

ELIMINACIÓN DE *ESCHERICHIA COLI* EN LODOS RESIDUALES MEDIANTE EL SECADO SOLAR

ELIMINATION OF *ESCHERICHIA COLI* IN SEWAGE SLUDGE BY DRYING SUN

Anthony Amaya B., Wendy Alarcón S., Tania Bazán G.,
Sonia Saldaña A., Neyder Vásquez Q., Tiara Vega T.
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad César Vallejo.

Recibido: 12 octubre 2015 - Aceptado: 25 noviembre 2015

RESUMEN

La presente investigación describe el desempeño de un secador solar con respecto a la eliminación de *Escherichia coli* contenidas en lodos provenientes de la planta principal de tratamiento de aguas residuales Inka Gold, una gran problemática ecológica, social y tecnológica, debido a su mal manejo, procesamiento y disposición final. Diversas enfermedades gastrointestinales pueden ocurrir por la dispersión de patógenos ocasionada por la acción del viento y vectores. La utilización de tecnologías del secado solar constituye una alternativa económica y tecnológicamente viable para la eliminación de altos contenidos de microorganismos patógenos. Para contribuir en la solución de esta problemática, los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales "Inka Gold" fueron procesados en un secador solar con el propósito de buscar mejores mecanismos de manejo y disposición.

Las variables como humedad, temperatura y radiación demostraron ser factores importantes para la sobrevivencia o muerte de las bacterias. Por medio del método de conteo en placa en superficie a las 24 horas de salir de la estufa de cultivo comenzamos a contar las colonias (*Escherichia coli*) presentes en cada placa, con las diluciones en lodo húmedo 10^{-5} hasta la 10^{-7} y en lodo seco con 10^{-1} hasta la 10^{-7} .

Palabras clave: Lodos residuales, Secador solar, *Escherichia coli*.

ABSTRACT

This research describes the performance of a solar dryer, with regard to the elimination of pathogenic bacteria contained in slurry, coming from the main "Inka Golden" plant wastewater treatment, a great ecological, social, and technological problems due to their poor management, processing and final disposition. Different gastrointestinal diseases may occur by the dispersion of pathogens caused by the action of the wind and vectors. The use of the solar drying technologies is a technologically feasible and economic alternative for the removal of high content of pathogenic microorganisms. To contribute to the solution of this problem, "Inka Golden" wastewater treatment plant sludges were processed in a solar dryer in order to find better mechanisms of management and disposal. Variables such as humidity, temperature, pH, and radiation proved to be important factors for the growth and survival of bacteria. A drying of the exponential type behavior was observed, to the 2 days out of the range of cultivation begin to count colonies (*Escherichia coli*) present on each plate, an initial concentration in wet mud

Key words: Sewage sludge, dryer Sun, *Escherichia coli*.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se pueden conocer innumerables enfermedades, una de las principales causantes es la presencia de distintas bacterias presentes en el huésped. Las bacterias están presentes alrededor nuestro, en el aire, en los objetos y normalmente se encuentran en el cuerpo humano; por ello, las personas pueden contagiarse de bacterias patógenas presentes en los alimentos, el agua, rozaduras y heridas de otros e incluso de las bacterias colonizadoras (Pírez, 2009).

Escherichia coli, es una bacteria causante de enfermedades endógenas en pacientes debilitados o en situación de alteración de la pared intestinal. Habita en el intestino de los humanos y otros mamíferos; por lo tanto, esta bacteria ha desatado un brote de infecciones a nivel mundial. Uno de los lugares más frecuentes en los que se puede encontrar la presencia de estos microorganismos, especialmente *Escherichia coli* es en los lodos; siendo esta una mezcla de agua y sólidos separada del agua residual, como resultado de procesos naturales o artificiales, permitiendo así su crecimiento y desarrollo. (Internacional, 2010). Los lodos, húmedos o secos, contienen la mayor parte de los contaminantes de las aguas residuales, principalmente metales pesados y, en consecuencia, su utilización ha de ser controlada para evitar la contaminación de las zonas en que se usa.

La radiación solar, que es el flujo de energía que se recibe del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta), vital para la existencia humana y distintos procesos biológicos; sin embargo el aumento excesivo de una radiación (temperatura extrema), hace que muchos microorganismos no puedan desarrollarse. Una alternativa económica para el tratamiento térmico de los lodos, es la utilización de secadores solares. Las ventajas de estos sistemas es que no requieren de personal especializado y los costos de energía son nulos, ya que se utiliza al sol como emisor energético.

Según estudios realizados en cuanto a sistemas solares de secado tipo invernadero se ha concluido que son hasta cinco veces más eficientes en la remoción de agua que el secado tradicional a la intemperie. (Mohamud *et al*, 1996). Es por ello, se planteó el siguiente problema: Realmente, ¿El método de secado

Solar ayuda a eliminar las bacterias presentes en lodos residuales?; por este motivo se decidió realizar un trabajo en el laboratorio enfocado en la bacteria *Escherichia Coli*. El presente trabajo tiene como objetivo eliminar bacterias patógenas presentes en los lodos de la planta Inka Gold empacadora de espárragos mediante el método del secado Solar; así como, realizar un análisis microbiológico cuantitativo para identificar *Escherichia Coli* presente en el lodo de Inka Gold y elaborar un sistema de secador solar, con el fin de eliminar la bacteria patógena mencionada anteriormente. Se han realizado innumerables investigaciones, en las que se ha utilizado como herramienta principal a un secador solar, tal es el caso de la Universidad Autónoma de ciudad Juárez, en su investigación "El proceso de secado solar de lodos generados en plantas tratadoras de aguas residuales. Problemática de lodos residuales", donde se determinó que los lodos generados en las PTAR contribuyen a la problemática ambiental de los países.

En la Unión Europea se calculó una producción de 6.5 millones de toneladas por año y se vaticinó una producción en el rango de 7.6 a 8.9 millones de toneladas en base sólida anuales. En México, el problema del manejo de lodos crece con la población, de tal manera que en ciudades grandes la producción de lodos llega a ser más de 80 000 ton al año. Además, la disposición de los lodos representa más del 40% del costo global del tratamiento de las aguas residuales (Mohamud *et al*, 1996). El Instituto de Ciencias Biomédicas Programa de Química, también presentó un proyecto referente: "Secador solar de lodos residuales" como una alternativa económica para el tratamiento térmico de los lodos, utilizando secadores solares y determinando que en lo referente a salud pública, el secado de los lodos producidos en las PTAR utilizando un SSTI ofrece una reducción de infecciones por microorganismos patógenos, dado que el proceso de secado elimina la mayor parte de éstos en un tiempo menor que el secado al aire libre. También se elimina la invasión por vectores como hongos, insectos, roedores y aves los cuales pudieran diseminar material contaminante, debido a que es una cámara cerrada y esto permite que los lodos no estén al alcance de estos organismos.

En cuanto al espacio y al tiempo, el SSTI requiere una pequeña área de tierra para

trabajar comparada con la necesaria para extender al sol las grandes cantidades de lodos que se producen diariamente, y también un tiempo mucho menor para secar los lodos. En términos de operación efectiva el uso del SSTI hacen que sea importante en lugares donde el clima es muy húmedo, donde por lo regular hay gran cantidad de lluvia y sería inefectivo en gran manera el secado al aire libre. El mantenimiento que necesita un SSTI es mínimo. En lo económico, la inversión

inicial es menor en un SSTI que cualquier otra tecnología de secado de lodos, además que se minimizan los costos de operación ya que no es necesario un combustible. (Cota, 2006). La investigación permitirá establecer nuevas técnicas de tratamiento de lodos, para eliminar los microorganismos, como el *Escherichia coli* por medio del Secado Solar y así obtener beneficios tanto económicos como energéticos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se ha clasificado como experimental y se desarrolló durante los meses de octubre-diciembre del 2015, con el análisis de los lodos residuales de la empresa Inka Gold. El diseño del sistema de muestreo, se realizó con una entrevista a los encargados de la zona industrial, posteriormente se hizo el estudio y recolección de muestras a estudiar. Se trabajó con 1 Kg. de lodo residual, aproximadamente, en un recipiente de vidrio con tapa de plástico. Se guardó a temperaturas entre 18 y 25 °C. Una cierta cantidad de lodo húmedo se guardó en el pote de primer uso, a lo que denominamos muestra húmeda. El resto del lodo fue vertido dentro del desecador para obtener la muestra seca. Luego del secado se vertió en el segundo pote

de primer uso. Se procedió a preparar las disoluciones del lodo húmedo y seco. Para el lodo húmedo seco y se pesó 5g respectivamente como muestra, para después diluir cada uno de ellos en 45 ml de agua destilada por separado. Así se obtuvo la dilución 10⁻¹. Ya obtenida la dilución 10⁻¹ de ambas muestras, se diluyó tanto la muestra húmeda, como la seca hasta la dilución 10⁻⁷. Para la siembra de la muestra húmeda se hizo uso de las diluciones 10⁻⁵; 10⁻⁶ y 10⁻⁷. Para la muestra seca se utilizó todas las diluciones, desde la 10⁻¹ hasta 10⁻⁷. La cantidad de dilución que se agregó a las placas Petri fue de 0.1 ml. Pasadas las 24 horas de incubación, se tomó nota las colonias color púrpura presentes en la placa.

III. RESULTADOS

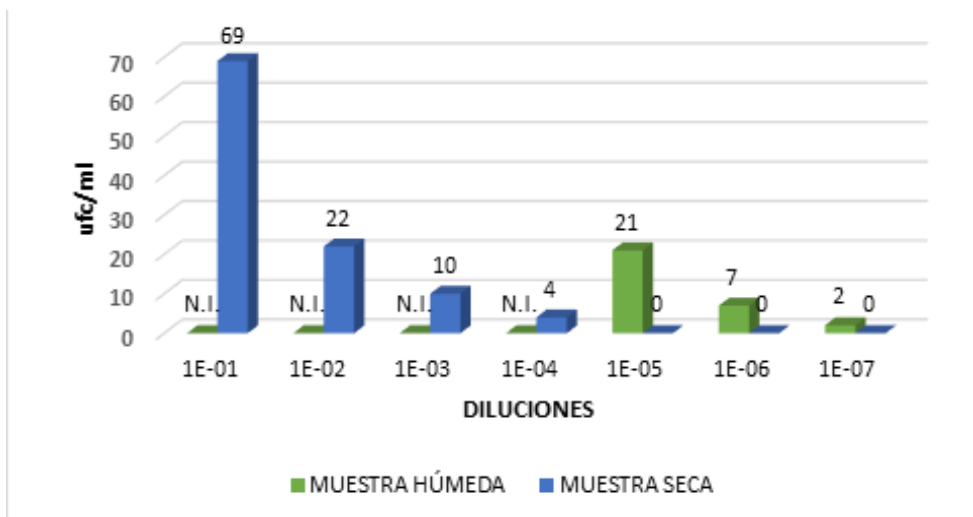


Figura 1. Comparativo del promedio de las todas los resultados de muestras tomadas a la empresa Inka Gold, se representa las colonias de E-coli con sus respectivas diluciones.

IV. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito eliminar *Escherichia coli* presente en los lodos de la planta Inka Gold empacadora de espárragos mediante el método del secado solar; además de realizar un análisis microbiológico cuantitativo para identificar *E. Coli* presente en el lodo. En la Figura 1 se pueden apreciar las cantidades de colonias de las cuatro muestras de lodo húmedo en diluciones 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} . Sin ir muy lejos, en la primera muestra se puede evidenciar que a partir de la dilución 10^{-3} hasta 10^{-7} , de la muestra seca, ya no existen bacterias presentes en las placas; mientras que en la muestra húmeda solo la dilución 10^{-7} carece de bacterias, sabiendo esto se puede concluir que en este primer análisis si se logró matar bacterias por factores como temperatura y radiación UV, que son de suma importancia para el crecimiento de los organismos; ya que, a medida que aumentan estas por encima de la temperatura óptima de crecimiento, mayor es la velocidad de muerte de los microorganismos. Similarmente en el segundo análisis, correspondiente a la segunda muestra, se describe el mismo fenómeno pero esta vez ocurre un ligero cambio ya que en la muestra húmeda se encontraron bacterias hasta la dilución 10^{-7} este cambio puede deberse a variaciones en la temperatura, el lugar en el que se recogió la muestra, el tiempo en que estuvieron almacenados los lodos, etc.

En la muestra seca se observa que también hay un aumento de colonias, con respecto a la muestra 1, ya que hay presencia de bacterias hasta la dilución 10^{-4} ; sin embargo, fuera del aumento de colonias en ambas muestras (seca y húmeda), se puede decir que la luz solar fue efectiva al momento de eliminar bacterias ya que en las diluciones 10^{-5} ; 10^{-6} ; 10^{-7} de la muestra seca no se encontraron bacterias, lo mismo que sucede en la muestra 3, pero en esta hay cambios drásticos en las cantidades de colonias en la muestra seca y la húmeda. Mientras la muestra húmeda disminuyó sus cantidades de colonias con respecto a la de la muestra 2, la muestra seca aumentó de manera estrepitosamente con respecto a la muestra seca del segundo análisis; se puede suponer una probable interrupción en el proceso de eliminación de bacterias. Esta probable interrupción puede ser por algunos factores meteorológicos como la temperatura y la nubosidad ya que en los días finales del mes de noviembre se presenciaron grandes periodos de nubosidad que afectan factores como el calor y los rayos UV, este último no tiene poder de penetración, por

lo que es útil para matar microorganismos en las superficies, la luz UV se utiliza para esterilizar salas de hospitales y por ellos es claro limitante del crecimiento microbiano, por otro lado, sin importar que el proceso de eliminación sea interrumpido, si se logró matar bacterias ya que en las diluciones 10^{-5} ; 10^{-6} y 10^{-7} de la muestra seca no se evidenciaron colonias, mientras que en las de la muestra húmeda sí. Para no tener estas anomalías siempre se trata de que los análisis se realicen en las mismas condiciones. Las condiciones en las que se realizó el secado de la muestra 4 fueron óptimas al igual que en la muestra 1 y 2, las cuales se realizaron con un cielo despejado y temperaturas continuas según las horas del día. Es por esto que se puede apreciar que las cantidades de colonias de la muestra seca y húmeda de la muestra 4 disminuyeron con respecto a las muestra 2, comparamos con la muestra 2 porque después de la muestra 1, no presentó anomalías, que si se presentaron en la muestra 3. Se identifica que en la muestra seca hubo bacterias hasta la dilución 10^{-3} y en el resto de diluciones no, se presume que el tratamiento si funcionó ya que las diluciones 10^{-5} ; 10^{-6} ; 10^{-7} de la muestra húmeda se evidencia la presencia de colonias, mientras que en las muestra seca, en las mismas diluciones, no hay rastro de estas y así se puede decir que el tratamiento de secado solar si funciona, pero al tener tantos datos y algunas variación en estos es necesario hacer un promedio de colonias en la muestra húmeda de cada análisis por cada dilución y ese mismo proceso también se aplicó en la muestra seca.

Los resultados son contundentes al mostrar, en el gráfico de promedios, que en las diluciones 10^{-5} ; 10^{-6} y 10^{-7} de las muestras húmedas si se encontraron colonias y en mucha cantidad debido a la actividad del agua "aw" que viene a ser la relación entre el vapor de agua del sustrato de cultivo y la presión del agua pura, pero esas condiciones son iguales para el crecimiento microbiano en el momento de la inoculación, pero esta actividad suele actuar desde mucho antes de recoger las muestras dándoles a las bacterias un medio húmedo donde desarrollarse y en donde pueden encontrar nutrientes disueltos en esta, lo que facilita el crecimiento libre de bacterias en la muestra húmeda; sin embargo en la fase seca después del tratamiento solar, habiéndonos desecho del agua y con ello la actividad del agua, no se evidenció presencia de bacterias *E-coli*.

VI. CONCLUSIONES

1. Se eliminó las bacterias patógenas presentes en el lodo residual de planta Inka Gold mediante la técnica del secado solar.
2. La cantidad de colonias formadas de *Escherichia coli* luego del tratamiento de secado solar fue de 0 en las diluciones 10^{-5} ; 10^{-6} y 10^{-7} .
3. Se logró elaborar un secador solar el cual fue efectivo para la eliminación de *Escherichia coli*, diseñado y construido por los estudiantes del IV ciclo de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cota Espericueta, Alma Delia y Ponce Corral, Carlos. El proceso de secado solar de lodos generados en plantas tratadoras de aguas residuales. México: La Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez. 2007. Pag 46.

Cota Luboschik. "Instituto de Ciencias Biomedicas Programa de Quimica: "Secador solar de lodos residuales". México: 2006. Pag 10.

Escuelas Radiación. [ref. de 04 de diciembre 2015]. Disponible en Web : <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi97/imagen/espinal/radiacin.htm>.

Gualberto. Trabajos de ingresos. [ref. de consulta 28 octubre 2015]. Disponible en web:http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf

International. Parlay [En Línea] 2010.[ref. de consulta 28 octubre 2015] Disponible en web: [http://C:/Users/Sonia/Downloads/21618-38940-1-PB%20\(4\).pdf](http://C:/Users/Sonia/Downloads/21618-38940-1-PB%20(4).pdf)

Mohamu; L.A, Gutierrez y A.H., Sastre"Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. "El Proceso de secado solar de lodos generados en plantas tratadoras de aguas residuales "Problemática de lodos

residuales". México: 1996. Pag. 47-62

Pérez, M. Estructura y morfología bacteriana. España: 2009. [ref 28 octubre 2015] Disponible en web : <http://www.uacj.mx/ICB/redcib/Publicaciones/Tesis%20Licenciatura/Qu%C3%ADmica/CUANTIFICACI%C3%93N%20DE%20SALMONELLA%20EN%20LADOS%20GENERADOS%20EN%20PTAR%20DURANTE%20EL%20PROCESO%20DE%20SECADO%20SOLAR.2.pdf>.

Sites. Métodos de lodos. [ref de consulta 28 octubre 2015]. Disponible en web : http://www.sag.cl/sites/default/files/METODOS_LODOS_SUELOS.pdf

Sol. Radiación solar. [ref de 28 octubre 2015]. Disponible en web : <http://www.solarq.com/index.php/radiacion-solar/radiacion-tierra>

Tesis. Deshidratado y secado de lodo. [ref de 28 octubre 2015]. Disponible en web:<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/4314/Capitulo8.pdf>