

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Eficiencia del método de evaporación para la obtención de urea
en orina humana, Morales 2023.**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Carlos Hernando García Panduro
Nedjha Andrea Ruiz Castillo

Asesor:

Mg. Richer Garay Montes

Tarapoto, marzo del 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Mg. Richer Garay Montes, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFICIENCIA DEL MÉTODO DE EVAPORACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UREA EN ORINA HUMAN, MORALES, 2023”** de los autores Carlos Hernando García Panduro y Nedjha Andrea Ruiz Castillo tiene un índice de similitud de 11 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 14 días del mes de mayo del año 2024



Mg. Richer Garay Montes

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 27 día(s) del mes de marzo del año 2024, siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, el (la) secretario(a): Mtro. Camelino Almestar Villegas y los demás miembros: Mtro. Andrés Erick Gonzales López y Mtro. Jhon Patrick Ríos Bartra y el (la) asesor(a) Mtro. Richer Garay Montes

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Eficiencia del método de evaporación para la obtención de urea en orina humana, Morales-2023.

del(los) bachiller/es: a) Carlos Hernando Garcia Panduro
b) Nedjha Andrea Ruiz Castillo
c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Carlos Hernando Garcia Panduro

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Con nominación de Muy Bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b): Nedjha Andrea Ruiz Castillo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Con nominación de Muy Bueno	Sobresaliente


Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Resumen

La urea es el fertilizante químico más utilizado en la agricultura a nivel mundial. Sin embargo, su importación depende de países como Rusia, China y Argelia. Los fertilizantes químicos generan alteraciones negativas en el medio ambiente, debido al inadecuado manejo de aguas residuales, la volatilización y lixiviación de sus componentes químicos. La aplicación de fertilizante a base de orina humana es una alternativa sustentable a los fertilizantes químicos, puesto que este es un recurso gratuito y rico en nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio. Esta investigación, tiene como objetivo evaluar la eficiencia del método de evaporación para la obtención de urea de orina humana. Para ello, se seleccionaron 35 personas aleatoriamente, proporcionándoles 1 envase de plástico de 1 litro para coleccionar la orina durante el día; por lo tanto, se tomó una muestra homogénea de 27 L del total de la orina extraída, dividiéndolas en 3 grupos de 9 L. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas durante 1,7 y 15 días a 18°, 28° y 38° C; para determinar el tratamiento más eficiente. Los resultados demostraron que el tratamiento más eficiente fue a 28° C y 7 días de almacenamiento, del cual se obtuvieron 4.85 gr de producto sólido de urea. Finalmente, se concluye que el método de evaporación “NYC” es eficiente, obteniendo como resultado producto de urea en base a orina humana, a través de la implementación del método, el análisis de sus resultados, medición del porcentaje de nitrógeno y la comparación con el método de evaporación de Marepula (2021).

Palabras clave: Urea, orina humana, evaporación, nitrógeno, pH.

Abstract

Urea is the most widely used chemical fertilizer in agriculture worldwide. However, its import depends on countries such as Russia, China and Algeria. Chemical fertilizers generate negative alterations in the environment, due to inadequate wastewater management, volatilization and leaching of their chemical components. The application of human urine-based fertilizer is a sustainable alternative to chemical fertilizers, as it is some free resource rich in nutrients, such as nitrogen, phosphorus and potassium. This research aims to evaluate the efficiency of the evaporation method to obtain urea from human urine. To do this, 35 people were randomly selected, providing them with 1 1-liter plastic container to collect urine during the day; Therefore, a homogeneous sample of 27 L of the total urine extracted was taken, dividing them into 3 groups of 9 L. Subsequently, the samples were stored for 1,7 and 15 days at 18°, 28° and 38° C; to determine the most effective treatment. The results showed that the most efficient treatment was 28° C and 7 days of storage, from which 4.85 g of solid urea product were obtained. Finally, it is concluded that the NYC evaporation method is efficient, resulting in a urea product based on human urine, through the implementation of the method, the analysis of its results, the measurement of the percentage of nitrogen and the comparison with the Marepula method. evaporation rate (2021).

Key words: Urea, human urine, evaporation, nitrogen, ph.

Introducción

La urea a nivel mundial es el fertilizante de mayor consumo en la agricultura; sin embargo, actualmente se importa principalmente de países tales como Rusia, China y Argelia, estos fertilizantes químicos son de gran rendimiento en los cultivos agrícolas generando un aumento en la producción de alimentos. (Ortiz, 2022).

El déficit de urea es un enorme obstáculo en toda latina américa. Una buena fertilización marca diferencias, en el 2021, Brasil importó 80.9% de las 40.5 millones de toneladas de fertilizantes que utilizó y 20% de esas importaciones provenían de Rusia, según el Gobierno. Argentina importó 60% de las 6.6 millones de toneladas que usó y 15% de las compras se hicieron a proveedores rusos.

El Perú no es ajeno a esa realidad según el Instituto Peruano de la Economía (IPE), la exportación de urea cayó en un 84% en el primer trimestre del año, el desabastecimiento de fertilizantes pone en riesgo la producción y los ingresos del 47% de agricultores en el ámbito nacional que usan fertilizantes, según la Escuela Nacional Archivística (ENA,2019).

Sin embargo, los fertilizantes generan alteraciones negativas en el medio ambiente a través de la volatilización y lixiviación de sus componentes químicos teniendo como mayores pérdidas de nitrógeno en el suelo causadas por la remoción (Mena y López, 2021). Por otro lado, el inadecuado manejo de las aguas residuales, contaminan también elementos ambientales importantes e indispensables para la vida y su desarrollo, no por falta de interés de los gobernantes y/o habitantes si no por la falta de conocimientos en temas de sanidad sostenible (Sisa, 2020).

La aplicación del fertilizante a base de orina humana como alternativa sustentable a los fertilizantes químicos es de suma importancia, el recurso es gratuito y rico en nutrientes, está compuesta por agua, urea de la descomposición de proteínas, urocromo producto característico de tener color amarillo, sales, creatina, derivados de bilis hepática y amoniaco (Solís, 2021).

Ante la problemática de los altos costos económicos y el inadecuado manejo de aguas residuales en las plantas de tratamiento, la presente investigación tiene por objetivo evaluar la eficiencia del método de evaporación para la obtención de urea de orina humana generando la siguiente interrogante ¿Cuál es la Eficiencia del método evaporación para la obtención de urea de orina humana?

Marco teórico

La urea es una molécula orgánica compuesta por nitrógeno, carbono, oxígeno e hidrogeno que se genera de manera natural en el hígado y se encuentra principalmente en la orina, la sangre y otros fluidos corporales (Ferguson, 2005). Sin embargo, esta también se produce a escala industrial de manera sintética para diversos fines mediante la reacción del dióxido de carbono (CO₂) y el amoniaco (NH₃) sometido a altas temperaturas y presión; constituyendo así una concentración del 46% de nitrógeno en forma ureica (Mikkelsen, 2007).

La urea es el principal fertilizante utilizado a nivel mundial popularmente utilizado en los cultivos debido a su alta concentración en nitrógeno, fácil transporte y comercio en forma

granulada y perlada. En la última década, la urea ha experimentado una rápida tasa de crecimiento aumentando la producción en países como Asia, Estados Unidos, Europa, África, entre otros (Morales et al., 2019).

Alcance Internacional

El investigador Marepula (2021) en un estudio realizado en Ciudad del Cabo, menciona que la urea a nivel mundial, representa más del 50% de los fertilizantes a base de nitrógeno; sin embargo, el proceso para su producción representa un alto consumo de energía contribuyendo directamente a las emisiones de gases invernaderos. Por lo tanto, el objetivo de su estudio es determinar la factibilidad para la recuperación de urea en la orina humana, puesto que esta contiene nutrientes indispensables utilizados en agricultura tales como potasio (K), fósforo (P) y nitrógeno (N) que principalmente se encuentra en forma de urea y en mayor porcentaje. En la metodología del estudio, describen tres métodos diferentes para recuperar la urea de las excretas humanas, empleando las diferencias de solubilidad de urea e impurezas en agua y etanol. Para ello realizaron una serie de simulaciones termodinámicas y experimentos físicos para recuperar la urea de diferentes tipos de orina; empleando orina sintética que contenía urea, orina real y un flujo compuesto de orgánicos e inorgánicos. El investigador concluye que existen diferentes métodos para recuperar la urea de la orina humana, sin embargo, cada uno de ellos tiene diferentes porcentajes de rendimiento, recalcando que el método de recuperación con evaporación y filtración es ambientalmente más ecológico puesto que no requiere un elevado consumo de energía como en el método Haber-Bosch comúnmente utilizado.

Según Santos (2016) en una revisión realizada para determinar las potenciales vías de recuperación de recursos de la orina humana refiere que, en algunos países como Suecia, Alemania, Países Bajos, entre otros; por cuestiones ambientales, seguridad sanitaria e independencia económica, se ha contemplado la posibilidad de recuperar urea como fuente de nitrógeno directa empleadas en fertilizantes. En esta revisión, se recopilan varios estudios y ensayos en diversas zonas del planeta realizados para reducir la dependencia de productos químicos en la agricultura. Teniendo en cuenta que la orina humana es una fuente amplia de fósforo, nitrógeno, potasio y otros nutrientes que contienen otros fertilizantes químicos de manera sintética; el uso de la orina de manera directa o indirecta cubriría dichas necesidades al contener el 90% de nitrógeno en forma de urea o amoníaco. El investigador concluye que las diferentes vías o métodos logran recuperar en gran parte los nutrientes aprovechables de la orina humana.

En la India, los investigadores (Patel et al., 2020) analizaron a detalle una serie de métodos y tecnologías para la recuperación y reutilización de macronutrientes presentes en las excretas humanas, específicamente en la orina ya que contiene de 0,1–0,5 g/L de fósforo; 1,0–2,0 g/L de potasio y 10–12 g/L de nitrógeno aproximadamente. Para la recuperación de los nutrientes presentes en la orina, los investigadores mencionan diversas tecnologías, entre ellas la tecnología de separación de membranas, ósmosis inversa, nanofiltración, ósmosis directa, evaporación, Liofilización, entre otros. En este estudio se concluye que las mejores tecnologías para la recuperación de nutrientes son las bioelectroquímicas puesto que son métodos ambientalmente respetables; a pesar de que una sola tecnología no es suficiente para el éxito de recuperación de urea, la más disponible es la ósmosis inversa debido al mínimo consumo de energía utilizado durante el proceso.

Entre tanto, en un estudio realizado por (Marepula et al., 2021) donde el objetivo principal fue investigar la viabilidad de recuperar y purificar cristales de urea presentes en la orina humana mediante un proceso de evaporación y recristalización de etanol aprovechando

la solubilidad de la urea y las impurezas en agua y etanol. Para llevar a cabo el experimento, se utilizó orina sintética y orina real tratada con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para evitar la hidrólisis y posteriormente secarlas para recuperar los sólidos; en una cantidad de etanol se disolvieron los sólidos recristalizando la urea presente. Los resultados de la investigación arrojaron porcentajes de rendimiento desde 88% hasta el 67%, perteneciendo el porcentaje más bajo a la orina humana real. El estudio concluye que la urea es un producto versátil por lo tanto su uso puede abarcar diferentes industrias; por otro lado, el método de evaporación mejora la pureza del producto de urea a temperaturas menor de 30 °C.

Investigaciones realizadas por (Lefebvre et al., 2016) para optimizar la extracción de nutrientes y agua de la orina, a través de un proceso de evaporación y condensación proponiendo un enfoque viable para el aprovechamiento de compuestos importantes que se encuentran en ella. Para el desarrollo del estudio, emplearon orina fresca recolectada sometiénola por un proceso de evaporación y presión para eliminar el 80% del agua de la orina; al finalizar el proceso obtuvieron una fracción condensada y una concentrada. Posteriormente, filtraron la fracción condensada por medio de dos capas de arena con diferentes texturas; finalmente desinfectaron el condensado con hipoclorito de sodio con el fin de que su uso sea seguro. Los investigadores concluyen que existen beneficios potenciales para la producción de agua y fertilizantes de alta calidad a partir de la orina humana teniendo en cuenta que también puede haber beneficio monetario al ser llevado el experimento a gran escala considerando las limitantes y posibles cambios de características durante su procesamiento.

Materiales y Métodos

Materiales y equipos

Materiales

- Pera decantadora 500 ml – 1000 ml – Marca DIM – China
- Guantes de seguridad
- Rejilla
- Mascarilla antigás con filtro
- Matraz 250 ml - 500 ml – 1000 ml
- Tamizador 0.80”
- Cristalizador 250 ml
- Varilla de vidrio

Insumos

- Orina Humana
- Alcohol Etanol 96°
- Ácido Nítrico
- Carbón Activado
- Carbonato de Bario

Equipos

- Campana extractora – Esco Laboratory fume Hood
- Baño María – Digital Constant Temperature Tank. HV-4
- Estufa / Imaco
- Estufa – Hemmer – SN 55
- Balanza analítica –
- Multiparametro – Hanna H198196
- Agitador magnético – BasigMagMix - Ovan

Metodología

Tipo de investigación: **Aplicada**, ya que tenemos por objetivo resolver problemas prácticos para plantear alternativas que sirvan de beneficio a la sociedad, buscando conocimientos de aplicaciones prácticas.

Diseño de investigación: **experimental con un diseño completamente al azar**, por medio del cual se observaron los factores de estudio a través de procedimientos físicos y químicos que permitieron obtener resultados comprobando el nivel de eficiencia del método de evaporación; teniendo en cuenta que la investigación estuvo sujeta a un control (Martínez et al., 2013).

Diseño Muestral

Población y muestra.

Con fines investigativos, fueron seleccionados de manera aleatoria simple 35 personas entre 20 y 30 años de edad aproximadamente. A cada donante, se le proporcionó un envase de plástico esterilizado de 1 litro para coleccionar la orina durante el día; en total se recolectaron 35 litros de orina humana.

Según Romero et al. (2009), la muestra representa una parte de toda la población; por lo tanto, se tomaron 27 L de la muestra homogénea del total de la orina humana extraída de la población.

Recolección de la orina humana

Para llevar a cabo la recolección adecuada de las muestras se utilizó el método del Institute Rich Eart (Pérez, 2017).

Para recoger dichas muestras adecuadamente, se proporcionó a cada donante un recipiente sellado y esterilizado de polipropileno transparente de 1L; esto con la finalidad de obtener por donante 1 litro de orina en total coleccionados durante el día.

Es importante mencionar que, para ser donantes, las personas llenaron una ficha que nos permitió descartar enfermedades patológicas que pudieran representar un riesgo para los investigadores o el desarrollo de esta; además, fueron sometidos a un periodo de abstinencia de bebidas alcohólicas, medicamentos u otras sustancias psicoactivas que pudieran intervenir o alterar el desarrollo adecuado de la investigación durante 15 días antes de la recolección.

Homogeneización de las muestras

Una vez obtenidas las muestras individuales, todas estas fueron vertidas en baldes plásticos esterilizados con el fin de homogeneizar las muestras. Posteriormente, se ocuparon 27 envases de plástico de 1 litro previamente esterilizados para verter en cada una de ellos orina homogeneizada y finalmente, se dividieron en 3 grupos de 9 L para ser almacenados por 1,7 y 15 días a 3 temperaturas diferentes.

Tabla 1. Factores de Evaluación

Muestra	Temperatura (°C)	Tiempo de almacenamiento
M1	18°	1 día
		7 días
		15 días
M2	28°	1 día
		7 días
		15 días

M3	38°	1 día
		7 días
		15 días

Elaboración: propia

Procedimiento

Para evaluar la eficiencia del método de evaporación para la obtención de urea en orina humana, se debe recuperar la urea y convertirla en nitrato de urea soluble. Para ello, se adaptó el método de Marepula (2021) de acuerdo a las condiciones del laboratorio; el cual en adelante nombraremos NYC, llevándose a cabo los siguientes pasos:

- Comenzamos evaporando 1 litro de orina en un vaso precipitado a baño maría (baño de agua) a 28° C hasta lograr una consistencia de jarabe.
- Cesamos la evaporación y añadimos 250 ml de alcohol etanol 96°. Homogeneizamos en un agitador magnético a 600 rpm y dejamos reposar por 20 minutos. Después se colocaron en una pera decantadora para extraer la mayor parte del líquido sobrenadante. Cuando quedó poco, se transportó este residuo a una cápsula donde evaporó a sequedad en baño maría.
- La cápsula con el residuo seco se colocó en un cristizador y se fue añadiendo ácido nítrico concentrado, al mismo tiempo que agitamos con una varilla.
- Posteriormente, se dejó 24 horas en reposo.
- Al día siguiente, se trasladó a un vaso de precipitado y se le añadió 100 ml de agua y carbonato de bario poco a poco hasta obtener una reacción neutra; seguidamente, se llevó la solución hasta el punto de ebullición con 0,5 g de carbón activado.
- Rápidamente, filtramos en caliente con un tamiz de acero inoxidable de 0.80 µm a fin de eliminar partículas de impureza. El residuo, se trasladó nuevamente a un cristizador y se evaporó a sequedad tratándolo con alcohol (siempre en baño maría), hasta lograr la solidificación de la urea.

Finalmente, el sólido se raspó para ser transportado a la balanza analítica y ser pesado respectivamente.

A fin de tener confiabilidad en los resultados, cada tratamiento tuvo tres repeticiones.

Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información

Los datos obtenidos fueron procesados mediante los programas Excel y SPSS 24, eligiendo la prueba estadística ANOVA (análisis de varianza) con un 95% de confianza. Asimismo, un diseño completamente al azar (DCA) puesto que el análisis de varianza permite comparar los resultados de tratamientos o factores con respecto a la variable dependiente o de interés permitiendo descubrir si los resultados de una prueba son significativos.

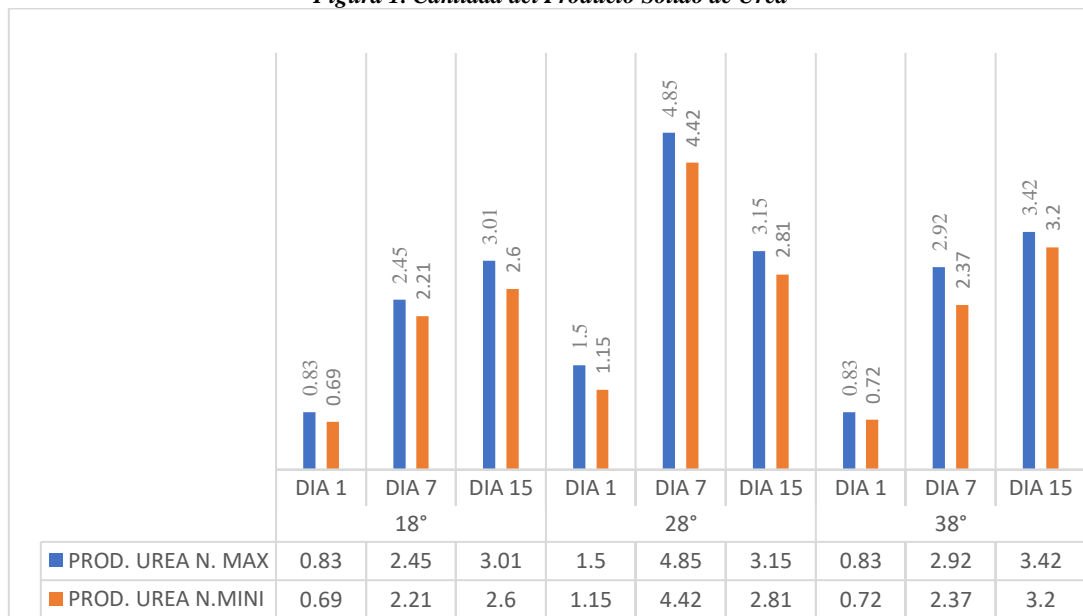
Resultados

Cristalización del Producto Sólido de Urea

Los resultados en la figura 1, demuestran que la cantidad del producto sólido de urea a una temperatura de 18° C, aumentó a mayor tiempo de almacenamiento. En el día 1, se registró un valor máximo de 0.83 gr/L; a 7 días de almacenamiento, 2.45 gr/L; y finalmente a 15 días, 3.01 gr/L. Del mismo modo, los valores a 38° C se incrementaron con relación al tiempo, obteniendo 0.83 gr/L, 2.92 gr/L y 3.42 gr/L; en 1,7 y 15 días de almacenamiento respectivamente. No obstante, los valores registrados a 28° C varían considerablemente, puesto que la mayor cantidad del producto sólido, es decir 4.85 gr/L,

se obtuvo a 7 días de almacenamiento; teniendo variación en el día 1 (1.5 gr/L), y a 15 días (3.15 gr/L).

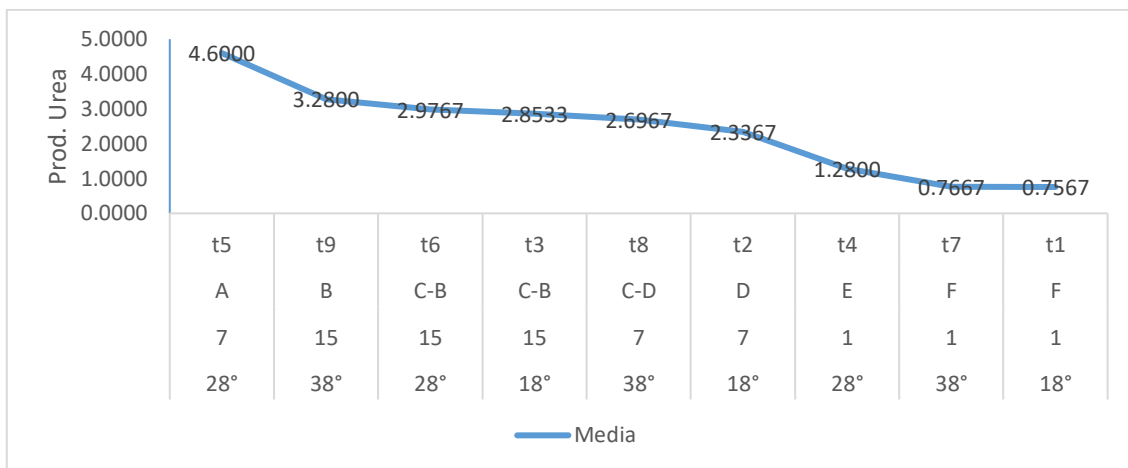
Figura 1. Cantidad del Producto Sólido de Urea



Elaboración: propia

De acuerdo al análisis de varianza se encontró una diferencia significativa en el producto sólido de urea en los diversos tratamientos. Al realizar la prueba de Tukey, se agruparon 9 tratamientos con un total de 27 observaciones. Los datos demuestran que algunos tratamientos no son significativamente diferentes debido a la similitud de la media; sin embargo, en otros si existe una diferencia significativa. Particularmente, existe una diferencia significativa mayor en el T5, es decir, a una temperatura de 28° C y 7 días de almacenamiento; siendo esta la cantidad superior de producto sólido de urea obtenida durante la investigación.

Figura 2. Prueba Tukey de la Cantidad del Producto Sólido de Urea

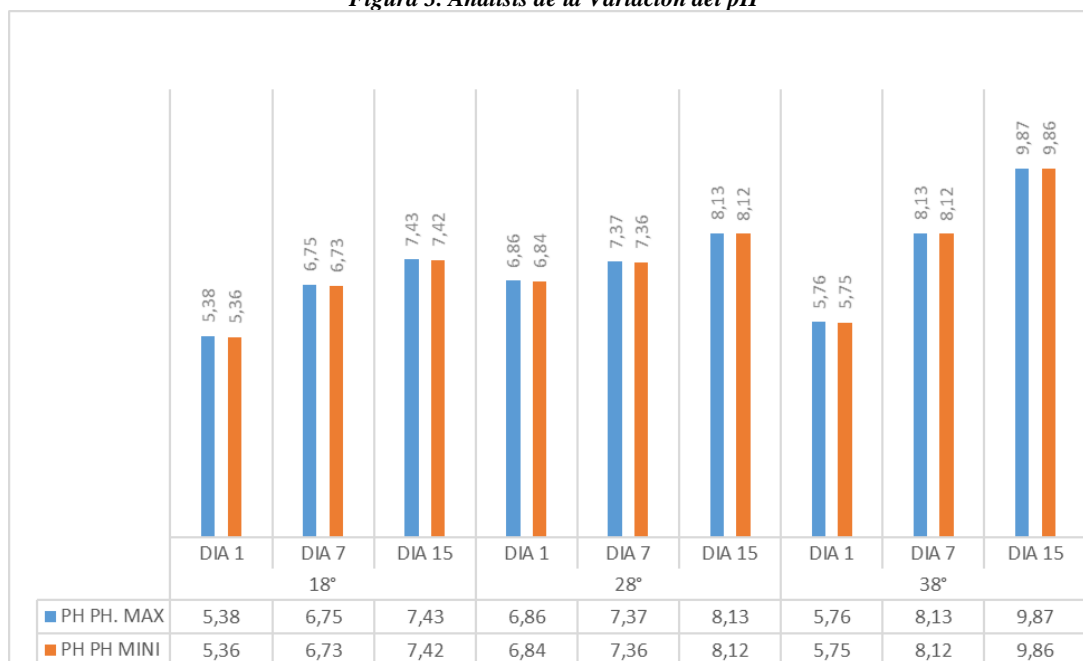


Elaboración: propia

Variación de pH en la Orina Humana

Teniendo en cuenta que los tratamientos se obtuvieron de muestras homogéneas de orina humana, el pH presentó variaciones correlacionadas con el tiempo y condiciones de almacenamiento en cada uno de ellos. Durante el primer día, las muestras almacenadas a 18° C presentaron un valor inicial de pH de 5.36 (ácido), aumentando gradualmente después de 7 días con un valor de 6.74 y finalmente, en 15 días con 7.42 (neutro). Respecto a los tratamientos almacenados a 28° C, el valor de pH en el día 1, fue de 6.85; 7 días después, fue de 7.37; y 8.12 en 15 días de almacenamiento. Ahora bien, en los tratamientos almacenados a 38° C también se notó un aumento progresivo de pH en las siguientes 2 semanas; registrándose en el día 1, un pH de 5.75; en el día 7, un pH de 8.12; por último, alcanzaron a ser disoluciones ligeramente alcalinas con un valor máximo de 9.86 en 15 días de almacenamiento.

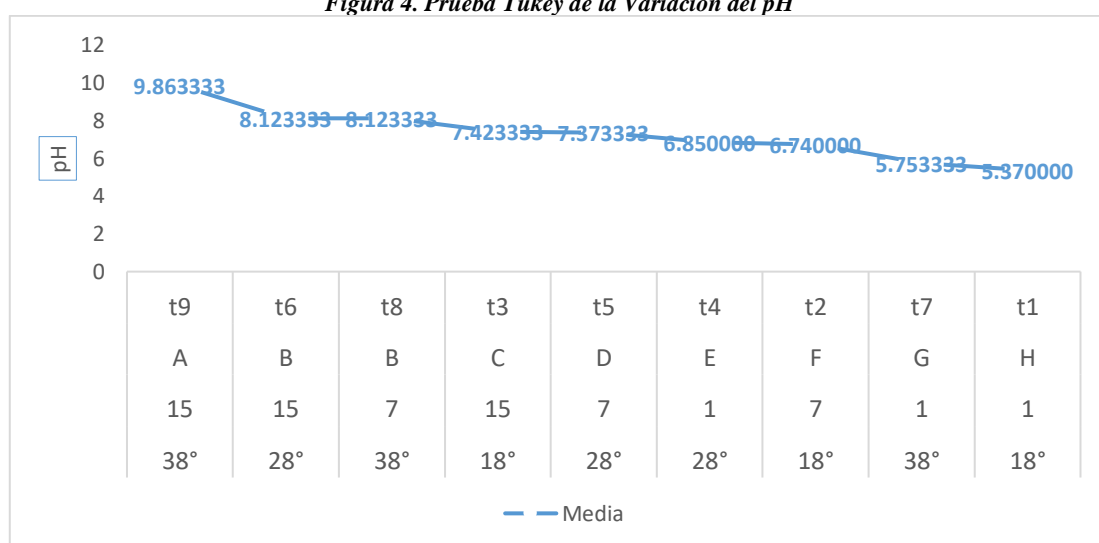
Figura 3. Análisis de la Variación del pH



Elaboración: propia

Al realizarse el análisis de varianza, se encontró un valor p de 0,001, es decir, una diferencia significativa entre el pH en cada tratamiento. Asimismo, la prueba de Tukey determinó que existe diferencia significativa excepto en los tratamientos T6 y T8 que corresponden a una temperatura de 28° C con 15 días de almacenamiento y 38° C con 7 días de almacenamiento respectivamente; es decir, que en estos tratamientos los valores de pH fueron similares a pesar de tratarse en condiciones completamente diferentes.

Figura 4. Prueba Tukey de la Variación del pH



Elaboración: propia

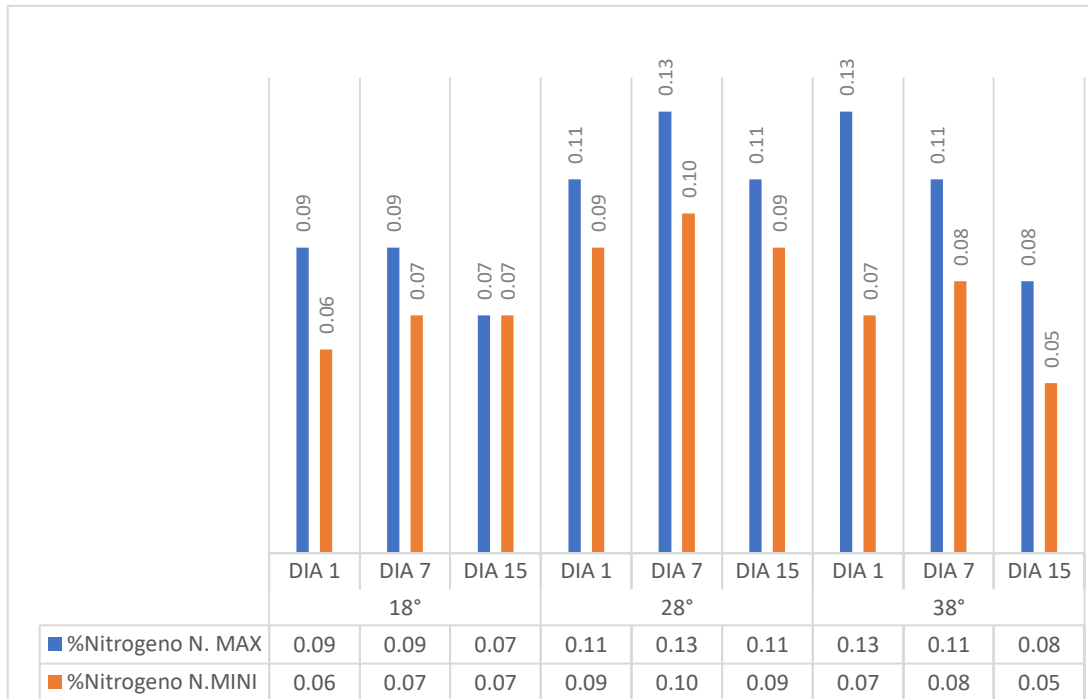
Determinación del Porcentaje de Nitrógeno Total

Para determinar el porcentaje del nitrógeno presente en el producto final de urea, se empleó el método Micro – Kjeldahl el cual mide el contenido en nitrógeno en una muestra; para ello, la cantidad de muestra requerida fue de 0,5 g/ L en cada tratamiento. Los resultados demuestran que el porcentaje de nitrógeno en las muestras almacenadas a una temperatura de 28° C fueron ligeramente superiores a 18° y 38° C. Esto debido a que en el día 1, se obtuvo un máximo de 0.11 % y mínimo de 0.09 %; en el día 7, 0.13 % como valor máximo y 0.10 % mínimamente; por último, en el día 15, se obtuvieron 0.09 % y 0.11 % respectivamente.

Ahora bien, en los tratamientos almacenados a 38° C se obtuvo un porcentaje de nitrógeno mínimo en el primer día de 0.07 % y máximo de 0.13 %; posteriormente, 0.08 % y 0.11 % en el día 7; finalmente, en el día 15 se obtuvo un mínimo de 0.05 % y un máximo de 0.08 %.

Sin embargo, los porcentajes más bajos se obtuvieron de los tratamientos almacenados a 18° C, dado que tanto para el día 1 como el día 7, se registró un porcentaje máximo de 0.09 % y mínimos de 0.06 y 0.07 %. por otro lado, en el día 15, se obtuvo el mismo porcentaje en las tres repeticiones realizadas, es decir, 0.07 %.

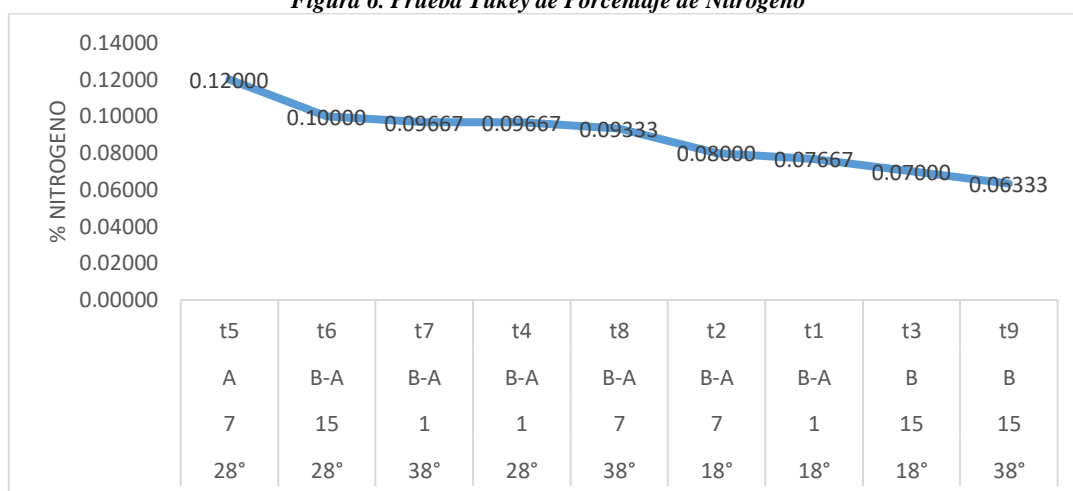
Figura 5. Porcentaje de Nitrógeno



Fuente: Análisis de resultados de laboratorio UNSM (2023) Elaboración: propia

Respecto al análisis de varianza, demostró que existe una diferencia significativa entre las medias de cada tratamiento. De igual modo, el resultado de la prueba Tukey sugiere que el porcentaje de nitrógeno de los tratamientos de los grupos A y B son significativamente diferentes, esto incluye los tratamientos T5, T6 y T7. Los porcentajes de nitrógeno de los tratamientos del grupo B que incluye los tratamientos restantes no son significativamente diferentes, es decir que son todas similares entre sí.

Figura 6. Prueba Tukey de Porcentaje de Nitrógeno



Elaboración: propia

Discusión

A pesar de que los investigadores Maurer et al. (2006) consideran el método de evaporación como una de las tecnologías más sencillas para eliminar el agua de la orina, en este proceso se enfrentaron diversas dificultades. Las primeras repeticiones realizadas a los diversos tratamientos se constituyeron como un desafío ya que, al someterlas a una temperatura de evaporación mayor a 40° C, la orina se expuso a un alto riesgo de hidrólisis. A pesar de que para la producción de urea química se requieren altas temperaturas y presión (Mikkelsen, 2007); cuando el objetivo es recuperar urea de orina humana, lo ideal es evaporar a temperaturas <30° C, dado que al usar temperaturas mayores solo mejora la velocidad del proceso, pero no necesariamente la cantidad del producto final de urea obtenida.

Existen opiniones divididas respecto a la relación entre el pH y la cantidad de nitrógeno que pueda recuperarse en una muestra; algunos investigadores (López-Periago et al., 2013 y Marepula, 2021) afirman que durante el proceso de evaporación disminuye ligeramente el pH cuando hay intercambio de CO₂ al entrar en contacto con el aire, es decir que, al tener valores de pH bajos, la hidrólisis de la urea es más rápida. A su vez, (Mufunde y Randall, 2022) mencionan que la hidrólisis se puede prevenir cuando la orina humana presenta valores de pH bajos; dado que, al estar almacenada durante un tiempo, la urea presente en la orina libera amoníaco provocando un aumento del pH volviéndose más volátil. No obstante, los resultados de esta investigación demostraron que a pesar de haber tratamientos con un valor de pH mínimo de 5.36 y máximo de 9.86, no fueron los que presentaron el mayor porcentaje de nitrógeno total; cabe resaltar que la orina humana no fue estabilizada inicialmente como en las investigaciones anteriormente mencionadas.

Al no considerar la estabilización de la orina humana como pretratamiento a la evaporación sugerida por Yang, et al. (2021), en este proceso se perdió una parte significativa del nitrógeno total presente en las muestras analizadas, reduciendo la eficiencia de recuperación; debido a que el amoníaco es altamente volátil y la evaporación fue realizada en condiciones abiertas una vez alcanzada la temperatura de saturación. Es por ello que se debe enfatizar en la estabilización de la orina para realizar futuras

investigaciones en relación con el tema, para así evitar pérdidas relevantes durante el proceso e inactivar posibles patógenos presentes.

Por otro lado, durante la fase experimental, se pudo observar el rápido asentamiento de partículas sólidas en la orina después de agitar cada tratamiento; evidenciando que hubo mayor precipitación de sólidos en 15 días de almacenamiento en las temperaturas consideradas. La sedimentación de estos pequeños cristales, se asocia a la presencia de fósforo, potasio, calcio y sodio en bajas cantidades presentes en la orina; ya que tanto Lind, et al. (2000) como Courtney y Randall (2022), evidenciaron la formación de cristales similares utilizando orina humana y sintética; confirmando la composición del precipitado.

Los hallazgos de esta investigación son consistentes con los de Marepula (2021), quien menciona que el almacenamiento óptimo de las muestras debe ser a temperatura ambiente. En este caso, el tratamiento con mejores resultados fue a 28° C y aunque se puede considerar 18° C como un ambiente fresco, los tratamientos a esta temperatura fueron los que presentaron menor porcentaje de nitrógeno debido a que el tiempo de evaporación fue más prolongado; por ende, favoreció la fase de hidrólisis y un mayor consumo energético.

Conclusión

El estudio permitió evaluar la eficiencia del método de evaporación ‘NYC’ obteniendo como resultado producto de urea en base a orina humana, a través de la implementación del método, el análisis de sus resultados, medición del porcentaje de nitrógeno y la comparación con el método de evaporación de Marepula.

En consecuencia, de la implementación del método de evaporación se pudo analizar 27 tratamientos llevados en bloques de 9 repeticiones a 3 temperaturas y 3 tiempos de almacenamiento diferentes. Las temperaturas fueron de 18°C, 28°C y 38°C en 1,7 y 15 días de almacenamiento, donde el tratamiento a 28°C y 7 días de almacenamiento brindó resultados efectivos en el producto final de urea y porcentaje de nitrógeno respectivamente.

El método aplicado por Marepula (2021) presentó resultados similares, en el cual obtuvo mediante 5 litros de orina humana, un residuo sólido de producto de urea de 7.4 gramos. En relación con ello, la mayor cantidad obtenida de urea aplicando el método de evaporación ‘NYC’, fue de 4.85 gramos de producto de urea sólido en 1 litro de orina humana.

Finalmente, se puede concluir que el método de evaporación ‘NYC’ para la obtención de urea en orina humana es eficiente, dado que los resultados fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Martín, demostrando la presencia de nitrógeno en todos los tratamientos realizados; siendo el porcentaje de nitrógeno un indicador de presencia de urea en el producto sólido obtenido.

Referencias Bibliográficas

Courtney, C. & Randall, D.G. (2022). Concentrating stabilized urine with reverse osmosis: How does stabilization method and pre-treatment affect nutrient recovery, flux, and scaling? [Concentración de orina estabilizada con ósmosis inversa: ¿Cómo afectan el método de estabilización y el pretratamiento la recuperación, el flujo y el escalado de nutrientes?]. *Water Research*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.11>

Ferguson, J. D. (2005). Nitrógeno de urea en leche. Sitio Argentino de Producción Animal, 1- 4.

<http://www.laboratoriollamas.com.ar/articulos/bovinos/Nitrogeno%20de%20Urea%20en%20Leche.pdf>

Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. (2021). Lixiviación de nitratos en agricultura. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/lixivacion-de-nitratos-en-agricultura>

Lefebvre, O., Hu, J., Ong, S. & Ng, H. (2016). Optimization of resource and water recovery from urine [Optimización de la recuperación de recursos y agua de la orina]. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 6(2), 229–234. <https://doi.org/10.2166/wrd.2015.081>

Lind, B.-B., Ban, Z., & Bydén, S. (2000). Nutrient recovery from human urine by struvite crystallization with ammonia adsorption on zeolite and wollastonite [Recuperación de nutrientes de orina humana mediante cristalización de estruvita con adsorción de amoníaco en zeolita y wollastonita]. *Bioresource Technology*, 73(2), 169–174. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)90157-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)90157-8)

López-Periago, A. M., Fraile, J., López-Aranguren, P. & Vega, L.F. (2013). CO₂ capture efficiency and carbonation/calcination kinetics of micro and nanosized particles of supercritically precipitated calcium carbonate [Eficiencia de captura de CO₂ y cinética de carbonatación/calcinación de partículas micro y nanométricas de carbonato de calcio precipitado supercríticamente]. *Chemical Engineering Journal*, 226, 357–366. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.04.071>

Marepula, H. (2021). Investigating the feasibility of recovering urea from human urine [Investigando la factibilidad de recuperar urea de la orina humana] Faculty of Engineering and the Built Environment, Department of Civil Engineering. 1-116. <http://hdl.handle.net/11427/35672>

Marepula, H., Courtney, C. & Randall, D. (2021). Urea recovery from stabilized urine using a novel ethanol evaporation and recrystallization process [Recuperación de urea a partir de orina estabilizada mediante un novedoso proceso de evaporación y recristalización de etanol]. *Chemical Engineering Journal Advances*, 8, 1 – 7. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.100174>

Martínez, M., Rosales, S. y Gándara, J. (2013). Capítulo 13: Experimentos y cuasiexperimentos. *Access Medicina home*, 14(2), 100- 125. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2448§ionid=193961431>

Maurer, M., Pronk, W. & Larsen, T.A. (2006). Treatment processes for source-separated urine [Procesos de tratamiento para orina separada en fuente]. *Water Research*, 40(17), 3151-3166. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.07.012>

Mena, I., López, D. (2022). Uso de Biol, urea y combinados en la respuesta agronómica y económica del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) HR-101, Municipio de Tipitapa, Departamento de Managua, 2021 [Trabajo de tesis, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4533>

Mikkelsen, R. L. (2007). Biuret en fertilizantes de urea. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 67, 7 – 9. [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/4E783AD422385D38852579A3006CB4D8/\\$FILE/Biuret%20en%20Fertilizantes%20de%20Urea.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/4E783AD422385D38852579A3006CB4D8/$FILE/Biuret%20en%20Fertilizantes%20de%20Urea.pdf)

Morales, E., Arriaga, M., López, J., Martínez, A. y Morales, E. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10 (8). <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>

Mufunde, T.T. & Randall, D.G. (2022). A novel mixing mechanism for effective stabilisation of urea in urinals for subsequent nutrient recovery [Un novedoso mecanismo de mezcla para la estabilización eficaz de la urea en urinarios para la posterior recuperación de nutrientes]. *South African Journal of Chemical Engineering*, 42(1), 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2022.07.006>.

Ortiz, D. (2022). La urea se constituye en el fertilizante de mayor uso nacional. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/urea-fertilizantes-mayor-uso-nacional.html>

Informe IPE. (2022). Instituto Peruano de Economía. <https://www.ipe.org.pe/portal/importacion-de-urea-cayo-84-en-el-primer-trimestre-del-ano/>

Patel, A., Mungray, A. & Mungray, K. (2020). Technologies for the recovery of nutrients, water and energy from human urine: A review [Tecnologías para la recuperación de nutrientes, agua y energía de la orina humana: una revisión]. *Chemosphere*, 259, 1 – 69. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127372>

Pérez, J. (2017). Diseño de un modelo de recolección y procesamiento de la orina humana para ser utilizada como fertilizante [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América]. Repositorio institucional Lumieres. <http://hdl.handle.net/20.500.11839/869>

Romero, M., Reeb, P. y Di Rienzo, J. (2010). Tamaño de muestra para estimar la distribución del diámetro de los frutos en árboles: Una propuesta usando simulación. *ResearchGate*, 1040 – 1047. https://www.researchgate.net/profile/Maria-Del-Carmen-Romero/publication/342815296_Tamano_de_muestra_para_estimar_la_distribucion_de_l_diametro_de_los_frutos_en_arboles_Una_propuesta_usando_simulacion/links/5f07369e92851c52d624abe0/Tamano-de-muestra-para-estimar-la-distribucion-del-diametro-de-los-frutos-en-arboles-Una-propuesta-usando-simulacion.pdf

Santos, J. (2016). Revisión de potenciales vías de recuperación de recursos de la orina humana [Trabajo de grado, Universidad de Cantabria]. Repositorio institucional UCrea <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/9154/386977.pdf?sequence>

Simha, P., Zabaniotou, A. & Ganesapillai, M. (2018). Continuous urea–nitrogen recycling from human urine: A step towards creating a human excreta based bio–economy [Reciclaje continuo de urea y nitrógeno a partir de la orina humana: un paso hacia la creación de una bioeconomía basada en excrementos humanos]. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4152 – 4161. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.062>

Sisa, M. (2020). Recuperación de nutrientes provenientes de la micción humana para el saneamiento sostenible en el casco urbano de la ciudad de Latacunga 2019-2020 [Trabajo de investigación, Universidad Técnica De Cotopaxi]. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6777>

Solís, J. (2021). Evaluación de la fertilización a base de orina humana desinfectada en el crecimiento de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en San Bernardino Tepenene, Puebla [Tesis para obtención de título, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio institucional Buap. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/14644>

Yang, W., Li, J. & Yang, X. (2021). Features and Applications of Urine Stabilization Methods: A Review [Características y aplicaciones de los métodos de estabilización de la orina: una revisión]. *Frontiers in Sustainability*, 2, 1-12. <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.710739>

ANEXOS

EVIDENCIA DE SUMISION A LA REVISTA “Revista de Ciencias Ambientales”

Redactar

Recibidos 396

- Destacados
- Pospuestos
- Enviados
- Borradores 6
- Más

Etiquetas +

Unwanted

[RCA] Envío recibido



Sergio A. Molina-Murillo <revista@una.cr>
para mi

lun, 11 dic 2023, 3:47 p.m.

Nedjha Andrea Ruiz Castillo:

Gracias por enviarnos su manuscrito "Eficiencia del método de evaporación para la obtención de urea en orina humana, Morales- 2023." a Revista de Ciencias Ambientales. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/authorDashboard/submission/19507>
Nombre de usuario/a: nedjharuiz

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Sergio A. Molina-Murillo
Dr. Sergio A. Molina-Murillo
Editor en jefe

Tel.: + (506) 2277-3688

Redactar

Recibidos 396

- Destacados
- Pospuestos
- Enviados
- Borradores 6
- Más

Etiquetas +

Unwanted

Revista de Ciencias Ambientales <revista.ambientales@una.ac.cr>
para mi

lun, 8 ene, 12:35 p.m.

Estimada Netjha, buenos días.

Agradecemos el envío del manuscrito para su posible publicación en la Revista de Ciencias Ambientales.

Sin embargo, requerimos nos haga llegar las imágenes, tablas o cuadros que el mismo contenga por separado, con excelente resolución, lo anterior con la finalidad de realizar una posterior manipulación a nivel de diagramación.

Una vez que nos haga el envío, procederemos a dar una primera revisión, que consiste en la corroboración de la pertinencia del artículo y el cumplimiento con las normas de publicación de la Revista. Una vez confirmado esto, procederemos a comunicárselos y entonces, continuar el proceso de revisión por personas dictaminadoras externas.

Cualquier consulta adicional, estamos para servirles.

Atentamente,

Dr. Sergio A. Molina-Murillo
Editor en jefe

Revista de CIENCIAS AMBIENTALES
Tropical Journal of Environmental Sciences



Gmail interface showing an email from Nedjha Andrea Ruiz Castillo. The email contains social media links for Facebook and Twitter, and an attachment titled "Un archivo adjunto".

Gmail interface showing an email from Revista de Ciencias Ambientales. The email contains a greeting and a thank you message for receiving the document.

Author dashboard for the journal "Revista de Ciencias Ambientales". It shows a workflow for submission 19507, including a list of sent files with their titles, dates, and descriptions.

Envío	Revisión	Edición	Producción
88944	nedjharuiz, De Interés.docx	December 11, 2023	Lista de posibles personas revisoras externas
88943	nedjharuiz, Carta Originalidad y Licencia de Derechos.pdf	December 11, 2023	Carta de originalidad y licencia de derechos
88942	nedjharuiz, Manuscrito_Eficiencia del método de Evaporación par la obtención de urea en orina humana.docx	December 11, 2023	Texto del artículo

Resolución de Inscripción del Perfil del Proyecto de Investigación

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

RESOLUCIÓN N° 1571-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 20 de diciembre de 2022

VISTO:

El expediente de **Carlos Hernando García Panduro**, identificado(a) con Código Universitario N° 201810739 y **Nedjha Andrea Ruiz Castillo**, identificado(a) con Código Universitario N° 201612668, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Carlos Hernando García Panduro** y **Nedjha Andrea Ruiz Castillo**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Recuperación de urea a partir de orina humana utilizando procesos fisicoquímicos y aplicado en cultivos de rápido crecimiento" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 20 de diciembre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Recuperación de urea a partir de orina humana utilizando procesos fisicoquímicos y aplicado en cultivos de rápido crecimiento**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Mtro. Richer Garay Montes** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mtro. Andrés Erick Gonzales Mtro. Jhon Patrick Rios Bartra** y , otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

CC:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo

Porcentaje de Similitud en Turnitin

NOMBRE DEL TRABAJO

35671_1713562581art02.docx

AUTOR

Carlos Garcia

RECUENTO DE PALABRAS

5279 Words

RECUENTO DE CARACTERES

30017 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

14 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

238.5KB

FECHA DE ENTREGA

May 1, 2024 10:13 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 1, 2024 10:13 AM GMT-5

● 11% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico

Resumen

Eficiencia del método de evaporación para la obtención de urea en orina humana.

Efficiency of the evaporation method to obtain urea in human urine.