

Análisis del efecto de uso de trituradores de desechos de comida en la calidad del agua residual

Analysis of the effect of using sink grinders on the quality of wastewater

Juan Roberto Catalán López

¹Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos,
Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Dirección para recibir correspondencia: catalan.roberto@yahoo.com

Recibido: 03/03/2022 Aceptado: 06/12/2022

Resumen

En los países desarrollados se han implementado tecnologías para reducir la carga de residuos orgánicos que llegan a los centros de disposición final de los desechos sólidos, siendo el triturador de desechos de comida una de las tecnologías más utilizadas con este objetivo. Este dispositivo se coloca en el lavaplatos de la cocina con el objeto de reducir los residuos sólidos mezclando estos residuos con agua residual. En la región centroamericana no es común su utilización por lo que no existe información relacionada a su uso, y como este puede afectar las características de las aguas residuales en sus concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos (SS). En virtud de ello, este estudio buscó determinar el comportamiento de estos parámetros cuando se utilizan trituradores y si este uso afecta la biodegradabilidad del agua residual. El estudio se realizó en una cocina de un restaurante ubicado en el campus de la Universidad de San Carlos de Guatemala, determinándose que existe un incremento significativo ($p < 0.05$) en las concentraciones de la DBO_5 , DQO y SS con un 26%, 29% y 35% respectivamente. Asimismo, se identificó que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) en la biodegradabilidad de las aguas residuales, con lo que se concluye que la utilización de trituradores de desechos de comida en la región centroamericana implicaría un incremento en las concentraciones de DBO_5 , DQO y SS sin afectar su biodegradabilidad, debiendo de evaluarse a futuro el comportamiento de lodos en las plantas de tratamiento de agua residual.

Palabras claves: triturador de residuos, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos, demanda química de oxígeno, biodegradabilidad, eliminación de desechos.

Abstract

In developed countries, technologies have been implemented to reduce the quantity of organic waste that go the final disposal centers of solid waste, the sink grinder it's one of the most used technologies for this purpose. This device it installs in the kitchen sink to reduce solid waste by mixing this waste with residual water. In the Central American region, it's use is not common, so there is no information related to its use and how this can affect the characteristics of wastewater in the concentrations of biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD) and suspended solids (SS). This study sought to determine the behavior of these parameters when sink grinders are used and if this use affects the biodegradability of wastewater. The study was carried out in a kitchen of a restaurant located on the campus of the University of San Carlos de Guatemala, determining that there is a significant increase ($p < 0.05$) in the concentrations of BOD_5 , COD and SS with 26%, 29% and 35% respectively. In addition, it was identified that there is no significant difference ($p > 0.05$) in the biodegradability of wastewater, which concludes that the use of sink grinders in the Central American region would suggest an increase in the concentrations of BOD, COD and SS unchanged in the biodegradability, but is important the behavior of sludge in wastewater treatment plants must be evaluated in the future.

Key words: waste grinders, biochemical oxygen demand, suspended solid, chemical oxygen demand, biodegradability, waste disposal.



Introducción

La protección del medio ambiente hoy en día constituye una preocupación para el ser humano, dado que su deterioro es un fenómeno que afecta directa e indirectamente la salud de las poblaciones, alterando el equilibrio de los ecosistemas.

Es conocido que en las economías en desarrollo los residuos sólidos urbanos se integran con un 60% de desechos de tipo orgánico, un valor que se considera alto cuando este se compara con la composición de estos desechos en las economías desarrolladas cuyo porcentaje de fracción orgánica apenas alcanza un 30% (Maalouf & El-Fadel, 2017). Por esta razón, en países como Estados Unidos se implementó desde 1930 los trituradores de desperdicios en las cocinas de las viviendas, siendo este dispositivo ampliamente utilizado como un estándar en más del 94% de las viviendas de este país (Marashlian & El-Fadel, 2016).

Los trituradores de desechos se han implementado con el objetivo de reducir la fracción de materia orgánica que llega al sistema de tratamiento y disposición final de desechos sólidos municipales (Evans et al., 2010), sin embargo, estos dispositivos no son de uso común en países de la región centroamericana, cuya utilización se ha enfocado principalmente en restaurantes, por lo que no se cuenta con información de los efectos que pueden generar estos en las características del agua residual.

El agua residual que se genera en los restaurantes presenta nutrientes que al ser vertidos sin tratamiento a cuerpos receptores pueden provocar un desequilibrio ambiental (Maalouf & El-Fadel, 2017), por ello es importante revisar como impacta la utilización de los trituradores de desechos en el agua residual que se genera en estas instalaciones, considerando que estas pueden presentar importantes niveles de aceites, grasas, detergentes y desechos de comida.

Los desechos de comida constituyen un problema para el manejo de los desechos sólidos desde hace mucho tiempo, tal y como lo ha advertido Jones (1990) al indicar que este tipo de desechos tiene tres formas de manejarse: 1) A través de compost siempre y cuando las temperaturas lo permitan; 2) Enviar estos desechos al servicio de tratamiento y disposición de desechos sólidos municipales para su compostaje; y 3) La utilización de pequeñas trituradoras de desechos para convertirlo en pequeñas fracciones que se transportan a

través de las aguas residuales hacia el tratamiento de aguas residuales municipal (Jones, 1990).

La descarga de estos desechos de alimentos al alcantarillado posterior a su paso por una trituradora de desechos conlleva un “incremento en la concentración de sólidos suspendidos (SS), carbono orgánico (DBO), nitrógeno (N), fósforo (P) y grasa en el agua residual de la cocina” (Jones, 1990).

Es interesante observar que este incremento en los parámetros que indica Jones (1990), no son tan significativos según lo evidencia Marashlian & El-Fadel (2016) en el estudio que realizaron en la ciudad de Beirut donde identificaron que el uso de trituradores de desechos aumentó la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un rango de 17% a 62% y los sólidos suspendidos en un rango de 1.9% a 7.1%.

En un estudio más reciente realizado por Evans et al. (2010) identifica un incremento inicial de la DBO₇, DQO, N, y NH₄-N, retornando estos valores a los valores sin trituradores al cabo de un tiempo, con lo cual se observa que la implementación de trituradores de desechos no representa una variación significativa en estos parámetros.

De acuerdo con Metcalf & Eddy, Inc. (1996) la utilización del triturador de desechos genera un incremento del 25% en la concentración promedio de la DBO₅, y un 33% en la concentración de SS.

La presente investigación plantea como principal propósito comparar el agua residual proveniente de los trituradores comerciales de desechos de alimentos instalados en los lavaplatos de cocinas, analizando la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), los sólidos suspendidos (SS) y la demanda química de oxígeno (DQO), esto con el objetivo de establecer si se genera alguna modificación en estas concentraciones cuando se utilizan estos dispositivos y determinar su impacto en las condiciones de biodegradabilidad del agua residual que recibe estos desechos sólidos triturados.

Materiales y método

Se aplicó el método científico para el desarrollo de la investigación aplicando un enfoque de tipo cuantitativo con variables continuas.

La variable independiente fue definida como las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos (SS) del agua residual que contiene desechos de cocina proveniente del lavaplatos, y la variable dependiente se definió como la concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos (SS) presentes en el agua residual al utilizar el triturador de desechos de la cocina.

Para verificar la hipótesis planteada para el estudio se propuso un modelo metodológico de investigación de tipo cuasiexperimental, dado que el estudio tenía como objetivo establecer la relación causa-efecto existente entre el uso del triturador de desechos de la cocina y la modificación que este uso puede implicar en las concentraciones de DBO₅, DQO y SS.

Para el estudio se definió un grupo de control realizando la medición de las concentraciones de DBO₅, DQO y SS del agua residual sin que estuviera en funcionamiento el triturador de desechos del lavaplatos, datos que se utilizaron para compararlos con las concentraciones de estos parámetros cuando se puso en funcionamiento el triturador.

El estudio fue realizado sobre una muestra de agua residual generada en la cocina de un restaurante que posee una trituradora de desechos en el lavaplatos. Esta trituradora de desechos puede ponerse a operar o puede desconectarse para que el agua residual no sea sometida a dicho proceso.

Las muestras de agua residual fueron seleccionadas de forma aleatoria durante quince días en el cual se utilizó el lavaplatos de la cocina para realizar este estudio. El estudio no define un tamaño muestral para lograr una muestra representativa dado que el alcance del estudio es a nivel exploratorio, por lo que se trabajó con 8 muestras tomadas a conveniencia de forma aleatoria entre los 15 días en que se delimitó la realización del estudio, siempre en el horario de operación del lavaplatos.

El procedimiento utilizado para el desarrollo de la investigación fue el siguiente:

- Se realizó el lavado de la vajilla con el triturador desconectado.
- Se procedió a tomar la muestra de control del agua residual (sin uso de triturador).

- Se realizó el aforo volumétrico para la muestra de agua sin triturador.
- Se puso en funcionamiento el triturador y se continuó el proceso de lavado de la vajilla.
- Se colocaron en el triturador de desechos los restos de alimentos correspondientes al almuerzo del día.
- Se esperó que el caudal con los desechos del triturador llegara a la descarga.
- Se realizó la toma de muestra de agua residual con los desechos del triturador.
- Se realizó el aforo volumétrico para la muestra de agua residual con desechos del triturador.
- Tomadas las muestras se procedió a llevarlas al laboratorio.
- En el laboratorio se procedió a determinar los parámetros de demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos.

La demanda química de oxígeno y los sólidos suspendidos se determinaron en el transcurso de dos horas. La demanda bioquímica de oxígeno se determinó en un plazo de 5 días.

La variable interviniente del estudio fue el caudal, dado que variaciones importantes de esta puede afectar el proceso, por esta razón se midieron los caudales en cada toma de muestra utilizando el método volumétrico de forma puntual al momento de tomar la muestra de agua residual.

Todas las muestras de agua residual tomadas se encontraron en el rango de caudal definido como limitante.

Para realizar el aforo se utilizó el método volumétrico, en el cual se utilizó un depósito de 1 litro y se tomó el tiempo que demora en llenarse este, repitiendo el proceso tres veces para obtener el caudal promedio al momento de la toma de muestra.

El rango de caudal establecido para realizar el estudio fue el siguiente:

- Caudal medio = 4.60×10^{-5} m³/s. (0.046 l/s.)
- Caudal máximo = 1.49×10^{-4} m³/s. (0.149 l/s.)
- Caudal mínimo = 0.00 m³/s. (0.000 l/s.)

Para determinar la relación entre la utilización del triturador de desechos y los parámetros de calidad del

agua residual monitoreados (hipótesis del estudio) se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos a través de una prueba de igualdad de varianzas utilizando una significancia del 5%.

El análisis de las muestras y la caracterización fisicoquímica del agua proveniente de la descarga del agua con triturador y sin él, se realizaron en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software MegaStat for Windows (2013).

Resultados

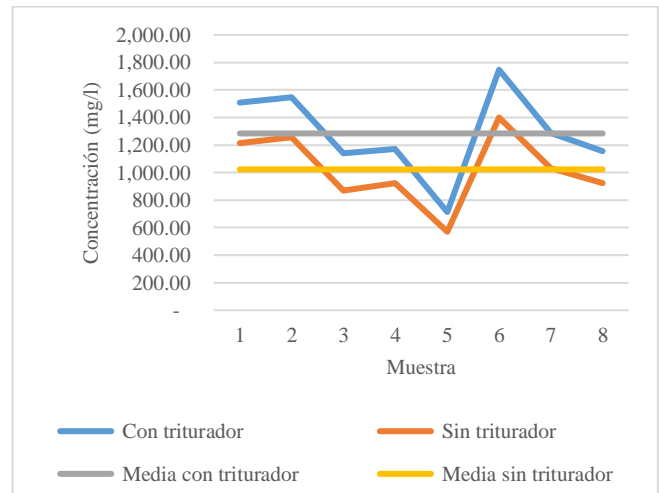
Los datos obtenidos luego de procesar las muestras de agua residual tomadas en la descarga del lavaplatos de la cocina del restaurante se observan en las figuras 1, 2 y 3.

En la figura 1 se observa el comportamiento de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días de acuerdo con el resultado obtenido para cada una de las ocho muestras procesadas. En cada muestra se obtuvo la muestra de control (agua residual sin uso del triturador) y la muestra de agua residual utilizando el triturador de desechos del lavaplatos de la cocina del restaurante. En esta misma figura se muestra el valor promedio de la concentración de DBO₅ con y sin triturador.

La media de la concentración de DBO₅ sin triturador fue de 1,023.13 miligramos por litro con una desviación estándar de ±262.55 miligramos por litro con valor máximo de 1,400 miligramos por litro y valor mínimo de 570.00 miligramos por litro.

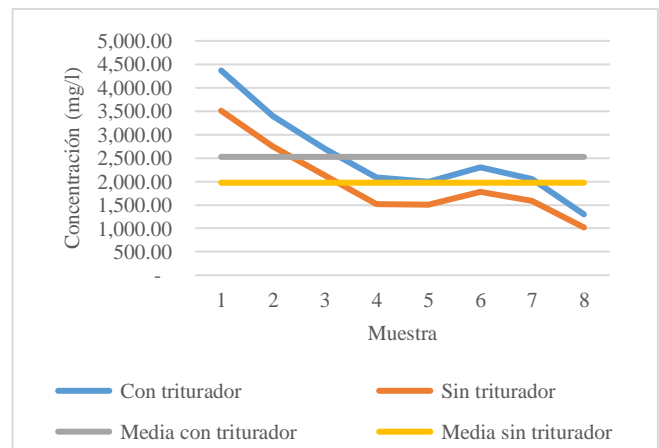
La media de la concentración de DBO₅ al utilizar el triturador de desechos fue de 1,284.25 miligramos por litro con una desviación estándar de ±318.44 miligramos por litro y valor máximo de 1,747.00 miligramos por litro y valor mínimo de 713.00 miligramos por litro.

Figura 1. Comportamiento de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) durante el estudio



En la figura 2 se observa el comportamiento de la concentración de la demanda química de oxígeno en las 8 muestras que fueron analizadas del agua residual en la descarga del lavaplatos de la cocina del restaurante.

Figura 2. Comportamiento de la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) durante el estudio



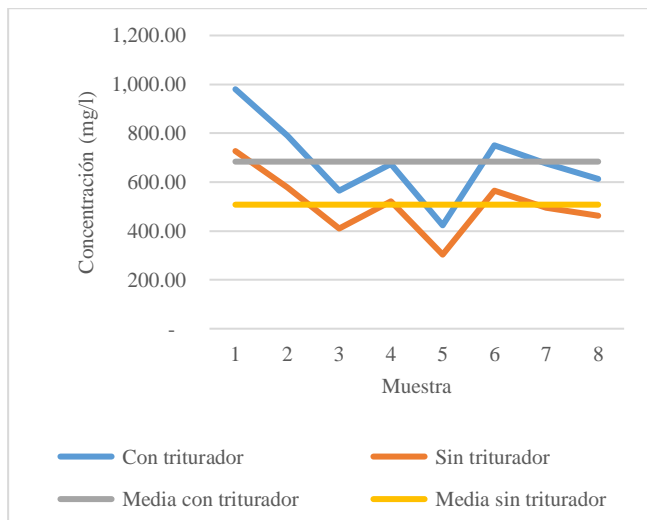
En la figura anterior se puede observar que el valor medio de la concentración de DQO en el agua residual cuando no se utiliza el triturador es de 1,975.00 miligramos por litro con una desviación estándar de ±802.69 miligramos por litro, valor máximo de 3,510.00 miligramos por litro y valor mínimo de 1,020.00 miligramos por litro.

El comportamiento de la DQO en el agua residual cuando se utiliza el triturador de desechos de la cocina

del restaurante muestra una media de 2,526.25 miligramos por litro con una desviación estándar de ± 959.31 miligramos por litro y un valor máximo de 4,370.00 miligramos por litro y valor mínimo de 1,300.00 miligramos por litro.

La figura 3 muestra el comportamiento de la concentración de sólidos suspendidos (SS) obtenidos en el estudio para las ocho muestras de agua residual.

Figura 3. Comportamiento de la concentración de sólidos suspendidos (SS) durante el estudio



El valor medio de los SS del agua residual sin el funcionamiento del triturador de desechos de la cocina del restaurante fue de 507.63 miligramos por litro con una desviación estándar de ± 125.38 miligramos por litro y valor máximo de 727.00 miligramos por litro y mínimo de 303.00 miligramos por litro.

El valor medio de estos SS del agua residual obtenida después con el uso del triturador de desechos fue de 683.75 miligramos por litro con una desviación estándar de ± 165.10 miligramos por litro y valor máximo de 980.00 miligramos por litro y mínimo de 423.00 miligramos por litro.

El resultado de la aplicación de la prueba T para muestras emparejadas realizada a las variables DBO₅ con y sin el triturador del lavaplatos nos da una media de 261.12 miligramos por litro, desviación estándar de ± 58.96 , un estadístico t de 12.527 con 7 grados de libertad y una significancia de 0.00.

Al aplicar la prueba T muestras emparejadas a las variables DQO con y sin el triturador de desechos se obtiene una media de 551.25 miligramos por litro, una desviación estándar de ± 165.05 , un estadístico t de 9.447 con 7 grados de libertad y una significancia de 0.00.

Esta misma prueba aplicada a la variable SS con y sin el triturador del lavaplatos obtuvo una media de 176.13 miligramos por litro, una desviación estándar de ± 41.82 con un estadístico t de 11.91 con 7 grados de libertad y una significancia de 0.00.

En la tabla 1 se puede observar el porcentaje de variación de cada uno de los valores de demanda bioquímica de oxígeno del agua residual del lavaplatos cuando se puso en funcionamiento el triturador de desechos del lavaplatos de la cocina del restaurante. El porcentaje medio de incremento en DBO₅ fue de 26% con una desviación estándar de $\pm 2\%$, valor máximo de 31% y mínimo de 23%.

Tabla 1. Variación de la DBO₅ con el triturador de desechos en funcionamiento

DBO ₅ sin triturador (mg/l)	DBO ₅ con triturador (mg/l)	% de variación
1,214.00	1,510.00	24%
1,257.00	1,547.00	23%
869.00	1,140.00	31%
922.00	1,173.00	27%
570.00	713.00	25%
1,400.00	1,747.00	25%
1,030.00	1,287.00	25%
923.00	1,157.00	25%

En la tabla 2 se presenta el porcentaje de variación en la variable demanda química de oxígeno en el agua residual de la descarga del lavaplatos al ponerse en funcionamiento el triturador de desechos. El porcentaje medio de incremento en DQO fue de 29% con una desviación estándar de $\pm 4.5\%$, valor máximo de 38% y mínimo de 24%.

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de variación obtenido en la variable sólidos suspendidos (SS) en el agua residual como resultado de la puesta en funcionamiento del triturador de desechos del lavaplatos de la cocina. El porcentaje medio de incremento en SS fue de 35% con una desviación estándar de $\pm 3.4\%$, valor máximo de 40% y mínimo de 29%.

Tabla 2: Variación de la DQO con el triturador de desechos en funcionamiento

DQO sin triturador (mg/l)	DQO con triturador (mg/l)	% de variación
3,510.00	4,370.00	25%
2,750.00	3,400.00	24%
2,130.00	2,700.00	27%
1,520.00	2,090.00	38%
1,510.00	2,000.00	32%
1,780.00	2,300.00	29%
1,580.00	2,050.00	30%
1,020.00	1,300.00	27%

Tabla 3: Variación de los SS con el triturador de desechos en funcionamiento

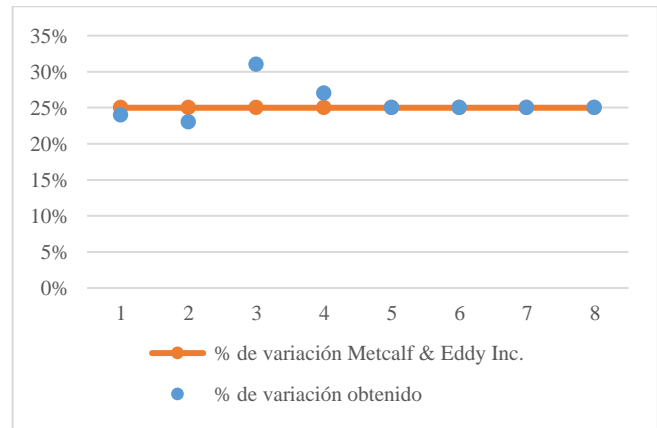
SS sin triturador (mg/l)	SS con triturador (mg/l)	% de variación
727.00	980.00	35%
577.00	790.00	37%
409.00	564.00	38%
522.00	673.00	29%
303.00	423.00	40%
564.00	750.00	33%
496.00	676.00	36%
463.00	614.00	33%

El porcentaje de variación en la concentración de DBO₅, DQO y SS fue sometido a prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, obteniéndose para la variación de DBO₅ una significancia de p=0.029, menor a la significancia adoptada para este estudio de 0.05, por lo que la variable no está distribuida normalmente. Las variaciones de DQO y SS presentaron una significancia en la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk de p=0.397 y p=0.941 respectivamente, siendo mayores a la significancia adoptada para este estudio de 0.05, con lo cual estas variables sí están distribuidas normalmente.

En la figura 4 se observa el comportamiento del porcentaje de variación de la DBO₅ obtenida en el estudio comparada con lo expresado por Metcalf & Eddy, Inc., en el sentido que “las trituradoras de desechos inducen a un incremento en la contribución a la DBO del orden del 25 por 100” (1996, p.191)

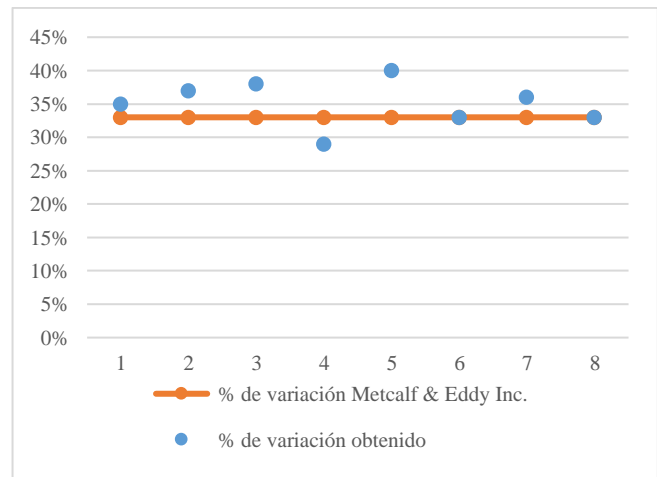
Al realizar la prueba T para una muestra, comparando la media del porcentaje de variación de la concentración de la DBO₅ obtenida en el estudio con el valor medio que reporta Metcalf & Eddy Inc. (1996) de 25% de incremento de la DBO, se obtuvo un estadístico t de 0.72% con 7 grados de libertad y una significancia bilateral de 0.493.

Figura 4: Comportamiento de la variación de la DBO₅ obtenida en el estudio comparada con la variación indicada por Metcalf & Eddy Inc. (1996)



En la figura 5 se observa el comportamiento de la variación de los SS comparado con lo expuesto por Metcalf & Eddy, Inc. (1996) al indicar que la utilización de las trituradoras puede inducir un incremento en los SS, el cual puede “cifrase entorno al 33 por 100” (1996, p.191).

Figura 5: Comportamiento de la variación de SS obtenida en el estudio comparada con la variación indicada por Metcalf & Eddy Inc. (1996)



Al realizar la prueba T para una muestra, comparando la media del porcentaje de variación de la concentración de SS con el valor medio que reporta Metcalf & Eddy Inc. (1996) de 33% de incremento de SS, se obtuvo un estadístico t de 1.75 con 7 grados de libertad y una significancia bilateral de 0.124.

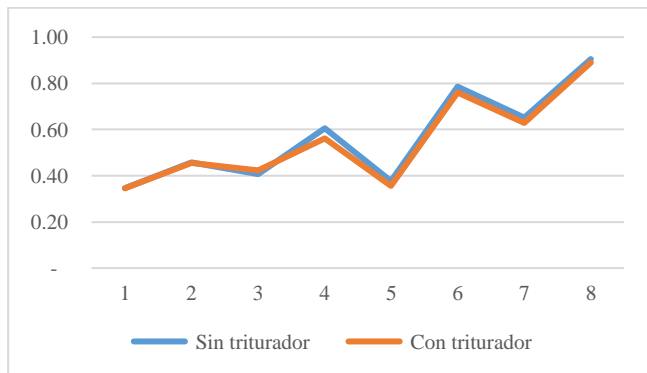
Relación de biodegradabilidad del agua residual

La biodegradabilidad del agua residual generada en el lavaplatos de la cocina del restaurante fue estimada con la relación entre la DBO₅ y la DQO.

En la figura 6 se observa el comportamiento de la biodegradabilidad del agua residual del lavaplatos de la cocina con y sin el triturador funcionando.

El valor medio de la biodegradabilidad del agua residual cuando no se utiliza el triturador de desechos fue de 0.55 con una desviación estándar de ±0.20, mientras que la biodegradabilidad para el agua residual del lavaplatos cuando se pone en funcionamiento el triturador fue de 0.57 con una desviación estándar de ±0.20.

Figura 6: Comportamiento de la biodegradabilidad del agua residual con y sin triturador



Aplicando la prueba T para muestras emparejadas a la razón de biodegradabilidad del agua residual (DBO₅/DQO) con y sin triturador se obtuvo una correlación de 0.996 un estadístico t de -2.20 con 7 grados de libertad y una significancia bilateral de 0.064.

Discusión de resultados

El objetivo del estudio se centró en determinar el efecto en las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS) y la biodegradabilidad del agua residual proveniente del lavaplatos de una cafetería cuando se pone en funcionamiento el triturador de desechos.

De acuerdo con el resultado obtenidos a través de los ocho muestreos aleatorios realizados en la descarga del lavaplatos de la cocina, se puede indicar que existe suficiente evidencia que demuestra un cambio significativo entre la media de la concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del agua residual cuando se utiliza el triturador de desechos.

La media de la concentración de la DBO₅ del agua residual cuando no se pone en funcionamiento el triturador de desechos fue de 1,023.13 miligramos por litro con una DS=±262.55, y cuando se pone en funcionamiento el triturador de desechos se observa un incremento en el valor medio obtenido, siendo este de 1,284.25 miligramos por litro con una DS=±318.44 (ver figura 1).

Este incremento se considera significativo, dado que la significancia bilateral de la prueba T para muestras relacionadas aplicada a ambas muestras fue menor a 0.05, con lo cual se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias, confirmando ello que la media de ambas muestras presenta una diferencia significativa, por lo que se concluye que la incorporación de la trituradora de desechos del lavaplatos sí incrementa la concentración de la DBO₅ en el agua residual de la descarga del lavaplatos de la cocina del restaurante.

Los datos obtenidos en este estudio se encuentran dentro del rango de incremento de DBO que reporta Marashlian & El-Fadel (2016), quienes indican que la DBO en el estudio realizado por ellos se incrementó en un rango del 17 al 62% luego de poner en funcionamiento el triturador de desechos.

Es interesante observar que los resultados obtenidos en este estudio difieren de lo observado por Evans et al. (2010) quien indica que la DBO₇ y la DQO en el estudio que realizó aumentan a un inicio, pero que estas vuelven a los valores sin triturador con el tiempo de uso, por lo cual se recomienda ampliar el alcance de este estudio para determinar el comportamiento de las concentraciones de DBO₅ en el tiempo posterior a que se pone en funcionamiento el triturador de desechos.

En relación con la concentración de la demanda química de oxígeno del agua residual cuando no se pone en funcionamiento el triturador, presentó una media de 1,975.00 miligramos por litro con una DS=±802.69 (ver figura 2), observándose un incremento en este valor cuando se utiliza el triturador

de desechos, dado que en ese momento la concentración de DQO mostró un incremento alcanzando una media de 2,526.25 miligramos por litro con una $DS=\pm 959.31$.

Para determinar si esta variación en la concentración de la DQO es significativa, se realizó la prueba T para muestras relacionadas, obteniéndose una significancia menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, concluyendo que la utilización del triturador de desechos si ejerce un cambio significativo en la concentración de la DQO del agua residual del lavaplatos de la cocina al ponerse en funcionamiento.

Analizando la figura 3, se puede observar un incremento en el valor medio de la concentración de sólidos suspendidos en el agua residual proveniente del lavaplatos de la cocina cuando se pone en funcionamiento el triturador, dado que el valor medio cuando no se utiliza este fue de 507.63 miligramos por litro con una $DS=\pm 125.38$, y cuando se puso en funcionamiento el triturador se incrementó a 683.75 miligramos por litro con una $DS=\pm 165.10$.

Este incremento en el valor medio de los SS si es significativo, dado que la prueba T para muestras relacionadas dio como resultado una significancia menor a 0.05, con lo cual se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias y se confirma que la utilización del triturador si ejerce un incremento significativo en la concentración de sólidos suspendidos (SS).

Analizando los datos obtenidos de la tabla 1, se puede apreciar que todas las muestras de agua residual de la descarga del lavaplatos de la cocina mostraron un incremento en la concentración de la DBO_5 que oscila en el rango de 23% a 31%.

Con el objetivo de analizar si este incremento es similar al valor medio que Metcalf & Eddy Inc. (1996) indican que genera la utilización de trituradores de desechos de la cocina, se realizó una prueba T para una muestra, comparando el valor medio obtenido del incremento en la concentración de DBO_5 de este estudio que fue de 26% con una $DS=\pm 2\%$ con el valor indicado por Metcalf & Eddy Inc. (1996) que lo ubica en un 25%, resultando este análisis de la prueba T con una significancia bilateral de $p=0.493$, siendo esta mayor a 0.05 con lo cual se acepta la hipótesis nula que indica la igualdad de medias, por lo que se puede concluir que la variación obtenida en este estudio es similar al valor

obtenido por el estudio de Metcalf & Eddy Inc. (1996). Sin embargo, es recomendable ampliar este estudio con un número mayor de muestras que provenga de otras cocinas incluyendo las de viviendas, con lo cual se podría confirmar esta hipótesis dado que la prueba de normalidad aplicada al porcentaje de variación para la concentración de DBO_5 dio como resultado que estos valores no presentan una distribución normal, siendo los únicos valores en todo el estudio que presentaron esta condición.

Este incremento de DBO_5 obtenido en este estudio es similar también a lo indicado por Jones (1990, p.5) quien indica que en datos analizados en el período de 1944 a 1984 de la Ciudad de New York se obtuvo un incremento de la DBO_5 de 29% al implementarse los trituradores de desechos, así como al estudio reportado por el mismo autor realizado en 100 municipalidades de Estados Unidos donde se obtuvo un incremento de la DBO_5 en 22.5% al implementar el triturador de desechos de comida.

Para el incremento de la DQO no se realizó un análisis de su porcentaje de variación, dado que no se encontró registro de esta en bibliografías especializadas, sin embargo, es importante indicar que en este estudio se reporta un incremento significativo de la concentración de DQO del 29% con $DS=\pm 4.5\%$ al ponerse en funcionamiento el triturador de desechos del lavaplatos de la cocina del restaurante, siendo este un valor de referencia importante que puede utilizarse para futuros diseños y/o estudios.

Para la concentración de sólidos suspendidos (SS) se realizó la prueba T de una muestra, comparando la variación media obtenida en este estudio de 35% con $DS=\pm 3.4\%$ según se aprecia en la tabla 3, con el valor medio dado por Metcalf & Eddy Inc. (1996) de 33%, resultando esta prueba T con una significancia bilateral de 0.124 siendo mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula de igualdad de medias, por lo que se concluye que la variación media obtenida en este estudio de 35% es similar a la obtenida por Metcalf & Eddy Inc. (1996) lo cual es fácil de apreciar al analizar la figura 5 donde se muestra los valores de las variaciones obtenidas en este estudio comparadas con el valor de Metcalf & Eddy Inc. (1996).

El valor de incremento en los SS de este estudio difiere de los valores obtenidos por Marashlian & El-Fadel (2016) quienes obtuvieron un incremento en SS en un

rango de 1.9% a 7.1%, lo cual puede atribuirse principalmente al tipo de desechos que se coloca en el triturador, por lo que será interesante profundizar estudios donde se varíe el tipo de desechos para establecer el efecto que puede tener esta variación en la concentración de SS.

En relación a la biodegradabilidad, esta se comparó entre el agua residual con triturador y el agua residual sin el triturador, obteniéndose a través de una prueba T de muestras emparejadas una significancia bilateral de 0.064 siendo mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula de igualdad de medias, por lo que se concluye que la biodegradabilidad obtenida cuando se utiliza el triturador no se ve afectada significativamente, lo cual puede observarse también al analizar la figura 6 donde prácticamente la curva de la biodegradabilidad del agua residual con el triturador es igual a la curva de biodegradabilidad del agua residual cuando no tiene el triturador.

El valor medio de biodegradabilidad del agua residual sin el triturador fue de 0.55 ± 0.20 y la biodegradabilidad del agua residual con triturador fue de 0.57 ± 0.20 .

Aplicando el criterio de Hernández & Galán (2004, p.200), la biodegradabilidad obtenida en este estudio es mayor a 0.4 por lo que esta se considera como muy biodegradable, tanto para el agua residual con y sin el triturador de desechos del lavaplatos de la cocina del restaurante.

Como puede apreciarse la utilización de los trituradores de desechos de cocina implican un incremento en las concentraciones de DBO_5 en un 26%, en la DQO en un 29% y en Sólidos Suspendidos de 35%, estas variaciones pueden mejorar la concentración de materia orgánica presente en las aguas residuales municipales, con lo que podría mejorarse los procesos de tratamiento de esta agua.

Conclusiones

El estudio permitió confirmar que la utilización del triturador de desechos de la cocina del restaurante genera un incremento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) mayor al 25%, dado que en este estudio se obtuvo un valor del 26% con una desviación estándar de $\pm 2\%$, siendo este incremento similar a los valores dados en estudios anteriores y que se reporta en la bibliografía citada en este documento.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que sí existe de forma significativa ($p < 0.05$) una variación en las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos del agua residual de la descarga del lavaplatos de la cocina del restaurante cuando se pone en funcionamiento el triturador de desechos.

Es importante resaltar que este incremento en las relaciones de la DBO_5 y DQO no generan un impacto significativo en la biodegradabilidad del agua residual, dado que la biodegradabilidad con y sin el triturador presenta valores significativamente iguales ($p > 0.05$).

Este estudio evidencia que la implementación de trituradores de desechos en las cocinas puede ser una alternativa para evitar que desechos de tipo orgánicos generados en estas terminen en los vertederos de desechos sólidos, mejorando en algún momento la carga orgánica del agua residual, sin embargo, debe advertirse que es importante observar el incremento que la implementación de las trituradoras pueden ejercer en la concentración de sólidos suspendidos, dado que ello puede conllevar a la presencia de una mayor cantidad de lodos en los sistemas de tratamiento de agua residual que recolecten este tipo de aguas provenientes de cocinas.

Finalmente se recomienda continuar con este tipo de estudios, analizando principalmente el beneficio o no que puede tener la implementación de trituradoras de desechos del lavaplatos de cocina en la reducción de materia orgánica que se traslada a los vertidos de desechos sólidos municipales, así como el impacto que puede tener la implementación de trituradoras en la generación de lodos en las plantas de tratamiento de agua residual.

Agradecimientos

A todo el personal administrativo y docente de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y de Recursos Hidráulicos -ERIS- y del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Referencias

- Evans, T., Andersson, P., Wievegg, A., & Carlsson, I. (2010). Surahammar: a case study of the impacts of installing food waste disposers in 50% of households. *Water and Environment Journal*, 24(4), 309-319.
<https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2010.00238.x>
- Hernández, A., & Galán, P. (2004). *Manual de depuración uralita: sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20,000 habitantes* (3ra. Ed.). Ediciones Paraninfo S.A.
- Jones, P. (1990). *Kitchen Garbage Grinders, the effect on sewerage systems and refuse handling*. Institute for Environmental Studies, University of Toronto.
[https://images.insinkerator.com/enviro/Jones_U-Toronto_Canada_\(1990\).pdf](https://images.insinkerator.com/enviro/Jones_U-Toronto_Canada_(1990).pdf)
- Maalouf, A., & El-Fadel, M. (2017). Effect of a food waste disposer policy on solid waste and wastewater management with economic implications of environmental externalities. *Waste Management*, 69(1), 455-462.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.008>
- Marashlian, N., & El-Fadel, M. (2016). The effect of food waste disposers on municipal waste and wastewater management. *Waste management*, 23(1), 20-31.
<https://doi.org/10.1177/0734242X05050078>
- MegaStat for Excel* (versión 2013). (2013). Windows. Microsoft.
- Metcalf & Eddy, Inc., (1996). *Ingeniería de aguas residuales, Volumen I: tratamiento, vertido y reutilización* (3ra. Ed.). McGraw-Hill.