



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Biodegradación de pañales desechables usados aplicando el cultivo
de seta (*Pleurotus ostreatus*) para disminuir la contaminación
ambiental, Chiclayo.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Campos Zurita, Glenia Thalia (ORCID: 0000-0001-7396-3156)

Risco Rivadeneyra, Roberto Gonzalo (ORCID: 0000-0002-7052-469X)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, José Elías (ORCID: 0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

CHICLAYO – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mi madre la Sra. Ruth Dora, mi más grande amor, el angelito que día a día está en mis pensamientos y corazón, el ser que me inculcó buenos valores desde muy pequeño, los cuales me han ayudado en todo mi camino hasta ahora, de quien aprendí que jamás tengo que darme por vencido y siempre mantenerme de pie ante las adversidades de la vida. A mis hermanas Cinthia Rosmery y Dora Ruby, aquellas que me brindan siempre su apoyo incondicional, mis amigas, mis confidentes, mis mamás que a pesar de las peleas siempre demuestran su amor por mí en los momentos difíciles. A mi padre el Sr. Roberto Ricardo, aquel que ha solventado mi etapa de formación profesional y quien me enseñó que en esta vida todo esfuerzo tiene su recompensa y siempre hay que saber ganarse las cosas. De la misma manera dedicar este trabajo a todas y cada una de las personas que estuvieron dándome ánimo para no tirar la toalla a medio camino.

Roberto Gonzalo

A mis padres Sixto Campos y Enelida Zurita dos personas increíbles que día a día trabajaron arduamente para sacar a sus cuatro hijos adelante, por nunca perder la fe y la confianza que me brindaron al momento de apoyarme a culminar mi gran anhelada meta ser una "Ingeniera ambiental", dedico mi trabajo y todas mis metas a ellos porque se merecen esto y mucho más.

Glenia Thalia

Agradecimiento

A Dios por ser quien me ilumina y guía mi camino, sobre todo me presta vida y fortaleza para seguir adelante. A mi compañera de trabajo Thalía Campos, por permitirme llevar a cabo la presente investigación junto a ella. A nuestro asesor el Dr. José Elías Ponce Ayala, quien nos brindó sus conocimientos científicos para la elaboración de nuestra investigación.

Roberto Gonzalo

A Dios por proteger a mi familia y darme la fuerza de seguir adelante luchando por cada uno de mis sueños, a mis padres y hermanos que me dieron apoyo constante en los momentos más difíciles, a mi compañero Gonzalo Risco por permitirme emprender este reto estando en las buenas y malas para aprender a sobresalir cuando teníamos una falla en el desarrollo de la tesis, al Dr. José Elías Ponce Ayala por asesorarnos en nuestra investigación para mejorar cada vez más, a todas aquellas personas que han desarrollado investigaciones de las cuales nos han ayudado como antecedentes para nuestra investigación.

Glenia Thalia

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de <i>tablas</i>	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I.INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de la investigación	13
3.2. Variables y Operacionalización	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Métodos de análisis de datos	23
3.7. Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS	24
V. DISCUSIÓN	28
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.....	40

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables.</i>	14
Tabla 2. <i>Características de cada muestra, así como el sustrato utilizado.</i>	24
Tabla 3. <i>Evaluación del cultivo de setas <i>Pleurotus ostreatus</i>.</i>	25
Tabla 4. <i>Comparación del crecimiento del hongo en las distintas muestras.</i>	26
Tabla 5. <i>Reducción de volumen.</i>	27
Tabla 6. <i>Reducción de masa.</i>	27

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Lavado de sustratos	16
<i>Figura 2.</i> Secado de sustratos (paja de arroz y viruta).....	17
<i>Figura 3.</i> Esterilización de los sustratos	17
<i>Figura 4.</i> Pañales triturados	18
<i>Figura 5.</i> Llenado de muestras.....	19
<i>Figura 6.</i> Pesado de los sustratos	20
<i>Figura 7.</i> Crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> en pañal y sustrato	21
<i>Figura 8.</i> Proliferación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	21
<i>Figura 9.</i> Flujograma del proceso de la investigación	22

Resumen

La biodegradación de pañales desechables aplicando el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, es un proceso biotecnológico debido a la gran eficiencia que tiene y que se ha demostrado a través de la presente investigación y de las demás que se han desarrollado en diferentes partes del mundo. Cabe recalcar que esta investigación es de tipo cuantitativa ya que tiene por objeto analizar, comprobar y experimentar. Aplicativo porque resulta ser una alternativa de solución a un problema socio ambiental actual. Por ello, que la presente investigación busca determinar la eficiencia del cultivo de setas (*Pleurotus ostreatus*), en la biodegradación de pañales desechables usados. Para el desarrollo del trabajo se empezó por acondicionar un cuarto con condiciones óptimas para evitar la contaminación de las muestras y luego elaborar los sustratos de 1Kg a base de paja de arroz, viruta, pañal desechable usado con orina y con heces y la semilla del hongo *Pleurotus ostreatus* en distintas proporciones, estas muestras fueron colocadas en fase oscura durante 42 días y en fase luminosa hasta lograr resultados en 3 meses. Determinando que la seta *Pleurotus ostreatus* tuvo una efectividad para degradar los sustratos en masa 16.02 % y volumen un 22%.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, pañales desechables, paja de arroz, viruta, biodegradación.

Abstract

The biodegradation of disposable diapers by applying the mushroom cultivation *Pleurotus ostreatus*, it is a biotechnological process due to a great efficiency of this, and it has been demonstrated by this research and others that have been developed in different parts in the world. However, it should be emphasized that this research is quantitative because its goal is to analyze, prove and test. It is applicative because it turns out to be a possible and actual solution for a socio environmental problem. That's why this research is to determine the efficiency of mushroom cultivation (*Pleurotus ostreatus*) in the biodegradation of used disposable diapers. For this research we have conditioned a certain room with high standards condition for the samples not to be contaminated and after that we elaborated 1 kg substrates based on rice straw, shavings, disposable diapers with urine, feces and the seed of the mushroom *Pleurotus ostreatus* in different proportions. These samples were placed in a dark stage for 42 days and in light reactions in 3 months. It was determined that the *Pleurotus ostreatus*, it had the quality to degrade the substrates in mass 16.02 % and volume 22%.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, disposable diapers, rice straw, chip, biodegradation.

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI) indicó que las últimas estimaciones y proyecciones de la población en el 2020 alcanzó los 32 millones 625 mil 948 habitantes. Asimismo, se estima que nacieron 567 mil 512, lo que indica que cada año la población incrementa, por lo tanto, aumenta la cantidad de residuos sólidos en nuestro país.

Dentro de los residuos sólidos que se generan en las ciudades del país se encuentran en gran porcentaje los pañales desechables los cuales contienen celulosa y/o poliéster, estos están compuestos por productos químicos generando que este artículo demore años para degradarse causando grandes focos de contaminación ambiental.

El pañal de un solo uso en la actualidad viene siendo un problema con gran impacto en el ambiente ya que, según el INEI, en el país nacen más de mil niños(as) por día, lo cual trae consigo el uso excesivo de pañales desechables, y a estos no se les da un tratamiento adecuado para acelerar su descomposición.

Para Cabrera, Sonia (2014, pag.03). Los pañales desechables se han vuelto artículos necesarios en la vida cotidiana. Sin embargo, al ser desechados, estos generalmente son depositados en rellenos sanitarios controlados o tiraderos a cielo abierto, ya que estos están considerados como residuos sólidos urbanos.

Los pañales desechables han llegado a ser indispensables ya sea para infantes o para personas de la tercera edad, la mayoría de personas desconocen de que están hechos este tipo de productos, como también desconoce a donde van a ser depositados y cuantos años toma su degradación.

Es muy importante saber que para producir los pañales se tiene que talar árboles que demoran en alcanzar su pleno desarrollo, asimismo para sacar el propileno se tiene que refinar el petróleo entre otros gases y materiales dañinos para la salud del usuario, sin embargo, existen personas que utilizan este tipo de artículos, debido a que muchos de estos no cuentan con las advertencias debidas en su empaque. Se debe tener conciencia del daño que se produce al arrojar un material

plástico, latas, tecnopor y muchos otros materiales inorgánicos que dañan al planeta y a todo ser vivo que habita en él.

Para Berrocal et al. (2015). Para analizar el impacto ambiental de los pañales, también es preciso tomar en consideración los componentes de un pañal estándar. Hay variadas marcas en el mercado, no obstante, la constitución de un pañal no suele variar considerablemente de fabricante a fabricante y los componentes de dicho pañal, cuentan con efectos dañinos tanto para el ambiente como para la piel del usuario (p.34).

La contaminación producida por los pañales desechables, generan gran impacto ambiental y económico, las industrias cada año fabrican y distribuyen miles de pañales de diferentes marcas y vendidos a distintos lugares, asimismo se origina la tala indiscriminada para extraer la celulosa que es indispensable en la producción de estos, de tal forma el uso excesivo de químicos y otros materiales que hacen que este artículo tarde en su desintegración, es por ello que en la presente investigación se planteó la siguiente problemática: ¿Será eficiente las setas (*Pleurotus ostreatus*), en la biodegradación de pañales desechables usados para disminuir la contaminación ambiental?

Como justificación se menciona que a través de la investigación se buscó disminuir la contaminación ambiental que es producida por los pañales desechables usados aplicando el cultivo de setas *Pleurotus ostreatus*, ya que este hongo se alimenta de la celulosa, la cual se encuentra en dicho artículo. Asimismo, las setas requieren de sustratos y de ciertos factores que aportan a su crecimiento, estos materiales son económicos y fáciles de adquirir, debido a que en cualquier parte del mundo se generan pañales desechables usados. Cabe recalcar que esta investigación es novedosa e importante ya que ofrece resolver uno de los principales problemas que se evidencia en la actualidad como lo es la contaminación ambiental por residuos sólidos.

Para el desarrollo de la presente investigación se planteó el siguiente objetivo general: Determinar la eficiencia del cultivo de setas (*Pleurotus ostreatus*), en la biodegradación de pañales desechables usados. Siendo los objetivos específicos los siguientes: Caracterizar los pañales desechables con orina y heces, para el

cultivo de las setas. Realizar el cultivo de setas y aplicarlo a los pañales desechables para calcular el tiempo de degradación. Comparar el tiempo de degradación de pañales desechables y el desarrollo del cultivo de setas, mezclados con residuos orgánicos y sin ellos.

II. MARCO TEÓRICO

Según Plaza (2019, p.08), realizó un estudio en el que buscó generar una alternativa de gestión eficaz de pañales usados, a partir de la biorremediación con la finalidad de reducir el tiempo de degradación de los pañales y aprovechar la celulosa de estos para utilizarla como materia prima en ciertos procesos industriales.

Cabrera (2014, p. 03), los pañales desechables en México son arrojados a cielo abierto, es por ello que su investigación busca acelerar su degradación aplicando dos variedades de cepas de hongos (*Pleurotus ostreatus*), utilizándolas de dos formas uno con el pañal completo y el otro, pañal sin plástico. En ambos casos trituraron los pañales y agregaron 35% de pasto y 65% de pañales para comparar cual es más eficiente.

Para (Castro, 2016, p. 19), en todo el mundo se vive la gran problemática ambiental de los pañales desechables, debido a que no se le da una adecuada disposición final. Es por ello que como alternativa de solución aplican la degradación de estos, a través del hongo *Pleurotus ostreatus* donde se busca disminuir el volumen y la masa de los pañales desechables usados, como también permitir el reciclaje y recuperación de energía.

Según Berrocal et al. (2015, p. 09), para la elaboración de pañales de tela que mantengan la misma forma de un pañal desechable se tiene en cuenta ciertas etapas como: propuesta, diagnóstico, diseño y validación. Los cuales resulta ser una alternativa de solución para reducir el impacto ambiental que ocasiona el uso cotidiano de pañales desechables hoy en día.

Morales (2016, p. 01), la digestión anaerobia puede ser una opción para el tratamiento y disminución de pañales desechables, planteándose como principal objetivo averiguar si los pañales desechables usados sirven como sustrato para la producción de biogás, sustituyendo así los combustibles fósiles y a su vez minimizar la cantidad de residuos que llegan a sus sitios de disposición final. Con el estudio demostró que la digestión anaerobia de pañales desechables usados mezclados con pasto es una alternativa eficiente para producir biogás.

Para Sotelo et al. (2013, p. 14), buscaron, la posibilidad de tratar los pañales desechables usados a través del compostaje con residuos de jardinería, con un transcurso de 3 meses. A su vez monitorear la reducción de peso y volumen de la materia a compostar (pañales usados y restos de jardinería), obteniendo como resultado que si es posible degradar pañales desechables usados a través del compostaje con restos orgánicos y demostrando que es un proceso viable para el tratamiento de estos residuos.

De acuerdo con Castillo y Medina (2014, p. 82). En la localidad de Xico existen altos porcentajes de residuos no aprovechables dentro de ellos destacan los pañales desechables y envases de cartón. En Xico el 7.87% es el porcentaje de generación de pañales lo cual contribuye a un elevado índice de estos residuos por su alto crecimiento de población infantil.

Para Bermúdez, et al (2019, p. 20). Las setas *Pleurotus ostreatus* tienen un gran potencial biológico, ya que además de ser aprovechado como alimento humano, son de suma importancia para diferentes procesos biotecnológicos, estos hongos ayudan a minimizar el nivel de los residuos lignocelulósicos de la naturaleza. El sustrato que se obtiene del cultivo de estos hongos, resulta ser factible para su uso como alimento para animales y empleado como abono para el cultivo de plantas.

En muchas ciudades, del total de residuos sólidos generados, el 40% de estos son residuos que contienen celulosa y lignina, aquellos que muchas veces no son tratados como se debe, un ejemplo de ello son los pañales desechables usados. La celulosa es el componente mayoritario de los pañales desechables, haciendo que estos permanezcan durante décadas en el ambiente. (Delfín y Duran, 2003, p. 83).

Rodríguez, et al (2018, p. 30), el orujo de pera es una alternativa factible para aplicarla en el cultivo de cepas de *Pleurotus ostreatus*, en la cual analizan dos cepas de P.O con diferentes sustratos donde evalúan la composición química del orujo biodegradado. La cepa PI-J presento 98,3% de eficacia biológica, 35% de rendimiento y 45 días de periodo productivo, mientras que para PI-P los valores que obtuvieron fueron 62,3%, 21,8% y 35 días de periodo productivo. Evidenciando que la cepa PI-P es más eficiente en la degradación del orujo de pera.

Para Espinoza, et al (2011, p. 50), el hongo *Pleurotus ostreatus* logra disminuir en gran cantidad la masa y el volumen de los pañales desechables usados, cuyo material están compuestos por polietileno, polipropileno y un polímero súper absorbente, y como principal componente es la celulosa que produce una lenta degradación. *Pleurotus ostreatus* es también conocido como ostra y en su desarrollo requiere de celulosa, por lo cual es eficiente para la degradación de este residuo en poco tiempo.

Este estudio tiene como propósito degradar el contenido de biomasa en zonas urbanas a través del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, asimismo evaluar el contenido de celulosa en los pañales para proceder al cultivo de hongos utilizando un sustrato hecho de la mezcla de pañales con restos de poda. Logrando demostrar que el sustrato sin plástico es el que tiene mejor resultado de degradación. (Espinoza, et al. 2015, p. 05).

Según Ichiura, et al. (2020, p. 90), el método para reciclar la pulpa de pañal desechable, utilizando el ozono como un polímero superabsorbente (SAP), ya que este tiene una reacción de oxidación que permite separar la pulpa reciclable del material inservible, esto fue desarrollado a partir de una serie de procesos como hidratación, oxidación, etc. Teniendo como resultado que el método que elaboraron es efectivo para reciclar la pulpa de pañal desechable.

Kózka, et al. (2020, p. 30), el hongo *Pleurotus ostreatus* resulta tener una gran capacidad y eficacia, para degradar ciertos artículos y así disminuir la contaminación ambiental. La degradación de farmacéuticos antidepresivos con un medio de cultivo de la especie *Pleurotus ostreatus*, y el tratamiento de aguas residuales, demuestra que esta especie puede eliminar con gran eficiencia y en poco tiempo ciertos productos que contengan restos fenólicos, benceno, entre otros.

Según Mata, et al (2019, 07), para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizaron sustrato de viruta de pino y paja de cebada, para determinar cuál es más eficiente: prepararon y aislaron de forma in vitro 36 cultivos monospóricos como resultado obtuvieron que la paja de cebada es más eficiente biológicamente, dichos

autores mencionaron que aún se requiere de más estudios para facilitar una mayor productividad.

La tasa de generación de los pañales desechables a nivel mundial incrementaría para el año 2022, es por ello que plantean la eliminación de estos residuos a través de la biotecnología. Para el tratamiento y reciclaje de estos residuos que se generan a diario, estableciendo que se pueden adquirir productos útiles para distintas aplicaciones. (Khoo et al, 2019, p. 66).

Para Velasco, et al. (2020, 01), en los municipios se discute las opciones de manejo, disposición y tratamiento de los residuos sólidos de productos de higiene absorbente (AHP). Detallando que las medidas que se toman en los países latinos o en vías de desarrollo vierten sus residuos en vertederos, mientras que en los países desarrollados cuentan con un proceso de incineración o son dispuestos en ocasiones en vertederos.

Para Romero, et al (2013, p. 48), los sustratos a base de café deshidratado y otros residuos orgánicos como rastrojo de maíz, paja de trigo, etc. Son eficientes para el crecimiento y producción del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos mencionados. Teniendo como resultado que el cultivo en el sustrato de bagazo de café deshidratado y el rastrojo de maíz resultan ser menos eficientes para la productividad de dicho hongo, y el sustrato de paja de trigo resulta tener una mayor efectividad para el desarrollo de esta especie de hongo.

Picornell, et al, (2015, p. 99). La factibilidad agronómica del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, a través de la técnica de reutilización de sustratos, se determina una caracterización fisicoquímica de estos y su evaluación de parámetros de producción. Aplicando la paja de trigo picada y sustrato degradado, para generar un nuevo resultado de este para el cultivo y producción de setas. Obteniendo una eficiencia biológica de 50% al 63%.

Zekry, et al (2020, p. 15). Los pañales desechables cuentan con gran potencial e importancia para la captación y retención de agua en suelos de drenaje excesivo, ya que el pañal contiene polímeros superabsorbentes el cual retiene el agua para permitirle al suelo mantener su humedad.

Los compuestos que tienen algunos materiales de alto uso en la actualidad están hechos por polímeros superabsorbentes que está compuesto por fibras ya sean naturales o sintéticas. Asimismo, el rendimiento que este compuesto tiene se debe a los componentes que forman parte del material y resultan ser materiales prometedores en reemplazo de metales. (Rajak, et al. 2019).

Mendoza, et al (2019, p. 01), los pañales desechables pueden ser reemplazados, a través de tecnologías que ayuden al ahorro y producción limpia de artículos para bebés. Haciendo una evaluación de que beneficios trae consigo un pañal sin pegamento de un pañal convencional, junto a ello los impactos que ambos generan en el ambiente y si bien se menciona en la investigación ambos productos generarían grandes cantidades de residuos, por ello se recomienda la implementación de una economía circular para este tipo de productos.

Mundia, L. (2019, p. 04), los pañales desechables usados y toallas sanitarias son aplicadas como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, reemplazando la pajilla de trigo. Estos resultan ser artículos viables para uso como sustrato y a la vez acortar su tiempo de degradación mediante el cultivo de setas.

Para Ling, N. et al (2020, 10), los desechos de café, cascara de huevo, bagazo de caña de azúcar y cascara de plátano, son sustratos para el cultivo de hongos *Pleurotus ostreatus*, ya que contienen un gran porcentaje de NPK, celulosa y hemicelulosa. Asimismo, los pañales desechables también tienen un gran porcentaje de celulosa por la cual el hongo se desarrolla sin problema y demostrando que los sustratos elaborados para el cultivo del hongo no contienen acumulación alguna de componentes tóxicos y biológicos.

Las toallas sanitarias y los pañales desechables son artículos que contienen compuestos volátiles (COV) y ftalatos con más concentración que en los productos de plásticos comunes en el mercado, en la cual el autor demuestra que los productos sanitarios son más dañinos para en ambiente. (Chan, et al 2019, p. 19).

Para Wan, et al (2020), mencionaron en su trabajo de investigación la valorización del cultivo de hongos como también la generación de residuos que estos pueden producir enfocándose en una industria, según los estudios demuestran que la tasa

de producción es insuficiente para satisfacer al mercado, para ello buscaron alternativas, aplicando sustratos más eficientes y mejorar el método de cultivo. Buscando mitigar los residuos peligrosos que generan dichos hongos y tener mejor entrada en el mercado. (p. 13).

Gonzaga et al. (2020, p. 02). Los residuos absorbentes que se encuentran en artículos como pañales desechables, toallas higiénicas sanitarias etc. No tienen un adecuado método o proceso que permita reciclar y disminuir el volumen y masa de estos residuos para mejorar el proceso de la disposición final. Los avances tecnológicos han demostrado que los hongos ayudan a la degradación de los pañales desechables o materiales que tengan celulosa.

Camacho, et al. (2017, 02), los hongos de pudrición blanca son muy importantes en la protección del ambiente, ya que tienen la capacidad de degradar ciertos factores tóxicos que hacen daño al entorno ambiental, tal es el caso del paraquat es un herbicida que en la agricultura es utilizado en excesivas cantidades y a través de diversos hongos se puede degradar este producto. El autor indica que en los estudios que se realizaron de las 6 sepas pertenecientes al género *Polyporus*, *Tricoloma*, *Cilindrobasidium* etc. solo 2 presentaron mayor degradación.

Ortiz et al. (2020, p. 06), los residuos derivados del cacao son usados como sustrato para el cultivo de hongos *Pleurotus ostreatus*, dicho hongo sirve para la biodegradación de lignina y celulosa, para el cultivo se tiene en cuenta la evaluación de ciertos parámetros pH, humedad, etc. para el desarrollo y crecimiento del hongo ya que tiene una efectividad de degradación del 60%, determinando y concluyendo que el cultivo realizado es una alternativa viable para la biodegradación de uso agronómico.

Para Ruilova y Hernández (2020, p. 54), los residuos agrícolas son utilizados como sustrato en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Dichos residuos presentaron tener buenas condiciones fisicoquímicas, junto a ello está el porcentaje de celulosa, lignina y hemicelulosa que estos contienen. Resultando ser factible por su alto contenido de nitrógeno y eficiencia biológica que hace que el hongo se desarrolle en buenas condiciones y obtenga un alto contenido proteico.

Para DI Kusumawati y S. Mangkoedihardjo, (2020, pág.18), indican que los pañales desechables generan riesgos para el ambiente y para la salud de los seres vivos, es por ello que decidieron producir compostaje con pañales desechables con el fin de disminuir sus impactos negativos, se realizó con éxito su trabajo, demostrando que las cianobacterias degradan un gran porcentaje de los pañales desechables con ayuda de sistemas tecnológicos.

Shing et al (2020, pág. 60), los pañales desechables son un problema eco-tecnológico crítico agravado por el crecimiento poblacional que demanda al aumento de estos artículos, a través del avance tecnológico se le puede dar un mejor tratamiento a dichos residuos, como la biodegradación y la pirolisis con el fin de poder maximizar el reciclaje con un costo mínimo.

Cordella, M. et al (2015, pág. 331), el ciclo de vida de los pañales desechables genera un gran impacto ambiental, a través de constantes investigaciones se busca reducir el impacto, aplicando el diseño de productos más ligeros asegurando que los materiales que se van a usar se descompongan en un tiempo mínimo.

Grimm Alejandro, et al. (2020, pág. 10) para realizar el cultivo de setas *Pleurotus ostreatus* utilizaron la celulosa de papel reciclado y aserrín a escala industrial se aplicaron como sustratos para el desarrollo de dicho hongo, donde se demuestra que el crecimiento fue más rápido utilizando sustratos basados en el rechazo de fibras.

Con ayuda de diferentes investigaciones anteriormente mencionadas están planteadas para desarrollar el marco teórico del presente proyecto de investigación. El crecimiento poblacional ha generado que los recursos naturales sean más aprovechados, ya que cada vez hay más demanda de consumo para satisfacer sus necesidades de toda persona, por lo cual en los últimos años se ha visto cambios radicales en el ambiente, como el aumento de la contaminación, el cambio climático entre otros.

La generación de residuos sólidos municipales en el Perú se adiestra en los últimos años un incremento significativo, la generación per cápita de residuos sólidos municipales ha pasado de 0.711 kg/hab/día en el 2001 a 1.08 kg/hab/día el 2007,

estimándose para este año una generación anual de 8 091 283.4 toneladas. (MINAM, 2020)

Pañales desechables, si bien es cierto para muchos padres este material es de suma importancia para el cuidado de su bebé. Pero también la deficiente gestión de estos artículos y de los materiales asociados a ellos, ocasionan un alto nivel de contaminación en el ambiente, su descomposición anaeróbica en vertederos a cielo abierto, generan gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O) a la atmosfera. (Plaza, 2019, p. 19).

Celulosa, la generación de pañales desechables requiere grandes cantidades de la producción de celulosa, lo que implica la tala indiscriminada de árboles para su elaboración. Ya que durante los años que utiliza un niño pañales desechables se talan un aproximado de 5 árboles, asimismo cabe recalcar que los pañales necesitan otros derivados de petróleo, aquellos que causan daño al ambiente. Si calculamos el número de pañales que utiliza un niño por día para los primeros 3 años de su vida usará 5.400 pañales [...]. (Plaza, 2019, p. 20).

Cultivo de *Pleurotus ostreatus*, existen microorganismos que presentan un sistema enzimático las cuales les ayuda a degradar y utilizar la celulosa y hemicelulosa como fuente de carbono y energía para su crecimiento y multiplicación. Así mismo la lignina por su origen químico solo puede ser degradado por un número limitado de bacterias y hongos, en particular los hongos de producción blanca, los cuales pertenecen al grupo basidiomicetes, entre ellos está el hongo *Pleurotus ostreatus* ya que degradan eficazmente la celulosa, hemicelulosa y lignina. (Rodríguez, et al, 2018, p. 22).

Viruta, en las empresas madereras se generan gran porcentaje de residuos, es por ello que las empresas alimenticias tomaron como alternativa utilizar la viruta para el cultivo de hongos del género *Pleurotus*, ya que destaca un alto nivel de eficiencia en términos de degradación de la lignocelulosa, a través de la acción de diferentes enzimas, esta acción del hongo le permite desarrollarse y nutrirse generando grandes beneficios para quienes lo consuman. (Mata, et al. 2019, p. 02).

Paja de arroz, dicho residuo se ha vuelto muy importante para la producción de hongos comestibles ya que contiene nutrientes que ayudan al desarrollo del hongo. Asimismo, la paja de arroz tiene un bajo valor económico a comparación de otros sustratos como la paja de trigo o cebada que también son utilizados para el cultivo de hongos. (Romero, 2013, p. 478).

La cal, desde la antigüedad es utilizado para la agricultura y la construcción, sin embargo, es aplicada para diferentes funciones, ya que está compuesta por propiedades fisicoquímicas, y es una pieza clave para muchos procesadores químicos e industriales que la emplean ya sea para lubricantes, neutralización de ácidos, caustificador, lixiviados, hidrolizados, cementante, floculador, desinfectante y deshidratador. (Usedo Rafael, 2015, p. 151).

En nuestro caso, la cal fue usado como desinfectantes en los sustratos antes de aplicar el hongo *Pleurotus ostreatus*, con el fin de evitar algunas bacterias que afectan al cultivo, asimismo fue utilizada para deshidratar las muestras ya que transpiran demasiado y el pH aumenta trayendo como consecuencia el lavado del hongo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

Tipo de la investigación

Cuantitativa

La investigación cuantitativa es un proceso sistemático y ordenado que tiene en cuenta determinados pasos a seguir. Realizar una investigación implica proyectar el trabajo conforme a un orden lógico de decisiones y con una estrategia que oriente la obtención de resultados adecuados a los problemas de indagación propuestos. (Montejo, 2017, p. 19).

Aplicada

Una Investigación aplicada, está dirigida a determinar el conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y tecnologías), por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica. (CONCYTEC, 2018). En el presente trabajo ostentamos una visión con respecto a los pasos que se va a seguir en el transcurso de la investigación, es de suma importancia ya que durante este proceso se colaboró con la innovación para mitigar la contaminación de dicho residuo.

Diseño de la investigación

Se trabajó un diseño cuasi experimental, “Los diseños cuasi experimentales determinan un grupo de comparación, asemejándose lo más parecido posible al grupo de tratamiento en cuanto a las características del estudio de base”. (Unicef, 2014, pág. 01). Nuestra investigación se validó con estudios y/o antecedentes con una antigüedad menor de 7 años ya que se asemejan más a la actualidad.

3.2. Variables y Operacionalización

En el presente estudio de investigación las variables son:

Variable dependiente: Biodegradación de pañales desechables usados

Variable independiente: Cultivo de setas (*Pleurotus ostreatus*).

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variable de medición	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medida
X-variable independiente Cultivo de setas (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	“El cultivo de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> resulta una alternativa de producción para beneficio tanto económico como saludable [...]”. (Bermúdez, 2018, pág. 12).	El cultivo de esta especie de hongo tiene un gran potencial tanto alimenticio como biotecnológico, por su capacidad de acelerar el tiempo de degradación de pañales desechables usados.	Inoculación Incubación Germinación Fructificación	Tiempo	Razón
Y-variable dependiente. Biodegradación de pañales desechables usados	Su investigación indicó que el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los pañales desechables podría ser una buena alternativa para los dos problemas actuales, la reducción de los residuos sólidos urbanos y la falta de alimentos ricos en proteínas. Cabrera S. (Como se citó en Espinoza et al. 2011).	La biodegradación de pañales desechables a partir del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> , es una alternativa de solución, al problema ambiental que se evidencia en la actualidad como lo es la contaminación por residuos urbanos	Degradación	Tiempo	Razón

Fuente: elaboración propia.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Pañales desechables usados con orina y/o heces.

Muestra: 25 pañales desechables usados con orina y 25 pañales desechables usados con orina y heces.

Muestreo: por conveniencia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En nuestra investigación la recolección de datos fue mediante la técnica de revisión y análisis de documentos, repositorios (Scopus, Concytec, ScienceDirect, IOPScience, Dialnet, Redalyc, Google Academico, Scielo, etc.), y otras fuentes de información, como también el uso de materiales e instrumentos. En la manipulación y control de variables se evaluó que tipo y diseño de investigación se va a realizar, asimismo a través del cuadro de operacionalización podemos identificar sus dimensiones, sus indicadores y a que escala pertenecen, pudiendo manipular de forma continua dichas variables. Cabe recalcar que a través de la plataforma institucional TRILCE UCV se facilitó el uso de dichas fuentes ya que tiene convenios con diversas instituciones nacionales e internacionales y poder desarrollar nuestra investigación correctamente.

3.5. Procedimientos

Los materiales que hemos utilizado para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación vienen a ser los siguientes.

- Semilla de *Pleurotus ostreatus*
- Pañales desechables usados
- Paja de arroz picada
- Viruta
- Higrómetro para calcular la humedad y temperatura.
- Balanza
- Bolsas herméticas
- Cúter
- Alcohol

- Cal
- Cocina
- Olla a presión
- Sacos

Los pasos que hemos seguido para el procedimiento son los siguientes.

Paso 1. Se procedió a lavar los sustratos (paja de arroz y viruta) quitándole algunas sustancias no favorables para el cultivo, y permitiendo que tengan la humedad adecuada entre 60 a 80%.



Figura 1. Lavado de sustratos

Fuente: elaboración propia



Figura 2. Secado de sustratos (paja de arroz y viruta)

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Tener los sustratos (paja de arroz, viruta y el pañal desechable usado) pesados con las medidas adecuadas y desinfectados en baño maría para evitar cualquier tipo de microorganismo que altere el cultivo.



Figura 3. Esterilización de los sustratos

Fuente: elaboración propia

Paso 3. Triturar los pañales desechables, quitándole el plástico ya que el hongo no degrada plástico.



Figura 4. Pañales triturados

Fuente: elaboración propia

Paso 4. Implementar un espacio tipo laboratorio y llevar los sustratos desinfectados para mayor seguridad con la finalidad de que no se contaminen con otros microorganismos.

Paso 5. Mezclar los sustratos con las proporciones adecuadas y según la muestra planteada en nuestra investigación.

Paso 6. Poner cada mezcla en bolsas herméticas de 1kg.

Proporciones por bolsa.

Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina más hongo *Pleurotus ostreatus*.

- Viruta = 200 g
- Paja de arroz = 200 g
- Pañales desechables usados = 500g
- Setas *Pleurotus ostreatus* = 100 g

Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina y heces más hongo *Pleurotus ostreatus*.

- Viruta = 200 g
- Paja de arroz = 200 g
- Pañales desechables usados = 500 g
- Setas *Pleurotus ostreatus* = 100 g

Sustrato a base de pañal desechable con orina más hongo *Pleurotus ostreatus*.

- Pañales desechables usados = 800g
- Setas *Pleurotus ostreatus* = 200 g

Sustrato a base de pañal desechable con orina y heces más hongo *Pleurotus ostreatus*.

- Pañales desechables usados = 800g
- Setas *Pleurotus ostreatus* = 200 g



Figura 5. Llenado de muestras

Fuente: elaboración propia



Figura 6. Pesado de los sustratos

Fuente: elaboración propia

Paso 7. Sellar bien las bolsas evitando que tengan aire y llevarlas a una sala totalmente oscura, con una humedad relativa de 60 a 80% y con un cúter desinfectado se les hace unos orificios en forma de X para el intercambio de gases y de esta manera el hongo pueda desarrollarse adecuadamente.

Paso 8. Después de dos semanas se tomaron los primeros apuntes para observar los cambios que se producían durante el proceso, asimismo tras pasar un mes se empezó a tomar apuntes del peso con la finalidad de comparar si existía algún cambio, también se cambiaron las muestras a una sala para su desarrollo de fructificación con un sistema de aspersión y con un porcentaje de incidencia de luz para garantizar la inducción de la producción del micelio o del hongo.

Paso 9. Pasado los 3 meses se realizaron los cálculos de masa y volumen para evaluar si hubo algún cambio.



Figura 7. Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en pañal y sustrato

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Proliferación don hongo *Pleurotus ostreatus*

Fuente: elaboración propia

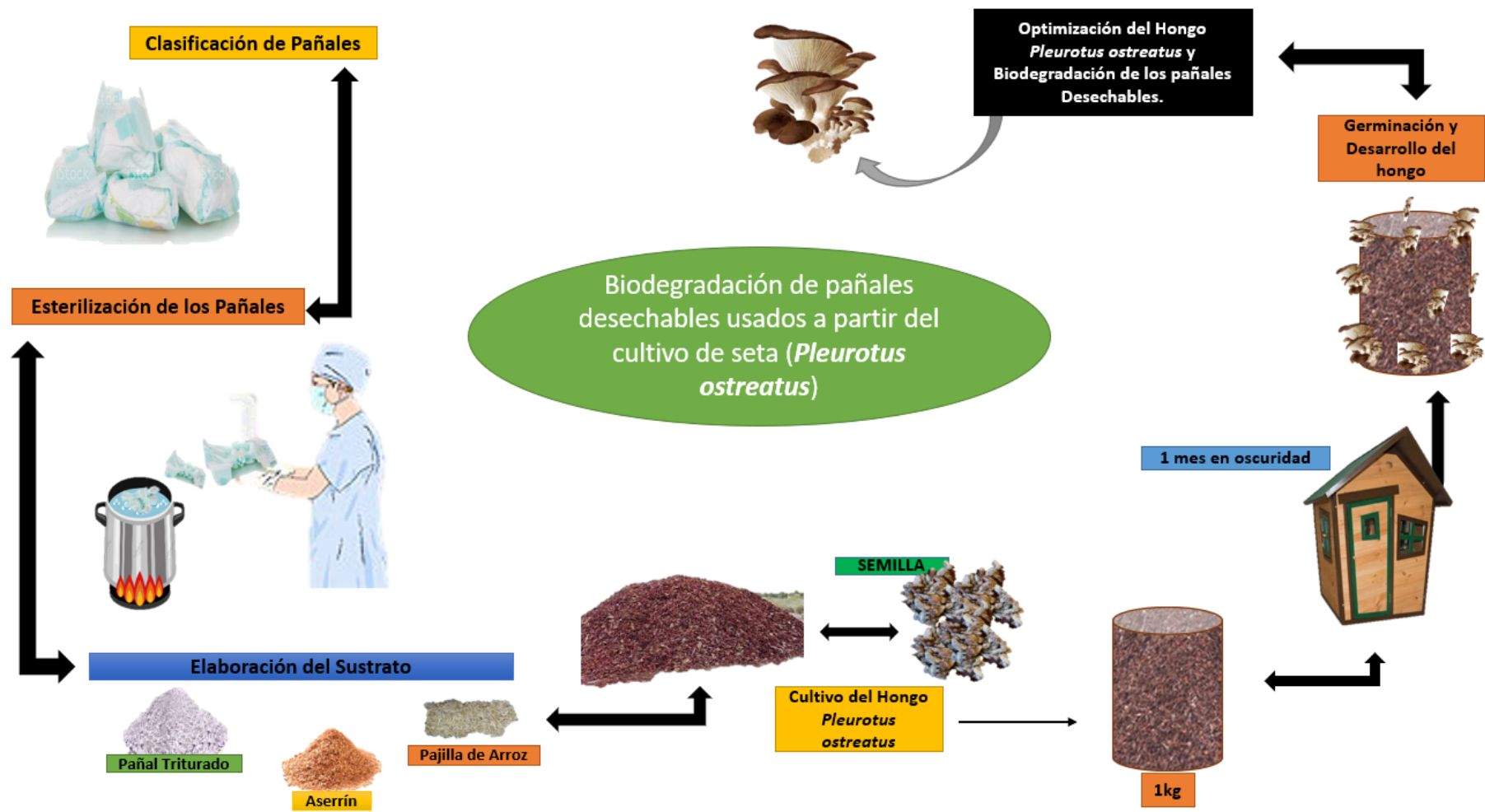


Figura 9. Flujograma del proceso de la investigación

Fuente: elaboración propia

3.6. Métodos de análisis de datos

Los datos recolectados se presentan en tablas, gráficos, porcentajes los mismos que fueron analizados usando la hoja de cálculo Excel.

3.7. Aspectos éticos

Cabe recalcar que la información presentada en esta investigación es válida, debido a que fue obtenida de bases de datos confiables que hemos revisado constantemente por vía internet, citando y referenciando debidamente según la guía de investigación de nuestra casa de estudios (Universidad César Vallejo).

IV. RESULTADOS

Para el desarrollo de la investigación se recolectó 100 pañales desechables usados de diferentes marcas provenientes de viviendas previamente seleccionadas, observándose que el pañal marca Babysec eran la mayoría, por lo que se optó trabajar con esta marca obteniéndose los siguientes resultados.

Para la caracterización, se procedió a separar los pañales desechables usados netamente con orina, de los pañales desechables usados con orina y heces para tomar cuatro (4) muestras, utilizando 25 pañales con orina para la muestra 1 y 3, y 25 pañales con orina y heces para la muestra 2 y 4, asimismo se realizó la separación de la pulpa, del plástico que contiene el pañal, ya que solo se trabajó con la pulpa. En la siguiente tabla se presentan las características de cada una de las muestras, así como las cantidades de cada uno de los sustratos que se han utilizado en la investigación.

Tabla 2. Características de cada muestra, así como el sustrato utilizado.

Ítem	Muestras	Cantidades
1	Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	P.A – 200 g
		V – 200 g
		P.D.O – 500 g
		P.O – 100 g
2	Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	P.A – 200 g
		V – 200 g
		P.D.O.H – 500 g
		P.O – 100
3	Sustrato a base de pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	P.D.O – 800 g
		P.O – 200 g
4	Sustrato a base de pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	P.D.O.H – 800 g
		P.O – 200 g

Fuente: Elaboración propia

La finalidad de las muestras fue obtener resultados más claros y poder identificar y/o comparar en cuál de ellas resulta más eficiente la degradación del pañal a causa de la presencia del hongo y lo más importante identificar que muestra fue degradada rápidamente.

Después de realizar el cultivo tomando las medidas adecuadas para evitar la contaminación de las muestras, se optó por hacerle un seguimiento para poder identificar cuál es su evolución, registrándose en total 6 evaluaciones los mismos que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Evaluación del cultivo de setas *Pleurotus ostreatus*.

CULTIVO/ TIEMPO	Sem 1 05/04/21	Sem 3 19/04/21	Sem 5 03/05/21	Sem 7 17/05/21	Sem 9 31/05/21	Sem 11 20/06/21
Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	Presencia de pequeña pigmentación blanca.	Ligero incremento de micelio en la muestra.	Incremento de micelio aproximadamente la mitad de la muestra.	Proliferación del micelio en toda la muestra y presencia del hongo en crecimiento.	Presencia del hongo en un tamaño de aproximadamente 3.4 cm.	Variación en el tamaño del hongo a 4.2cm
Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	Presencia de pequeña pigmentación blanca.	Ligero incremento de micelio en la muestra.	Ligero incremento de pigmentaciones blancas.	Incremento del micelio en aproximadamente la mitad de la muestra.	Proliferación del micelio en toda la muestra y presencia del hongo a un tamaño de menor al de la muestra 1 (1.8cm).	El hongo alcanzo un tamaño de 3.6cm.
Sustrato a base de pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	Aumento de humedad por intercambio de gases.	Ligero incremento de micelio en la muestra.	Se mantiene la misma cantidad de pigmentación.	Ligero incremento de micelio en la muestra.	Incremento del micelio en aproximadamente la mitad de la muestra.	Proliferación del micelio en toda la muestra.
Sustrato a base de pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	Aumento de humedad por intercambio de gases.	Aumento de humedad por intercambio de gases.	Ligero incremento de micelio en la muestra.	Se mantiene la misma cantidad de pigmentación.	Incremento de micelio en una cuarta parte de la muestra.	Incremento del micelio en aproximadamente la mitad de la muestra.

Fuente: elaboración propia

Las setas que se necesitaron para el desarrollo de nuestra investigación, fueron obtenidas en estado de semilla con la finalidad de obtener resultados en menor tiempo. Para empezar con el procedimiento se tuvo que desinfectar ciertas superficies y esterilizar los sustratos a utilizar en el cultivo, una vez hecho el cultivo se llevaron a un lugar oscuro durante 42 días para la germinación del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Después de haber realizado el cultivo del hongo en las muestras, dejamos pasar 4 (cuatro) semanas para poder calcular la masa y volumen de dichas muestras, con el fin de determinar si existe alguna disminución o aumento de estos factores; Cabe recalcar que el peso inicial de cada muestra es de 1 kg. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos durante 4 evaluaciones.

Tabla 4. Comparación del crecimiento del hongo en las distintas muestras.

Ítem	Muestras	Tiempo			
		Sem 5 3/05/2021	Sem 7 17/05/2021	Sem 9 31/05/2021	Sem 11 20/06/2021
1	Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	1 kg	1.008 kg	1.014 kg	1.017 kg
2	Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	1 kg	1.003 kg	1.007 kg	1.013 kg
3	Sustrato a base de pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg
4	Sustrato a base de pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 3, podemos observar la variación del peso inicial conforme ha ido pasando el tiempo en el proceso del cultivo y según la proliferación del micelio en las muestras, esto se debe a que las muestras 1 y 2 cuentan con controladores y nutrientes, los cuales son viruta y paja de arroz. Asimismo, se observa que en las muestras 3 y 4 no hay una variación de peso debido a que estas muestras solo están compuestas por el gel del pañal desechable y la semilla del hongo, es por ello que el crecimiento del hongo es más lento y requiere de más tiempo que en las primeras muestras observadas.

Para determinar la reducción de la masa y el volumen de las muestras se aplicará las siguientes ecuaciones.

- Ecuación para obtener la reducción del volumen.

$$\% \text{reducción de volumen} = \frac{V_i - V_f}{V_i} \times 100$$

Tabla 5. Reducción de volumen.

Ítem	Muestras	Volumen
1	Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	22% (468cm ³)
2	Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	18.3% (490cm ³)
3	Sustrato a base de pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	0%
4	Sustrato a base de pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	0%

Fuente: elaboración propia

- Ecuación para obtener la reducción de masa.

$$\% \text{reducción de masa} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Tabla 6. Reducción de masa.

ítem	Muestras	Masa	
		Masa Húmeda	Masa Seca
1	Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	16.02% (163g)	23.9% (244g)
2	Sustrato a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	15.2% (154g)	21.12% (214g)
3	Sustrato a base de pañal desechable con orina más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .	0%	0%
4	Sustrato a base de pañal desechable con orina y heces más hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	0%	0%

Fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Según Espinosa et al (2011), indican en su investigación que mantuvieron su cultivo durante 21 días en fase de oscuridad, con la finalidad de que estas puedan quedar cubiertas por el micelio en su totalidad, en el caso de la presente investigación nos tomó un tiempo de 37 a 42 días para que los sustratos puedan estar invadidos completamente por el micelio y de esta manera dar pase a la fase luminosa.

La investigación realizada por Morales Adrián (2016), consiste en la biodegradación de los pañales desechables a través de la digestión anaeróbica lo que significa que es un proceso donde el residuo no tiene intervención con el oxígeno y se produce una descomposición gaseosa, mientras tanto en nuestra investigación existe la digestión anaerobia y aerobia que como resultado se obtendrá la reducción del peso y volumen de los pañales y un producto final que es el hongo, el cual se puede usar como abono o como alimento.

Para Mundia (2019), el sustrato a base de pañal desechable resulta ser más eficiente en la degradación de este, con una temperatura de 23°C y una humedad de 80%, a diferencia de nuestra investigación el sustrato con mayor efectividad resulta ser el que está a base de 200g paja de arroz, 200g viruta y 400g pañal desechable con una temperatura de 21° C y una humedad de 70%.

Para Bracamonte y Orellana, en su estudio menciona que para la degradación de celulosa de los pañales desechables se necesita establecer un intervalo de temperatura según la especie de hongo a utilizar, en este caso hace mención que el hongo *Pleurotus ostreatus* variedad blanca debe estar entre 21°C – 23°C, lo cual coincide con el intervalo de temperatura con la que hemos trabajado en el desarrollo de nuestra investigación.

Existen muchas investigaciones para la producción del hongo y que utilidad se le puede dar. En este caso se decidió realizar dicha investigación con el fin de poder disminuir el tiempo de degradación de los pañales desechables usados y darle utilidad al producto final como abono o alimento para humanos mientras tanto en el caso de Bermúdez et al (2019), realizaron su investigación solo con residuos orgánicos la cual demuestra que el hongo disminuye en peso y volumen. Después

de la cosecha, el resto que queda lo utilizan también como abono, pero indica que no tiene el mismo valor que el humus ya que estos compuestos pasan a formar moléculas más simples.

En la investigación realizada por Castro (2016), indica que cultivaron el hongo *Pleurotus ostreatus* con rumen de vaca, madera, pañal desechable y papel, demostrando que los sustratos más eficientes para el desarrollo del hongo es el pañal y la madera ya que estos tienen abundantes morfotipos fúngicos que se adaptan con la seta *Pleurotus ostreatus*. Con respecto a nuestra investigación afirmamos que el hongo crece más rápido con los sustratos de madera y pañales debido a que funcionan como controladores y nutrientes para el hongo.

Mediante el trabajo de Bermúdez et al (2019), mencionaron que los basidiomicetos del género *Pleurotus* son capaces de degradar solo residuos vegetales, debido a que tiene enzimas ligninolíticas, pero si realizamos un análisis profundo podemos decir, que las enzimas celulósicas también se encuentran en papel, pañales o toallas sanitarias entre muchos otros materiales que no son residuos orgánicos por ejemplo en nuestra investigación demostramos que los pañales desechables son degradados aplicando el cultivo de hongos de pudrición blanca.

Según Cabrera (2014), empleó pañales usados solo con líquido (orina) y elaboró dos tipos de sustratos para este tratamiento, utilizando el pañal completo y pañal sin la parte sintética o plástica que trae este artículo, aplicándole un controlador (restos de pasto) en cada uno de los sustratos. A diferencia de nuestra investigación, se utilizó los pañales desechables con orina y heces, y se optó por trabajar netamente con el gel del pañal dejando de lado la parte sintética de este, para cultivar el hongo *Pleurotus ostreatus* variedad blanca.

Según Shing, et al. (2019), para el tratamiento de pañales usados existen diferentes procesos tecnológicos, tales como la pirolisis térmica y la biodegradación, que resultan ser eficientes en el reciclaje de pañales usados. Nuestra investigación hace un aporte a lo que menciona el autor, ya que la degradación de pañales desechables usados aplicando el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, resulta ser una alternativa biotecnológica, ya que ayuda a hacer frente a uno de los problemas

ambientales más relevantes en la actualidad, como lo es la contaminación por residuos sólidos.

Para el desarrollo de nuestra investigación se elaboraron sustratos a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable, aquellos en los que se aplicaría la semilla de la seta *Pleurotus ostreatus* y demostrar su eficiencia para degradar este tipo de residuos, siendo uno de estos sustratos similar al que se utilizó en la investigación de Grimm et al. (2019), ya que elaboraron sustratos a base de aserrín de abedul, buscando un método de valorización de residuos con alto contenido de humedad y el eficiente crecimiento del hongo.

Ichiura et al, (2020), su investigación consiste en reciclar la pulpa del pañal desechable, para la cual realizaron a través de la oxidación con ozono, demostrando que es un método muy rentable para recuperar la pulpa del pañal, pero se gastó demasiada agua y se considera un impacto ambiental negativo. Mientras que nuestra investigación se realizó con la finalidad de eliminar la pulpa del pañal desechable ya que demora años en descomponerse y al mismo tiempo generamos la producción de hongos que podrían ser utilizados como abono o alimento para animales.

Según Ortiz et al. (2020), indica en su investigación que realizó el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato a los residuos de cacao ya que en las industrias solo se aprovecha el 10%, como resultados del crecimiento del hongo obtuvo que las primeras apariciones fueron en 16 días y a los 21 días ya se estaba cosechando; asimismo menciona que logro reducir un 60% de los residuos. En nuestra investigación se utilizó otro tipo de sustratos orgánicos y adicionando residuos de pañales desechables usados, por lo que obtuvimos resultados a los 3 meses, indicando que la muestra 1 obtuvimos como eficiencia la reducción de masa en un 23.9% y de volumen 22% y en la muestra 2 se obtuvo en masa 21.12% y volumen un 18.3%.

En nuestro trabajo buscamos reducir la masa y volumen de los pañales desechables con orina y heces utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* y sustratos orgánicos (viruta y paja de arroz), logrando obtener como resultados en la muestra 1 reducción de masa 23.9% y volumen 22% y en la muestra 2 la reducción de masa

fue 21.12% y en volumen 18.3%. Nuestra discrepancia con el autor Cabrera (2014), es que usaron solo pañales con orina mas no con heces, como también demuestran resultados eficientes sabiendo que el hongo *pleurotos ostreatus* no degrada el plástico.

La investigación de Espinosa et al (2011), indica que se realizó el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato pañales desechables, estos fueron triturados quitándole el plástico ya que el hongo no se alimenta de ello. Los resultados que obtuvieron son eficientes ya que degradó el 50% pero solo las muestras que tiene mejor eficiencia biológica, tal es el caso nuestro que la muestra 1 y 2 se ha observado mejores resultados que la muestra 3 y 4 ya que dichas muestras solo contienen pañal y el hongo.

VI. CONCLUSIONES

1. Se logró determinar que el hongo *Pleurotus ostreatus* alcanzó en 3 meses eficiencia para degradar los pañales desechables usados en un 22% de volumen, 16.02% de masa húmeda y un 23.9% de masa seca.
2. La caracterización de los pañales desechables usados con orina y heces es indispensable para poder llevar a cabo el cultivo de los hongos *Pleurotus ostreatus* y así evitar que las muestras elaboradas se contaminen y poder medir y comparar el tiempo de desarrollo de los hongos y degradación de los pañales en cada una de las muestras.
3. Se concluye que para el cultivo de setas *Pleurotus ostreatus* aplicado en pañales desechables usados, se realizó a través de la obtención de semilla inoculada para obtener resultados en menor tiempo posible.
4. Se concluye que, el cultivo de setas en las muestras elaboradas a base de paja de arroz, viruta y pañal desechable logró obtener resultados en 3 meses a diferencia de las muestras elaboradas con pañal que requieren de más tiempo para que el hongo logre desarrollarse.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer este tipo de investigación con un tiempo aproximado de 4 meses mínimo, para lograr obtener mejores resultados.
2. Realizar estudios con otro tipo de hongo y poder comparar cual es más eficiente en la degradación de los pañales desechables usados.
3. Reemplazar otros sustratos orgánicos para poder comparar cual es más eficiente para el crecimiento del hongo y degradación del pañal.
4. Realizar investigaciones que consistan en la degradación del plástico que queda del pañal desechable, ya que en la nuestra solo se degrada la celulosa.
5. Se recomienda realizar este tipo de investigación en un laboratorio con equipos y materiales adecuados para evitar la contaminación del hongo *Pleurotus ostreatus*.
6. Utilizar el residuo que queda después de la cosecha del hongo como abono orgánico.

REFERENCIAS

BRACAMONTE Y ORELLANO. "Comparación de la degradación parcial de pañales desechables por variedades *Pleurotus ostreatus*: un metaanálisis de resultados, 2020". Tesis (grado para obtener el título de ingeniero ambiental). Perú: Universidad Cesar Vallejo, escuela profesional de ingeniera ambiental, 2020. 82 pp. Disponible https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53692/Bracamonte_JSM-Orellana_LFL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CABRERA, Elizalde. Biodegradación de pañales desechables usados mezclados con residuos de jardinería por acción de dos Hongos. Tesis (grado de licenciatura en Ingeniería Ambiental). México: Universidad Autónoma Metropolitana, Ciencias Básicas e Ingeniería, 2014. 61 pp. Disponible en: http://energia.azc.uam.mx/images/PDF/ProyecINVES/Tec_Sust/BIODEGRADACION-DE-PAALES-DESECHABLES-USADOS-MEZCLADOS-CON.pdf

CAMACHO, Reyna, GERARDO, José. GUILLÉN, Karina. SANCHEZ, José. Producción de enzimas ligninolíticas durante la degradación del herbicida parquat por hongos de la pudrición blanca. Revista Argentina de Microbiología. [en línea]. Vol. 49, Issue 2, México. Abril-junio 2017. 189-196 pp. [fecha de consulta: 15 de noviembre del 2020]. ISSN: 0325-7541. Disponible en: <https://scihub.se/https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.11.004>

CASTRO, Juan. Búsqueda preliminar de morfotipos fúngicos degradadores de sustratos celulósicos en residuos sólidos asociados a pañales desechables. Tesis (Licenciado en Ingeniería Ambiental). Bogotá: Universidad Libre, facultad de Ingeniería 2016. 65 pp. Disponible en <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9484/Proyecto%20Juan%20Carlos%20Castro%20Final.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

CASTILLO, Eduardo y MEDINA, Lorena. Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]. México 2014. Vol. 30, núm. 1. [fecha de consulta: 07 de octubre del 2020] disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37029961007>
ISSN:0188-4999

COMPOSTEO en pilas aerobias estáticas de pañales desechables usados por Perla Sotelo Navarro [et al]. *Tecnologías Sustentables* [en línea]. México 2013 [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2020]. Disponible en <http://www.redisa.net/doc/artSim2013/TratamientoYValorizacionDeResiduos/Composteo%20Pilas%20Aerobias%20Estaticos%20de%20Panales%20Desechables.pdf>

CHAN, Jim. [et al]. Sanitary pads and diapers contain higher phthalate contents than those in common commercial plastic products. *Revista Reproductive Toxicology*. [en línea]. Vol. 84. Marzo del 2019. 114-121 pp. [fecha de consulta: 15 de noviembre del 2020]. <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2019.01.005>

ESPINOSA, Rosa. [et al]. Biodegradación de pañales desechables por el hongo *Pleurotus ostreatus*. *Revista Gestión de Residuos*. [en línea]. Vol. 31. Núm. 8. Agosto del 2020. 1683-1688 pp. [fecha de consulta: 02 de noviembre del 2020]. ISSN: 0956-053X. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.wasman.2011.03.007>

GONZAGA, Pedro. [et al]. Impactos Ambientales e Opcoes de Tratamiento de Residuos Provenientes de Fraldas Descartaveis: *Revisao de Literatura*. *Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos*. [en línea]. Vol. 6. Brasil 2020. 18 pp. [fecha de consulta: 13 de noviembre del 2020]. ISSN: 2448-0460. Disponible en: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/baru/article/view/8128/4674>

ICHIURA, Hideaki, NAKAOKA, Hiroko, KONISHI, Takayoshi. Reciclaje de la pulpa de pañales desechables después de deshidratar el polímero superabsorbente mediante oxidación con ozono. *Revista de Producción más Limpia*. [en línea]. Japón. Zhifu Mi. 16 de junio del 2020. [fecha de consulta: 02 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620333953>

KOZKA, Bartosz. [et al]. Aplicación de *Pleurotus ostreatus* para la eliminación eficaz de antidepresivos e inmunosupresores seleccionados. *Revista de Gestión Ambiental*. [en línea]. Vol. 273. Núm. 111131. 23 de julio del 2020. 08 pp. [fecha de consulta: 02 de noviembre del 2020]. ISSN: 0301-4797. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jenvman.2020.111131>

MAHARI, Wan. [et al]. Una revisión sobre la valorización del hongo ostra y los desechos generados en la industria del cultivo del hongo. *Revista Diario de Materiales Peligrosos*. [en línea]. Vol. 400. 5 de junio del 2020. 52 pp. [fecha de consulta: 13 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123156>

MARTINEZ, Osmar, LOPEZ, Yadira. Valor agregado del sustrato remanente obtenido en el cultivo de setas comestible-medicinal *Pleurotus ostreatus*. *Revista Tecnología Química* [en línea]. vol. 39, núm. 3. Septiembre-diciembre, 2019, pp. 564-579 [fecha de consulta: 25 de septiembre del 2020]. ISSN: 0041-8420. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445560283006>

MATA, Gerardo. [et al]. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en viruta de pino: obtención de cepas y evaluación de su productividad. *Revista Madera y Bosques*. [en línea]. Vol. 25. Núm. 2. México 2019. 13 pp. [fecha de consulta: 02 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521715>

MENDOZA, Joan. [et al]. Disposable baby diapers: life cycle costs, eco-efficiency and circular economy. *Revista de Producción más limpia*. [en línea]. Italia. Vol. 211. 20 de febrero 2019. 455-467 pp. [fecha de consulta: 13 de noviembre del 2020]. ISSN: 0959-6526. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jclepro.2018.11.146>

MORALES, Adrián. Degradación de pañales desechables usados mediante digestión anaerobia. Tesis (grado en maestría en Ciencias e ingeniería ambiental). México: Universidad Autónoma Metropolitana, División de Ciencias Básicas e ingeniería 2016. 72 pp. Disponible en http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6905/Degradacion_de_panal_es_Morales_Gonzalez_A_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MUNDIA, Liza. Use of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) to degrade used diapers and sanitary pads in selected esatates in thika kiambu, kenya. (máster de ciencia microbiológica). Kenyatta. Universidad de Kenyatta. Escuela de ciencias. Junio 2019. 85 pp. Disponible en: [https://ir-library.ku.ac.ke/bitstream/handle/123456789/19908/Use%20of%20Oyster%20Mushroom%20\(Pleurotus%20Ostreatus\)%20to%20Degrade....pdf?sequence=1](https://ir-library.ku.ac.ke/bitstream/handle/123456789/19908/Use%20of%20Oyster%20Mushroom%20(Pleurotus%20Ostreatus)%20to%20Degrade....pdf?sequence=1)

ORTIZ, Juan. [et al]. Alternativa de biorremediación a partir de residuos de cacao en la obtención de hongos *Pleurotus ostreatus* con la implementación de un análisis multicriterio. *Revista ION*. [en línea]. Vol. 33 Núm. 01. Colombia. Junio – julio 2020. [fecha de consulta: 15 de noviembre del 2020]. ISSN: 2145-8480. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-100X2020000100067&script=sci_abstract&tIng=es

PICORNEL, Raquel, PARDO, Arturo. Reuse of degraded *Pleurotus ostreatus* substrate through supplementation with wheat bran and calprozime quantitative parameters. *Revista agronomía colombiana*. [en línea]. 2015, vol. 33 núm. 2. 262-270 pp. [fecha de consulta: 13 de noviembre del 2020]. ISSN: 0120-9965. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180341167016>

PLAZA Jhonny, Degradación de celulosa de pañales desechables usados con *Bacillus sp.* Tesis (Título de Ingeniero Ambiental en Prevención y Remediación). Ecuador: Universidad de las Américas, Facultad Ingeniería y Ciencias Aplicadas, 2019. 83 pp. Disponible en <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10773/4/UDLA-EC-TIAM-2019-06.pdf>

RODRIGUEZ, Gustavo. [et al]. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr) Kummer sobre orujo de pera: evaluación de la productividad y composición química del sustrato biodegradado. *Revista Anales de Biología* [en línea]. Vol. 40, núm. 21-30. 3 de febrero del 2018. 10 pp. [fecha de consulta: 31 de octubre del 2020]. Disponible en: https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/57315/1/40_2018_03.pdf

REVISTA Internacional de Contaminación Ambiental (en línea). México 2003, vol. 19, Núm. 1. (fecha de consulta: 17 de septiembre del 2020). Disponible en <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/25180>
ISSN: 0188-4999

CHING, Khoo. [et al]. Recent technologies for treatment and recycling of used disposable baby diapers. *Revista Process Safety and Environmental Protection*. [en línea]. Institución de Ingeniería Química. Vol. 123. Marzo del 2019. 116-129 pp.

[fecha de consulta: 02 noviembre del 2020]. ISSN: 0957-5820. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.psep.2018.12.016>

ROMERO, Omar. [et al]. Evaluation of bagasse of coffee (*Coffea arabica*) as substrate in the production of *Pleurotus ostreatus*. *Revista mexicana de Agronegocios*. [en línea]. Vol. 33. Núm. 472-481. México. 2013. 13 pp. [fecha de consulta: 02 de noviembre del 2020]. ISSN: 1405-9282. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14127709008>

DIPEN, Kumar. [et al]. Fiber-Reinforced Polymer Composites: Manufacturing, Properties, and Applications. *Revista Polymers*. [en línea]. India. MDPI AG. Vol. 11, núm. 10. 1 de octubre del 2019. [fecha de consulta: 13 de noviembre del 2020]. ISSN: 2073-4360. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.3390/polym11101667>

Nyuk Ling. [et al]. Green application and toxic risk of used diaper and food waste as growth substitute for sustainable cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Revista Journal of cleaner production* [en línea]. CT Lee. Vol. 268, 14 de mayo del 2020. [fecha de consulta: 15 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122272#>

RUILOVA, Maria, HERNANDEZ, Aldo. Evaluación de residuos agrícolas para la producción de hongos *Pleurotus ostreatus*. *Revista ICIDCA, sobre los derivados de la caña de azúcar*. [en línea]. Vol. 48. Núm. 1. 2014. 54-59 pp. [fecha de consulta: 15 de noviembre del 2020]. ISSN: 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223131337008>

URIBE, Camilo. Cuantificación de los flujos de masa de celulosa en máquinas de productos sanitarios. (título de Ingeniería Civil Química). Santiago de Chile: Universidad de Chile, facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 2018. 129 pp. disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152818/Cuantificaci%
c3%b3n-de-los-flujos-de-masa-de-celulosa-en-m%
c3%a1quinas-de-productos-sanitarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152818/Cuantificaci%c3%b3n-de-los-flujos-de-masa-de-celulosa-en-m%c3%a1quinas-de-productos-sanitarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

VELASCO, Maribel. [et al]. Waste management and environmental impact of absorbent hygiene products. *Revista Waste Management & Research*. [en línea].

Ed. SAGE publications Ltd. México. 2020. 17 pp. [fecha de consulta: 02 de noviembre del 2020]. ISSN: 0734-242X. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1177/0734242X20954271>

ZEKRY, Madiha. [et al]. The potential of super absorbent polymers from diaper wastes to enhance water retention properties of the soil. *Revista Suelo y al medio ambiente*. [en línea]. Vol. 39, núm. 1. 2020. 11 pp. [fecha de consulta: 13 de noviembre del 2020]. ISSN: 2074-9546. Disponible en: [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085364982&origin=resultslist&sort=plf-)

[f&src=s&st1=impacts+of+disposable+diaper&st2=&sid=1db08fe0750b5af540fb589abd427fbe&sot=b&sdt=b&sl=43&s=TITLE-ABS-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085364982&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=impacts+of+disposable+diaper&st2=&sid=1db08fe0750b5af540fb589abd427fbe&sot=b&sdt=b&sl=43&s=TITLE-ABS-)

[KEY%28impacts+of+disposable+diaper%29&relpos=3&citeCnt=0&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085364982&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=impacts+of+disposable+diaper&st2=&sid=1db08fe0750b5af540fb589abd427fbe&sot=b&sdt=b&sl=43&s=TITLE-ABS-KEY%28impacts+of+disposable+diaper%29&relpos=3&citeCnt=0&searchTerm=)

D.I. KUSUMAWATI, S, MANGKOEDIHARDJO, Promising approach for composting disposable diapers enhanced by Cyanobacterias. *Revista global journal of environmental cynical and Management*. [en línea]. Vol. 10. 2020. 18 pág. [fecha de consulta: 10 de mayo del 2021] disponible en: https://www.gjesm.net/article_242079_2509c5341685065d6f5066944409e3dd.pdf

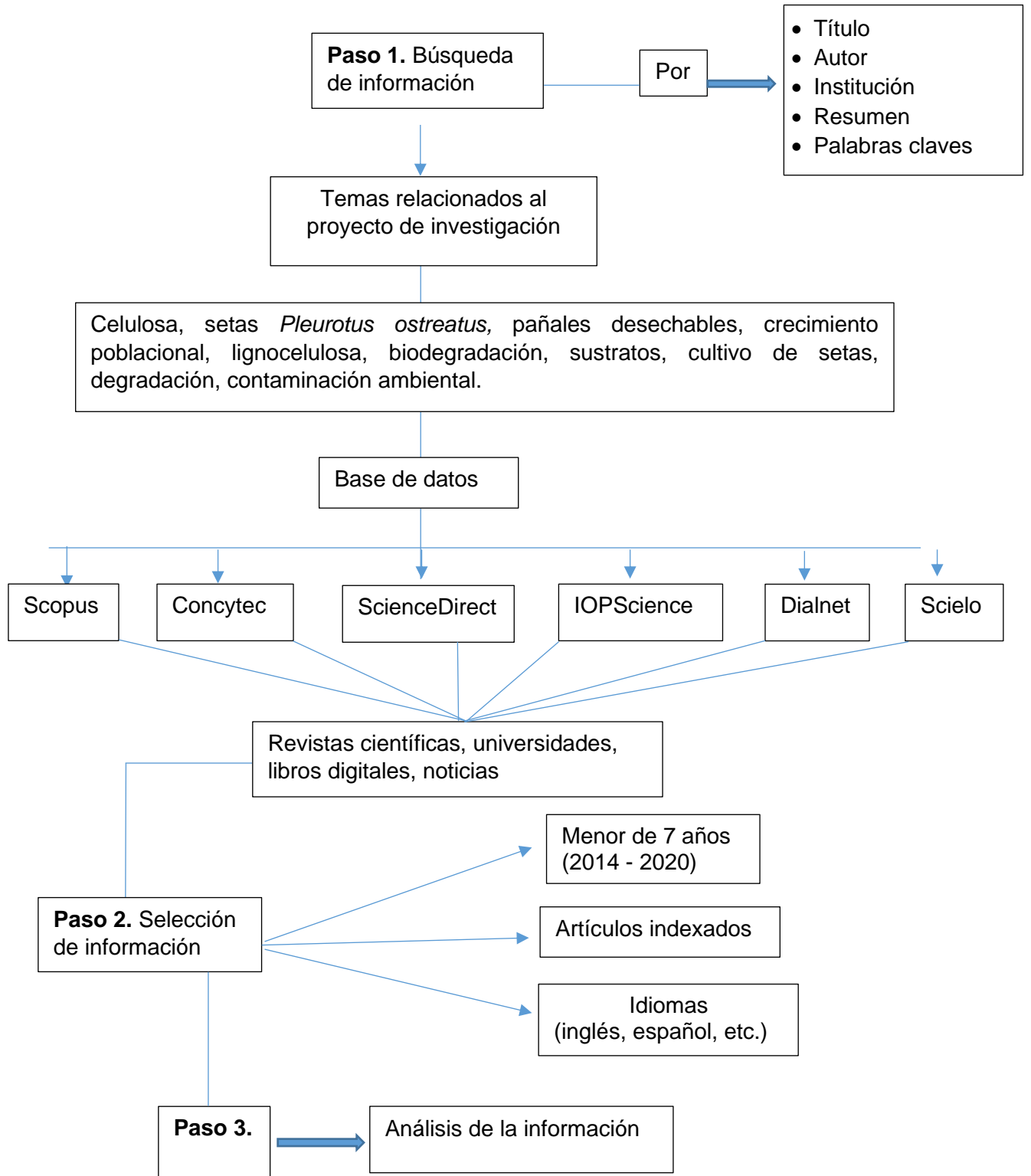
SHING, et al. Recent technologies for treatment and recycling of used disposable baby diapers. *Revista, process safety and Environmental Protection*. [en línea]. Vol. 123, March 2019, pág. 116-129. [fecha de consulta 10 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.psep.2018.12.016>

CORDELLA, et al. Evolution of disposable baby diapers in Europe: life cycle assessment of environmental impacts and identification of key areas of improvement. *Revista Journal of cleaner production*. [en línea] Vol. 95. 15 may 2015 pág. 331. [fecha de consulta: 10 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jclepro.2015.02.040>

GRIMM, Alejandro. et al. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* Mushroom on Substrates Made of cellulose fibre rejects: product quality and spent substrate fuel properties. *Revista Waste and Biomass Valorization*. [en línea]. Received 15 de november 2019, pág. 10. [fecha de consulta: 10 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-012-01311-y>

ANEXOS

ANEXO 01. Pasos para la recolección de datos



Fuente: elaboración propia