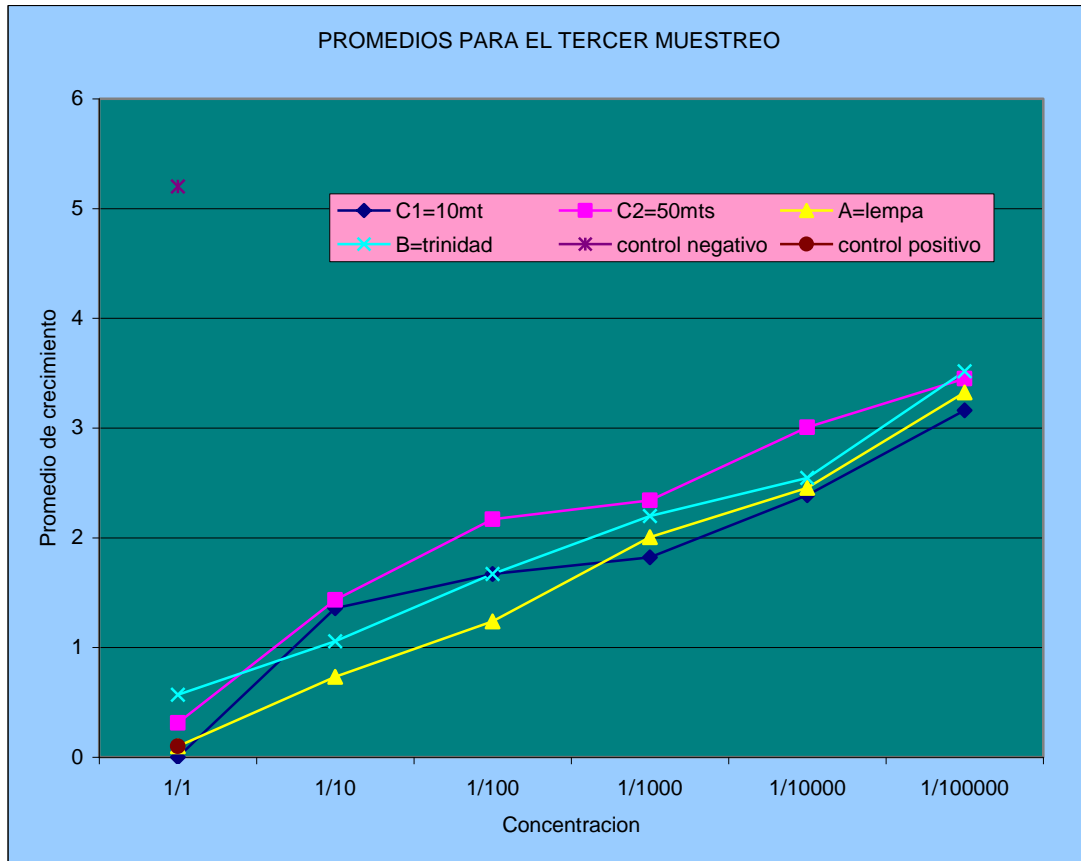
*Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C₁ = a 10mts del tanque de distribución; C₂ = a 50mts del tanque

GRAFICO DE LINEA#2 QUE REPRESENTA PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: SISTEMA RIO LEMPA (A Y B)* Y SISTEMA ZONA NORTE (C₁ Y C₂) ** SEGUNDO MUESTREO, TRANSICION LLUVIOSA-SECA. OCTUBRE 2002.



*Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C₁ = a 10mts del tanque de distribución; C₂ = a 50mts del tanque

GRAFICO DE LINEA#3 QUE REPRESENTA PROMEDIOS DE CRECIMIENTO DE RAIZ DE CEBOLLIN PARA DOS DIFERENTES FUENTES DE AGUA: SISTEMA RIO LEMPA (A Y B)* Y SISTEMA ZONA NORTE (C₁ Y C₂) ** TERCER MUESTREO EPOCA SECA, DICIEMBRE 2002.



*Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C₁ = a 10mts del tanque de distribución; C₂ = a 50mts del tanque

GRAFICO DE LINEA#4 QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. PRIMER MUESTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.

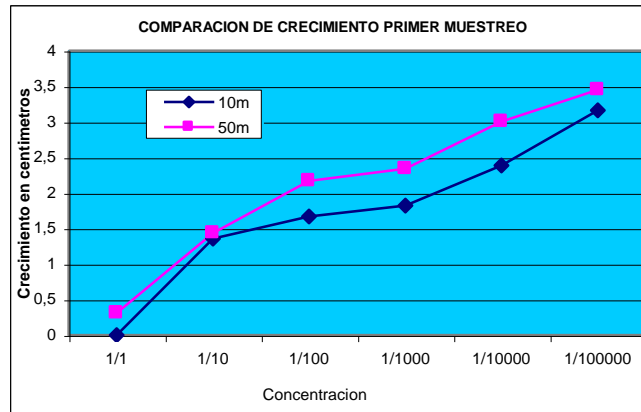


GRAFICO DE LINEA#5 QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. SEGUNDO MUESTREO TRANSICION LLUVIOSA-SECA, OCTUBRE 2002.

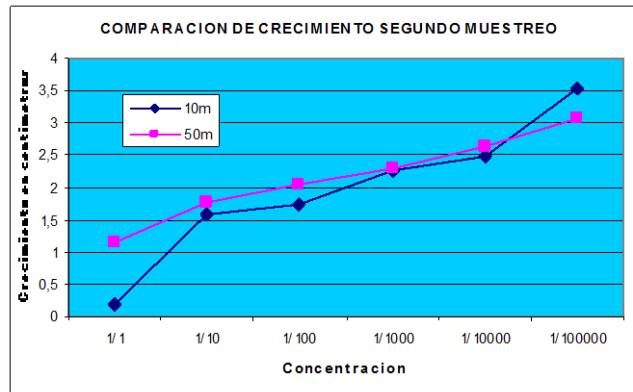


GRAFICO DE LINEA#6 QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. TERCER MUESTREO EPOCA SECA, DICIEMBRE 2002.

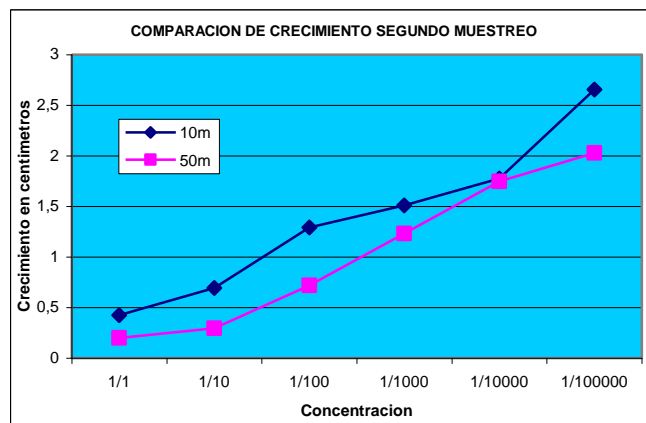


GRAFICO DE LINEA#7 QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. PRIMER MUEWSTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.

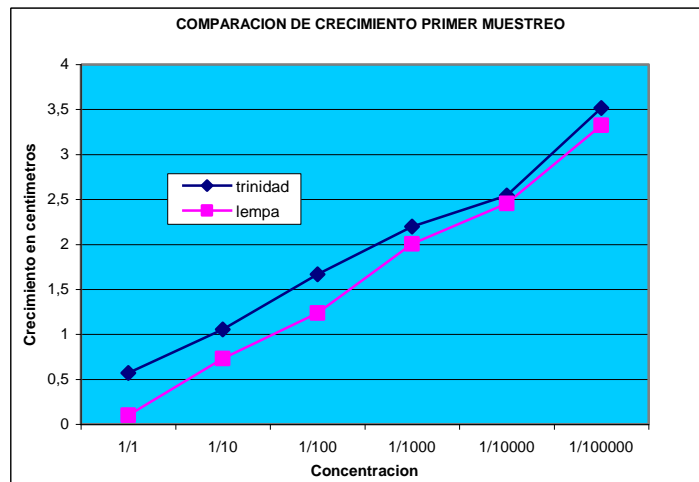


GRAFICO DE LINEA#8 QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. PRIMER MUEWSTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.

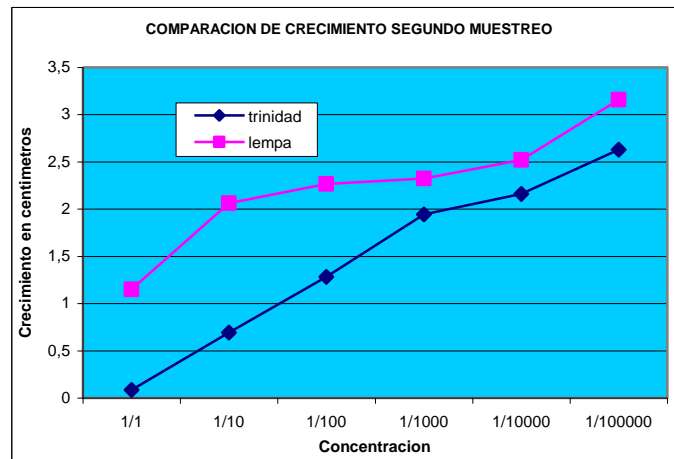
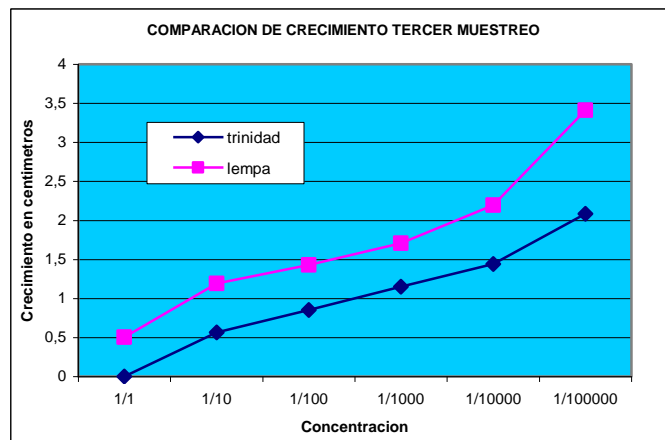


GRAFICO DE LINEA#9 QUE REPRESENTA LA COMPARACION DE CRECIMIENTO DE LA RAIZ DE CEBOLLIN PARA LOS DOS SITIOS DE MUESTREO DE LA ZONA NORTE. PRIMER MUEWSTREO EPOCA LLUVIOSA, AGOSTO 2002.



CUADROS DE ANALISIS DE VARIANZA

CUADRO #10, ANÁLISIS DE VARIANZA		
MUESTREO #1 (época lluviosa, agosto 2002)		
SITIO DE MUESTREO	Valor calculado para F	Valor crítico para F
A= RÍO LEMPA*	12.254229	3.105874669
B= S T. T R I N I D A D*	8.936720644	3.105874669
C1=10 mts.(Z N)**	7.146436121	3.105874669
C2=50mts(ZN)**	9.756412383	3.105874669

CUADRO#11, ANÁLISIS DE VARIANZA		
MUESTREO #2 (transición lluviosa-seca, octubre 2002)		
SITIO DE MUESTREO	Valor calculado para F	Valor crítico para F
A= RÍO LEMPA*	11.24389254	3.105874669
B= S T. T R I N I D A D*	16.29489103	3.105874669
C1=10 mts.(Z N)*	9.9566115	3.105874669
C2=50mts(ZN)**	10.77574916	3.105874669

CUADRO#12, ANÁLISIS DE VARIANZA		
MUESTREO #3 (época seca, diciembre 2002)		
SITIO DE MUESTREO	Valor calculado para F	Valor crítico para F
A= RÍO LEMPA*	6.736315229	3.105874669
B= S T. T R I N I D A D*	4.965561818	3.105874669
C1=10 mts.(Z N)**	17.89789267	3.105874669
C2=50mts(ZN)**	3.524117525	3.105874669

*Sistema Río Lempa: A = Sin tratamiento; B = Con tratamiento. **Sistema Zona Norte (agua freática tratada): C₁ = a 10mts del tanque de distribución; C₂ = a 50mts del tanque

NOTA: La prueba F del ANOVA, muestra una diferencia significativa entre el crecimiento de la raíz del cebollin en cada dilución por triplicado, lo que significa que las diluciones de las muestras de agua estudiada, influyen inversamente en la inhibición del crecimiento de la raíz.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el bioensayo sobre el agua recolectada en los tres muestreos, revelan un resultado positivo en la detección de tóxicos al inhibir el crecimiento de la raíz de Nothoscordum fragans (cebollin) lo que revelan que el agua para consumo humano suministrado por ANDA en las zonas sur-oriente y nor-poniente de la ciudad de San Salvador esta contaminada con agentes químicos. Lo anterior concuerda con lo afirmado por Bolevin (2000) al decir que en un estudio realizado por CESTA sobre el Río Lempa y el agua derivada de él para consumo humano, se encontró contaminada en un 95% de las muestras con presencia de metales pesados como plomo, arsénico, boro, cadmio, cromo, mercurio y níquel, lo que concuerda con lo afirmado por Dutka con respecto a los metales pesados sobre el crecimiento de raíz en el bioensayo con cebolla.

Datos de la Internet proporcionados por la OMS (2002) muestran cifras proporcionadas por ANDA, en las cuales es notable la ausencia total o presencia mínima de sustancias químicas y microbiológicas en el agua potable de la ciudad de San Salvador, lo que contrasta con los resultados obtenidos en ésta investigación.

Ongley (2001) señala que el número ND (no detectable) en muchas bases de datos de países en desarrollo o incluso de países desarrollados, es casi con certeza resultado de la mala elección del muestreo (en cual debería ser combinaciones de agua más sedimentos más biota) y en algunos casos de la inadecuación de los procedimientos y servicios analíticos.

Según Evander, M. G. et. al. (1999), las nuevas técnicas de bioensayos con animales y plantas para probar la presencia o ausencia de determinados plaguicidas pueden reducir el costo y aumentar la fiabilidad.

Sobre este problema Gillión (1984) citado por Ongley (2000) menciona que en Estados Unidos en el caso del DDT las pruebas tiene un límite de detención de 0.5 ug/l, mientras que el criterio para la vida humana es de 0.0002 ug/l lo cual es mucho menos que el límite habitual de detención del programa; por lo tanto los valores ND no constituyen prueba de que el producto no este presente en concentraciones nocivas o acumulables.

Los gráficos 7,8 y 9 correspondiente a los 3 muestreos y sus resultados de la prueba para el sistema Río-Lempa de ANDA, fueron recolectadas en el Río Lempa cerca de la planta de tratamiento y en la colonia Santísima Trinidad donde se encuentra el tanque de distribución.

Estos resultados sugieren una variación de la concentración de tóxicos con respecto a las épocas lluviosas, transición lluviosa-seca y época seca. Lo anterior concuerda con un estudio realizado por el Gobierno de Paraguay en Montevideo rural (2000-2001), en el cual se encontraron diferencias en los valores de distintos parámetros según la zona o fecha de muestreo; para Cuchilla Pereira citado en el mismo estudio, fue posible que compara dos momentos definidos en el contenido de Nitratos y la salinidad, los cuales son mayores en verano en comparación con invierno y primavera.

Schotley (1994) citado por Ongley (2001) menciona que en los Estados Unidos, donde se han realizado importantes estudios sobre el comportamiento de la escorrentía de plaguicidas, las triazinas, (atrazina y clazina) y el cloro (acetamida clorada), figuran entre los herbicidas más utilizados; éstos se aplican fundamentalmente en primavera (mayo) y entre el 55 y 80% de la escorrentía de plaguicidas tiene lugar en el mes de Junio.

La cita anterior concuerda con los resultados obtenidos en los cuales se observó una mayor inhibición para la muestra del agua cruda del Río Lempa en comparación con la de la Santísima Trinidad para la época lluviosa, mientras que en la transición la muestra del Río Lempa percibe más crecimiento y para la época seca, las dos muestras de agua detectan disminución en su promedio de crecimiento. Este resultado podría deberse al fenómeno de escorrentía que se da en el inicio de la época lluviosa, ya que cerca del río se encuentran muchas tierras de cultivo cuyos agroquímicos son llevados al río por escorrentía en el inicio de la época lluviosa; sin embargo, puede haber una disolución de estos mediante el nivel del Río va aumentando y los tóxicos se diluyen o son acumulados en el sedimento y consumidos por los organismos del río (animales y plantas). Por otra parte el final de la época lluviosa trae consigo otros tipos de cultivos que son irrigados con agua del Lempa y de nuevo vuelven a usarse agroquímicos para su crecimiento.

El sistema Zona Norte de ANDA provee al sector Nor-Poniente de la ciudad de San Salvador y toda el agua que suministra proviene de los mantos freáticos o agua subterránea. Las figuras 4, 5 y 6 relacionan comparativamente las muestras del Sistema Zona Norte (10m y 50m del tanque de distribución ubicado en col. San Ramón); las cuales dieron positivo en la detección de tóxicos para los 3 muestreos, lo que podría deberse a una filtración de tóxicos en el subsuelo hasta el agua subterránea, esto concordaría con lo que afirma Marari (2002), quien menciona que a partir de los años setentas se ha registrado un alza alarmante en la presencia de contaminantes de origen industrial, municipal y agrícola en agua subterránea de México.

La misma autora menciona que los compuestos orgánicos utilizados como disolventes industriales, son los contaminantes que tienen origen urbanas e industriales. La baja solubilidad y la alta densidad de estos compuestos, les permite penetrar la zona superficial y migrar hacia los sistemas de agua subterránea; debido a su persistencia pueden ser una fuente de contaminación que perdure por décadas o siglos.

Según datos proporcionados por ANDA en 2002, el sistema Zona Norte, es tratado con cloro como principal desinfectante para evitar la contaminación microbiológica, ya que se afirma que el agua subterránea no posee contaminación de sustancias químicas.

El tratamiento con cloro y otros desinfectantes, podría ser la causa del resultado positivo en la prueba de bioensayo, ya que se ha comprobado que estos químicos producen subproductos altamente cancerígenos como lo afirma un estudio realizado en Carabobo Venezuela por Sarmiento (2003), el cual determinó que la desinfección del agua con cloro en las plantas de potabilización, da lugar a la formación de trihalometanos (THM) una de las familias principales de DBPs (Subproductos de desinfección), los cuales, están asociados a efectos adversos para la salud. El mismo autor señala que estos subproductos incluyen cloroformo (CHL_3), bromoformo (CHB_{r3}), dibromoclorometano (CB_{r2}CL) y diclorobromometano (CHCL_2B_r); encontrándose en Carabobo concentraciones significativamente superiores con respecto a la concentración máxima permisible.

Resultados similares se encontraron en investigaciones realizadas por Calderón etc. Al (2002) y kuo et al (1997)

Se ha estimado que un porcentaje de cánceres de la vejiga en Notario (Canadá) pueden ser atribuibles al agua potable que contiene niveles relativamente altos de CPPS (Subproductos de la desinfección con cloro); estas estimaciones se basan en la observación causa-efecto entre el cáncer de vejiga y la exposición de CPPS. (Wigle; 2000).

Una segunda familia de OBPs es la de los ácidos haloacéticos y la tercer familia la de los haloacetoneitriles; no todos estos subproductos de la desinfección han sido bien estudiados en toxicidad, toxicidad reproductiva y neurotoxicidad en bioensayos llevados a cabo con ratas. (Boorman, et. Al 1999).

Los Gráficos comparativos de la muestra del agua cruda del Río Lempa y esta misma agua con tratamiento (tomada en col. Santísima Trinidad), muestran que a pesar de que la toxicidad es menor al finalizar el tratamiento de purificación en la planta de ANDA, el bioensayo detectó una notable inhibición de crecimiento en ambas muestras de agua, lo que se debe a la definición en el tratamiento del agua potable. Este es un asunto que países desarrollados como Estados Unidos, Canadá y España están investigando, pero del que en El Salvador a un no se ha tomado conciencia.

Este resultado concuerda con Dunnick & Melnick (1993) quien afirma que las concentraciones de muchos productos químicos no se reducen significativamente durante los procesos convencionales de tratamiento de agua potable.

Según los mismos autores se han detectado compuestos como el Benceno el cual se usa en la manufactura de muchos químicos, en cantidades que sobre los estándares en agua para esta sustancia y se menciona la necesidad según las investigaciones de reducir la concentración aceptable de esta sustancia según los estándares internacionales.

Hay una gran preocupación de reducir las cifras oficiales internacionales a cerca de las cantidades mínimas de sustancias químicas, por considerar que las actuales sobrepasan el límite que realmente puede ser tóxico de acuerdo a investigaciones con bioensayos con ratones (USEPA, 1993) El mismo autor señala el caso del éter butílico terciario metílico (MTBE) un añadido a gasolina y otros compuestos químicos industriales, y que se ha encontrado en agua potable, el cual tiene una cifra máxima de 0.7 mg/l cantidad que se comprobó causante de

cáncer rápidamente en ratones de laboratorio, sugiriendo un máximo permisible de 0.7 mg/l (ppb70)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La introducción a la descontaminación con cloro agua potable como tratamiento estándar ha disminuido grandemente la mortalidad por enfermedades infecciosas y ha sido un avance importante en la salud pública del siglo XX; sin embargo, los subproductos de desinfección con cloro, los contaminantes industriales o por contaminación en sistemas públicos del agua pueden estar presentes todavía en el agua potable ya que esta investigación comprueba que el proceso de tratamiento convencional del agua no reduce significativamente la cantidad de estos.

Lo anterior quedó comprobado en los tres muestreos llevados a cabo en 4 diferentes sitios que sirven el agua potable las zonas Sur-Oriente y Nor-Poniente de San Salvador, se recomienda por lo tanto una modificación a la legislación y normativas nacionales (además del cumplimiento de las leyes ya establecidas) que respondan al reto que representa la contaminación del agua potable y los demás recursos hídricos, así como nuevas políticas del uso de agroquímicos y leyes más duras contra empresas contaminantes.

También es necesario hacer que ANDA y el gobierno Central se involucre en la necesidad urgente de un cambio y modernización en los procesos de tratamiento del agua para consumo humano, así como para la capacitación de profesionales en el área de toxicología para el análisis no solo del recurso hídrico, sino también de las sustancias que forman parte de nuestra vida diaria y que sin embargo representan un peligro silencioso para la población.

Esta variación en los tres muestreos realizados lo que muestra que hay una diferencia en la concentración de los contaminantes con respecto a la época lluviosa, seca y la transición entre ellas.

Los técnicos de bioensayos con plantas como en el caso del Nothoscordum Fragans (cebollín) para probar la ausencia o presencia de determinados plaguicidas y demás compuestos químicos, son altamente sensibles y efectivos y pueden reducir los costos de los análisis y aumentar los costos de fiabilidad, debido a que un organismo que forma parte de un

ecosistema, da un parámetro más integral de la presencia de tóxicos acumulativos que la sola prueba físico-química, lo cual tiene varios inconvenientes como detectar únicamente los tóxicos en el momento de la prueba los cuales pueden variar por un gran número de factores como el nivel de detección de la prueba, el tipo de sustancia, la época del año y el tipo de sustrato analizado, lo que da cifras en las cuales sustancias con un alto grado de peligrosidad aparecen como ND (no detectables).

Debido al gran número de sustancias tóxicas contenidas en nuestros ríos y lagos, se recomienda la participación del Ministerio de Salud Público, Universidades y ONG'S, para promover a investigación con bioensayos en plantas animales con el fin de analizar los parámetros máximos permisibles y de su posible mutagenicidad y carcinogénesis estableciendo la posible interacción causa- efecto entre los casos de enfermedades y la exposición a contaminantes en la población como se ha hecho en otros países.

LITERATURA CITADA

1. ANDA.1999. Informe de la Unidad de Producción.
2. CALDERON, G. R. 1981. Aldrin, BML, DDT y Hepatocloro en aguas superficiales y subterráneas de la zona algodoneira. El Salvador. Boletín Técnico 5-8 CENTA/MAG. 44pp.
3. CUSCOLLA, R. 1993. Residuos de plaguicidas en alimentos vegetales. Ediciones Mundi- Prensa.Madrid. 205pp.
4. DOMINGUEZ, P. C. & PAZ, Q.W. 1988. Niveles de bioacumulacion de Metil-Etil Paration en organismos estuarianos de una zona algodoneira en el Estero de Jaltepeque, El Salvador. Facultad de Ciencias Naturales y M matemática, escuela de Biología, Universidad de El Salvador.(tesis de licenciatura en biología) .70pp.
5. DUTKA, B. J. 1988. Priority setting of Hazards in waters and sediments by proposed ranking scheme and battery of test approach. National Water Research Institute, Environmental Canada. Burlington, Ontario.15pp
6. FISKEJJO, G. 1985. Allium test as standard in environmental monitoring. Institute of Genetics, University of Lund. Resived May 4, 1984.Hereditas 102: 99- 112pp.
7. FISKEJJO, G. 1988. The Allium test- an alternative in environmental studies: the relative toxicity of metal ions. Institute of Genetica, University of Lund. Sweden. M utation Research. 197, 243-260.
8. FISKEJJO, G. 1993. Allium test: A 2-3 day plant test for toxyty assessment by measuring the mean root growth of onion (Allium cepa). Institute of Genetics, University of Lund. Sweden. Environmental Toxicology an Water Quality: an International Journal, 8, 461-470.
9. FISKEJJO, G. 1997. Allium test for screening chemicals ; evaluation of cytological parameters. In plants for environmental studies. Wancheng W., J. Q. Gourssuch, J.S. Hughes Eds. CRS. Press. Florida, pp308-329.
10. KIMMER, N. F. & J. MACCALLION. 1989. Manual de agua de Mac Gaw Hill. Tomo II. México. 70pp.
11. LOPEZ, M. S. & G. M. GARCIA. 1989. Evaluación preliminar sobre contenido de Metil, etilparation y Para-oxon en aguas superficiales y subterráneas de zonas algodoneiras de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.(tesis de licenciatura en química). 119pp.
12. LOPEZ, Z. E. 1977. The ecological impact of cotton cultivattion in El Salvador, el example the Jiquilisco.York University .Toronto.(Tesis de maestría).110pp.

13. McCANN, J., E. CHOI, E. YAMASAKI & B AMES.1975. Detección de agentes carcinógenos como mutágenos en la prueba de **Salmonella**/microsomos: Análisis de 300 productos químicos. Proc. Nacional. Acad. Sci. Los EEUU. 15pp.
14. MUNKITTRICK, R. K., E. A. POWER & G. A. SERGY. 1991. The relative sensitivity of Microtox, Daphnia, Rainbow Trout, and fathead minow acute lethality. John Wiley & Sons, Inc. Ontario Canadá. Vol. 6, 35-62.
15. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (1981). Contaminación de las aguas subterráneas; estudio riego y drenaje. FAO/PNUD. España.85 pp.
16. PIURA, L. J. 1995. Introducción a la metodología de la investigación científica. 2ª ed. Publicación Científica de la Escuela de Salud Publica de Nicaragua. Managua.114pp.
17. PORRAS, M. & J. P. THAUVIN. 1978. Aguas subterráneas; problemas generales de contaminación. Editor Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA). Madrid, España. pp 16-23
18. REPETTO, G. 1991. Apuntes sobre la calidad de las aguas de uso potable. Cooperación Italiana y Ministerio de Salud. San Salvador, El Salvador.40pp.
19. RUBIO FABIAN, ROBERTO.1994. La situación ecológica de El Salvador en cifras. UCA editores. San Salvador, El Salvador. 40pp.
20. SCHULZ, R. C. & A. D. OKUN.1992. Surface water treatment for communities in developing countries. Intermediate Technology Publications. Florida, EEUU. 229PP.

ARTICULOS BIBLIOGRAFICOS DE INTERNET :

21. ARKHIPCHUK , V. V.; MALINOVSKAYA, M. V.; GARANKO, N. N. 2002. ogenetic study of organic and inorganic toxic substances on Allium cepa, Lactuca sativa, and Hydra attenuata cells. Institute of Hydrobiology, Ukrainian Academy of Sciences, Geroyev Stalingrada Ave. 12, Kyiv, 254210 Ukraine, email: V. V. Arkhipchuk (ecos@inhydro.kiev.ua).Correspondence to V. V. Arkhipchuk, Institute of Hydrobiology, Ukrainian Academy of Sciences, Geroyev Stalingrada Ave. 12, Kyiv,254210Ukraine1<http://www3.interscience.wiley.com/journal/72516027/abstract?CREFTRY=1&SRETRY=0>
22. BOORMAN, G.A.; DELLAREO, V; DUNNICK, J.K.; CHAPIN, R.E.; CAZADOR, S; HAUCHMAN; F; GARDNER, H; COX, M & R.C., SILLS. 1999. sub. productos de la desinfección del agua potable: revisión y acercamiento a la evaluación de la toxicidad. Perspectiva de la salud. 107 Suppl, 1:207-217.
www.epa.gov/safewater/agua/estableciendo.html
23. CALDERON, J; CAPELL, C; CENTRICH, F; ARTAZCOZ; GONZALEZ, C.M. & VILLALBI, J.R. 2002. Subproductos halogenados de la cloración en el agua de

consumo público. Instituto Municipal de Salud Pública, Barcelona. España. 2 pág.

www.aspb.es/quefem/docs/memoR_catala.pdf

24. CHANDRA, S. ; CHAUHAN, L.K. ; MURTHY, R.C. ; SAXENA, P.N.; PANDE P.N & S.K. GUPTA. 1997. Comparative biomonitoring of leachates from hazardous solid waste of two industries using Allium test a) Cell Biology Section, Industrial Toxicology Research Centre, P.O. Box 80, M. G. Marg, Lucknow 226 001, India ; b) Metal Analysis Section, Industrial Toxicology Research Centre, P.O. Box 80, M. G. Marg, Lucknow 226 001, India c) Department of Zoology, K.S.S. Postgraduate College, Dr.R.M.L.AvadhUniversity,Faizabad224001,Indiahttp://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V78-4FFGJK95&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=a1009ff40482dfa990d3083e7238d913
25. COTELLE, S.; MASFARAUD, JF. ; & JF. FÉRARD. Assessment of the genotoxicity of contaminated soil with the Allium/Vicia-micronucleus and the Tradescantia-micronucleus assays Centre des Sciences de l'Environnement, Université de Metz, B.P. 4025, 57040 Metz Cedex 1, France. [Volume 17 Issue 3](#), Pages 250 – 257. Special Issue: 10th International Symposium on Toxicity Assessment, Published Online: 1 Jul 2002. Copyright © 2008 Wiley Periodicals, Inc., A Wiley Company.http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T2C-3WHKSCG-K&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=94a2cb939b41b3b84e739c854df8689e
23. DE DIANA, D. F.; FERNÁNDEZ, V.; TORRES, E. 1996. EVALUACION DE LA ACTIVIDAD GENOTOXICA DE EFLUENTES DE 11 CURTIEMBRES DEL DPTO. CENTRAL DE LA REGION ORIENTAL. PARAGUAY. Revista de Ciencia y Tecnología, Dirección de Investigaciones – UNA. Vol. Nº 2, 2000 37 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Genética, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Asunción. AÑO 1996. http://64.233.179.104/scholar?hl=es&lr=lang_es&q=cache:T7-pyovoPfsJ:newton.cnc.una.py/HTMLobj-1238/rct2000.doc+
24. DÍAZ, B. M. C. & J. B. PÉREZ. 2004. Intralaboratory experience with a battery of bioassays: Colombia experience. Unidad de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá, A.A. 14490, Colombia. [Volume 15 Issue 4](#), Pages 297 - 303. Special Issue: WaterTox Bioassays. Special Issue: WaterTox Bioassays, Special Issue: WaterTox Bioassays Published

Online: 15 Aug 2005. Copyright © 2008 Wiley Periodicals, Inc., A Wiley Company.

<http://www3.interscience.wiley.com/journal/72516025/abstract>

25. DUNNICK, J.K. & R.L. MELNICK 1993. El poder carcinogénico del agua tratada con cloro: estudios experimentales de la clorina, chloromina y de los trihalometanos. Instituto Nacional del Cáncer J. 85: 817-822. <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/caliagua/mexicona/R-0147.pdf>
26. EVANDER, M.G.; TUCCI, P.; BOLLE P.1999. Toxicological evaluation of commercial mineral water bottled in polyethylene terephthalate: a cytogenetic approach with *Allium cepa*. Source: [Food Additives and Contaminants](#), Volume 17, Number 12, 1 December 2000, pp. 1037-1045(9). Publisher: Taylor and Francis Ltd. <http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/tfac/2000/00000017/00000012/art00012>
27. GARCIA, O.; TUESTA, M. C.; Lurdes, R. B. & HEBERT. E. 2007. Biorremediación de Cromo VI de Aguas Residuales de Curtiembres por *Pseudomonas* sp y su Efecto Sobre el Ciclo Celular de *Allium cepa*. Rev. Med. Vallejana, vol.4, no.1, p.32-42. ISSN 1817-2075. REV ACAD PERU SALUD 14(1), 2007 12. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rmv/v4n1/a04v4n1.pdf>
28. GÓMEZ P. A.; ESPINOLA, J.; ESCARCENA, J.; TAGLIANI, C. J.2004. Informe de Proyecto Evaluación Participativa de Calidad de Agua en Monte Video Rural. Intendencia Municipal de Montevideo, Av. 18 de Julio. TEL/Fax +5982 1950 1949. umr@piso3.imm.gub.uy. <http://idrinfor.idrc.ca/Archive/Corpdocs/118027/a-Evaluacion-participativa.pdf>
29. GROVER, I. S. & SATWINDERJEET KAUR. 2004. Genotoxicity of wastewater samples from sewage and industrial effluent detected by the *Allium* root anaphase aberration and micronucleus assays. Department of Botanical Sciences, Guru Nanak Dev University, Amritsar, 143005, India. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T2C3WHKSCGN&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=473af831ab52b361cb8ca15bc3f76144
41. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. 2003. Empleo de los ensayos con plantas en el control de contaminantes tóxicos ambientales2. Rev Cubana Hig Epidemiol v.41 n.2-3 Ciudad de la Habana Mayo-dic, ISSN 1561-3003 versión online. http://bvs.sld.cu/revistas/hie/vol41_2-3_03/hie092-3203.htm
42. IANNACONE J. O. & ALVARIÑO L. F. Agricultura Técnica2006. EFECTO ECOTOXICOLÓGICO DE TRES METALES PESADOS SOBRE EL CRECIMIENTO RADICULAR DE CUATRO PLANTAS VASCULARES 1. Universidad Nacional Federico Villareal, Facultad de Ciencias Naturales y

Matemática, Calle San Marcos 383, Pueblo Libre, Perú. Vol. 65, Num. 2, 2004, pp. 198-203. ISSN: 0365-2807. <http://www.bioline.org.br/request?at05022>

43. KUO, HW; CHIANG, T.F.; 10, 11; LAI; J.S.; CHAN, C.C. & J.D. WANG 1997. VOC. Concentration in Tarwan's household drinking water. Institute of Environmental Health, China Medical College, Talchung, Taiwan, wukou@cmce.ems.edu.tw. 2 pág. www.miami.edu/hr-dhrs/CollegeUniv.pdf
44. KONG, M. S. & T. H. MA. 1994. Genotoxicity of contaminated soil and shallow well water detected by plant bioassays. Department of Biological Science, Western Illinois University, Macomb IL, 61455, USA. Received 18 June 1998; accepted 12 August 1998. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T2C-3WHKSCG-X&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=4030c9e999a1e362ad40f5c44dd00a7f
45. LÓPEZ, C. L. ; MAGDALENA, A.; DE CABO, L.; NORIEGA, M. F. ; BASSI, M. ; ARREGHIN, C.; BASSOLS, G. ; WAGNER, M. & MORETTON, J.1997. Estudios de Mutagenicidad, Inhibición del Crecimiento Algal y Contaminación Química en Aguas Superficiales de un Río Urbano de Buenos Aires, Argentina. Cátedra de Higiene y Sanidad, Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA, Junín 956, 11 13 Buenos Aires, Argentina, Departamento de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, Ciudad Universitaria, Pabellón 2, Intendente Cantilo s/n, 1428 Buenos Aires, Argentina. Museo Argentino de Ciencias Naturales (Bernardino Rivadavia e Instituto de Investigaciones de Ciencias Naturales, Av. Ángel Gallardo 470, 1045 Buenos Aires, Argentina.) Becaria Comisión de Investigaciones Pcia. De Buenos Aires. Cátedra de Farmacobotánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA, Junín 956,1113, Buenos Aires, Argentina. (Recibido agosto 1997, aceptado mayo 1998).http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/contaminacion/acervo/vol_14_1/lopez.pdf
46. MARARI, M, H. 2003. Impactos Ambientales: Acuíferos. Instituto Nacional de Ecología (INE). México. Artículo de internet. 5 pág. www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetitas/gaceta36/g9536531.html
47. MELNICK, R.L. 2002. Programa de Seguridad del Agua Potable. Programa nacional de Toxicología. Artículo de Internet. 4 pág. www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/031ssa29.html

48. OMS. 2002. sitio en internet de la Organización Mundial de la Salud.
www.binasss.sa.cr/poblacion/saludambiental.htm
49. ONGLEY, E.D. 2001. Lucha contra la contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje –55) Artículo de Internet. 10 pág.
www.fao.org/docrep/003/w7499e/w7499e14.htm
50. PATRICIO. A. V.; CORTES M. J. ; FERRADA T. D.; LEYTON M. C.; SANS P. J. 2007. Determinacion experimental del limite absoluto de tolerancia para cuatro metales pesados (Cd, Pb, Mo y Cu) en raices adventicias de bulbos de cebolla, *Allium cepa* L. Agricultura Tecnica. v. 55(2) p. 86-94. (Abr-Jun 1995).
<http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=018696>
51. PERAZZOLI, A. G.; ESPÍNOLA, J.; ESCARCENA, J.; TAGLIANI, J. C., 1998. Informe de Proyecto Evaluación Participativa de Calidad de Agua en Montevideo Rural. Intendencia Municipal de Montevideo, Av. 18 de Julio, Tel/Fax +5982 1950 1949. umr@piso3.imm.gub.uy.
<http://idrinfor.idrc.ca/Archive/Corpdocs/118027/a-Evaluacion-participativa.pdf>
52. PIERCE R. H.; HENRY, M. S.; BLUM, T.C. & E. M. MUELLER. 2007. Area y de las mareas de transporte de control de mosquitos plaguicidas en el Florida Keys National Marine Sanctuary 1 Mote Marine Laboratory, 1600 Ken Thompson Parkway, Sarasota, Florida, 34236, USA. Phone (941)388-4441, Fax (941)388-4312 2007.
<http://www.anam.gob.pa/CALIDAD/imagenes/Normas%20de%20Calidad%20de%20Aguas%20Marinas%20y%20Costeras.pdf>
53. SARMIENTO, A; ROJAS, M; MEDIANA, E, OLIVET, E & J, CASANOVA. 2003. Investigación de Trihalometanos en agua potable del Estado carabobo Venezuela. Centro de Investigaciones toxicológicas de la Universidad de Carabobo (CITUC). Valencia, Venezuela. 10 pág.
<http://www.scielosp.org/pdf/gsv17n2/original6.pdf>
54. SEGURA. un desafío de la Salud Pública. Artículo Agua Potable del sitio en internet: Health Canada. Volumen 19, No. 3, 5 pág. www.cepis.ops-oms.org/bvsacq/e/quiasoms3.pdf
55. USEPA. 1993, Salud y Agua Potable. Éter Metilico-t-Butilico. Salud y división ecológica de los criterios. Oficina de la ciencia y de la tecnología. Oficina del Agua. Washigton. C.C. 5 pág. www.olatheks.org/Egov/Documents/docs/utilities/water_quality_report_04_spanish.pdf

56. TE-HSIU MA; ZHIDONG XUA; CHENGEN XU; MCCONNELL. H; VALTIERRA R. E.; ARREOLA, A. G. & HONGEN ZHANG. 2000. The improved Allium/Vicia root tip micronucleus assay for clastogenicity of environmental pollutants. A) Department of Biological Sciences, Western Illinois University, Macomb, IL 61455, USA. B) Centro de Estudios Academicos sobre Contaminacion Ambiental, Universidad de Queretaro, QRO, Mexico, USA. C) Shandong Academy of Medical Sciences, Shandong, People's Republic of China http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B73H5-470NNPJ-B&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=40fb8fc7e7e9180ae8362fafce0e0740
57. VESNA S. K.; STEGNAR, P.; LOVKA M. & M. J. TOMAN. 1996. The evaluation of waste, surface and ground water quality using the Allium test procedure a) Public Services Administration, Department of Environmental Protection, Slovenska 40, 62000, Maribor, Slovenia. b) Institut 'Jožef Stefan', Jamova 39, 61000, Ljubljana, Slovenia. c) Institute for Biology, Karlovska 19, 61000, Ljubljana, Slovenia. d) University of Ljubljana, Department of Biology, Večna pot 111, 61000, Ljubljana, Slovenia 2007 http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B73FB-46X8BGN-2F&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=9c6e85ae91b46449dd3f6237046a406a. Volume 368, Issues 3-4, 5 July 1996, Pages 171-179.
58. WIGLE, D.T. 2000. www.cec.org/files/pdf/ECONOMY/Frmwrk-s_ES.pdf

ANEXOS

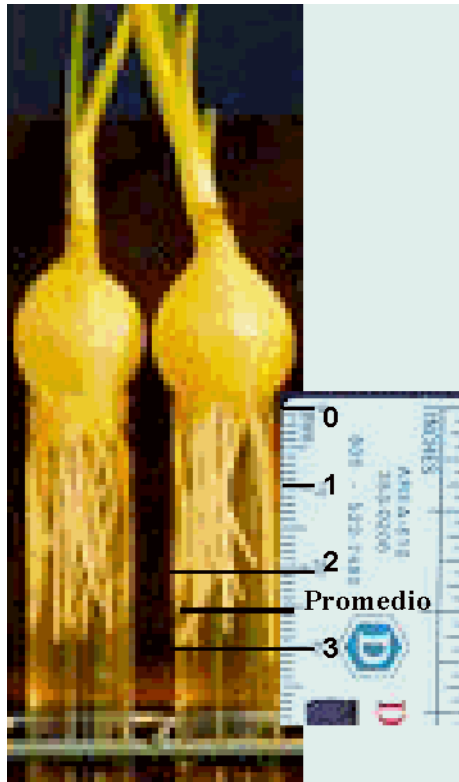
ANEXO1

Foto que muestra posición en la que se colocaron los cebollines en los tubos durante la prueba.



ANEXO 2

Medición del tamaño de las raíces de cebollin luego de 72 horas de prueba



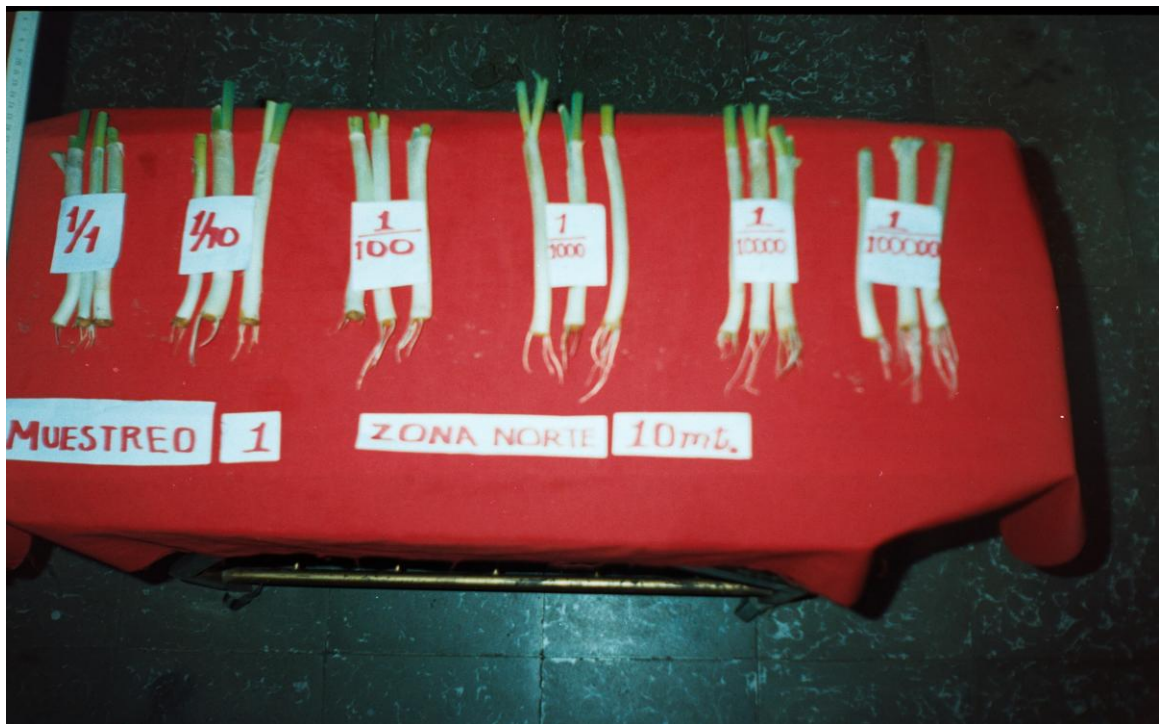
ANEXO 3

Sitio de recolección de muestras en el Río Lempa y planta de tratamiento de ANDA
ubicada en Caserío Las Pavas, Tacachico, La Libertad.



ANEXO 4

Primer muestreo, crecimiento de la raíz del cebollín a 10mts. del tanque de distribución del sistema Zona Norte, ubicado en Colonia San Ramón, San Salvador (agua de mantos freáticos tratada con cloro). Época lluviosa, Agosto 2002.



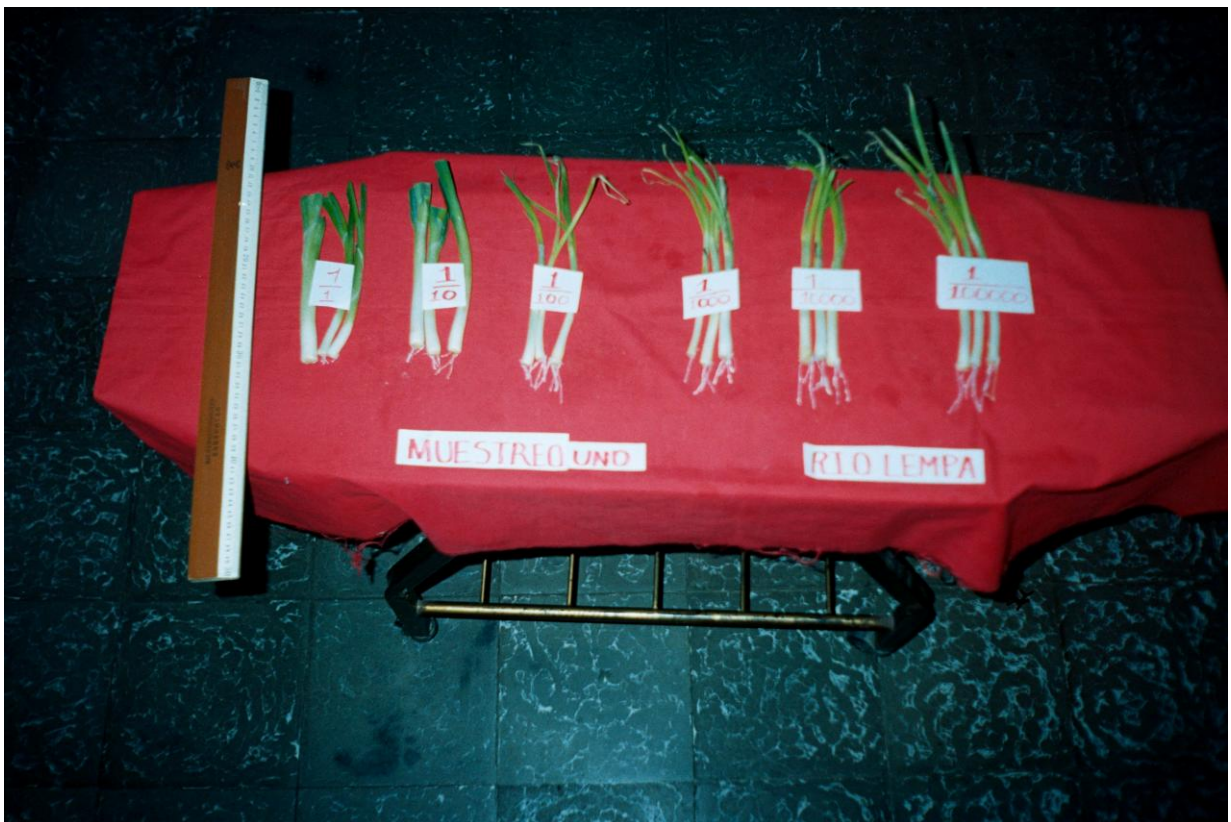
ANEXO 5

Primer muestreo, crecimiento de la raíz del cebollín a 50mts. del tanque de distribución del sistema Zona Norte, ubicado en Colonia San Ramón, San Salvador (agua de mantos freáticos tratada con cloro). Época lluviosa, Agosto 2002.



ANEXO 6

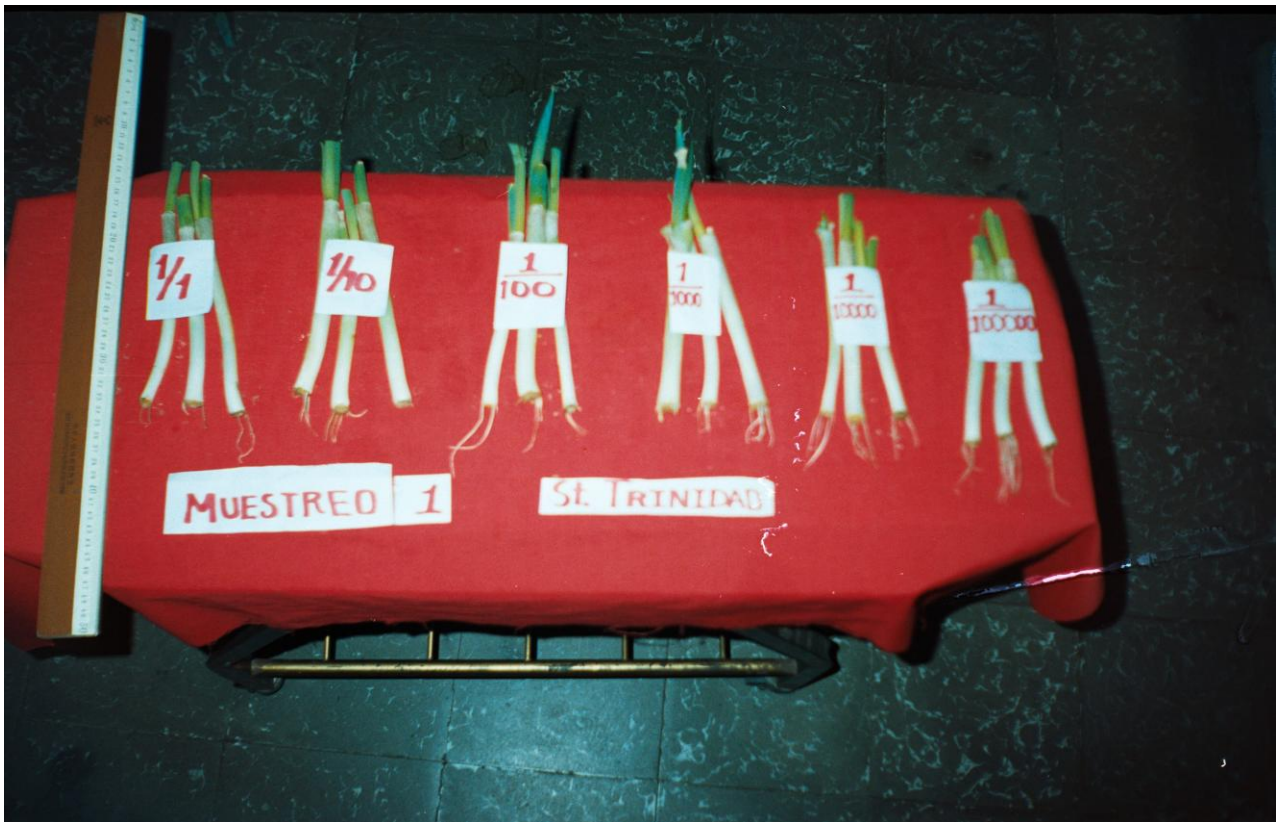
Primer muestreo. Crecimiento de la raíz del cebollín, para la muestra del agua cruda del Río Lempa antes de entrar a la planta de tratamiento del sistema Río Lempa. Época lluviosa, Agosto 2002 (agua sin tratamiento).



ANEXO 7

Primer muestreo. Crecimiento de la raíz del cebollín, para la muestra proveniente de la Colonia Santísima

Trinidad, Mexicanos, San Salvador. Sistema Río Lempa. Época lluviosa, Agosto 2002(agua tratada).



ANEXO 8

Control positivo, para los cuatro sitios del muestreo número uno, utilizando Cu como toxico de referencia. Época lluviosa, Agosto 2002.



ANEXO 9

Control negativo, para los cuatro sitios del muestreo número uno, utilizando la solución con medio nutritivo MS. Época lluviosa, Agosto 2002.



