

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“EVALUACIÓN DEL USO DE LA BACTERIA
Pseudomona sp EN LA DEGRADACIÓN DE
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD ENTRE LOS
AÑOS 2011 AL 2021”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

Jose Angel Loayza Puga
Edson Jesus Villalobos Diaz

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

<https://orcid.org/0000-0001-9405-7048>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	FERNANDO ENRIQUE UGAZ ODAR	18098186
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	LUIS ENRRIQUE ALVA DIAZ	43679478
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	LIANA YSABEL CARDENAS GUTIERREZ	40221041
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Lleno de felicidad, satisfacción y alegría, dedicamos nuestra tesis, a nuestros seres queridos, quienes desde un inicio nos han servido de inspiración para lograr cada una de nuestras metas como grupo de trabajo para esta presentación de tesis.

Nos llena de regocijo poder dedicar nuestra tesis a nuestros seres queridos, ya que vieron todo el esfuerzo y dedicación que entregamos en nuestro largo camino universitario.

En especial este trabajo va para nuestros progenitores, por qué siempre creyeron en nosotros.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios, por siempre acompañarnos y darnos aliento durante toda la carrera, así mismo, por permitir terminar satisfactoriamente los cursos asignados en la malla curricular por todo el tiempo que duró la carrera y también a todas esas personas que nos orientaron, aconsejaron y apoyaron nuestro camino universitario.

A nuestras familias por festejar nuestros logros obtenidos, por ser nuestro soporte emocional en los momentos difíciles, además de ser nuestra principal fuente de motivación para poder finalizar un proceso de estudios tan importante como este.

A nuestros padres por ser la mayor inspiración y retribuir nuestros logros con su amor incondicional.

Asimismo, nuestras muestras de agradecimiento a nuestros docentes, quienes nos apoyaron en el desarrollo de esta investigación, además por todos los conocimientos que compartieron con nosotros en nuestras vidas de universitarios.

Finalmente, agradecemos a nuestros compañeros con quienes hemos vivido momentos inolvidables, a lo largo de nuestra carrera. Dejando grandes anécdotas y vivencias, que pasaran a la posteridad a pesar del paso del tiempo.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.1.1. Antecedentes	13
1.2. Bases teóricas	16
1.2.1. Biodegradación	16
1.2.2. Degradación de polímeros	17
1.2.3. Pseudomona	17
1.2.4. Economía circular	17
1.2.5. Permacultura	17
1.2.6. Biorremediación	18
1.3. Formulación del problema	18
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo General:	18
1.4.2. Objetivos específicos:	18
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	19

2.1. Aspectos éticos	22
CAPÍTULO III: RESULTADOS	23
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	30
4.1. Discusión:	30
4.2. Conclusiones:	31
REFERENCIAS	33
ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pesos iniciales, finales y porcentaje de biodegradación de <i>Pseudomona sp</i>	23
Tabla 2. Condiciones en la biodegradación mediante el género de <i>Pseudomona sp</i>	24
Tabla 3. Condiciones de biodegradación, conteo de UFC y tipo de <i>Pseudomona</i> utilizado por estudio.	25
Tabla 4. Método utilizado por cada estudio,	26
Tabla 5. Prueba de normalidad de porcentaje de biodegradación y temperatura de biodegradación.	27
Tabla 6. Correlación del porcentaje de biodegradación y temperatura de biodegradación.	27
Tabla 7. Prueba de normalidad de porcentaje de biodegradación y tiempo de biodegradación.	27
Tabla 8. Correlación del porcentaje de biodegradación y tiempo de biodegradación.	28
Tabla 9. Normalidad del porcentaje de biodegradación y el peso inicial del LDPE.	28
Tabla 10. Correlación del porcentaje de biodegradación y el peso inicial del LDPE.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formulación de la propuesta.....	24
Figura 2. Resumen general del plan de acción	25

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de biodegradación	21
--	----

RESUMEN

Durante los últimos 30 años el polietileno de baja densidad más conocido como bolsas plásticas se han convertido de mucha utilidad en nuestras vidas cotidianas, pero su mala disposición y su lenta degradación lo convierten en un problema a nivel global, ante la problemática presentada, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de la bacteria *Pseudomona sp* en la degradación de polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021. Esta investigación es descriptiva propositiva ya que se basa en fuentes de información que tengan relación directa con la biodegradación de polietileno de baja densidad mediante el uso de *Pseudomona sp*. La población fue conformada por 15 estudios de tesis de pregrado, postgrado, artículos científicos o de revisión, finalmente 10 estudios que se convierte en la muestra cumplieron con los criterios de temporalidad (no mayor a 10 años), idioma (español e inglés) y que sus palabras claves son: biodegradación de polietileno de baja densidad y *Pseudomona sp*. Como resultados tenemos que el mayor porcentaje de biodegradación es de 50,5 % obtenido por *Pseudomona Aeruginosa*. Concluyendo que factores como la temperatura, el tiempo de biodegradación y el peso del LDPE influye en el porcentaje de biodegradación.

PALABRAS CLAVES: Biodegradación, Polietileno de baja densidad,
Pseudomona sp

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El polietileno de baja densidad gracias a sus características se ha convertido en la sustancia artificial de mayor utilidad, cabe mencionar que es un derivado de los combustibles fósiles. Durante los últimos 30 años el polietileno de baja densidad se ha utilizado ampliamente en las principales industrias como la alimentaria, textil, la industria médica y el ocio, gracias a que son ligeros, económicos y relativamente resistentes. Como resultado de malas prácticas ambientales, una mala gestión de residuos sólidos y poco interés por las autoridades en temas ambientales se da la generación de residuos de plástico en todo el mundo, gracias a las características antes mencionadas este permanece en el ambiente durante mucho tiempo sin deteriorarse, acumulándose de forma alarmante en la biosfera, es así como se ha dado lugar a una contaminación ambiental generada por plásticos que afecta de manera directa a la flora, fauna y a la especie humana a nivel mundial (Dey et al., 2012)

Hossain et al., (2020) menciona que de acuerdo a las asociaciones de fabricantes de plásticos de Europa se utilizan unos 20 tipos de plásticos en el mundo, siendo el polietileno de alta densidad (PE), el polietileno de baja densidad, el polietileno lineal de baja densidad (HDPE/LDPE), polipropileno (PP) el poliestireno (PS), el policloruro de vinilo (PVC), el tereftalato de polietileno (PET), las resinas de poliuretano (PUR); las fibras de poliéster, poliamida y acrílico (PP&A) las más utilizadas. El polietileno de baja densidad (LDPE) en un inicio fue desarrollada y promovida por la industria petrolera y del gas de Estados Unidos, hasta que en 1977 se generalizó en los supermercados estadounidenses (Clapp & Swanston, 2009).

En el año de 1980 Europa occidental pasó a ofrecer bolsas de plástico, y esta tendencia fue adoptada en los países en vías de desarrollo en el año de 1990 (Clapp &

Swanston, 2009). En el año 2007 se estimaba que entre 500.000 millones y 1,5 billones de bolsas de plástico eran la producción anual a nivel mundial. Un estudio más reciente del año 2019 menciona que la producción per cápita mundial es de 5 trillones. (Crowley, 2020)

Con respecto a este tema Peraza, (2017) menciona que a escala global se estima que la producción anual de plásticos supera los 300 millones de toneladas. Según las estimaciones de la World Wide Fund For Nature en el 2020 el gigante asiático China llegó a producir 19.765 millones de toneladas de materiales plásticos de los cuales 5.852 millones toneladas fueron únicamente polietileno de baja densidad o comúnmente llamados “bolsas plásticas”. En 2014, los clientes de los supermercados ingleses utilizaron 7.600 millones de bolsas de plástico en los supermercados ingleses. Es decir una media de 140 bolsas por persona, y equivale a aproximadamente 61.000 toneladas de plástico (British Broadcasting Corporation, [BBC] 2016). En América latina según la Secretaría del Medio Ambiente de la ciudad de México en esta ciudad al año se tiran mil treientos cincuenta millones de bolsas. Asimismo la Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP) informó que el consumo per cápita de plástico en el país es de 41,9 kilos (Gregorio Mardigian plásticos [GMP], 2018), (Greenpeace, 2018) informa que en Colombia se consumen aproximadamente 24 kg de bolsas plásticas per cápita.

“En el Perú al año se suman cerca de 3 mil millones de bolsas plásticas, casi 6 mil bolsas por cada minuto” (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017). En el año 2014 el consumo de plástico fue de 30 kilos por habitante, la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), menciona que el 94% de comercios analizados utilizaba exclusivamente bolsas de plástico para el despacho de sus productos (República, 2018), el (MINAM, 2017) expresa que en Lima Metropolitana y el Callao se generan 886 toneladas de residuos plásticos al día, representando el 46% de dichos residuos a nivel nacional. En la ciudad de Trujillo de acorde

al “Estudio de caracterización de Residuos Sólidos” se aproxima la producción de bolsas plásticas por día en 14 toneladas. (Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo [SEGAT], 2019)

Para combatir este consumo desmedido de plástico, evitando la contaminación plástica, distintos países del mundo han venido aplicando políticas. Existen distintos casos en nuestro continente americano, donde comenzaron a aplicar medidas, como lo es México, donde en 2009 prohibido la comercialización de bolsas de manera gratuita. Lo mismo sucedió en Sao Paulo, Brasil, donde el gobierno en 2011 prohibió la distribución gratuita de bolsas, sin embargo, esta ley no fue implementada por problemas judiciales, hasta el año 2015. Antigua y Barbuda, fue el primer país de la región del Caribe en prohibir el uso de bolsas en el año 2016, a esta política le siguió Colombia que en el mismo año también prohibió su uso, pero además de esto, empezó a cobrar un impuesto extra para el consumidor en caso requiera la utilización de bolsas. Argentina se unió a la toma de estas medidas, en el 2017, donde también prohibieron la entrega de bolsas plásticas en los supermercados. A inicios del 2018 Panamá, mediante ley prohibió las bolsas de polietileno. (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2018).

Así como distintos países más, el Perú en el año 2018, promulgó, una ley que regula el uso del plástico, pero no solo de bolsas sino también de Tecnopor y las cañitas, así también se viene cobrando por su entrega a los consumidores. (Sistema Nacional de Información Ambiental, [SINIA], 2018).

1.1.1. Antecedentes

Rajandas et al., (2012) , en su estudio realizado en Malasia “A novel FTIR-ATR spectroscopy-based technique for the estimation of low-density polyethylene biodegradation” a través de este describe el desarrollo técnica analítica rápida y sensible que

utiliza la espectroscopia de reflectancia total atenuada acoplada al infrarrojo de Fourier (FTIR-ATR) para cuantificar la biodegradación de LDPE por parte de los microorganismos. Para la demostración de esta técnica se realizó la biodegradación in vitro del LDPE utilizando *Microbacterium paraoxydans* y *Pseudomonas aeruginosa*, los microorganismos tuvieron como única fuente de carbono el polietileno de baja densidad durante 2 meses. Los resultados indicaron que *M. paraoxydans* degradó el 61,0% del PEBD mientras que *P. aeruginosa* degradó el 50,5%.

Kyaw et al., (2012) en su investigación “Biodegradation of Low Density Polythene (LDPE) by *Pseudomonas Species*” realizada en la India, tuvo como objetivo investigar la capacidad de biodegradación de 4 cepas diferentes de *Pseudomonas*, (ATCC 15729), (ATCC 15692), *P. putida* (ATCC KT2440 47054) y *P. syringae* (DC3000 ATCC 10862). La degradación del LDPE se determinó por la pérdida de peso de la muestra, que fue de 20 % en *Pseudomonas aeruginosa* (PAO₁) (B₁), 11% en *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC) cepa (B₂), el 9% en *Pseudomonas putida* (B₃), y el 11,3% en *Pseudomonas syringae* (B₄) cepa en un lapso de 120 días, también se evidenció por los cambios morfológicos, las variaciones mecánicas y espectroscópicas.

J. Gutierrez, (2013) En su investigación que lleva por título: “Biodegradación de polietileno de baja densidad por consorcios microbianos” que tuvo como objetivo determinar si en los consorcios microbianos contenidos en los residuos de polietileno de baja densidad, son capaces de biodegradar este tipo de polímeros, los resultados son que los consorcios con presencia de la bacteria de *Pseudomona sp* degradó 18,12% de polietileno de baja densidad en 60 días a una temperatura ambiente de 27°C.

Saminathan et al., (2014) en su investigación que lleva por título “Biodegradation of Plastics by *Pseudomonas putida* isolated from Garden Soil Samples” tuvo como objetivo

aislar *Pseudomonas putida* de muestras de suelo de jardín y conocer su capacidad degradadora de polietileno de baja densidad, utilizó la técnica de pérdida de peso en un lapso de 30 días. Los resultados de esta investigación son que el polietileno de baja densidad o bolsa plástica fue degradado un 20 % en un mes.

Bhatia et al., (2014) tituló a su investigación “Implications of a novel *Pseudomonas* species on low density polyethylene biodegradation: an in vitro to in silico approach” donde tuvo como objetivo aislar varios microorganismos autóctonos del suelo de los vertederos municipales para la degradación de polietileno de baja densidad. Teniendo como resultado que la bacteria *Pseudomona sp* degradó 14,67% de polietileno de baja densidad en 4 días, para conocer el porcentaje de degradación se usó la técnica de pérdida de peso.

Gutiérrez (2018) en su tesis que lleva por título “Influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria *pseudomona aeruginosa* en Huancayo” que tuvo como objetivo determinar la influencia de los factores ambientales en el crecimiento microbiano, variables como el pH y temperatura, en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria *Pseudomona sp* concluyendo que diferentes pH y temperaturas influyen en el desarrollo de la bacteria, además, se evidencio el crecimiento de 0.5×10^6 UFC en 3 días.

Gutierrez, (2019) tituló “Biodegradación de polietileno de baja densidad utilizando hongos, bacterias y consorcios microbianos aislados del botadero municipal de Tacna” donde usó un consorcio de microorganismos (*Pseudomonas sp*, *Flavobacterium sp*, etc) para la biodegradación de polietileno de baja densidad. el método que se utilizó fue la pérdida de peso, el resultado fue que se puede degradar el 6.01%. del LDPE en 70 días.

Un trabajo parecido fue hecho por Butrón, (2020) “Capacidad de biodegradación de *Pseudomonas aeruginosa* frente al polietileno de baja densidad” donde se evaluó la

capacidad para biodegradar polietileno de baja densidad por medio de *Pseudomonas aeruginosa*; aplicando algunos valores para los parámetros mencionados en el estudio anterior, la bacteria se aisló de residuos plásticos obtenidos del botadero de Cancharani de la ciudad de Puno, a temperaturas de 35°C, un pH de 7,0, durante 30 días, obteniendo como resultados un porcentaje de 27,3% de pérdida de peso.

Por su parte Gupta y Devi (2020) “Characteristics investigation on biofilm formation and biodegradation activities of *Pseudomonas aeruginosa* strain ISJ14 colonizing low density polyethylene (LDPE) Surface”, tuvieron como objetivo conocer la acción de *Pseudomonas aeruginosa* frente al polietileno de baja densidad, esto se realizó en la India, se interpreta que *P. aeruginosa* es un candidato adecuado para la degradación del polietileno sin necesidad de pretratamientos (es decir, U.V, tratamiento físico y químico). El estudio también indica que *P. aeruginosa* fue capaz de alcanzar, casi 10^9 UFC/ml en el caldo de cultivo bussnell hass y 8.0×10^8 UFC/ml en medio salino mínimo tras 20 días de biodegradación.

Li et al., (2020) “Rapid biodegradation of polyphenylene sulfide plastic beads by *Pseudomonas sp*”, estudio realizado en corea los autores utilizaron la bacteria mencionada a una temperatura de 27 °C durante 10 días para degradar plástico, utilizando el método de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), teniendo como resultado 10% de degradación.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Biodegradación

Según Crawford (2011) autor del libro Biodegradation: Principles, Scope, and Technologies, postula que es un proceso natural, en su mayor parte mediado por microbios, que recicla continuamente elementos biológicamente esenciales dentro de los ciclos

biogeoquímicos de la Tierra. La biodegradación es el proceso natural que descompone un material en dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), agua y constituyentes orgánicos, a causa de la acción enzimática de los microbios. (Gama, como se citó en Callo et al., 2020, p.4).

1.2.2. Degradación de polímeros

Es el cambio físico o químico del material por factores ambientales, condiciones químicas (oxidación, hidrólisis) o actividad biológica, hasta su completa desintegración. (Callo et al., 2020).

1.2.3. Pseudomona

Es una bacteria la cual, pertenece a la familia *Pseudomonadaceae*. al género de bacilo Gram negativo, su temperatura óptima de desarrollo es de 35 °C, puede tolerar 42 °C; y 4°C, están presentes en el suelo y agua. (Ccallo et al., 2020), quien, a su vez, reconoce la versatilidad metabólica y plasticidad genética de este género, por lo que utiliza diferentes compuestos orgánicos como fuentes de carbono, creciendo en cualquier parte del ambiente.

1.2.4. Economía circular

Repsol (2020), menciona que es un nuevo modelo de producción y consumo que garantiza un crecimiento sostenible en el tiempo.

1.2.5. Permacultura

Weiseman (2010) nos dice que son principios agrícolas, económicos, políticos y sociales inspirados en los patrones y las características del ecosistema natural, teniendo como fin la creación de asentamientos humanos sostenibles y que se impulsa a valorar intrínsecamente a los ecosistemas, cuidar a todos los seres vivos o no vivos que se encuentren en la tierra, por pequeños e inofensivos que estos parezcan, además, también de que se busca

doblegar el compromiso con los recursos naturales, para promover su generación y desarrollo dentro de sus paisajes y condiciones naturales.

1.2.6. Biorremediación

Ñústez et. al (2014) menciona que esta tecnología usa microorganismos, plantas o enzimas de manera estratégica, con el fin de restaurar la calidad ambiental de acuerdo con las necesidades y dimensiones del problema.

A palabra de Garzón et al. (2017) “La biorremediación, se ha convertido en una alternativa atractiva y prometedora a las tradicionales técnicas físico-químicas para la remediación de los compuestos que contaminan el ambiente”.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la bacteria *Pseudomona sp* en la degradación de polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Evaluar el uso de *Pseudomona sp* para biodegradar polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Determinar el porcentaje de biodegradación de cada especie de *Pseudomona* utilizando el método de pérdida de peso.
- Describir la influencia de la temperatura, el tiempo y peso en la biodegradación de plástico con *Pseudomonas sp*
- Comparar los métodos empleados en el proceso de biodegradación de plástico por *Pseudomona sp*.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Para esta esta investigación el enfoque que se considera es el cualitativo, según Hernández Sampieri et al. (2014), dice que esta pretende comprender la realidad que se investiga sin datos estadísticos, es decir por trabajo de terceros. Por consecuencia, la presente investigación tiene este enfoque, porque nos basaremos en trabajos de terceros, es así que no tendremos hipótesis, ya que será implícita, trazando un diseño para obtener resultados y extraer una serie de conclusiones en relación sobre “Evaluación del uso de la bacteria *Pseudomona sp* en la degradación de polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021”

El diseño no experimental, para Hernández Sampieri et al. (2014) es aquella investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. El propósito de este es dar un panorama del fenómeno al que se hace referencia., diagnosticar y resolver problemas fundamentales Por tal razón, esta investigación presenta un diseño no experimental descriptivo propositivo la cual se realiza mediante la observación de fenómenos y proponer una alternativa de solución como es el caso de la contaminación por polietileno de baja densidad y proponiendo como solución el uso de *Pseudomona aeruginosa* para degradación de este.

Esta investigación con respecto a su propósito es de tipo básica según Rodríguez, (2011) quien menciona que es aquella actividad, orientada a la búsqueda de nuevos conocimientos y campos de investigación, del mismo modo, en este caso investigador se esfuerza por conocer más y mejorar las relaciones entre los fenómenos sin la necesidad de utilizar investigaciones prácticas, por ello, tiene una finalidad de desarrollar de la ciencia el mismo que puede alcanzar en la perspectiva de su comprensión. Es por esto por lo que utilizamos este tipo de investigación, puesto que en este caso se requiere encontrar solución

a la contaminación por polietileno de baja densidad mediante la biodegradación por *Pseudomona sp.* mediante la búsqueda de estudios que permita generar nuevos conocimientos en este tema.

Según Ramos (2014), La planificación en las mediciones o recolección de datos de esta investigación es retrospectiva, puesto que consiste en revisar investigaciones pasadas, es decir en acontecimientos ya sucedido con la finalidad de que se tenga un mejor análisis de los datos obtenidos de estudios científicos. Por ello, se optó por trabajar con este tipo de investigación, ya que, en la presente, se utilizarán investigaciones realizadas con anterioridad, las cuales serán analizadas detenidamente para su entendimiento.

Se aplicó el diseño propositivo, pues esta investigación se basará en fuentes de información que tengan relación directa con la biodegradación de polietileno de baja densidad mediante el uso de *Pseudomona sp.* Para luego realizar un análisis de los datos encontrados y así lograr los objetivos planteados.

En este sentido, el instrumento que se empleará será la ficha de resumen en la cual se colocará información relevante de cada estudio, este instrumento es creado, para esta misma razón, determinar la validez y nivel de confianza del instrumento, se tuvo la opinión y el visto bueno de especialistas en el tema.

Así mismo, la población de esta investigación está formada por 15 estudios ya realizados sobre la biodegradación de plásticos de baja densidad; mientras que la muestra está constituida por 10 estudios sobre biodegradación de plásticos de baja densidad mediante el uso de *Pseudomona sp.* La población está conformada por tesis de pregrado, postgrado, artículos científicos o de revisión, siendo la técnica de muestreo no probabilístico, de tipo discrecional y teniendo como principal instrumento la ficha de recolección de datos. Estos

estudios cumplieron con los criterios de temporalidad, es decir una antigüedad no mayor a 10 años, idioma español o inglés, y que sus palabras clave sean la biodegradación de polietileno de baja densidad y *Pseudomona sp.* para ser seleccionados.

El procedimiento empleado para la recolección de datos consistió, en primer lugar, en buscar en diferentes motores de búsqueda sobre el tema de interés en este caso la biodegradación de plásticos de baja densidad, para poder tener una base de datos y trabajar con los datos de los mismos, basadas estrictamente en trabajos como tesis de pregrado, tesis de postgrado y artículos de investigación; en segundo lugar, se seleccionó aquellos estudios que cumplieron con el filtro de inclusión; en tercer lugar, se añadió todos los documentos seleccionados en programa Zotero, que nos sirvió como nuestra base de datos y además nos facilitó el citado de autores y creación de referencias bibliográficas, de cada uno de los estudios que pasaron el filtro mencionado. Finalmente se utilizó el programa estadístico SPSS para conocer la correlación entre las variables de nuestro interés.

Para poder conocer cuál fue la pérdida de peso también llamado porcentaje de biodegradación, se usa la Ecuación (1):

$$Pp(\%) = \frac{(Pi - Pf)}{Pi} * 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de biodegradación

Donde:

Pp: Pérdida de peso en porcentaje (%).

Pi: Peso inicial de la muestra de LDPE (g).

Pf: Peso final de la muestra de LDPE (g)

2.1. Aspectos éticos

La información que se presenta en este documento es veraz y se encuentra debidamente citada y referenciada en el formato APA séptima edición, todo esto hecho con el fin de evitar caer en una situación deshonestas como lo es el plagio, cabe resaltar que se tiene mucho respeto a la autoría de la información utilizada en este estudio, nos hemos ceñido a la conducta responsable de la investigación y asumimos cualquier responsabilidad de error u omisión en el documento.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En la Tabla 1, se presentan los pesos iniciales y finales que se encontraron en las diferentes investigaciones, además, para poder analizar mejor la capacidad de biodegradación que tienen las bacterias de la familia *Pseudomona*, hallamos la pérdida de peso y el porcentaje que este representa (porcentaje de biodegradación).

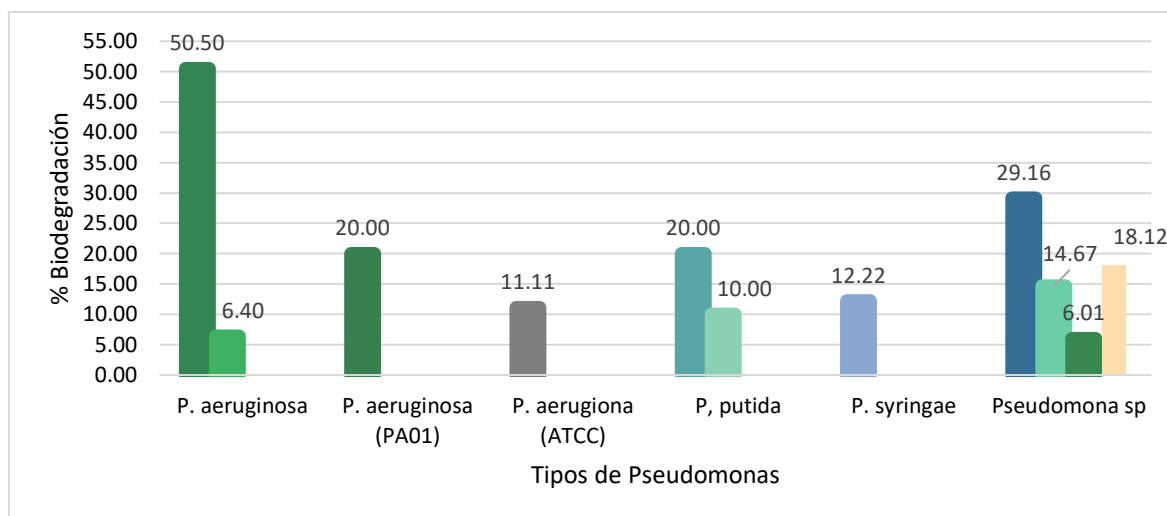
Tabla 1. Pesos iniciales, finales y porcentaje de biodegradación de *Pseudomona sp*.

W inicial(g)	W final(g)	Plástico biodegradado (g)	% Biodegradación	<i>Pseudomona sp</i>	Referencia
0,250	0,124	0,126	50,50	<i>P. aeruginosa</i>	(Rajandas et al., 2012)
2,000	1,872	0,128	6,40	<i>P. aeruginosa</i>	(Li et al., 2020)
0,090	0,072	0,018	20,00	<i>P. aeruginosa (PAO1)</i>	(Kyaw et al., 2012)
0,090	0,080	0,010	11,11	<i>P. aeruginosa (ATCC)</i>	(Kyaw et al., 2012)
0,090	0,081	0,009	10,00	<i>P. putida</i>	(Kyaw et al., 2012)
0,090	0,079	0,011	12,22	<i>P. syringae</i>	(Kyaw et al., 2012)
0,434	0,356	0,078	18,12	<i>Pseudomona sp</i>	(J. Gutierrez, 2013)
2,000	1,600	0,400	20,00	<i>P. putida</i>	(Saminathan et al., 2014)
0,200	0,171	0,029	14,67	<i>Pseudomona sp</i>	(Bhatia et al., 2014)
6,000	5,639	0,361	6,01	<i>Pseudomona sp</i>	(Gutiérrez, 2019)
0,022	0,016	0,006	27,27	<i>Pseudomona sp</i>	(Butrón, 2020)

Nota: En la tabla 1, no se presentan algunos estudios puesto que en aquellos se presentan datos a manera de UFC (Unidades Formadoras de Colonias).

En la Figura 1 se presenta de la manera grafica lo mostrado por la Tabla 1, donde se diferencia los porcentajes de biodegradación obtenidos en cada estudio y a su vez el tipo de *Pseudomona* en ellos.

Figura 1. Porcentajes de biodegradación de cada especie de *Pseudomona*.



Nota: En la figura 1 se aprecia a manera de barras los datos de la Tabla 1, siendo el mayor porcentaje de degradación 50.5 % obtenido por la *P. Aeruginosa* y 6.01% el menor porcentaje de biodegradación obtenido por la *Pseudomona sp*.

En la Tabla 2, se presentan las condiciones que se han utilizado en los distintos estudios evaluados, estas son las condiciones a las que las bacterias han sido expuestas a lo largo del proceso, estas vienen a ser temperatura en °C y tiempo en días, los datos son encontrados en las diferentes investigaciones.

Tabla 2. Condiciones en la biodegradación mediante el género de *Pseudomona sp*.

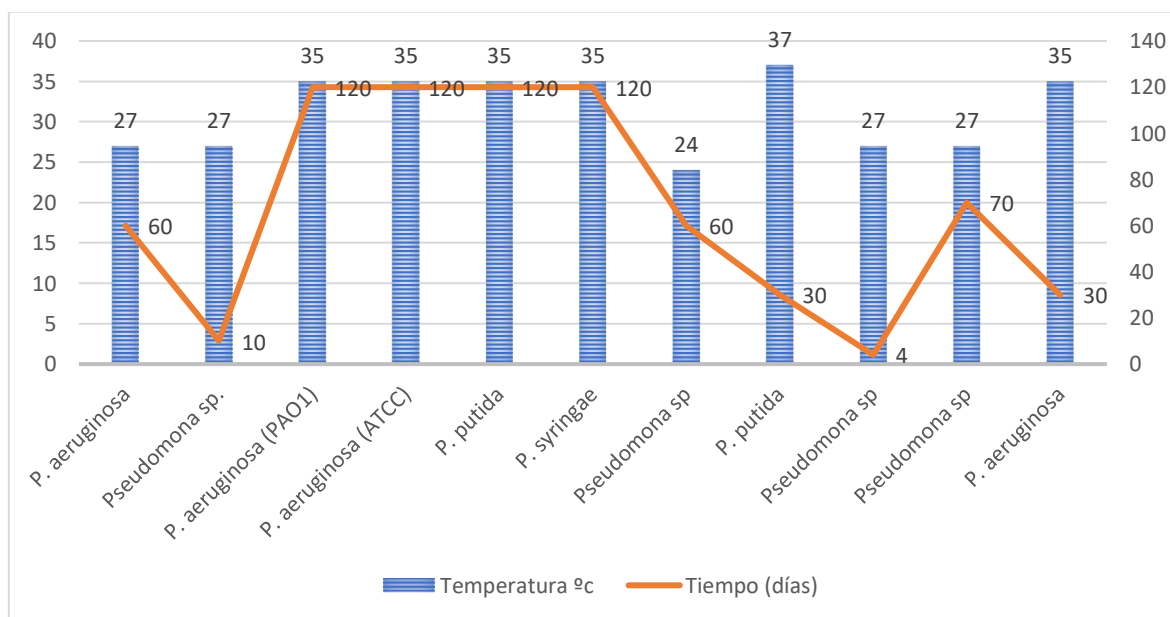
<i>Pseudomona sp</i>	Temperatura	Tiempo (días)	Referencia
<i>P. aeruginosa</i>	27°C	60 días	(Rajandas et al., 2012)
<i>Pseudomona sp.</i>	27°C	10 días	(Li et al., 2020)
<i>P. aeruginosa (PAO1)</i>	35-37°C	120 días	(Kyaw et al., 2012)
<i>P. aeruginosa (ATCC)</i>	35-37°C	120 días	(Kyaw et al., 2012)
<i>P. putida</i>	35-37°C	120 días	(Kyaw et al., 2012)
<i>P. syringae</i>	35-37°C	120 días	(Kyaw et al., 2012)
<i>Pseudomona sp</i>	24 °C	60 días	(J. Gutierrez, 2013)

<i>P. putida</i>	37°C	30 días	(Saminathan et al., 2014)
<i>Pseudomona sp</i>	27°C	4 días	(Bhatia et al., 2014)
<i>Pseudomona sp</i>	27°C	70 días	(Gutierrez, 2019)
<i>P. aeruginosa</i>	35°C	30 días	(Butròn, 2020)

Nota: Dentro del conjunto de investigaciones encontramos datos sobre temperatura en °C y tiempo en días, donde podemos ver que el máximo de días de biodegradación de la bacteria fue de 120 días y el mínimo de 4 días. Así también, se tuvo una temperatura máxima de 37 °C y una mínima de 24 °C.

En la Figura número 2, se presenta de manera grafica los datos expuestos en la Tabla 2, con el fin de apreciar de manera más grafica la variación de datos en temperatura y tiempo de biodegradación que se utilizó en cada estudio.

Figura 2. Condiciones de temperatura y días de tratamiento que se tuvo en cada estudio que tipo de *Pseudomona*.



Nota: En la figura 2 se observa de manera grafica las condiciones de temperatura en °C y tiempo en días a las que las bacterias fueron sometidas por los investigadores.

En la Tabla 3, encontramos investigaciones que evidenciaron la degradación de polietileno de baja densidad por medio de las unidades formadoras de colonias y las condiciones en las que las bacterias se desarrollaron.

Tabla 3. Condiciones de biodegradación, conteo de UFC y tipo de *Pseudomona* utilizado por estudio.

Temperatura	Tiempo (días)	UFC	<i>Pseudomona sp</i>	Referencia
27°C	3 días	3.5 X10 ⁶	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	(Gutierrez, 2018)
35°C	20 días	8.0 X 10 ⁸	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	(Gupta & Devi, 2020)

Nota. Dentro del grupo de investigaciones estudiadas se encuentran autores que utilizaron el método de conteo de UFC, el cual representa el crecimiento bacteriano que tuvieron en sus fases experimentales, estos además también tuvieron condiciones de biodegradación.

En la tabla 4, se presentan cada uno de los estudios analizados, por tipo de bacteria del género *Pseudomona* y los métodos que se utilizaron para determinar la biodegradación del plástico de baja densidad.

Tabla 4. Método utilizado por cada estudio,

Tipo de <i>Pseudomona</i>	Método	Referencia
<i>P. aeruginosa</i>	FTIR (Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier)	(Rajandas et al., 2012)
<i>Pseudomona sp</i>	FTIR (Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier)	(Li et al., 2020)
<i>P. aeruginosa</i> (PAO1)	Pérdida de peso	(Kyaw et al., 2012)
<i>P. aeruginosa</i> (ATCC)	Pérdida de peso	(Kyaw et al., 2012)
<i>P. putida</i>	Pérdida de peso	(Kyaw et al., 2012)
<i>P. syringae</i>	Pérdida de peso	(Kyaw et al., 2012)
<i>Pseudomona sp</i>	Pérdida de peso	(J. Gutierrez, 2013)
<i>P. putida</i>	Pérdida de peso	(Saminathan et al., 2014)
<i>Pseudomona sp</i>	Pérdida de peso	(Bhatia et al., 2014)
<i>Pseudomona sp</i>	Pérdida de peso	(A. Gutierrez, 2019)
<i>P. aeruginosa</i>	Pérdida de peso	(Butròn, 2020)
<i>Pseudomona sp</i>	Conteo de UFC	(Gutierrez, 2018)
<i>P. aeruginosa</i>	Conteo de UFC	(Gupta & Devi, 2020)

Nota: En la Tabla 4, se puede observar el tipo de *Pseudomona* y el método que se utilizó en cada estudio, de los cuales la mayoría vienen hacer la pérdida de peso (9), donde 3 de estos fueron en el mismo estudio, luego tenemos a 2 estudios donde utilizaron el método de FTIR, y 2 donde el método fue el conteo de UFC.

Tabla 5. Prueba de normalidad de porcentaje de biodegradación y temperatura de biodegradación.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Porcentaje de biodegradación	,366	11	,000	,589	11	,000
Temperatura de biodegradación	,324	11	,000	,788	11	,007

Nota: Se realizó la prueba de normalidad para conocer si los datos son normales, se utilizó la significancia de Shapiro-Wilk ya que la muestra es menor a 50 datos, si la significancia es menor a 0.05 significa que los datos no son normales y se debe de realizar una prueba no paramétrica, en nuestro caso Rho de Spearman.

Tabla 6. Correlación del porcentaje de biodegradación y temperatura de biodegradación.

			Porcentaje de biodegradación	Temperatura de biodegradación
Rho de Spearman	Porcentaje de biodegradación	Coefficiente de correlación	1,000	,539
		Sig. (bilateral)	.	,087
		N	11	11
	Temperatura de biodegradación	Coefficiente de correlación	,539	1,000
		Sig. (bilateral)	,087	.
		N	11	11

Nota: El coeficiente de Rho de Spearman es 0.539 lo que significa una correlación positiva moderada, una correlación positiva significa que los valores de una variable tienden a incrementarse mientras que los valores de la otra variable también se incrementan, en este caso si la temperatura de biodegradación tiende a incrementarse el porcentaje de biodegradación también tendrá un incremento.

Tabla 7. Prueba de normalidad de porcentaje de biodegradación y tiempo de biodegradación.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Porcentaje de biodegradación	,366	11	,000	,589	11	,000
tiempo de biodegradación	,246	11	,061	,924	11	,351

Nota: En este caso la prueba de normalidad indica que los datos son normales ya que la significancia es mayor a 0,05, se utilizó la significancia de Shapiro-Wilk ya que la muestra es menor a 50 datos, se realiza la prueba

paramétrica de Pearson.

Tabla 8. Correlación del porcentaje de biodegradación y tiempo de biodegradación.

		Porcentaje de biodegradación	tiempo de biodegradación
Porcentaje de biodegradación	Correlación de Pearson	1	-,478
	Sig. (bilateral)		,137
	N	11	11
tiempo de biodegradación	Correlación de Pearson	-,478	1
	Sig. (bilateral)	,137	
	N	11	11

Nota: El coeficiente Pearson es de - 0.478 lo que significa una correlación negativa moderada, una correlación negativa significa que los valores de una variable tienden a incrementarse mientras que los valores de la otra variable disminuyen, en este caso si los valores del tiempo de biodegradación incrementan los valores del porcentaje de biodegradación disminuye moderadamente.

Tabla 9. Normalidad del porcentaje de biodegradación y el peso inicial del LDPE.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Porcentaje de biodegradación	,366	11	,000	,589	11	,000
Peso inicial en gramos	,255	11	,044	,927	11	,380

Nota: La prueba de normalidad indica que los datos son normales, se utilizó la significancia de Shapiro-Wilk ya que la población es menor a 50, si la significancia es mayor a 0.05 significa que los datos son normales y se realiza la prueba no paramétrica de Pearson.

Tabla 10. Correlación del porcentaje de biodegradación y el peso inicial del LDPE.

		Porcentaje de biodegradación	Peso inicial en gramos
Porcentaje de biodegradación	Correlación de Pearson	1	-,333
	Sig. (bilateral)		,317
	N	11	11
Peso inicial en gramos	Correlación de Pearson	-,333	1
	Sig. (bilateral)	,317	
	N	11	11

Nota: El coeficiente Pearson es -0.333 lo que significa una correlación negativa baja, una correlación negativa

significa que los valores de una variable tienden a incrementarse mientras que los valores de la otra variable tienden a descender, en este caso si el peso inicial del LDPE aumenta el porcentaje de biodegradación disminuye.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión:

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar el uso de la bacteria *Pseudomona sp* en la degradación de polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021, los resultados evidencian que *Pseudomona spp* alcanzó distintos porcentajes de degradación de polietileno de baja densidad, siendo la investigación de Rajandas et al., (2012) que obtuvo el mayor porcentaje de degradación 50,50%, otro estudio que obtuvo un alto porcentaje de biodegradación fue el de Butrón (2020), con un 27,27 % caso contrario fueron las investigaciones de Gutierrez, (2019) que obtuvo un 6,01% y Li et al., (2020) con un 6,40 %, siendo las investigaciones con menor porcentaje de biodegradación.

Los resultados obtenidos con el programa estadístico SPSS nos revela que la correlación entre el porcentaje de biodegradación y la temperatura de biodegradación es 0,539 según el coeficiente de Rho de Spearman lo que significa una correlación positiva moderada, es decir si una variable aumenta la otra también aumenta moderadamente, en este caso si la temperatura de biodegradación aumenta el porcentaje de biodegradación aumentará moderadamente, esto lo apoya Butrón, (2020), quien menciona que la bacteria *Pseudomona aeruginosa*, realiza una buena actividad degradativa con una temperatura de 35°C, en su investigación obtuvo 27,27% de degradación de LDPE, la investigación de (Rajandas et al., 2012) contrasta con la investigación anterior ya que obtuvo un porcentaje de degradación de 50,50% a una temperatura de 27°C.

La correlación entre el porcentaje de biodegradación y el tiempo de biodegradación de acuerdo al coeficiente de Pearson es de – 0,478 lo que significa que se trata de una correlación negativa moderada, es decir si una variable aumenta la otra disminuye moderadamente, en este caso si el tiempo de biodegradación aumenta el porcentaje de

degradación disminuye moderadamente, esto lo respalda las investigaciones de (Kyaw et al., 2012) quien obtuvo un 20,00% de degradación en 120 días y la investigación de (Bhatia et al., 2014) ya que obtuvo 14,67% en 4 días de biodegradación.

La correlación entre el porcentaje de biodegradación y el peso inicial del LDPE según el coeficiente Pearson es -0,333 lo que significa una correlación negativa baja, lo que significa que si el valor del peso inicial del LDPE aumenta el valor del porcentaje de degradación disminuye, esto lo respalda (Rajandas et al., 2012) quien utilizó como peso inicial de LDPE 0,250 gramos y obtuvo 50,50% y la investigación de Gutierrez, (2019) quien utilizó 6,000 gramos obteniendo 6,01% de degradación de LDPE.

En las investigaciones analizadas encontramos tres métodos distintos con los que los autores pudieron determinar el porcentaje de biodegradación en sus estudios, estos fueron pérdida de peso, FTIR (Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier) y conteo de colonias (UFC). Según (Rajandas et al., 2012) el método FTIR es una técnica analítica rápida y sensible que permite cuantificar la biodegradación de LDPE por parte de los microorganismos, con este método este autor pudo concluir que la bacteria *Pseudomona aeruginosa* degrado 50,50% de LDPE. El método más utilizado para la determinación del porcentaje de degradación fue la pérdida de peso, Butròn, (2020) utilizó este método y determino que *P. aeruginosa* degrado 27,27% de LDPE. Gupta & Devi, (2020) utilizó el conteo de unidades formadoras de colonia concluyendo que *Pseudomona aeruginosa* 8.0×10^8

4.2. Conclusiones:

Se evaluó el uso de *Pseudomona sp* para biodegradar polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021, donde se evidenció que la mencionada bacteria tiene la capacidad de degradar LDPE en distintos porcentajes.

Se halló los porcentajes de biodegradación que obtuvieron las investigaciones por cada *Pseudomona* utilizando los pesos iniciales y finales que tuvieron como muestras, siendo 50,5 % de biodegradación el punto más alto dentro de los porcentajes de biodegradación, seguido por 27.27 %, por otro lado, también se obtuvo un total de 6.01 % y 6.4 % que fueron los más bajos.

Con ayuda del programa estadístico SPSS se pudo describir la influencia de la temperatura, el tiempo y el peso que tiene sobre la degradación de LDPE, si la temperatura de biodegradación aumenta el porcentaje de biodegradación aumentará moderadamente, siempre y cuando sean temperaturas que la bacteria pueda soportar, así mismo, si el tiempo de biodegradación aumenta el porcentaje de degradación disminuye moderadamente y si el valor del peso inicial del LDPE aumenta el valor del porcentaje de degradación disminuye, concluyendo que factores como la temperatura, el tiempo y el peso del LDPE influyen en la degradación de LDPE por medio de *Pseudomona sp*.

Se comparó los métodos empleados en el proceso de biodegradación de plástico por *Pseudomona sp*, concluyendo que la FTIR es una técnica analítica rápida y sensible, sin embargo, el método más utilizado para la determinación del porcentaje de degradación fue la pérdida de peso.

REFERENCIAS

Bhatia, M., Girdha, A., Tiwari, A., & Nayariseri, A. (2014). Implications of a novel *Pseudomonas* species on low density polyethylene biodegradation: An in vitro to in silico approach. *SpringerOpen Journal*, 4:97. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-497>

British Broadcasting Corporation. (2016). *Qué se puede aprender del plan que lleva a Reino Unido a reducir en más de 80% del consumo de bolsas de plástico*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-36935049>

Butròn, S. (2020). *Capacidad de biodegradación de Pseudomonas aeruginosa frente al polietileno de baja densidad*. 9(3), 1671-1684. <https://doi.org/10.26788/riepg.2020.3.182>

Ccallo, M., Sacaca Masco, F., Callata Churac, R. A., Vigo Rivera, J. E., & Calla Calla, J. (2020). *Biodegradación de polímeros de plástico por Pseudomonas*. 46-59.

Clapp, J., & Swanston, L. (2009). Doing away with plastic shopping bags: International patterns of norm emergence and policy implementation. *Environmental Politics*, 18(3), 315-332. <https://doi.org/10.1080/09644010902823717>

Crawford, R. L. (2011). Biodegradation: Principles, Scope, and Technologies. En *Comprehensive Biotechnology* (pp. 4-14). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00335-9>

Crowley, J. (2020). Plastic bag consumption habits in the Northern Philippines. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104848. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104848>

Dey, U., Kumar, N., Das, K., & Dutta, S. (2012). An approach to polymer degradation through microbes. *IOSR Journal of Pharmacy (IOSRPHR)*, 2(3), 385-388. <https://doi.org/10.9790/3013-0230385388>

Garzón, J. M., Rodríguez Miranda, J. P., & Hernández Gómez, C. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y Salud*, 19(2), 309-318. <https://doi.org/10.22267/rus.171902.93>

Greenpeace. (octubre del 2018). *Contaminación plástica en Colombia y el mundo*. http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf

Gregorio Mardiagian plásticos. (2018). *En Argentina se consumen más de 40 kilos de plástico per cápita*. <https://gmprsl.com.ar/en-argentina-se-consumen-mas-de-40-kilos-de-plastico-per-capita/>

Gupta, K. K., & Devi, D. (2020). Characteristics investigation on biofilm formation and biodegradation activities of *Pseudomonas aeruginosa* strain ISJ14 colonizing low density polyethylene (LDPE) surface. *Heliyon*, 6(7), e04398. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04398>

Gutierrez, J. (2013). *Biodegradación de polietileno de baja densidad por consorcios microbianos* [Universidad Nacional Autónoma de México]. https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_gutierrez_pescador.pdf

Gutierrez, K. (2018). *Influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria pseudomona aeruginosa en Huancayo*. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4507/4/IV_FIN_107_TE_Gutierrez_Taipe_2018.pdf

Gutierrez, A. (2019). “*Biodegradación de polietileno de baja densidad utilizando hongos, bacterias y consorcios microbianos aislados del botadero municipal de Tacna*” [Universidad privada de Tacna]. <file:///C:/Users/Jose/Downloads/Gutierrez-Alvarez-Ana.pdf>

Hossain, S., Rahman, M. A., Ahmed Chowdhury, M., & Kumar Mohonta, S. (2020). Plastic pollution in Bangladesh: A review on current status emphasizing the impacts on environment and public health. *Environmental Engineering Research*, 26(6), 200535-0. <https://doi.org/10.4491/eer.2020.535>

Kyaw, B. M., Champakalakshmi, R., Sakharkar, M. K., Lim, C. S., & Sakharkar, K. R. (2012). Biodegradation of Low Density Polythene (LDPE) by *Pseudomonas Species*. *Indian Journal of Microbiology*, 52(3), 411-419. <https://doi.org/10.1007/s12088-012-0250-6>

Li, J., Kim, H. R., Lee, H. M., Yu, H. C., Jeon, E., Lee, S., & Kim, D.-H. (2020). Rapid biodegradation of polyphenylene sulfide plastic beads by *Pseudomonas sp*. *Science of The Total Environment*, 720, 137616. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137616>

Ministerio del Ambiente. (18 de Agosto del 2017). *Cifras del mundo y el Perú*. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (22 de octubre del 2018). *Una ola de medidas contra el plástico recorre América latina y el Caribe*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/una-ola-de-medidas-contr-el-plastico-recorre-america-latina-y-el>

¿Qué es la economía circular y por qué es importante?. (2020). Repsol. Recuperado 1 de octubre de 2021, de <https://www.repsol.com/content/repsol-corporate/es/home/sostenibilidad/economia-circular>

Núñez, D., Paredes, D., & Cubillos, J. (2014). *Bioremediation for degradation of total hydrocarbons present in the sediments of a fuel service station*. 37(1), 20-28. <http://ve.scielo.org/pdf/rtfiuz/v37n1/art04.pdf>

O nos divorciamos del plástico, o nos olvidamos del planeta. (2018) Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 1 de octubre de 2021 de <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>

Peraza, A. M. (2017). *Preliminary study of plastic biodegradation by marine bacteria*. <file:///C:/Users/USER/Zotero/storage/S248XZ4D/Peraza%20-%20Preliminary%20study%20of%20plastic%20biodegradation%20by%20mar.pdf>

Rajandas, H., Parimannan, S., Sathasivam, K., Ravichandran, M., & Su Yin, L. (2012). A novel FTIR-ATR spectroscopy based technique for the estimation of low-density polyethylene biodegradation. *Polymer Testing*, 31(8), 1094-1099. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2012.07.015>

Saminathan, : Ponniah, Sripriya, A., Nalini, K., u Sivakumar, T., & Thangapandian, V. (2014). *Biodegradation of Plastics by Pseudomonas putida isolated from Garden Soil Samples*. *Journal of Advanced Botany and Zoology*. <https://doi.org/10.15297/JABZ.V1I3.06>

Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo. (2015). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios del Distrito de Trujillo*.
<http://sial.segat.gob.pe/documentos/estudio-caracterizacion-residuos-solidos-municipales-area-urbana>

Sistema Nacional de Información Ambiental. (2018). Ley N° 30884. Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-que-regula-plastico-un-solo-uso-recipientes-envases-descartables>

Weiseman, W. (2010). *The permaculture design process: Patterns, principles, and practice*. https://jhawkins54.typepad.com/files/permaculture_principles-weisman.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: “Evaluación del uso de la bacteria <i>Pseudomona sp</i> en la degradación de polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021”				
Problema	Objetivos	Variables	Metodología	Población
¿Cuál es la influencia de la bacteria <i>Pseudomona sp</i> en la degradación de polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021?	General: Evaluar el uso de <i>Pseudomona sp</i> para biodegradar polietileno de baja densidad entre los años 2011 al 2021. Específicos: Determinar el porcentaje de biodegradación de cada especie de <i>Pseudomona</i> utilizando el método de pérdida de peso. Describir la influencia de la temperatura, el tiempo y peso en la biodegradación de plástico con <i>Pseudomonas sp</i> Comparar los métodos empleados en el proceso de biodegradación de plástico por <i>Pseudomona sp</i>.	- Porcentaje de biodegradación. - Temperatura. - Tiempo de biodegradación - Peso del polietileno de baja densidad.	Tipo de Investigación: Descriptiva propositiva Diseño: No experimental descriptivo propositivo Técnica: Análisis documental, recolección de datos	Población: Investigaciones conformados por tesis de pregrado o postgrado, artículos de revisión o científicos. Muestra: Técnica de muestreo: No probabilístico – de tipo discrecional Conformado por el conjunto de tesis de pregrado o postgrado, artículos de revisión o científicos.

Anexo 2. Tabla Descriptiva entre Porcentaje de biodegradación y Temperatura de biodegradación.

Descriptivos		Estadístico	Error típ.
Porcentaje de biodegradación	Media	14,6818	3,70765
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	6,4207 22,9430
	Media recortada al 5%	13,1187	
	Mediana	12,0000	
	Varianza	151,214	
	Desv. típ.	12,29690	
	Mínimo	7,00	
	Máximo	50,50	
	Rango	43,50	
	Amplitud intercuartil	7,00	
	Asimetría	2,921	,661
	Curtosis	9,115	1,279
	Media	5,2727	,38355
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	4,4181 6,1273
	Media recortada al 5%	5,3586	
Temperatura de biodegradación	Mediana	5,0000	
	Varianza	1,618	
	Desv. típ.	1,27208	
	Mínimo	2,00	
	Máximo	7,00	
	Rango	5,00	
	Amplitud intercuartil	1,00	
	Asimetría	-1,690	,661
	Curtosis	4,569	1,279

Anexo 3. Tabla Descriptiva entre Porcentaje de Biodegradación y Tiempo de biodegradación.

Descriptivos		Estadístico	Error típ.
Porcentaje de biodegradación	Media	14,6818	3,70765
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	6,4207 22,9430
	Media recortada al 5%	13,1187	
	Mediana	12,0000	
	Varianza	151,214	
	Desv. típ.	12,29690	
	Mínimo	7,00	
	Máximo	50,50	
	Rango	43,50	
	Amplitud intercuartil	7,00	
	Asimetría	2,921	,661
	Curtosis	9,115	1,279
	Media	5,9091	,57926
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	4,6184 7,1998
	Media recortada al 5%	5,8990	
Tiempo de biodegradación	Mediana	6,0000	
	Varianza	3,691	
	Desv. típ.	1,92117	
	Mínimo	3,00	
	Máximo	9,00	
	Rango	6,00	
	Amplitud intercuartil	3,00	
	Asimetría	-,257	,661
	Curtosis	-,537	1,279

Anexo 4. Tabla Descriptiva entre Porcentaje de Biodegradación y Peso Inicial de muestra.

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Porcentaje de biodegradación	Media		14,6818	3,70765
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	6,4207	
	la media al 95%	Límite superior	22,9430	
	Media recortada al 5%		13,1187	
	Mediana		12,0000	
	Varianza		151,214	
	Desv. típ.		12,29690	
	Mínimo		7,00	
	Máximo		50,50	
	Rango		43,50	
	Amplitud intercuartil		7,00	
	Asimetría		2,921	,661
	Curtosis		9,115	1,279
	Media		3,5455	,54545
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	2,3301	
Peso inicial del LDPE	la media al 95%	Límite superior	4,7608	
	Media recortada al 5%		3,4949	
	Mediana		3,0000	
	Varianza		3,273	
	Desv. típ.		1,80907	
	Mínimo		1,00	
	Máximo		7,00	
	Rango		6,00	
	Amplitud intercuartil		3,00	
	Asimetría		,716	,661
	Curtosis		-,110	1,279