
Tratamiento con extracto de *Azadirachta indica* en aguas residuales porcinas contaminadas con *Salmonella typhi*.

R. A. Gálvez-Chan*, O.H. Gómez-Ibarra, G. Silva-Encinas, F. Ríos-Moiza y D. Quintero-Sotelo

¹ Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias. Calle 5 de Febrero 818 Sur. Col. Centro. Cd. Obregón, Sonora, México.

Treatment with extract of Azadirachta indica in swine wastewater contaminated with Salmonella typhi.

Abstract

The need to raise water for agricultural use, in semi-desert zones such as the Yaqui Valley, has edging to farmers and pig producers to join forces so that latter "benefit" the volumes of water in irrigation with anaerobic disinfection only channels. This study aims to demonstrate the presence of *Salmonella* in sewage as well as offering an alternative to organic disinfection with the oil extracted from the seeds of the *Azadirachta indica*. Osorio, et (2010), holding that the analysis of compounds organic aggregates are made to characterize wastewater treated and untreated, to estimate the performance of treatment processes and study their behavior in receiving sources and today. According to Metcalf y Eddy (1996), must have knowledge of those microorganisms involved in biological treatments, pathogenic organisms present in wastewater agencies used as indicators of pollution and its importance. Using the Soxhlet method, extraction of *Azadirachta indica* seed oil is enhanced in order to obtain a product that helps the swine waste water disinfection. Proceeded to the sample problem and immediately made different concentrations of oil with residual water. Then the process of sowing, nothing results of bacterial growth by identifying with biochemical tests to the bacteria was carried out *Salmonella* and concluding with dilutions to different concentrations of extract of *Azadirachta indica* as inhibitor of growth of *Salmonella* being the concentration of 17.5% where there was bacterial growth but only color change in the culture medium and is up to the concentration of 20% of *Azadirachta indica* Oil on the sewage with *Salmonella* where already there was no growth. In conclusion, found the presence of microorganisms of the genus *Salmonella* in pig wastewater in the Yaqui Valley of, in the form of gram negative bacilli and also demonstrated the effectiveness of the seed extract of *Azadirachta indica* as bactericide at a certain concentration, being a good alternative for agricultural use water from pig farms.

Key words: *Azadirachta indica*, residual water pig, *Salmonella*, disinfection.

Resumen

La necesidad de recaudar agua para uso agrícola, en zonas semidesérticas como lo es el Valle del Yaqui, ha orillado a los agricultores y productores de ganado porcino, a unir fuerzas de tal forma que éstos últimos "benefician" los volúmenes de aguas en canales de riego con tan solo una desinfección anaeróbica. Éste estudio pretende demostrar la presencia de *Salmonella* en éstas aguas residuales así como ofrecer una alternativa de desinfección orgánica con el aceite extraído de las semillas del *Azadirachta indica*. Osorio, et al (2010), sostiene que los análisis de compuestos orgánicos agregados se hacen para caracterizar aguas residuales tratadas y no tratadas, para estimar el desempeño de los procesos de tratamiento y estudiar su comportamiento en las fuentes receptoras en la actualidad. Según Metcalf y Eddy (1996), se debe tener conocimiento de aquellos microorganismos que intervienen en tratamientos biológicos, organismos patógenos presentes en las aguas residuales, organismos usados como indicadores de contaminación y su importancia. Utilizando el método Soxhlet, se realizó una extracción del aceite de la semilla de *Azadirachta indica* con el fin de obtener un producto que ayude a la desinfección del agua residual porcina. Se procedió a la toma de la

*Autores de correspondencia
Email: rosario.galvez@itson.edu.mx

muestra problema y enseguida se formularon diferentes concentraciones de aceite con agua residual. A continuación se llevó a cabo el proceso de siembra, observándose resultados de crecimiento bacteriano identificándose con pruebas bioquímicas a *Salmonella typhi* y concluyendo con diluciones a diferentes concentraciones de extracto de *Azadirachta indica* como inhibidor de crecimiento de *Salmonella typhi* siendo la concentración de 17.5% donde no se observó crecimiento bacteriano sino solo cambio de color en el medio de cultivo y es hasta la concentración de 20% del aceite de *Azadirachta indica* sobre el agua residual con *Salmonella typhi* donde ya no se presentó crecimiento alguno. En conclusión, se comprobó la presencia de microorganismos del género *Salmonella* y especie *typhi* en aguas residuales porcinas del Valle del Yaqui, en forma de bacilos gram negativos y además se demostró la efectividad del extracto de la semilla de *Azadirachta indica* como bactericida a una determinada concentración, siendo una buena alternativa para las aguas de uso agrícola provenientes de las granjas porcícola.

Palabras clave: *Azadirachta indica*, agua-residual porcinas, *Salmonella*, desinfección.

Introducción

Desde el punto de vista de las fuentes de generación, se puede definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales. (Aguilar *et al.*, 2002). Si se permite la acumulación y estancamiento de agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene conduce a la generación de grandes cantidades de gases malolientes, pero también suele contener nutrientes que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas así como los compuestos tóxicos; es por todo ello que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es no solo deseable sino también necesaria en toda sociedad industrializada. (Metcalf y Eddy, 1996).

De acuerdo a Shuval (1977), por el hecho de usar el agua en las ciudades o comunidades, ésta se ve afectada por la adición de una gran variedad de materiales tales como aceites, sales, materia orgánica, desechos humanos, bacterias, fertilizantes, pesticidas, etc. De toda la materia que contiene agua residual urbana, la mayor parte es orgánica y fácilmente degradada por los microorganismos, lo que la hace menos peligrosa, comparada con otras aguas residuales y la de mayores posibilidades de reúso, tales como acuicultura, agricultura, industriales, recreativas, municipales y hasta potables, siempre y cuando se utilice el tratamiento adecuado. Por otra parte, Henry y Heinke (1999),

afirman que el agua que entra a las plantas industriales no mucha se convierte realmente en un constituyente del producto manufacturado y sólo se consume una pequeña fracción y el resto se convierte en agua residual que puede contener muchos contaminantes. Las aguas residuales de los procesos son las que causan más preocupación, y varían con amplitud según el tipo de industria. En ciertos casos puede ser obligatorio un tratamiento previo para quitar ciertos contaminantes o una compensación para reducir la carga hidráulica a fin de que las aguas residuales sean aceptables en el sistema municipal.

Según Shuval (1977), es el agua procedente de la actividad agrícola, la cual lleva sustancias muy tóxicas como los pesticidas y fertilizantes, poseen también materia orgánica y flotantes, sustancias extraídas de la tierra por la acción del agua como solvente (lixiviadas), sólidos suspendidos y metales pesados, por tanto requieren de tratamientos avanzados.

Las principales características físicas de las aguas residuales son: su contenido de sólidos, distribución de partículas por tamaño, turbiedad, color, transmitancia-absorbancia, olor, temperatura, densidad y conductividad (Aguilar *et al.*, 2002 y Crites y Tchobanoglous, 2000), consideran que el agua residual contiene muchos tipos de materiales sólidos que varían desde hilachos hasta materiales coloidales. En la caracterización de las aguas residuales los materiales gruesos son removidos generalmente antes de analizar sólidos en la muestra.

El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución, pero el color verdadero se obtiene sobre

una muestra filtrada y puesto que la medida depende del tamaño del poro del filtro, se debe especificar el tipo de filtro usado y el tamaño del poro así como también el color de una muestra de agua residual se determina comparando el color de la muestra y el color producido por soluciones de diferente concentración de cloroplatinato de potasio (K_2PtCl_6) donde una unidad de color corresponde al color generado por 1.0 mg/l de platino, (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Osorio, et al (2010), sostiene que los análisis de compuestos orgánicos agregados se hacen para caracterizar aguas residuales tratadas y no tratadas, para estimar el desempeño de los procesos de tratamiento y estudiar su comportamiento en las fuentes receptoras y en la actualidad, los métodos de laboratorio comúnmente usados para medir cantidades de materia orgánica (en general mayores a 1.0 mg l⁻¹) en aguas residuales incluyen: La demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y el carbono orgánico total (COT).

Según Metcalf y Eddy (1996), se debe tener conocimiento de aquellos microorganismos que intervienen en tratamientos biológicos, organismos patógenos presentes en las aguas residuales, organismos usados como indicadores de contaminación y su importancia, además de conocer los métodos empleados para determinar los organismos indicadores y utilizar así los métodos empleados para determinar dichos organismos indicadores, así como determinar la toxicidad de las aguas tratadas y para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y organismos coliformes fecales, las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. El agua debe de estar exenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, que son los que pueden transmitir enfermedades, como por ejemplo: *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae*, *Eberthella typhi*, *Entamoeba coli*, *Escherichia coli*, etc. (Opazo, 1999).

Los principales grupos de organismos presentes en aguas superficiales y aguas residuales están conformados por bacterias, hongos, algas, protozoos, plantas, animales y virus (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Las plantas de tratamiento de aguas negras efectúan

una serie de procedimientos que pueden resumirse de la siguiente manera, según lo indica Pelczar (1982):

1. Tratamiento Primario: Para eliminar el material sólido y quitar los sólidos que sedimentan.
2. Tratamiento Secundario: Para oxidar los compuestos orgánicos de las aguas negras, como para reducir el DBO (demanda biológica de oxígeno).
3. Tratamiento Terciario: Para desinfectar y desechar los líquidos efluentes y para desechar los residuos sólidos.

El Neem (*Azadirachta indica*) es un árbol de rápido crecimiento que puede alcanzar de 15 a 20 m de altura y raramente 35 a 40 m; tiene abundante follaje todas las temporadas del año, pero en condiciones severas se deshoja, incluso casi completamente. El ramaje es amplio y mide de 15 a 20 m de diámetro ya desarrollado (Henri, 1994) y por otro lado el rendimiento del árbol puede variar entre 30 kg y 100 kg de frutos. Según Ramos (1992), los extractos de Neem actúan, en los insectos, inhibidor de crecimiento de los insectos, prolonga las etapas inmaduras ocasionando la muerte, disminuye la fecundidad y la oviposición, disminuye los niveles de proteínas y aminoácidos en la hemolinfa e interfiere en la síntesis de quitina en los insectos y la planta como fertilizante orgánico es superior al estiércol vacuno, porcino o de otra fuente.

En la región del Valle del Yaqui, una de las principales limitantes para la agricultura es la poca disponibilidad de agua para cultivo, debido a que es una zona semidesértica; las aguas residuales provenientes de granjas porcícola representan un gran volumen, siendo una alternativa la utilización de éstas aguas en diferentes cultivos después de un tratamiento que controle la presencia de microorganismos patógenos. En este estudio se determina la presencia de *Salmonella* en aguas residuales porcícolas de una granja del Valle del Yaqui y se comprueba la efectividad de diferentes concentraciones del extracto de *Azadirachta indica* para eliminar estas bacterias patógenas en dichas aguas residuales.

Materiales y método

Descripción de la zona de estudio

El estudio se realizó en la granja porcina "Guicurim", empresa de sociedad privada de

recursos ilimitados (SPR de RI), ubicada en el municipio de San José de Bécum, localizado al sur del Estado de Sonora, colinda al Este con el municipio de Cajeme y al Oeste con el municipio de San Ignacio Río muerto y Guaymas, a una altura de 50 m sobre el nivel del mar.

Información sobre la granja porcina

En la granja porcina se le da un tratamiento anaerobio al agua residual que se genera, en este proceso la descomposición de las excretas se lleva a cabo sin la presencia de oxígeno. Las bacterias involucradas son de dos categorías, las que forman ácido o las que sintetizan metano. Las lagunas requieren menor superficie, ya que su volumen se cubre con la profundidad que se les dé; se producen subproductos que pueden ser aprovechados como agua de riego, medio de crecimiento de peces y algas, los sedimentos se pueden usar como fertilizantes o alimento para animales.

Toma y conservación de la muestra

Se realizó un muestreo estratificado, dividiendo las tomas en tres puntos críticos de la laguna de desechos de agua residual emitida por la granja porcina y utilizando, de primera instancia, 3 matraces de 500 ml para después hacer una sola muestra dentro de un matraz de vidrio de 2.0 l previamente esterilizado y limpio, se utilizó como tapón parafina y posteriormente papel aluminio, en la parte de la descarga del singular agua residual porcina proveniente directamente de la granja se dejó llenar el matraz usando en las manos guantes de látex, y se tomó la muestra; el matraz se etiquetó con los datos del sitio del muestreo. Con esta técnica de muestreo se logró un 95% de confiabilidad. El almacenamiento se hizo en un recipiente con hielo en este caso una hielera, para evitar que la temperatura suba a más de 4 °C para su análisis dentro de las siguientes 6 h.

Análisis microbiológicos

La muestra fue enriquecida con Caldo Selenito Cistina para el desarrollo de *Salmonella*; se transfirieron 15 ml de agua residual porcina en 125 ml de Caldo Selenito Cistina y después se incubaron a una temperatura de 37 °C durante 24 h.

*Método de aislamiento para *Salmonella typhi**

Para el aislamiento se emplearon medios de cultivos selectivos como el Agar *Salmonella-Shigella* (Agar

S-S) y Agar McConkey incubados a 37 °C por 24 h.

Tinción Gram

Se utilizó lugol como mordiente, esta sustancia forma un complejo insoluble que es cristal violeta-yodo que sirve para intensificar el color de la tinción y todas las células tomarán un color púrpura- negro, en este paso las células Gram (+) el complejo cristal violeta yodo se une al ribonucleato de magnesio y Ac. Teicoicos que son componentes de la pared celular de este tipo de células, por lo tanto este complejo es difícil de removerlo con el agente decolorante.

Nota: Bacterias Gram (+) teñidas de azul – negro o violeta oscuro y Bacterias Gram (-) teñidas de rojo.

Identificación por pruebas bioquímicas

Para la realización de las pruebas bioquímicas se utilizan los medios indicadores por Forbes, *et al* (2009), los cuales están constituidos por un medio base (simple y enriquecido) adicionado de un indicador o un sistema que permite poner en manifiesto un cambio o la generación de alguna sustancia que es característica de la fisiología de un microorganismo, esto facilita la identificación bioquímica, la cual permite la identificación genérica de los cultivos microbianos. En tabla 1, se enlistan las determinaciones que deben realizarse para la identificación bioquímica de un microorganismo.

Material y equipo de laboratorio

En la tabla 2, se puede apreciar el equipo de laboratorio necesario para el aislamiento de bacterias en la muestra de aguas residuales que previamente fueron tratadas con métodos biológicos y de tipo anaerobio por personal de la granja porcina y desechadas a canales de riego, como apoyo a los agricultores de la zona del Municipio de Bécum, además de los reactivos mínimo requerido para el análisis bacteriano tanto en el aislamiento, identificación y pruebas de desinfección a diferentes concentraciones de extracto de Neem.

*Obtención de la materia prima del árbol de *Azadirachta indica**

Para este proyecto se emplearon solamente las semillas del árbol, éstas fueron cortadas de forma manual directamente del árbol, una vez ya madura la semilla, se almacenaron en contenedores de plástico para evitar daños y humedad.

Lugar de recolección de la semilla

La recolección de la semilla fue en el Ejido Mayojustalit # 2, perteneciente al municipio de Etchojoa, Sonora, ubicado aproximadamente a 20 km al sur de la comunidad de Fundación Sonora.

Preparación de la semilla

Los frutos fueron recolectados directamente del árbol de *Azadirachta indica*, para proceder al despulpado del fruto, enseguida, se obtuvo la semilla y después se procedió al secado exponiéndola a la luz solar durante dos semanas, una vez cumplido el tiempo, se continuó con el descascarado para la obtención de la almendra contenida en la semilla y finalmente se llevó a cabo su molienda.

Obtención del extracto

Para la obtención del extracto de *Azadirachta indica*

se utilizaron tres equipos Soxhlet simultáneamente, con un total 45 g de polvo de la almendra de Neem, se procedió al llenado de tres cartuchos de celulosa con 15 g cada uno y se utilizó como solvente alcohol metílico con 500 ml, en un proceso de recirculación de 80 gotas por segundo. Este proceso tuvo una duración total de 5 h.

Comprobación del extracto de Neem como desinfectante

El agua residual porcina se somete previamente a filtrado con la ayuda de una bomba de vacío y un matraz kitazato a un volumen de 1 l de muestra. Una vez filtrada la muestra, se pesan las cantidades de extracto de Neem planeadas para formular las concentraciones de 2.5%, de extracto de Neem como inicial. (Ver tabla 3).

Tabla 1. Lista de las pruebas bioquímicas para identificación de microorganismo.

Aprovechamiento del carbón de la lactosa.	Hidrólisis de la gelatina.
Aprovechamiento del carbón de la glucosa	Aprovechamiento del carbono de sodio
Prueba del rojo de metilo	Movilidad
Producción de Indol	Producción de ácido sulfhídrico
Prueba de Vogues-Proskauer	Aprovechamientos del nitrógeno de la urea

Tabla 2. Lista de material y equipo de laboratorio necesarios para las pruebas de aislamiento, identificación y desinfección bacteriana.

Equipo	Reactivos
18 Cajas Petri, con sus asas de siembra	Agar Selenito
18 Matraces Erlenmeyer de 250 ml	Malonato de Edwing.
3 Portaobjetos con cubreobjetos	Agar Kliger
1 Microscopio	Indol (Reactivo de Kovacs)
15 Pipetas serológicas y volumétricas de 10 ml	Agar McConkey
4 Mecheros con tela de asbesto y tripies	Citrato de Simmons
1 Refrigerador	Medio RM-VP
1 Par de guantes de asbesto	Gelatina nutritiva
50 Tubos de ensayo	Lugol y Cristal Violeta
Balanza, autoclave, horno, incubadoras	Medio SIM

Tabla 3. Concentraciones de extracto de Neem utilizadas para desinfección de agua residual porcina con *Salmonella typhi*.

Volumen (ml)	Concentración de aceite de Neem (%)	Volumen de agua residual (ml)
2.5	2.5	97.5
5.0	5.0	95.0
7.5	7.5	92.5
10.0	10.0	90.0
12.5	12.5	87.5
15.0	15.0	85.0
17.5	17.5	82.5
20.0	20.0	80.0

Resultados

Los resultados que se obtuvieron al término de las 24 h fueron los siguientes:

Para la concentración del 2.5%, el resultado mostró un crecimiento abundante de la bacteria *Salmonella typhi*.

Para la concentración del 5% el resultado de la siembra fue un moderado crecimiento de *Salmonella typhi* en comparación con la concentración del 2.5%.

Para la concentración del 7.5% de aceite de *Azadirachta indica* el crecimiento bacteriano fue escaso.

Para la concentración del 10% el resultado de la siembra fue muy escaso, hay una mayor efectividad del extracto de *Azadirachta indica*.

Para la concentración del 17.5% la inhibición del crecimiento de *Salmonella Azadirachta indica* es total, lo con un ligero cambio de color en el medio de enriquecimiento, pero no hay crecimiento de la bacteria.

Para la concentración del 20% la inhibición total de la bacteria *Salmonella typhi* y no existe tampoco el cambio de coloración en el medio de enriquecimiento, lo cual quiere decir que, es la concentración ideal para la eliminación total de la bacteria. (Ver figura 1).

En el medio de cultivo, la peptona aportó los

nutrientes necesarios para el desarrollo bacteriano. La lactosa es el hidrato de carbono fermentable, el selenito de sodio inhibe flora Gram (+) y la mayoría de la flora entérica excepto *Salmonella typhi*.

La L-cistina es el agente reductor y fue propuesta por la FDA para el aislamiento de *Salmonella typhi* en productos alimenticios, productos lácteos y otros materiales de importancia sanitaria incrementando la recuperación por reducción de la toxicidad del selenito. Por lo anterior lo que se obtuvo fue un buen crecimiento de *Salmonella* en lo que respecta al medio de enriquecimiento; *Salmonella*, *Shigella* y otros microorganismos no fermentadores de lactosa, crecen bien en este medio de cultivo y se producen colonias transparentes (Forbes, et al., 2009).

La producción de ácido sulfhídrico se evidenció como colonias transparentes y con centro negro debido a la formación de sulfuro de hierro lo que confirmó la presencia de colonias típicas de *Salmonella typhi*. Por la fermentación de la lactosa se disminuyó el pH alrededor de la colonia. Esto produjo un viraje del color del indicador de pH (rojo neutro), la absorción que hubo en las colonias, y la precipitación de las sales biliares. Los microorganismos no fermentadores de lactosa como la *Salmonella typhi* producen colonias incoloras, por lo tanto también se obtuvieron colonias típicas de *Salmonella typhi*. Esto concuerda con las publicaciones de Pumarola (1984) y Freeman

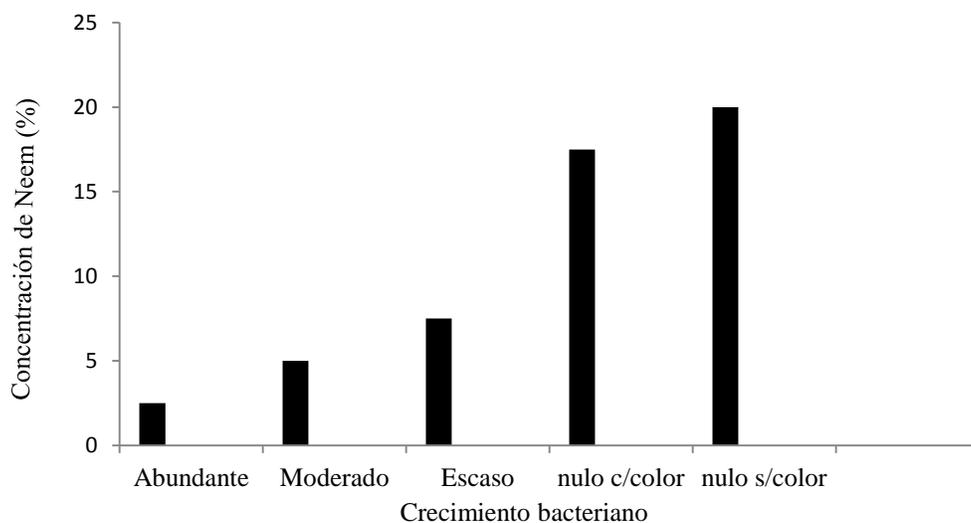


Figura 1. Crecimiento de *Salmonella typhi* de acuerdo a la concentración de extracto de *Azadirachta indica*.

(1985) sobre aislamiento de *Salmonella*. (Ver tabla 4 sobre resultados de pruebas bioquímicas).

Extracción del aceite de Azadirachta indica

Para la extracción se utilizó el método de Soxhlet, (según las instrucciones de Luque de Castro, et al., 1993); una vez finalizada la etapa se obtuvo una cantidad total de 120 ml de extracto de Neem, considerándose una cantidad suficiente para llevar a cabo las formulaciones planeadas.

Discusión

En el medio de cultivo, la peptona aportó los nutrientes necesarios para el desarrollo bacteriano. La lactosa es el hidrato de carbono fermentable, el selenito de sodio inhibe flora Gram (+) y la mayoría de la flora entérica excepto *Salmonella typhi*.

La L-cistina es el agente reductor y fue propuesta por la FDA para el aislamiento de *Salmonella typhi* en productos alimenticios, productos lácteos y otros materiales de importancia sanitaria incrementando la recuperación por reducción de la toxicidad del selenito. Por lo anterior lo que se obtuvo fue un buen crecimiento de *Salmonella* en lo que respecta al medio de enriquecimiento; *Salmonella*, *Shigella* y otros microorganismos no fermentadores de lactosa,

crecen bien en este medio de cultivo y se producen colonias transparentes (Forbes, et al., 2009).

La producción de ácido sulfhídrico se evidenció como colonias transparentes y con centro negro debido a la formación de sulfuro de hierro lo que confirmó la presencia de colonias típicas de *Salmonella typhi*. Por la fermentación de la lactosa se disminuyó el pH alrededor de la colonia. Esto produjo un viraje del color del indicador de pH (rojo neutro), la absorción que hubo en las colonias, y la precipitación de las sales biliares. Los microorganismos no fermentadores de lactosa como la *Salmonella typhi* producen colonias incoloras, por lo tanto también se obtuvieron colonias típicas de *Salmonella typhi*. Esto concuerda con las publicaciones de Pumarola (1984) y Freeman (1985) sobre aislamiento de *Salmonella*. (Ver tabla 4 sobre resultados de pruebas bioquímicas).

Extracción del aceite de Azadirachta indica

Para la extracción se utilizó el método de Soxhlet, (según las instrucciones de Luque de Castro et al., 1993); una vez finalizada la etapa se obtuvo una cantidad total de 120 ml de extracto de Neem, considerándose una cantidad suficiente para llevar a cabo las formulaciones planeadas.

Tabla 4. Resultados de pruebas bioquímicas para identificación de *Salmonella typhi* en aguas residuales porcícola.

Medios de cultivo	Pruebas bioquímicas	<i>Salmonella</i> spp
Agar de Hierro Kliger	Glucosa	+
	Lactosa	-
	Gas	+
	H ₂ S	-
	Movilidad	+
SIM	Indol	-
	H ₂ S	+
Malonato de Ewing Modificado		+
Caldo Urea		+
RM VP	RM	+
	VP	-
Citrato de Simons		+
Gelatina Nutritiva		+

Conclusiones

Se comprobó la presencia de la bacteria *Salmonella typhi* en el agua residual de la Granja porcícola Guicurim SPR de RI ubicada en el Valle del Yaqui previamente tratada con métodos biológicos anaerobios y con un 95% de confiabilidad, por lo que no resulta óptimo para su desecho a los canales de riego agrícola, además de que se demuestra que el extracto de la almendra de Neem (*Azadirachta indica*) tiene propiedades bactericidas, resultando efectivo para la eliminación de la bacteria del tipo *Salmonella typhi*, sobre todo en concentraciones de 20% del extracto.

Por tanto, las aguas residuales producidas por las granjas porcinas pueden ser reutilizadas para riegos de cultivos, después de realizar un tratamiento natural con extracto de *Azadirachta indica*, contribuyendo así a la solución del problema de la escasez de agua producida por la falta de lluvias en la región.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los propietarios de la Granja porcícola Guicurim SPR de RI así como al Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) unidad Náinari, por su apoyo en la realización de las diferentes etapas de este estudio.

Bibliografía

- Aguilar M.I., Sáez J., Lloréns M., Soler A., Orduño J.F. 2002. *Tratamiento físico químico de aguas residuales, coagulación-floculación.*; Universidad de Murcia: España. 151 páginas.
- Crites R. y Tchobanoglous G. 2000. *Sistema de Manejos de Aguas Residuales*. Tomo I. Mc-Graw-Hill: Bogotá, Colombia . pp: 33, 34, 42-53, 57-59, 67, 68, 74-75, 80, 84.
- Forbes B., Sahn D., Weissfeld A. 2009. *Bailey & Scott: diagnóstico microbiológico*; 12ª Edición, Médica Panamericana: Buenos Aires, Argentina. pp: 1160.
- Freeman, B. 1985. *Microbiología de Burrows*. Interamericana, Mc Graw Hill: México. pp: 1078.
- Heinke G. W. y Henry J. G. 1999. *Ingeniería Ambiental*. 2da. Edición. Prentice Hall: México. Pp: 800.
- Henri, A. (1994). *Course elementaire de botanique*, Paris. (Ver http://es.wikipedia.org/wiki/Azadirachta_indica).
- Luque de Castro M.D., Valcárcel M., Tena, M.T. 1993. *Extracción con fluidos supercríticos en el proceso analítico*. Editorial Reverté: España, Barcelona. pp: 480.
- Metcalf y Eddy Inc. 1996. *Ingeniería de las aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. 3ra Edición, Mc Graw-Hill: México. pp: 1459 .
- Opazo, U. 1999. *Ingeniería sanitaria aplicada al saneamiento y salud pública*. Limusa: México, pp: 200.
- Osorio R.F., Torres R.J., Sánchez B.M. 2010. *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes (aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales)*. España: Díaz de Santos.
- Pelczar M. J., Roger D., Reid, E.C. 1982. *Microbiología*. 4ta. edición. Editorial: McGraw Hill. México, . pp: 689, 692-693, 697.
- Pumarola S.T. 1984. *Estudios sobre las técnicas de aislamiento y el grado de contaminación de las aguas residuales de Barcelona por microorganismos del género Salmonella. tesis para grado de doctor universidad de de Barcelona*. Barcelona, España. pp 492.
- Ramos, S. R. (1992), *Aceite de Neem un insecticida ecológico para la agricultura*; España. (Ver <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/Neem>).
- Shuval. H. 1977. *Water renovation and Reuse*. Academic Press Inc. New York, United States .Academic Press, 1977. Pp:3-8.