


Control bacteriano con luces UV en la industria alimentaria en Nicaragua



Bacterial control with UV lights in the food industry in Nicaragua

Salgado Arauz, Georvany José

 Georvany José Salgado Arauz
georva18s@gmail.com
Universidad Iberoamericana de Ciencia y Tecnología,
Nicaragua

Revista Torreón Universitario
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua,
Nicaragua
ISSN: 2410-5708
ISSN-e: 2313-7215
Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 13, núm. 36, 2024
revis.torreon.faremc@unan.edu.ni

Recepción: 17 Julio 2023
Aprobación: 15 Enero 2024

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/387/3874817013/>

DOI: <https://doi.org/10.5377/rtu.v13i36.17637>

Resumen: Este artículo documenta la aplicación de la metodología de un proyecto descriptivo de ingeniería industrial para la industria alimentaria siendo una de las más importantes en nuestro país, pero también una de las más susceptibles a problemas de contaminación bacteriana. Las enfermedades transmitidas por alimentos son un problema grave que afecta a millones de personas cada año. ¿Qué podemos hacer al respecto? La solución está en las luces UV.

Las luces UV son una forma efectiva y segura de controlar la proliferación de bacterias en la industria alimentaria. Al exponer los alimentos y las superficies a estas luces, se eliminan hasta el 99.9% de las bacterias presentes, sin necesidad de productos químicos o procesos complicados. Además, las luces UV son amigables con el medio ambiente y no generan residuos tóxicos.

Palabras clave: Bacterias, Contaminación bacteriana, Industria alimentaria, Luces UV, Microbiología.

Abstract: This article documents the application of the methodology of a descriptive industrial engineering project for the food industry, being one of the most important in our country, but also one of the most susceptible to bacterial contamination problems. Foodborne illness is a serious problem that affects millions of people each year. What can we do about it? The solution is in UV lights.

UV lights are an effective and safe way to control the growth of bacteria in the food industry. By exposing food and surfaces to these lights, up to 99.9% of the bacteria present are killed, without the need for chemicals or complicated processes. In addition, UV lights are friendly to the environment and do not generate toxic waste.

Keywords: Bacteria, Bacterial contamination, Food industry, Microbiology, UV lights.

INTRODUCCIÓN

El control bacteriano es un tema presente en diversos campos, como la medicina y la industria alimentaria. Las bacterias pueden causar enfermedades y contaminar productos, lo que puede tener graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente.

En la industria alimentaria, las bacterias pueden causar al consumidor infección e intoxicación. La infección se produce por la ingesta de alimentos contaminados con bacterias vivas que entran en el huésped y provocan la enfermedad. La intoxicación, en cambio, aparece cuando se ingieren alimentos que antes se han contaminado con bacterias que producen toxinas, y estas últimas son las que causan la enfermedad.

La luz ultravioleta (UV), en particular en la banda de longitud de onda de 254 nm, tiene propiedades germicidas que afectan el ADN y el ARN de las bacterias, impidiendo su replicación y supervivencia. Este trabajo consiste en desarrollar un proyecto que aborde los desafíos técnicos y de seguridad relacionados con el control bacteriano mediante luz UV en entornos industriales.

En consecuencia, el proyecto de control bacteriano de luz UV pretende el desarrollo de un prototipo eficaz y rentable, se usará la luz UV como método de control bacteriano, utilizando luz UV-C. Para ello, se implementará un dispositivo que emita radiación UV-C de forma controlada, aplicando está a cultivos de bacterias, presentes en un medio de cultivo agar, se pretende ver el crecimiento de bacterias de ciertas superficies, en donde se distinguirá entre los cultivos que fueron expuestos a la luz UV-C y los que no, esto será evaluado en ensayos de laboratorio.

MÉTODO.

El diseño metodológico del proyecto es de tipo descriptivo y experimental de corte transversal que incluye una serie de pasos cuidadosamente planificados para garantizar la efectividad del control bacteriano con luces UV en la industria alimentaria.

La metodología utilizada en esta investigación se dividió en tres fases principales: la primera fase consistió en la revisión bibliográfica de estudios previos relacionados con el control bacteriano en la industria alimentaria, la segunda fase incluyó la selección de las muestras y la realización de los experimentos, y la tercera fase consistió en el análisis de los resultados obtenidos.

En la primera fase de la investigación, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de la literatura científica disponible sobre el control bacteriano en la industria alimentaria. Se analizaron artículos, informes y publicaciones relevantes para el tema de estudio. En la segunda fase, se seleccionaron diferentes muestras de residuos en instalaciones específicas a ser implantadas en un cultivo de Agar de soya para potenciar el crecimiento de bacterias y se expusieron a luz UV durante diferentes periodos de tiempo. Por último, se analizaron los resultados obtenidos y se compararon con los datos obtenidos en estudios previos. Teniendo como preguntas de investigación:

¿Cuál es la importancia de utilizar la luz UV para el control bacteriano en la industria alimentaria?

¿En qué condiciones de calidad se encuentran las instalaciones en general de la industria?

¿Cuáles son los aspectos que pueden influir para el crecimiento bacteriano dentro de estas instalaciones en la industria?

Como beneficiario directo está la industria alimentaria, ya que en términos generales tiene mayor grado de contaminación cruzada, por otro lado, como beneficiario indirecto vienen las demás industrias que igual siguiendo los pasos de la industria alimentaria haciendo uso de la luz UV, es posible alcanzar una desinfección del 99.9%.

RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en la investigación muestran que el uso de luces UV es altamente efectivo para el control bacteriano en la industria alimentaria. En comparación con otros métodos, las luces UV lograron una reducción significativa en la cantidad de bacterias presentes en las instalaciones de la industria. Además, se encontró que este método no afecta negativamente las propiedades organolépticas de los alimentos y/o la

interacción del trabajo de ingeniería, lo que significa que los productos tratados con luces UV mantienen su sabor, textura y aroma originales.

Se espera que la implementación del control bacteriano con luces UV en la industria alimentaria tenga un impacto significativo en la seguridad alimentaria. Se espera que el número de casos de enfermedades transmitidas por alimentos disminuya drásticamente, lo que resultará en una mayor confianza del consumidor en los productos alimenticios.

Además, se espera que la implementación de este método de control bacteriano sea rentable para las empresas de la industria alimentaria a largo plazo. Aunque puede haber costos iniciales asociados con la compra e instalación de equipos de luces UV, se espera que estos costos se compensen con el tiempo debido a una disminución en los costos de limpieza y desinfección, así como a una disminución en el número de productos contaminados que deben ser retirados del mercado.

Estos resultados son muy importantes para la industria alimentaria porque permiten mejorar la seguridad y calidad de los alimentos sin comprometer su apariencia o sabor. Además, el uso de luces UV como método de control bacteriano es más sostenible y económico que otros métodos que requieren el uso de productos químicos o altas temperaturas. En resumen, esta investigación demuestra que el uso de luces UV es una alternativa viable y eficaz para el control bacteriano en la industria alimentaria.

Una vez presentada la efectividad de las luces UV, se puede recomendar la instalación de las luces UV en los puntos críticos identificados durante la investigación. Se llevará a cabo una capacitación exhaustiva para garantizar que todo el personal involucrado en el proceso comprenda la importancia del control bacteriano y cómo funciona el sistema de luces UV.

DISCUSIÓN

1. Rayos UV

La radiación ultravioleta (UV) es una forma de radiación no ionizante que es emitida por el sol y fuentes artificiales, como las camas bronceadoras. Aunque ofrece algunos beneficios a las personas, como la producción de vitamina D, también puede causar riesgos para la salud. Nuestra fuente natural de radiación UV es el sol. (CDC español, 2021).

1.1 Tipos de radiación (UV)

(UVA): Los rayos UVA son los rayos ultravioletas que menos energía tienen. Penetran hasta la dermis (una capa más profunda de la piel). Aunque a simple vista son más inofensivos porque no provocan dolor ni quemaduras, estos rayos son los responsables del fotoenvejecimiento cutáneo y pueden provocar la aparición de manchas en la piel. (*¿Cuál es la diferencia entre rayos UVA y UVB?, s/f*)

(UVB): Este tipo de radiación ultravioleta tiene más energía que los rayos (UVA) pero se queda en la epidermis, la capa más superficial de la piel. Son los responsables de que se active la melanina y aparezca la marca del bikini en tu piel, pero también los causantes de las quemaduras provocadas por el sol, ya sean rojeces, descamación o heridas. (*¿Cuál es la diferencia entre rayos UVA y UVB?, s/f*)

(UVC): Rayos invisibles que son partes de la energía que viene del sol. La capa de ozono impide que la mayor parte de la radiación UVC llegue a la Tierra. En el campo de la medicina, la radiación UVC también puede surgir de lámparas especiales o de un rayo láser y se usa para eliminar gérmenes o para ayudar a cicatrizar heridas. (*Diccionario de cáncer del NCI, 2011*)

2. Bacterias

Las bacterias son organismos procariotas unicelulares, que se encuentran en casi todas las partes de la Tierra. Son vitales para los ecosistemas del planeta. Algunas especies pueden vivir en condiciones realmente extremas de temperatura y presión.

El cuerpo humano está lleno de bacterias, de hecho, se estima que contiene más bacterias que células humanas. La mayoría de bacterias que se encuentran en el organismo no producen ningún daño, al contrario, algunas son beneficiosas. Una cantidad relativamente pequeña de especies son las que causan enfermedades. (*Bacteria*, s/f)

2.1 Bacterias patógenas comunes encontradas en el medio ambiente

Actualmente, un serio peligro para la salud del planeta y de quienes lo habitamos, es la contaminación. Al ambiente llegan no solo basuras y desechos, sino antibióticos y sus metabolitos, bacterias resistentes y genes de resistencia, todos ellos parte de lo que se han llamado ‘contaminantes emergentes’, que si bien no son nuevos, en los últimos años, gracias a los avances científicos y tecnológicos, se ha logrado detectarlos y analizarlos con mayor precisión, estableciendo que tienen una gran capacidad de mantenerse, amplificarse y diseminarse a nivel ambiental, convirtiéndose en un peligro para la naturaleza y para la salud humana y animal. (Mar, s/f)

Las bacterias más comunes en el ambiente son en su mayoría bacterias entéricas, provenientes del tracto gastrointestinal de animales y humanos, denominadas bacterias fecales, cuya capacidad de sobrevivir y reproducirse en el agua es restringida dado el estrés fisiológico que presenta el medio acuoso. (Ríos-Tobón et al., 2017)

Dentro de las bacterias establecidas como contaminantes del agua se han aislado Gram negativas, especialmente pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Gallionella*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Bordetella*, *Neisseria*, *Moraxella* y *Acinetobacter*. Sin embargo, el grupo bacteriano que cumple con las características de potencial bioindicador de calidad del agua es el de las bacterias coliformes, enterobacterias o *Enterobacteriaceae*, anaerobias facultativas, no esporulantes, productoras de gas y fermentadoras de lactosa por vía glucolítica, que generan ácidos como producto final. Corresponden a 10% de los microorganismos intestinales humanos y animales, por lo que su presencia en el agua está asociada con contaminación fecal e indica tratamientos inadecuados o contaminación posterior. (Ríos-Tobón et al., 2017)

Este grupo incluye géneros *Escherichia*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, y *Citrobacter*. Estos cuatro últimos se encuentran en grandes cantidades en fuentes de agua, vegetación y suelos, por lo que no están asociados necesariamente con contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud. Sin embargo, especies de géneros *Enterobacter* y *Klebsiella* colonizan superficies interiores de las tuberías de agua y tanques de almacenamiento, que forman biopelículas en presencia de nutrientes, temperaturas cálidas, bajas concentraciones de desinfectantes y tiempos largos de almacenamiento. (Ríos-Tobón et al., 2017)

Algunos otros géneros gram negativos implicados en las enfermedades de transmisión hídrica son *Aeromonas*, *Neisseria*, *Moraxella* y *Acinetobacter*. Aunque las bacterias gram positivas no son muy comunes en fuentes de agua, algunos géneros representan a este grupo: *Micrococcus*, *Staphylococcus* y *Enterococcus*. *E. faecalis* afecta a los humanos, habitando en su intestino, por lo que también se considera indicador de contaminación fecal, Por mencionar algunos. (Ríos-Tobón et al., 2017)

2.2 Bacterias patógenas comunes encontradas en el sector alimenticio de la industria

Las bacterias patógenas en la industria alimentaria pueden causar brotes que afectan a la salud y la seguridad de los consumidores. A continuación, repasaremos 5 bacterias muy comunes en la industria, profundizando en qué alimentos acostumbran a «alojarse» y qué daños provocan. (Papelmatic, 2019)

Escherichia Coli o E. Coli: La Escherichia Coli vive en carnes, generalmente de res, que o bien están crudas, o bien no han sido cocinadas de forma correcta. También habita en líquidos que no han sido tratados como, por ejemplo, la leche sin pasteurizar o el agua contaminada. Provoca calambres estomacales o diarreas y es especialmente peligrosa porque, en ocasiones, es asintomática (Están presentes en la orina en cantidades superiores a las normales). (Papelmatic, 2019)

Listeria Monocytogenes: habita en alimentos ya tratados y listos para consumir (carne de res, pollo, pescado o leche sin pasteurizar). A diferencia de otras bacterias, es capaz de sobrevivir en el frío, por lo que puede reproducirse en frigoríficos. La Listeria afecta al organismo de forma muy diversa: puede provocar fiebre, dolores de cabeza, diarreas, etc. y es especialmente peligrosa en mujeres embarazadas. (Papelmatic, 2019)

Campylobacter Jejuni: se encuentra en alimentos que no han sido tratados o que se han cocinado de forma incorrecta. La encontramos en la leche cruda, agua contaminada, carne de res, pollo o pescados crudos. Afecta principalmente al estómago, provocando diarreas y calambres e, incluso, en ocasiones, también dolores de cabeza. Los bebés y niños menores de un año son especialmente susceptibles a esta bacteria. (Papelmatic, 2019)

Salmonella: La Salmonella, la otra gran conocida junto con la Listeria, habita en huevos crudos o poco cocinados, en productos lácteos, carne de res, pollo y pescado crudos. Provoca diarreas, fiebres, dolores de cabeza e, igual que ocurre con la Listeria, es especialmente peligrosa en mujeres embarazadas. (Papelmatic, 2019)

Yersinia Enterocolitica: La Yersinia está presente en carnes crudas, pescados y mariscos, además en productos lácteos no tratados. Afecta principalmente al estómago, provocando diarreas, vómitos y dolores y, pese a que su actuación es inmediata, acostumbra a presentar una duración que va desde siete días hasta tres semanas. (Papelmatic, 2019)

3. Proceso de desinfección de alimentos por medio de rayos UVC:

El efecto germicida de la radiación UV se vincula a la energía asociada a la longitud de onda o frecuencia de la luz UV que es capaz de producir daños fotoquímicos en los ácidos nucleicos de los microorganismos. Varios estudios han examinado la aplicabilidad de la radiación UV en la inactivación de patógenos para la desinfección del agua, varios estudios revelan que una longitud de onda alrededor de 265 nm tiene un efecto de inactivación relativamente mayor de organismos comparados a otras longitudes de onda. (Rossel Bernedo et al., 2020)

La radiación de luz ultravioleta penetra la pared celular de los organismos y es absorbida por el ADN y el ARN dimerizado dos bases (las une entre sí con un doble enlace), lo cual impide la reproducción o produce la muerte de la célula. La dimerización de dos timinas es la más eficiente para inactivar los microorganismos. (Rossel Bernedo et al., 2020)

4. ¿Por qué la desinfección con UVC es una mejor opción que otras formas de desinfección?

A diferencia de los métodos químicos de desinfección de aguas, la radiación UV proporciona una inactivación rápida y eficiente de los microorganismos mediante un proceso físico. Cuando las bacterias, los virus y los protozoos se exponen a las longitudes de onda germicidas de la luz UV, se vuelven incapaces de reproducirse e infectar. Se ha demostrado que la luz UV es eficaz frente a microorganismos patógenos, como los causantes del cólera, la polio, la fiebre tifoidea, la hepatitis y otras enfermedades bacterianas, víricas y parasitarias. (*Introducción a la desinfección por UV, s/f*)

Control bacteriano.

Tener bajo control a virus, bacterias y hongos, es una de las principales prioridades de hoy en día. Existen diversos métodos para la desinfección e higienización de superficies, aire y agua, con amplios estudios que los avalan, y uno de ellos es la luz UV-C a unas longitudes de onda específicas.

Acción De La Luz UV-C o UV-GI

La exposición directa a la luz UV-C, en longitudes de onda alrededor a los 253,7 nm, en los diferentes microorganismos como virus, bacterias, hongos, levaduras y protozoos consigue destruir los ácidos nucleicos y daña su ADN/ARN, generando daños en sus estructuras moleculares. El efecto conseguido es la desinfección por esterilización, los incapacita para poder reproducirse y, por lo tanto, elimina su capacidad de infectar.

¿Cómo destruye la luz ultravioleta los microorganismos?

Generalmente todo el espectro de luces ultravioleta consigue inactivar la mayoría de microorganismos, sin embargo, en aplicaciones de desinfección de aire y superficies sólo se recomiendan las luces UVC por tener la longitud de onda apropiada.

Las luces UV destruyen los microorganismos al dañar su estructura de ácidos nucleicos y proteínas. La efectividad depende de la dosis de radiación recibida además de la susceptibilidad del microorganismo que se busca controlar. Se destruye su ADN o ARN por lo que se impide su reproducción convirtiéndose en una solución eficaz.

¿Cómo funciona la desinfección por luz UV?

La luz ultravioleta (UV) es una forma de luz invisible al ojo humano, ocupando la porción del espectro electromagnético situada entre los rayos X y la luz visible. Por ejemplo, el sol emite luz ultravioleta, aunque la capa de ozono terrestre absorbe gran parte de ella ya que en caso contrario sería dañina para el ser humano, no sólo para las bacterias. La desinfección y esterilización con luz ultravioleta es de gran eficacia si esta es correctamente usada.

La Luz UV como tal, fue descubierta en 1.800 por un astrónomo alemán llamado Friedrich William Herschel, que utilizó un prisma de cristal con diferentes colores de luz para experimentar con la luz solar y descubrió una luz invisible que inicialmente fue llamada «Ultra-roja». Johann Wilhelm Ritter también llevó a cabo experimentos en 1801. Encontró una forma de luz más allá del extremo violeta del espectro. Se refirió a esta luz como rayos químicos, pero se le llamó más tarde luz ultravioleta.

Método para experimentación científica del control bacteriano con luz UV en laboratorio de biología.

1. Pesar 40 g de agar sobre una hoja de papel posterior a ello se coloca dentro del Beaker. Se vierte 1L de agua purificada y se mezcla con el agar hasta que este quede sin ningún grumo para luego verter en los platos Petri.
2. Colocar el plato Petri sobre el trípode y la malla para el mechero. Se enciende y regula la llama.
3. Se esperan 3 minutos hasta que la mezcla alcance el punto de ebullición. Cuando ya hayan pasado los 3 minutos se retira con unas pinzas el plato Petri.
4. Se espera a que se enfríe y se solidifique convirtiéndose en una mezcla con textura gelatinosa. Mientras se deja reposando el agar se calienta el asa en el mechero.
5. Una vez que el asa se torne rojo vivo se raya el plato Petri con un movimiento de izquierda a derecha consecutivo.
6. Se toman hisopos esterilizados y se pasan sobre las superficies de las que se quiere tomar la muestra. Cuando ya tenemos las muestras se frota el hisopo sobre las incisiones realizadas con el asa. Se espera a que las bacterias comiencen a crecer.
7. Pasado un día se observa crecimiento en los cultivos lo cual es indicador de que se realizó adecuadamente.
8. Pasado una semana se observa un crecimiento muy grande permitiéndonos ver manchas de distintos colores en el cultivo. Se procede a utilizar la luz UVC para reducir el tamaño de las manchas.

CONCLUSIONES.

El control bacteriano con luces UV es una solución efectiva y necesaria para garantizar la seguridad alimentaria en la industria. Como hemos visto a lo largo de esta presentación, las bacterias pueden contaminar los alimentos y causar enfermedades graves en los consumidores. Por eso, es crucial implementar medidas preventivas como el uso de luces UV para matar las bacterias y mantener los alimentos seguros para el consumo humano. En la industria alimentaria, las bacterias pueden causar numerosas infecciones, por ingesta, lo cual podría ser un peligro para el ser humano.

La tecnología de esterilización UV-C ha evolucionado a lo largo del tiempo, con mejoras en las lámparas UV y los sistemas de desinfección. Se ha convertido en una opción ampliamente utilizada en la desinfección y esterilización de superficies, aire y agua.

La luz ultravioleta no altera las características de los productos a los que se expone, como el agua, preservando su composición, sabor y color. Además, puede ser utilizada en diferentes entornos y superficies, mejorando la calidad y seguridad de los productos.

En conclusión, los resultados de esta investigación demuestran que el uso de luces UV es un método efectivo para controlar la presencia de bacterias en la industria alimentaria. Con la parte experimental se comprobó la eficacia que tiene y como evita la reproducción de las bacterias en las diferentes áreas de trabajo de la industria. Además, este método tiene ventajas respecto a otros métodos de control bacteriano, como la ausencia de residuos tóxicos en los alimentos tratados.

Sin embargo, también hemos encontrado que la implementación de este método requiere una inversión significativa en equipos y capacitación del personal encargado de su uso. Es importante que las empresas de la industria alimentaria consideren cuidadosamente estos costos antes de decidir adoptar esta tecnología.

REFERENCIAS.

- Bacteria*. (s/f). Genome.gov. Recuperado el 24 de mayo de 2023, de <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Bacteria>
- CDCespanol. (2021, julio 19). *Radiación UV*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/radiacionuv/index.html>
- ¿Cuál es la diferencia entre rayos UVA y UVB? (s/f). Garnier.es. Recuperado el 24 de mayo de 2023, de <https://www.garnier.es/consejos-belleza/proteccion-solar/diferencias-rayos-uva-uvb>
- Desincash. (s/f). Cómo actúa la Luz UV sobre los diferentes microorganismos. Cómo actúa la Luz UV sobre los diferentes microorganismos - Desinfección de Billetes y Monedas (desincash.com)
- Cabral, A. (2017). Efecto de la radiación ultravioleta sobre la calidad de hortalizas deshidratadas (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Uncuyo. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8693/tesis-brom.-cabral-and-rea-2017.pdf
- Diccionario de cáncer del NCI*. (2011, febrero 2). Instituto Nacional del Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/radiacion-uvc>
- Ecodelsa. (13 de mayo 2020). Luz Ultravioleta UV-C Desinfección Virus y Bacterias. <https://ecodelsa.com/luz-ultravioleta-uv-c-desinfeccion-virus-y-bacterias/>
- "Historia de los rayos UVA y su descubridor". (s.f.). CurioSfera-Historia. <https://curiosfera-historia.com/historia-de-los-rayos-uva-y-su-descubridor/>.
- Introducción a la desinfección por UV*. (s/f). Trojanuv.com. Recuperado el 26 de mayo de 2023, de <https://www.trojanuv.com/es/uv-basics/>
- Mar, 4. (s/f). *El medio ambiente, arma y escudo de bacterias multirresistentes*. Paho.org. Recuperado el 1 de junio de 2023, de <https://www.paho.org/es/noticias/4-3-2021-medio-ambiente-arma-escudo-bacterias-multirresistentes>
- Papelmatic. (2019, septiembre 19). *Bacterias patógenas en la industria alimentaria*. Papelmatic. <https://papelmatic.com/bacterias-patogenas-en-la-industria-alimentaria/>
- Ríos-Tobón, S., Universidad de Antioquia, Agudelo-Cadavid, R. M., Gutiérrez-Builes, L. A., Universidad de Antioquia, & Universidad Pontificia Bolivariana. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Rossel Bernedo, L. J., Universidad Privada San Carlos - Puno, Perú, Ferro Mayhua, F. P., & Ministerio de Salud del Perú, Región de Salud Puno, Salud Chucuito. (2020). Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(1), 68–77. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.537>