

**BIODEGRADACIÓN DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD CON  
*Staphylococcus* sp. AISLADO DEL BOTADERO DE ASCENSIÓN –  
HUANCAVELICA**

**BIODEGRADATION OF LOW DENSITY POLYETHYLENE WITH  
*Staphylococcus* sp. ISOLATED FROM THE ASCENSION DUMP –  
HUANCAVELICA**

Freddy Arotoma<sup>1</sup>  • Alex Apacclla<sup>1</sup>  • Víctor G. Sánchez<sup>1</sup>  •, José E. Saldaña<sup>1</sup>  •  
Julio D. Enríquez<sup>1</sup>  •

**Resumen**

En la presente investigación se describe el aislamiento y la actividad biodegradativa del microorganismo sobre el polietileno de baja densidad (LPDE), teniendo como objetivo determinar la degradación del polietileno de baja densidad por *Staphylococcus* sp. Las bacterias fueron aisladas de LPDE con evidencias de deterioro procedentes del botadero de Ascensión-Huancavelica. La recolección de muestras se realizó mediante la observación, se utilizó frasco de 250 ml estéril, transportando asépticamente. Las muestras fueron homogenizadas en agua destilada. Se aisló cepas de *Staphylococcus* sp. en medio de cultivo agar Manitol salado. La prueba cuantitativa del *Staphylococcus* sp. para las muestras se realizó por Mac Farland N° 2. El periodo de degradación del LPDE fueron 90 días en tres estufas de convección simple a temperatura de (37, 20 y 15°C). De acuerdo a los resultados se observa la biodegradación del LPDE por la

bacteria *Staphylococcus* sp. a una temperatura de 37 °C una degradación de 2,16 %, a una temperatura de 20 °C una degradación de 0,52 % y finalmente a una temperatura de 15 °C una degradación de 0,29 % Lo que significa que a temperatura de 37°C el *Staphylococcus* sp. es más eficiente en cuanto a la biodegradación y a 15 °C es menos eficiente.

**Palabras clave:** Polietileno, biodegradación, bacteria, plásticos, temperatura.

**Abstract**

The present investigation describes the isolation and biodegradative activity of the microorganism on low-density polyethylene (LPDE), with the objective of determining the degradation of low-density polyethylene by *Staphylococcus* sp. The bacteria were isolated from LPDE with evidence of deterioration from the Ascensión-Huancavelica landfill. The collection of samples was carried out by observation, a sterile 250 ml bottle was used, transporting aseptically. The samples were homogenized in distilled water. *Staphylococcus* sp. strains were isolated in salty Mannitol agar culture medium. The quantitative test of

✉ Freddy Arotoma  
2015161002@unh.edu.pe

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias de Ingeniería,  
Universidad Nacional de  
Huancavelica  
Jr. Victoria Garma N° 275 y Jr.  
Hipólito Unanue N° 280  
Huancavelica, Perú

*Staphylococcus* sp. for the samples was performed by Mac Farland No. 2. The degradation period of LPDE was 90 days in three simple convection ovens at temperatures of (37, 20 and 15 °C). According to the results, the biodegradation of LPDE by the bacteria *Staphylococcus* sp. is observed at a temperature of 37 °C, a degradation of 2,16%, at a temperature of 20 °C, a degradation of 0.52% and finally at a temperature of 15 °C a degradation of 0,29%, which means that at a temperature of 37 °C *Staphylococcus* sp. is more efficient in terms of biodegradation and at 15 °C it is less efficient.

**Keywords:** Polyethylene, biodegradation, bacteria, plastics, temperature.

## 1. Introducción

La acumulación de los residuos plásticos en el ambiente ha contaminado diversos ecosistemas de la biosfera, siendo uno de los materiales con propiedades flexibles, se ha convertido en el material moderno preferido de fabricación por las industrias de nuestra actualidad, son más fáciles de producir y más difíciles de desaparecer volviéndose indispensable para nuestra vida Litterthub (2019). Cerca del 75% del plástico generado por la pandemia de COVID-19 como plásticos, mascarillas, guantes y botellas de desinfectante para manos se han convertido en desechos que llegan al ambiente. Aunque las medidas de confinamiento alrededor del mundo han generado una dramática caída del 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento de los desechos plásticos han aumentado alrededor del mundo teniendo un

impacto negativo en la naturaleza (Echeverri *et al.*, 2020).

La investigación frente al problema de los plásticos en el ambiente va dirigido a la búsqueda de alternativas de degradación con microorganismos, para controlar la contaminación por plástico, como se ha visto la gran efectividad que tienen las bacterias al biodegradar de manera muy eficiente del polietileno de baja densidad (Archana Y Martín 2017).

La investigación realizada por Herri Mason, profesora de química en la universidad de Nueva York encontraron datos alarmantes de micro plásticos encontrados en casi todas las botellas de agua que tuvieron de estudio. Se examinaron 250 botellas compradas en nueve países diferentes y se encontró un promedio de 10 partículas de plástico por litro, cada una más grande que el ancho de un cabello humano, según una investigación dirigida por la organización de periodismo Orb Media cuyas pruebas fueron realizadas en la Universidad Estatal de Nueva York, Estados Unidos Shukman (2018).

La presente investigación estudió y evaluó la degradación del LPDE por *Staphylococcus* sp. en condiciones controladas, para aumentar los conocimientos sobre el manejo y disposición final de los residuos plásticos en los botaderos, que dependiendo de la tipología y tamaño de cada plástico tarda entre 100 y 1 000 años en descomponerse. Peor es el caso de los plásticos que se disponen hacia al mar, que además de acabar con la vida de muchos animales, su tiempo de

descomposición es mayor que si estuviera en tierra firme (Bilbao, 2015).

## 2. Material y métodos

El presente estudio es de tipo experimental, explicativo. Se realizó un muestreo no probabilístico intencional.

### 2.1 Toma de muestra

Los materiales plásticos seleccionados visualmente con signos de deterioro (Kumar *et al.*, 2013) fueron colectados de la

superficie y 15 a 20 cm de profundidad (Uribe *et al.*, 2010) entre la primera y segunda trinchera donde se dispone los residuos del distrito de Ascensión, para ello se utilizó frasco de 250ml estéril, fueron trasladadas en material de tecnopor de 34 x 34 x 23 cm homogenizándolo según (Amponsah, 2003).

**Fig. 1** Plásticos con signos de deterioro encontradas en el botadero de ascensión



Nota: La imagen representa a los plásticos que se han colectado de las trincheras donde se dispone los residuos del distrito de Ascensión.

### 2.2 Enriquecimiento selectivo

Las muestras fueron sumergidas en agua destilada estéril realizó por medio de suspensión aséptica de 500 gr de muestras recolectadas en 500mL agitando vigorosamente el contenido para suspender los microorganismos adheridos al plástico en un matraz de Erlenmeyer por 20s (solución madre).

Los microorganismos con capacidad biodegradativa fueron preseleccionados a partir de la solución madre, se tomó 0.1 ml que se inoculó y esparció con Asa Drigalski en 8 placas Petri con medios Agar Manitol salado, compuesto de extracto de carne bovina 1,0 g; digerido pancreático de caseína 5,0 g; digerido péptico de tejido animal 5,0 g; cloruro sódico 75,0 g; D-manitol 10,0 g; rojo fenol 0,025 g; agar 15,0 g (Dickinson, 2013), e incubadas a 37°C

durante 48 h, con el propósito de aislar la mayor cantidad de microorganismos de acuerdo a (Badia *et al.*, 2011; Benítez *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2005).

### 2.3 Identificación

Los cultivos se desarrollaron en recipientes con medio de cultivo Agar Manitol Salado utilizado para el aislamiento selectivo de *Staphylococcus* sp. tal como se muestra en la Figura 2. El agar sal manitol contiene peptonas y extractos de carne bovina, que suministran los nutrientes esenciales. Una concentración de cloruro sódico de 7,5% tiene como resultado una inhibición parcial o completa de los organismos bacterianos diferentes de los *Staphylococcus*, (Dickinson, 2013) incubadas durante a 37°C durante 48 h, los organismos bacterianos identificados del crecimiento de colonias se pueden verse en la Tabla 1.

**Fig. 1** Placas Petri con crecimiento de colonias en Agar Manitol Salado



*Nota: Se representa el cultivo de Agar Manitol Salado para el aislamiento selectivo de Staphylococcus sp. dentro de una incubadora.*

**Tabla 1** Identificación de crecimiento de colonias

<b>Cepas</b>	<b>Resultados de crecimiento</b>
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	Colonias amarillas de tamaño mediano, amarillo medio.
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Colonias amarillas de tamaño mediano, amarillo medio.
<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 12228	Colonias blancas de tamaño pequeño a mediano, rojo mediano.
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 12453	Inhibición parcial (a completa); colonias incoloras, Agrupación activa inhibida.
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Inhibición completa
Sin inocular	Rojo

*Nota: esta tabla muestra el crecimiento de las cepas y la diferencia de las mismas.*

## 2.4 Siembra

Pasado las 48 h se retiró las 8 placas Petri del cual se ha extraído las cepas para realizar la siembra en los tubos con medio solido (Agar Manitol salado) en forma inclinada con la técnica de siembra por estría ondulada, para realizar esta técnica de siembra empleamos los materiales como: El asa bacteriológica, un mechero bunsen, medio de cultivo en tubo y cultivos de bacteria en placa Petri. El procedimiento que se realizo es el siguiente: con el asa estéril fría y mantenida en zona séptica tomamos el inóculo, destapamos el tubo e introducimos hasta la base donde comienza la parte inclinada sin tocar las paredes del tubo y distribuimos el inóculo trazando estrías cerradas en forma ondulatoria hasta cubrir toda la superficie del medio evitando el rompimiento del agar, retiramos el asa, flameamos la boca del tubo, lo tapamos, lo colocamos en la gradilla y finalmente

esterilizamos el asa bacteriológica. Este procedimiento se ha realizado en 20 tubos de ensayo, posteriormente incubado a 37°C durante 48 h.

## 2.5 Sustrato plástico de uso común (LPDE)

Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se utilizaron como sustratos al LPDE o como se llama comúnmente plástico de uso común que se obtuvieron en tiendas comerciales.

## 2.6 Prueba cuantitativa de biodegradación del polietileno de baja densidad

La metodología utilizada para este ensayo fue la empleada por (Benítez *et al.*, 2007; Singh *et al.*, 2016). La prueba cuantitativa de la capacidad biodegradativa consistió en determinar la cantidad de peso perdido en un periodo de exposición de 90 días a

*Staphylococcus* sp. a una concentración del tubo 2 de Macfarland con discos de LPDE previamente pesados, este proceso se realizó para 3 temperaturas (37°C, 20°C y 15°C) en cada una con 8 repeticiones y una muestra en blanco para cada una.

## 2.7 Determinación de la pérdida de peso

Una vez retiradas de la estufa, las muestras pasaron a ser secadas en el ambiente durante 24 horas. Transcurrido este periodo se procedió a pesar cada una de las láminas (tres mediciones) en una balanza analítica AA-200DS Sartorius, los datos que se reporta pueden verse en la Tabla 2, evaluándose el porcentaje de la pérdida de peso con respecto a su peso inicial (Usha *et al.*, 2011), mediante la fórmula:

$$\left(\frac{P_f - P_i}{P_i}\right) \times 100$$

Donde Pf es el peso final (después de la incubación) y Pi.

Para ello se realizaron suspensiones de células en solución salina, compatibles al tubo 2 de Mc Farland, mismo que se encuentra en la Tabla 2. Con las cepas aisladas de los tubos de ensayo, se realizó las diluciones del *Staphylococcus* sp. en medio líquido utilizando agua destilada estéril, las cuales se inocularon en medio MSM (100 mL) con discos de LPDE previamente esterilizados y pesados en una balanza analítica ( $\pm 0,0001$  g).

**Tabla 2** Escala de Mac Farland

Tubo N°	Cl Ba (1%) mL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1%) mL	Millones de m.o/mL
1	0,1	9,9	300
2	0,2	9,8	600
3	0,3	9,7	900
4	0,4	9,6	1 200
5	0,5	9,5	1 500
6	0,6	9,4	1 800
7	0,7	9,3	2 100
8	0,8	9,2	2 400
9	0,9	9,1	2 700
10	1,0	9,0	3 000

Las condiciones de incubación fueron similares a las mencionadas, durante 90 días. Al final de la incubación se desinfectó y se realizó el secado del LPDE, se procedió con el pesado de los discos de plástico de cada tubo y se determinó el porcentaje de peso perdido. El análisis estadístico que se ha utilizado es el Tukey.

## 3. Resultados

A continuación, se muestran las tablas 3, 4, 5 y 6, donde se reportan los porcentajes de biodegradación del LPDE, de las muestras del botadero de ascensión así mismo se muestran los valores de peso inicial y peso final.

**Tabla 3.** Biodegradación de polietileno de baja densidad con la bacteria *Staphylococcus* sp. a una temperatura de 37° C.

N° Tubo	Bacteria	Peso inicial	Peso final	% Biodegradación
1	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0126	0,0123	2,4
2	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0133	0,0130	2,3

3	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0121	0,0119	1,7
4	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0139	0,0136	2,2
5	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0133	0,0130	2,3
6	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0123	0,0121	1,6
7	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0121	0,0119	1,7
8	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0124	0,0122	1,6
9	Blanco	0,0121	0,0121	0,0

Se observan los resultados de los valores de biodegradación del LPDE, de las muestras del botadero de ascensión a una temperatura de 37 °C una biodegradación

de 2,4 % como máximo valor de degradación y 1,6 % para el tubo de ensayo 6 y 8, se observa una degradación de 2,3 % para el tubo 2 y tubo 5 respectivamente.

**Tabla 4.** Biodegradación de polietileno de baja densidad con la bacteria *Staphylococcus* sp. a una temperatura de 20° C.

N° Tubo	Bacteria	Peso inicial	Peso final	% Biodegradación
1	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,012	0,0119	0,8
2	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0142	0,0141	0,7
3	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0112	0,0111	0,9
4	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0113	0,0113	0,0
5	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0116	0,0115	0,9
6	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0129	0,0129	0,0
7	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,012	0,0119	0,8
8	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,012	0,0119	0,8
9	Blanco	0,014	0,014	0,0

Se observan los resultados de los valores de biodegradación del LPDE se presentan en la Tabla 1. La muestra del botadero de ascensión a una temperatura de 20 °C realiza una biodegradación de 0,9 % como

máximo valor de degradación para los tubos 3 y 5 se observa también que para los tubos de ensayo 1, 7 y 8 se observa una degradación de 0,8 %.

**Tabla 5.** Biodegradación de polietileno de baja densidad con la bacteria *Staphylococcus* sp. a una temperatura de 15° C.

N° Tubo	Bacteria	Peso inicial	Peso final	% Biodegradación
1	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0129	0,0128	0,78
2	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0132	0,0132	0,00
3	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0113	0,0113	0,00
4	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0121	0,0121	0,00
5	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0128	0,0128	0,00
6	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0113	0,0113	0,00
7	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0132	0,0132	0,00
8	<i>Staphylococcus</i> sp.	0,0124	0,0123	0,81
9	Blanco	0,0126	0,0126	0,00

Se observan los resultados de los valores de biodegradación del LPDE, de las muestras del botadero de ascensión a una temperatura de 15 °C una biodegradación

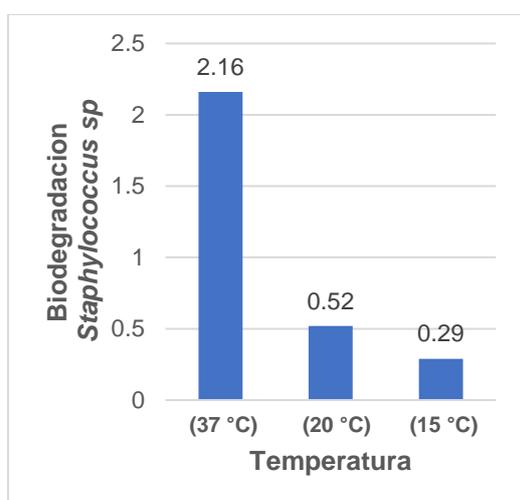
de 0,81 % como máximo valor de degradación para el tubo 1 los demás tubos muestran bajas degradación.

**Tabla 6.** Prueba de Tuckey de los valores de Biodegradación de polietileno de baja densidad con la bacteria *Staphylococcus* sp.

Biodegradación de Polietileno de baja densidad				
Variable	Temperatura (°C)	N	Media (Tuckey agrupamiento) *	Desviación estándar
<i>Staphylococcus</i> sp.	37	9	2,16 <sup>A</sup>	± 0,39
<i>Staphylococcus</i> sp.	20	9	0,52 <sup>B</sup>	± 0,36
<i>Staphylococcus</i> sp.	15	9	0,29 <sup>B</sup>	± 0,50

\*. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Fig. 3.** Valores de Biodegradación de polietileno de baja densidad con la bacteria *Staphylococcus* sp.



El presente análisis Figura 3. Es una comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de alpha 0,05, para el cual presenta diferencia estadística de las temperaturas (°C), (37, 20 y 15) en la biodegradación de LPDE producido por la bacteria *Staphylococcus* sp. Se puede observar que existen diferencias estadísticas entre las biodegradaciones de polietileno de baja densidad como máximo valor se obtuvo 2,16<sup>a</sup> % de la temperatura de 37 °C. Con respecto a la diferencia mínima significativa (delta) 0,53 los menores valores de biodegradación se obtuvieron 0,52<sup>b</sup> y 0,29<sup>b</sup> con temperaturas de 20 y 15 °C respectivamente.

#### 4. Discusión

Durante los últimos 3 meses, se observó las muestras de polietileno pequeñas partículas tenues sobre las superficies del LPDE evidenciando un posible ataque microbiano. Se realizó el análisis de biodegradación del LPDE producido por la bacteria *Staphylococcus* sp. se observó la degradación del polietileno de baja densidad en un 2,16 % a una temperatura de 37 °C, aislado del botadero del distrito de ascensión Huancavelica, Según (Rajesh *et al.*, 2017) y (Christi *et al.*, 2007) Su eficacia en la degradación de bolsas de polietileno comerciales fueron superiores a nuestro trabajo el resultado que obtuvieron en términos de pérdida de peso media a 37°C en un período de ocho semanas, con respecto a las bases en los criterios de (Muller *et al.*, 1993) no se ha tenido grandes diferencias con el trabajo realizado.

Este estudio afirma que la cepa bacteriana aislada del botadero del distrito de Ascensión tiene la capacidad de degradar el LPDE, en un 0,52 % a una temperatura de 20 °C. Según (Alejandra y Martín, 2017) en el trabajo que realizaron obtuvieron resultados mayores en comparación del presente trabajo que de acuerdo a las bases en los criterios de (Milstein *et al.*, 1994).

La biodegradación del LPDE producto de la bacteria *Staphylococcus* sp. Se observa una biodegradación de 0,29 % a una temperatura de 15 °C, aislado del botadero del distrito de ascensión Huancavelica. (Sandra *et al.*, 2017; Vijaya & Mallikarjuna, 2008) en su reporte con compostaje de películas de polietileno durante 4 meses no mostró ninguna degradación con respecto a las bases en los criterios de (Begum *et al.*, 2015), obtuvieron una biodegradación a 15 °C superior a nuestro trabajo que si bien es menor, es un resultado significativo para las condiciones en las que se desarrolló la prueba.

## 5. Conclusiones

Este estudio muestra que la temperatura es un factor importante para la degradación del polietileno de acuerdo a los resultados de la investigación realizada se corroboró la eficiente degradación del *Staphylococcus* sp. a temperatura de 37°C.

El *Staphylococcus* sp. no es muy eficiente en cuanto a la biodegradación del LPDE en temperatura de 15°C a partir del presente estudio se deduce que estas bacterias pueden degradar el polietileno en un ambiente controlado. El polietileno de baja densidad es uno de los más grandes enemigos de la humanidad, en el presente estudio se concluye que si podemos aplicar estos al medio ambiente de una manera controlada para mitigar la contaminación ambiental. Por lo tanto, se necesitan más estudios para confirmar la aplicación de los microorganismos al medio ambiente.

## Agradecimiento

A la Universidad Nacional de Huancavelica a través del Vicerrectorado de Investigación por haber financiado mediante el programa presupuestal 066 para la realización de esta investigación, también agradecemos a nuestro asesor y docentes del proyecto: Dr. José Eduardo Saldaña Díaz, Mg. Víctor Guillermo Sánchez Araujo, Mg. Mabel Yesica Escobar Soldevilla, Ing. Julio Daniel Enríquez Quispe e Ing. Julio Cesar Castañeda Dueñas por el apoyo incondicional en el Laboratorio Central de la Universidad Nacional de Huancavelica.

## Referencias Bibliográficas

- Amponsah, G. (2003). *Recogida, manipulacion y preparacion de las muestras*.
- Archana, B., Rajesh, M. and Samundeeswari, M. (2017). Isolation of Polythene Degrading Bacteria From Garbage Soil. *ISOLATION OF POLYTHENE DEGRADING BACTERIA FROM GARBAGE SOIL*, 04(09), 2813–2818. <https://www.ijramr.com/sites/default/files/issues-pdf/1481.pdf>
- Badia, M., Hernandez, B., Murrel, J., Mahillon, J., & Pérez, M. (2011). Aislamiento y caracterización de cepas de Bacillus asociadas al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Brasileira de Agroecologia*, 6, 90–99.
- Begum, M.; Varalakshmi, B.; Umamageswari, K. (2015). Biodegradation of Polythene Bag using Bacteria Isolated from Soil. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 4(11), 674–680.

- Benítez, S., Bentley, J., Bustamante, P., Sánchez, L., & Corrales, L. (2007). Aislamiento de los microorganismos cultivables de la rizosfera de *Ornithogalum umbellatum* y evaluación del posible efecto biocontrolador en dos patógenos del suelo. *Nova - Publicación Científica En Ciencias Biomédicas*, 5(08), 101–212.
- Bilbao, A. (2015). Desengancharse del plástico. *Desengancharse Del Plástico Problemas de Un Material Ubicuo*, 8.
- Christi, K., Hatha, A., & Kumar, S. (2007, September). Diversidad y eficacia de la microflora del suelo de los manglares tropicales sobre la degradación de las bolsas de transporte de polietileno. *Revista de Biología Tropical*, 3–4.
- Dickinson, B. (2013). *BD Mannitol Salt Agar*. April, 1–3.
- Echeverr, E., Sede, R., Ust, I., & Hern, L. (2020). *Boletín científico covid-19 n°11 17*. 1–19.
- Hernández, O., Ulloa, Y., Ríó, D., & Galdós, M. (2005). *Staphylococcus aureus* y su identificación en los laboratorios microbiológicos. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 09.
- Kumar, S., Rebecca, J., & Kripanand, S. S. (2013). Isolation and identification of LDPE degrading fungi from municipal solid waste Purification of enzymes from marine algae View project Antimicrobial activity against human pathogenic bacteria View project. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5, 78–81.
- Litterthub, M. (2019). Impacto del abandono del plástico en la naturaleza. *Ecoembes*, 24. [https://proyectolibera.org/wp-content/uploads/2019/03/Impacto-de-los-plásticos-abandonados\\_LIBERA-def-1.pdf](https://proyectolibera.org/wp-content/uploads/2019/03/Impacto-de-los-plásticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf)
- Martín, A. (2017). *Estudio preliminar de la biodegradación de plásticos por bacterias marinas*. 29.
- Martín, Alejandra. (2017). *Estudio preliminar de la biodegradación de plásticos por bacterias marinas*. [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5762/Estudio preliminar de la biodegradacion de plasticos por bacterias marinas.pdf?sequence=1](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5762/Estudio%20preliminar%20de%20la%20biodegradacion%20de%20plasticos%20por%20bacterias%20marinas.pdf?sequence=1)
- Milstein, O., Gersonde, R., Huttermann, A., Frund, R., Feine, H., Ludermann, H., Chen, J., & Meister, J. (1994). *Resonancia magnética infrarroja y nuclear evidencia de degradación en termoplásticos basados en productos forestales*.
- Muller, R, H., F, W., R, B., & N, K. (1993). Producción, propiedades, aplicación de Biosurfactantes. *Kosaric. N*.
- Rajesh, M., Samundeeswari, M., & Archana, B. (2017). Isolation of Biosurfactant Producing Bacteria from Garbage Soil. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*, 5(2), 74–78. <https://doi.org/10.12691/jaem-5-2-3>
- Sandra, M.; Estupiñán, N.; Ávila, S. ., Orozco, L., Lorena, Y., Méndez, M., Liliana, S., Marín, M., Yaritza, Y., Puentes, O., & Del Pilar, A. (2017). Aislamiento e identificación de *Pseudomonas* sp. y *Aeromonas* sp

- en aguas de piscinas públicas de Bogotá - Colombia . *Nova*, 5.
- Shukman, D. (2018). *El “preocupante” hallazgo de partículas de plástico en botellas de agua de 11 marcas diferentes - BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43411826>
- Singh, G., Kumar, A., & Bhatt, K. (2016). Biodegradation of polythenes by bacteria isolated from soil. *International Journal of Research and Development in Pharmacy and Life Sciences*, 5(12/12/2015), 2056–2062.
- Uribe, D., Giraldo, D., & Gutiérrez, S. (2010). Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima , Perú. *Online*, 17(1), 133–136.
- Usha, R., Sangeetha, T., & Palaniswamy, M. (2011). Screening of polyethylene degrading microorganisms from garbage soil. *Libyan Agriculture Research Center Journal International*, 2(4), 200–204.
- Vijaya, C., & Mallikarjuna, R. (2008). Impact of soil composting using municipal solid waste on biodegradation of plastics. *Indian Journal of Biotechnology*, 7, 235–239.