UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ACTINOBACTERIAS DEL GÉNERO *STREPTOMYCES* Y SU APLICACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA.

AUTOR(ES):

Jennifer Dayana Criollo Naula

DOCENTE - TUTOR:

PhD. María Adele Valdés Sáenz

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE BIOLOGIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

Actinobacterias del género *Streptomyces* y su aplicación en Biotecnología.

AUTOR(ES):

Jennifer Dayana Criollo Naula

DOCENTE - TUTOR:

PhD. María Adele Valdés Sáenz.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO: Actinobacterias del género *Streptomyces* y su aplicación en Biotecnologia		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	/4.5	Cumple en parte
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	/4.5	Cumple en parte
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	/18	Cumple en parte
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	/15	De acuerdo
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	/15	De acuerdo

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	/22	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	/5	
VALORACIÓN TOTAL	94	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	94

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
REINIER ABREU NARANJO

Reinier Abreu Naranjo

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100/100	100

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ARMANDO VINICIO
PAREDES PERALTA

Armando Vinicio Paredes Peralta

PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA BIOLOGÍA

Puyo, 4 de marzo 2023

Por medio de la presente CERTIFICO que:

El trabajo de integración curricular correspondiente a la estudiante Jennifer Dayana Criollo Naula con CI: 1600920472, con el tema “Actinobacterias del género *Streptomyces* y su aplicación en Biotecnología”, de la carrera de Biología, Docente-tutor María Adela Valdés Sáenz, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND reportando similitud de 0%, informe generado con fecha 3 de marzo, 2023, por el director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a ud para los fines pertinentes.

Atentamente:

Firmado electrónicamente por:
MARIA ADELA VALDES SAENZ

_____

María Adela Valdés Sáenz

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	ULT REVActinobacterias del genero streptomyces y su aplicacion.docx (D160014929)
Submitted	3/3/2023 4:52:00 PM
Submitted by	
Submitter email	madelavaldes@gmail.com
Similarity	0%
Analysis address	amperez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W URL: https://info.csnat.unt.edu.ar/item/1416Gil, Fetched: 3/3/2023 4:54:00 PM 1

Actinobacterias del género *Streptomyces* y su aplicación en Biotecnologia.

Jennifer Dayana Criollo Naula

Blg2017099@uea.edu.ec

PhD.María Adela Valdés Sáenz

mvaldes@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida.

Carrera de Biología.

Resumen

Hoy en día, la problemática de la contaminación ambiental y de la resistencia antimicrobiana son dos grandes factores por el cual el ser humano está en peligro. Ambas problemáticas derivan de causas antrópicas como es el uso excesivo de antimicrobianos lo cual ha generado resistencia antimicrobiana, específicamente sobre antibióticos en los últimos años. Por otra parte, la sobrepoblación a nivel mundial en conjunto con la errónea práctica en el manejo de residuos ha generado contaminación. Este estudio, busca reconocer las aplicaciones del género *Streptomyces* en procesos biotecnológicos, de tal manera que se determine la viabilidad de nuevas técnicas en torno a procesos de biorremediación y resistencia antimicrobiana. Razón por la cual se empleó una Revisión Sistemática, priorizando el análisis de artículos científicos, tesis e informes de reportes farmacéuticos pertenecientes a de bases de datos como Scopus, PubMed, Scielo y Web of Science. El género *Streptomyces* dentro de la biotecnología roja ha aportado diversos antimicrobianos para combatir varias enfermedades y patógenos, aunque en base a los altos índices y registros de resistencia antimicrobiana, se estipula proyectar nuevas técnicas en el uso de antibióticos. Dentro de la biotecnología verde y gris enfocada a la producción agrícola y la biorremediación ambiental respectivamente, el género promete grandes cambios gracias a su

potencial productivo de metabolitos y enzimas que permiten reducir significativamente el número de agentes contaminantes como metales, aceites, petróleo y sus derivados.

Palabras clave: biotecnología, resistencia, antimicrobianos, biorremediación, contaminación ambiental, *Streptomyces.*

Abstract

Nowadays, the problems of environmental pollution and antimicrobial resistance are two major factors by which human beings are endangered. Both problems derive from anthropogenic causes such as the excessive use of antimicrobials which has generated antimicrobial resistance, specifically on antibiotics in recent years. On the other hand, overpopulation worldwide together with the erroneous practice in waste management has generated contamination. This study seeks to recognize the biotechnological applications currently developed by Streptomyces, in order to determine the feasibility of new techniques for bioremediation and antimicrobial resistance processes. For this reason, a Systematic Review was used, prioritizing the analysis of scientific articles, theses and reports of pharmaceutical reports belonging to databases such as Scopus, PubMed, Scielo and Web of Science. The genus Streptomyces within the red biotechnology has provided several antimicrobials to combat various diseases and pathogens, although based on the high rates and records of antimicrobial resistance, it is stipulated to project new techniques in the use of antibiotics. Within the green and gray biotechnology focused on agricultural production and environmental bioremediation respectively, the genus promises great changes thanks to its productive potential of metabolites and enzymes that allow significantly reducing the number of pollutants such as metals, oils, crude and its derivatives.

Keywords: biotechnology, antimicrobial, antimicrobial resistance, bioremediation, environmental pollution, *Streptomyces.*

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 6

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA.....9

2.1 Tipo de investigación.....9

2.2 Criterios de inclusión 9

2.1 Criterios de exclusión.....10

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 11

3.1 *Streptomyces* y la producción de antimicrobianos.....11

3.2 *Streptomyces* y la producción de metabolitos para la conservación medio ambiental.....**Error! Bookmark not defined.**

4. CONCLUSIONES 18

REFERENCIAS. 19

INDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Mecanismo de acción de antimicrobianos que inhiben la síntesis proteica ... 15

Figura 3-2 Mecanismo de acción y resistencia de *Streptomyces* como antimicrobiano..17

Figura 3-3 Contaminantes químicos degradados por la acción de *Streptomyces* (%)…...**Error! Bookmark not defined.**

Figura 3-4 Resultados obtenidos en la reducción de la concentración de hidrocarburos por efecto de actinobacterias del género *Streptomyces* .....**Error! Bookmark not defined.**

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Clasificación por tipo de fuente y documento.....10

1. INTRODUCCIÓN

Según Espinoza et al. (2021), ratifican que el género *Streptomyces* pertenece al Phylum Actino bacteria, Orden *Streptomycetales*. También, tal y como lo menciona López (2018), en este género se han identificado más de 500 especies de bacterias grampositivas, las cuales principalmente residen en sedimentos acuáticos y en suelos de tipo neutro o alcalino, debido a su pH óptimo de crecimiento 6,5 – 8,0. Sin embargo, se han reportado especies en suelos ácidos. La temperatura optima de crecimiento para este tipo de bacterias oscila entre los 25 - 35°C. Arcila et al. (2018), estipula que estos microorganismos poseen estructuras filamentosas ramificadas, cuentan con una reproducción mediante esporas ubicadas en cadenas rectas, flexuosas, enruladas o espiraladas. Son generalmente identificadas por su fenología, estas pueden ser espinosas, rugosas o lisas, con pigmentos verdes, azules, rojos, grises, amarillos, blandos o violetas. Su genotipo es un cromosoma de tipo lineal y superior a 8 Mb, tienen un alto contenido de guanina (G) y citocina (C) alrededor del 69% o 78%. Su ciclo de vida es muy complejo ya que incluso tienen un proceso de muerte celular programada. En torno a estas características Arcila et al. (2018), comentan que las hifas de *Streptomyces* se fragmentan rara vez, estas pueden llegar a ser largas y ramificadas, mientras que su diámetro varía desde los 0,5-0,20 um.

Además, Hernández (2020) atribuye que el rasgo más importante de *Streptomyces* es su capacidad de producir metabolitos secundarios, estos tienen la característica de ser antifúngicos, antivirales, antitumorales y antihipertensivos. La producción de metabolitos parte de la interacción entre hongos, bacterias y plantas. Estos suelen ser de bajo peso molecular y contribuyen en la protección de la especie y se originan al concluir la fase de crecimiento vegetativo o exponencial (fase estacionaria). La definición de Biotecnología que otorgan Ayala et al. (2022), ratifica el concepto de la integración de distintas ingenierías y ciencias biológicas, para poder obtener organismos, células, componentes biológicos o análogos que sacien las demandas tecnológicas y de servicio que necesita el ser humano. Por lo cual actualmente se están implementando nuevas alterativas biotecnológicas para hacer frente a la problemática de resistencia antimicrobiana, una de ellas es la búsqueda de metabolitos con actividad antimicrobiana o antifúngica, propias de bacterias como *Streptomyces sp*.

Streptomyces es uno de los microorganismos considerados fundamentalmente dentro de los procesos biotecnológicos. Este género destaca en la obtención de compuestos farmacológicos que combaten la resistencia antimicrobiana. Según el Ministerio de Salud Pública (2018), la resistencia antimicrobiana es un proceso natural o adquirido, por el cual un microorganismo como: bacterias, virus, parásitos y hongos resisten el efecto de un antimicrobiano (antibiótico, antiviral, antiparasitario, antifúngico). En torno a esto Calero et al. (2019) y Ampuero et al. (2020), mencionan que los microorganismos cambian de forma natural su estructura genética debido al uso excesivo e incorrecto de los antibióticos, esto se da tanto en personas o animales y es causado principalmente por una incorrecta automedicación. A su vez Vanegas-Múnera & Jiménez-Quiceno (2020), ratifican que, en consecuencia de aquello, las bacterias, virus, hongos y parásitos sufren cambios al verse expuestos a antimicrobianos, estos cambios generan resistencia (RAM), por ende, los medicamentos se tornan ineficientes al tratar las infecciones de un patógeno. Esta condición facilita la propagación de patógenos llegando a ser una amenaza a la salud pública. En torno a esta problemática, se requiere la coordinación urgente entre sectores gubernamentales, sociales y privados. Pues como lo mencionan Ampuero et al. (2020), desde el hallazgo de la estreptomicina se han generado nuevos compuestos bioactivos y registrado más antibióticos, derivados de *Streptomyces sp.*

Además, este género tiene rasgos únicos que llaman la atención de varios investigadores que buscan soluciones amigables con el medio ambiente. López (2018) menciona que *Streptomyces* es usada frecuentemente en procesos biotecnológicos enfocados en la biorremediación, debido a que estos microorganismos obtienen su energía a partir de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos por medio de la degradación de compuestos complejos como: la celulosa, almidón, cafeína, hipoxantina, gelatina.

Palacios & Moreno (2022), comentan que la contaminación ambiental es la presencia de cualquier agente físico, químico o biológico o una combinación de estos en diferentes lugares, formas y concentraciones que sean peligrosos para la salud, seguridad y bienestar de una población. Esto se atribuye en un problema crítico y grave a nivel mundial. Razón por la cual es necesario tomar conciencia y buscar alternativas para una rápida solución. En torno a esto, Sudipti et al. (2022) destacan que las actividades antropogénicas tienen directa relación con la contaminación. La presencia de plaguicidas metales pesados y residuos

tóxicos y el alto consumo de bienes y servicios elevan la emisión de contaminantes. Moreno (2022), menciona que la contaminación ambiental es causante del deceso de 2.4 millones de personas, también se producen focos de infección y brotes de nuevas enfermedades todo esto genera gastos económicos para los gobiernos

La contaminación ambiental está presente en las actividades diarias de cada persona, las sustancias químicas se pueden encontrar en el aire, suelo, agua. Estas son resultantes de actividades industriales, proceso de combustión, extracción y explotación minera. Una investigación realizada por CNN y publicada el 10 de junio del 2016, informa que la contaminación puede costarle al mundo 2.6 billones de dólares anuales hasta el 2060, es decir un 1% del PIB, esto por días de enfermedad, gastos médicos y reducción de producción agrícola. Justo como lo comentan Gil et al. (2021), para tener una vida saludable y con bienestar en todas las edades es indispensable un ambiente saludable.

En virtud de todo lo mencionado anteriormente es importante destacar que tanto la resistencia antimicrobiana y la contaminación ambiental son problemas que afectan directamente a los seres humanos, debido a que recaen sobre la economía y estilo de vida de cada persona. El acceso a la salud cada día se vuelve más difícil, debido al aumento de precio en las técnicas y tratamientos que ejercen las instituciones públicas o privadas.

El presente estudio busca demostrar la aplicación del género *Streptomyces* en Biotecnologia, en la resistencia antimicrobiana y control de contaminación ambiental a partir de una revisión bibliográfica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA.

Se aplicó un modelo de estudio descriptivo pues como manifiestan Hernández Sampieri et al. (2014), mide conceptos de las variables de manera independiente, de acuerdo a cómo son y cómo se manifiestan, más no indican como se relacionan. Dentro del trabajo se determinó dos tipos de variables que son:

Variable independiente: Actinobacterias del género *Streptomyces*.

Variables dependientes:

- *Resistencia antimicrobiana*
- *Control de contaminación ambiental*

2.1 Tipo de investigación

Tal y como lo menciona Hernández Sampieri et al. (2014), el diseño de la investigación no es experimental, pues no se construye ninguna situación sino más bien se limita a observar situaciones ya existentes, debido a que las variables independientes ya han ocurrido y el investigador no puede tener control sobre ellas ni modificarlas. Este diseño es sistemático y empírico en donde las relaciones entre las variables se las observa sin ningún tipo de interferencia.

2.2 Criterios de inclusión

El trabajo se realizó en el año 2022 mediante una búsqueda sistemática de literatura en bases de datos como: Scopus, PubMed, Scielo y Web of Science. Que son herramientas de fácil acceso a información publicada por diferentes organizaciones. En base a esto, los registros e informes que se determinaron considerar dentro de este estudio corresponden a 15 artículos científicos, un reporte ministerial, cinco proyectos de investigación, trabajos de pre y post grado, tres libros, 25 manuales farmacológicos, e informes nacionales e internacionales. Como se muestra en siguiente Tabla 2-1.

Tabla 2-1

Clasificación por tipo de fuente y documento

CLASIFICACIÓN POR TIPO DE FUENTE	
FUENTE PRIMARIA	**15**
Artículos científicos	6
Tesis	6
FUENTE SECUNDARIA Y TERCIARAS	**34**
INFORMES DE REPORTES FARMACÉUTICOS	25
INFORMES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	9
NUMERO TOTAL DE DOCUMENTOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO	**34**

La búsqueda se realizó ingresando diferentes rutas tales como: la resistencia antimicrobiana, contaminación ambiental, *Streptomyces* y su aplicación en biotecnología, la producción de antimicrobianos, su uso en problemas de biorremediación ambiental, en el idioma español e inglés, es con un intervalo determinado de publicaciones en los últimos 7 años, desde enero del 2016 a diciembre del 2022.

Los documentos no fueron seleccionados de manera aleatoria, se realizó una lectura exhausta en donde se pueda evidenciar metodologías replicables en laboratorios y sobre todo resultados que evidencien la aplicación del gener *Streptomyces* en producción de antimicrobianos y biorremediacion ambiental.

2.1 Criterios de exclusión

Todos los reportes analizados que no consten ni cumplan con al menos uno de los criterios de inclusión anteriormente mencionados, fueron totalmente descartados dentro del análisis de este estudio, no se incluye información de fuentes no confiables o sin orígenes de autores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 *Streptomyces* y la producción de antimicrobianos

Según Leiva (2019), los actinomicetos producen un amplio grupo de metabolitos agro-activos. Desempeñando un rol importante como gentes de control biológico, pues presentan una amplia variedad de antagonismo contra patógenos de plantas, animales y el hombre. Con el desarrollo de la biotecnología se busca usar el género *Streptomyces* para la producción plaguicidas que protejan los cultivos y a la vez mejorarían su rendimiento, lo que disminuiría el consumo de insumos químicos, cabe recalcar que en la actualidad ya se producen agentes bioactivos derivados del género tales como: herbicidas, acaricidas, insecticidas, fungicidas, bactericidas. Aproximadamente el 60% de todos los antibióticos conocidos contra las bacterias grampositivas y gramnegativas han sido aislados de las Actino-bacterias y el 80% del género anteriormente mencionado (Croce et al., 2022). La aplicación de este grupo bacteriano dentro de la biotecnología roja se puede clasificar en dos, la producción de metabolitos para la síntesis de nuevos compuestos y la producción de nuevos fármacos.

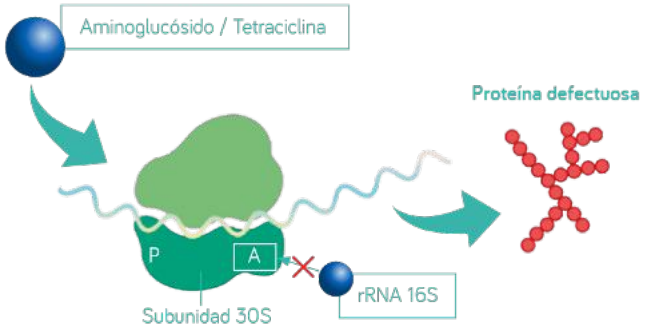
Para la síntesis de nuevos compuestos la Asociación Española de Pediatría (2020a), menciona que *Streptomyces* ha aportado diversas sustancias como la Holomycina. Estos metabolitos son propios de *Streptomyces clavuligerus* cuya función deriva de la ditiolopirrolona. Este compuesto contiene grupos cromóforos que facilitan el monitoreo de nuevas estructuras de antibióticos. La Medermicina, la cual el organismo productor es *Streptomyces coelicolor, e*s un regulador transcripcional, que permite la generación de nuevos fármacos a partir de moléculas de señalización, similar a la Holomycina.

Dentro de los antimicrobianos producidos por *Streptomyces* la Asociación Española de Pediatría (2020b), estipula que este género ha aportado en el desarrollo de más de 30 tipos de antimicrobianos. Entre ellos están los antibióticos: Kanamicina, Tienamicina, Aureomicina, Oxitetraciclina, Mitocimina, Actinomicinas, Pentostatina, Doxorubicina, Cephamycin C, Penicillin N, Clavulanic acid, Cephalosporin, De ceatoxy cephalosporin C, Ácido Clavulánico, O-carbamoyl-deacetylcephalosporin C, Tunicamycin, Estreptomicina, Tetraciclina, Clortetraciclina, Eritromicina, Cloranfenicol, Lincomicina, Poliéteres monensina, Lavandulae, Cicloserina, Espiramicina, Neomicina, Vancomicina y Rifamicina.

El mecanismo de acción de estos antimicrobianos está enfocado en atravesar la membrana bacteriana e intervenir en la producción de proteínas, por medio de la errónea codificación o fragmentación de cadenas simples o dobles de ARN y ADN, tal y como se muestra en la Figura 3-1. Este tipo de activos son eficientes ante bacterias grampositivas y gramnegativas.

Figura 3-1

Mecanismo de acción de antimicrobianos que inhiben la síntesis proteica



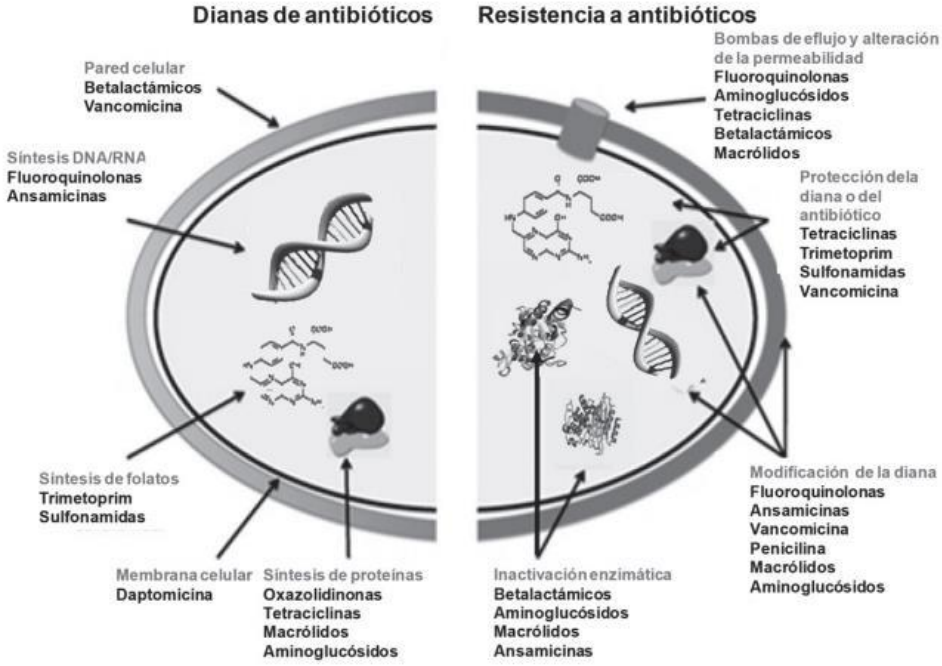
Fuente: obtenido de Department of Education Open Textbook Pilot Project et al. (2022), modificado por la autora..

Además, los laboratorios Zoetis (2012) y JTM (2016), mencionan la efectiva intervención de *Streptomyces* en la producción de antibióticos de tipo Lasalócido y Salinomicina, empleados en la prevención de coccidiocis en aves de corral. Estos antibióticos interfieren con el transporte de cationes (K, Na, Ca, Mg) perturbando así el potencial electroquímico de la membrana, lo cual imposibilita el desarrollo de patógenos gram positivos como: *Eimeria tenella, E. necatrix, E. acervulina, E. maxima, E. brunetti, E. mivati y E. mitis*.

Otro tipo de antimicrobianos son los antifúngicos, según Sánchez-Güete et al. (2019), *Streptomyces noursei*. ha desarrollado la Nistatina, un compuesto clasificado dentro del grupo de los macrólidos. Es efectivo frente a hongos como *Candida spp.* o dermatofitos. Dentro del mismo grupo de antifúngicos existe la Natamicina, la cual parte de la fermentación aeróbica de *Streptomyce. natalensis.*

Figura 3-2

Mecanismo de acción y resistencia de Streptomyces como antimicrobiano



Fuente: obtenido de (Pérez María, 2021).

El desarrollo de antimicrobianos por parte del género *Streptomyces* ha sido indiscutiblemente importante para el tratamiento de diversos patógenos como bacterias, virus y hongos (figura 3-2). Según la Comisión Nacional para el Control de la Resistencia Antimicrobiana (2019), estima que actualmente se registran en el mundo alrededor de 700 mil decesos a causa de la resistencia antimicrobiana. Cada año, 480 mil personas presentan tuberculosis multirresistente, mientras que la resistencia a los fármacos también empieza a complicar la lucha contra el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), el paludismo o incluso para bacterias potencialmente mortales como *Klebsiella pneumoniae* que desarrollan infecciones poco complejas. Debido a estos índices críticos es razonable pensar en nuevas terapias sobre los antibióticos, entre ellos destacan los bacteriófagos. Los cuales procuran combatir bacterias multirresistentes como: *Staphylococcus aureus, Pseudomonas y Escherichia coli.* Tal y como lo menciona Cárdenas et al. (2018), estos organismos interfieren la función normal de una célula o patógeno, razón por la cual forman parte de las nuevas alternativas con respecto al uso de antibióticos.

3.2 *Streptomyces* y la producción de metabolitos para la conservación medio ambiental

EL género *Streptomyces* produce una amplia variedad de metabolitos secundarios. López (2018), menciona que estos son usados para la elaboración de antibacterianos, fungicidas, antivirales entre otros. Además, son parte de las relaciones simbióticas de una amplia variedad de plantas e insectos, y tienen la capacidad para determinar un monitoreo y control en la salud de un suelo.

En el primer registro analizado, Barontini et al. (2022), dentro del estudio de Aislamiento e identificación de biopelículas en actino bacterias autóctonas y su producción durante el proceso de biorremediación de lindano, *Streptomyces sp.*, demostró la capacidad de crecimiento y producción de biopelículas en superficies contaminadas. Para ello, se incubaron cultivos a 30 °C y se determinó la producción, por medio de la cuantificación en la formación de biopelículas. Los resultados de la investigación determinaron que en un tiempo de 72 horas *Streptomyces* mantuvo una producción de biofilms en agar Caldo Soya Tripteína o por sus siglas en inglés (TSB). Esto permitió que el organismo presente una mayor capacidad para desarrollarse y producir biopelículas en el medio contaminado con lindano.

En otro estudio en torno a procesos de biorremediación bacteriana de cadmio (Cd) en suelos agrícolas productores de "cacao" de la cooperativa agraria industrial Naranjillo, Tingo María, Huánuco; en base al principio de alta absorción de (Cd) de ciertas cepas *Streptomyces*. De los Ríos (2021) implementó el proceso conocido como la "digestión ácida de sedimentos, lodos y tierra", el cual consiste en la caracterización de muestras de suelos por medio de técnicas fisicoquímicas dentro de un agar. Se usó el *Streptomyces* en dos tipos tratamientos (TR1 y TR2), anexo a esto se usaron bacilos. Técnicas como: Hidrómetro de Bouyoucos, método del potenciómetro, método de Walkley y Black, método de Olsen modificado, método de Peech, método del E.D.T.A, método del amarillo de tiazol y método de Kjenldalh, fueron primordiales dentro del proceso de caracterización de suelo. A partir de los cultivos de agar previamente obtenidos se administraron los microorganismos a los tratamientos

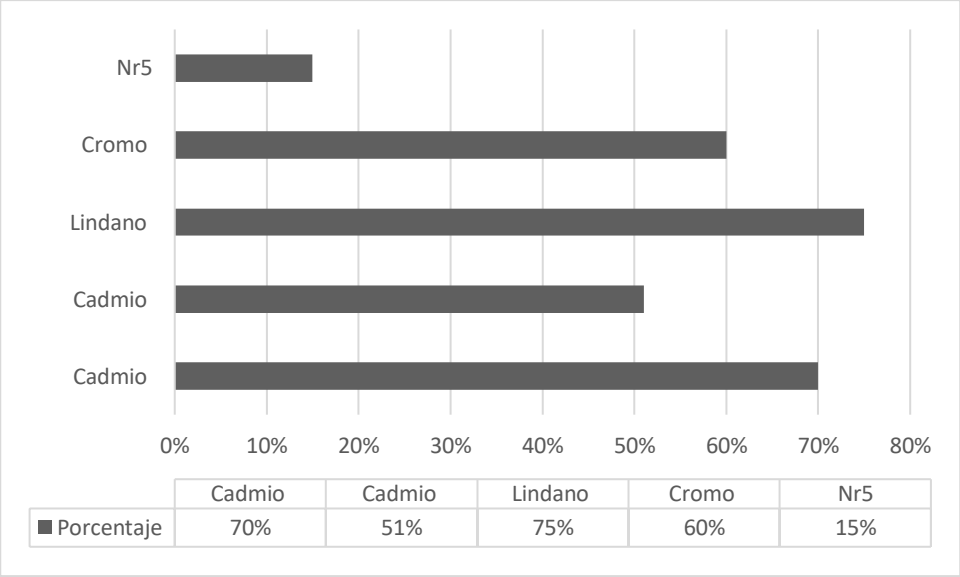
mencionados, el primer tratamiento (TR1) se presentó un registro de absorción de cadmio del 70 – 80%, mientras que en el segundo tratamiento (TR2), se registró una absorción del 51 – 60%.

Como cuarto registro, enfocado en las Metodologías de biorremediación y remediación química para el tratamiento de sistemas contaminados, provisto por la Facultad de Ciencias Naturales y el Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán (2019), comprobaron que la producción de metabolitos por parte de *Streptomyces*, tiene la capacidad de degradar el lindano presente en las muestras. La metodología se basa en el uso de cultivos de agar tierra, de tal manera que *Streptomyces* activa los procesos enzimáticos y logra la remoción del 75% del agente contaminante, además aminoró la presencia de otros compuestos como cromo (Cr) en un 60%, mientras que la remoción de Nr5 alcanzó el 15%.

A continuación, en la Figura 3-3 se muestran los porcentajes degradados en torno a distintos agentes tóxicos.

Figura 3-3

Contaminantes químicos degradados por la acción de Streptomyces (%)



Fuente: obtenido de Barontini et al. (2022), De los Ríos (2021) y Facultad de Ciencias Naturales y el Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán (2019), modificado por la autora.

Facultad de Ciencias Naturales y el Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán (2019); De los Ríos (2021) y Barontini et al. (2022), coinciden en la aplicación de cepas de *Streptomyces*, para la recuperación de suelos con presencia de agentes altamente tóxicos como: lindano, metales pesados entre ellos el cromo y el cadmio, entre otros. Debido a que el género es capaz de degradar compuestos tóxicos gracias a su gran producción de metabolitos (enzimas). El Ecuador es uno de los países más representativos en la producción y exportación de cacao, Zumba (2018) menciona que, en las principales provincias productoras de cacao como: Sucumbíos, Orellana, Manabí, Esmeraldas y el Oro, registran altos índices de cadmio. Hay que destacar que según López-Ulloa et al. (2021), el cadmio es uno de los elementos más tóxicos para el ser humano, lo cual supone que la aplicabilidad de *Streptomyces* como agente de control y regulador es potencialmente viable dentro del país. Además, esto permitiría manejar índices internacionales de la calidad en la producción nacional de cacao.

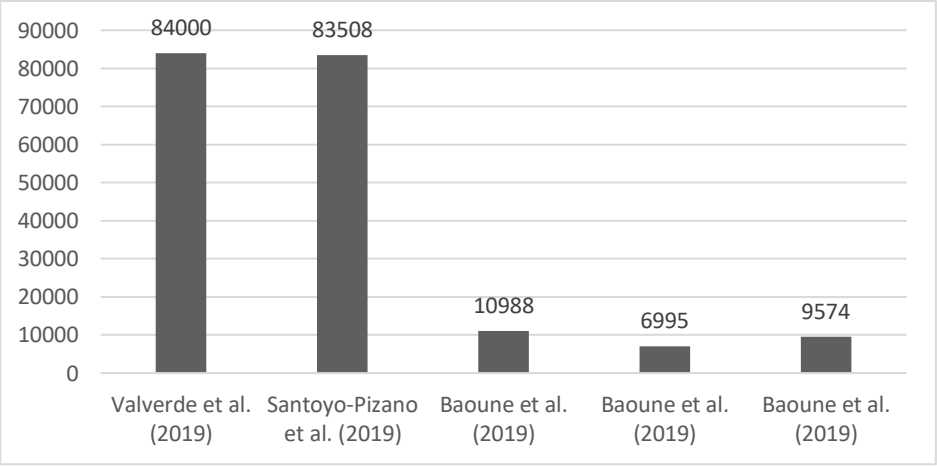
En procesos de Biorremediación para derivados de aceite de petróleo, Valverde et al. (2019), consideraron el alto potencial biotecnológico de *Streptomyces,* ya que demostró ser uno de los principales organismos capaces de descontaminar suelos persuadidos con petróleo. El estudio ratifica que, dentro de la biorremediación de suelos se determinan organismos específicos, ya sean plantas o bacterias con el fin de incluirlos en procesos *in situ y/o ex situ* para aminorar contaminantes presentes en el ambiente. Dentro de ello *Streptomyces* cumplió con el objetivo planteado, ya que, gracias a su capacidad metabólica y producción de metabolitos, degrado 84 mil partes por millón de hidrocarburos.

Finalmente, en el análisis de Biorremediación y fitorremediación de suelo impactado por 85mil ppm de aceite residual automotriz Santoyo-Pizano et al. (2019), demostraron que, *Streptomyces griseus* junto con *P. vulgaris* y con *M. echinospora* mediante procesos bio-estimulación (BIS), disminuyeron hasta 1492 ppm de aceite residual automotriz en 180 días. El proceso consiste en la activación de las actinobacterias ya mencionadas por medio de la inoculación en un agar avena, para implementar en un suelo contaminado. En torno a esto se determinó el uso tres tipos de muestras de suelo, arraigado o control absoluto (CA), impactado o control negativo (CN) y el suelo relativo (CR).

En otro estudio provisto por Baoune et al. (2019), se redujo de 20048 ppm de crudo a 13053, 9060 y 10474 ppm después de siete días de incubación. Dentro de aquel análisis se determinó variables con respecto a las cepas de *Streptomyces*, como: la incubación de la especie por cuatro semanas a 30°C y la capacidad reproductiva de los cultivos con hidrocarburos en ambientes poco oxigenados y oxigenados. A continuación, en la Figura 3-4, se representan las concentraciones reducidas por *Streptomyces* en los diferentes estudios.

Figura 3-4

Resultados obtenidos en la reducción de la concentración de hidrocarburos por efecto de actinobacterias del género Streptomyces



Fuente: obtenido de Baoune et al. (2019); Santoyo-Pizano et al. (2019) y Valverde et al. (2019), modificado por Criollo Dayana.

Se puede evidenciar en los estudios de biorremediación de Valverde et al. (2019) y Santoyo-Pizano et al. (2019), que existe una mayor reducción de partes por millón, en comparación con Baoune et al. (2019), debido a que el periodo de tiempo analizado es mayor en los dos primeros casos. De esta manera, se puede deducir que a mayor tiempo *Streptomyces* degrada más partes por millón en hidrocarburos.

Con respecto a técnicas de biorremediación, Baoune et al. (2019); Santoyo-Pizano et al. (2019) y Valverde et al. (2019), destacan la excelente participación de *Streptomyces* en la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos. Esto permite suponer el planteamiento de nuevas estrategias potencialmente aplicables enfocadas en el derrame de crudo dentro de la Amazonia ecuatoriana.

4. CONCLUSIONES

Se le reconoce al género *Streptomyces* una gran variedad de aplicaciones.

Dentro de la biotecnología blanca ha aportado en la producción de una gran variedad de antimicrobianos, lo que ha permitido obtener diversos tratamientos para humanos ante un sinnúmero de enfermedades como: Carbunco, Difteria, Erisipelotricosis, Listeriosis y todo tipo de infecciones provocadas por bacterias de tipo grampositivas y gramnegativas. La producción de antifúngicos que combaten infecciones como la candidiasis cuyo patógeno es Candida sp, es otro logro en antimicrobianos producidos por el género estudiado. Gracias a *Streptomyces clavuligerus* y *Streptomyces coelicolor*, se han registrado importantes metabolitos como la Holomycina y la Medermicina que permiten valorar la eficacia de nuevos compuestos.

En biorremediación ambiental o biotecnología gris *Streptomyces* es considerado como uno de los microrganismos con mayor potencial, debido a su alta capacidad en la producción de enzimas y metabolitos que degradan agentes altamente contaminantes como: petróleo, lindano, aceite automotriz entre otros. Destacar, dentro del campo de la biotecnología verde, los resultados alcanzados en la aplicación de cepas de *Streptomyces sp.* para la reactivación de suelos agrícolas por aminorar altos índices de cadmio.

REFERENCIAS.

Ampuero, A., Rojas, R., Ruiz, C., & Hurtado, J. (2020). Streptomyces sp. 6E3 antimicrobial activity isolated from mineral concentrate. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, 37(1), 110–114. https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.371.4505

Asociación Española de Pediatría. (2020a). Kanamicina Pag 1/3. www.uptodate.com

Asociación Española de Pediatría. (2020b). Neomicina Pag 1/3. Pediamécum AEP. www.uptodate.com

Ayala, D., Méndez, N., Ramos, F., & Edgar, V. (2022). volumen 16 XXVII Verano De la Ciencia El potencial de la biotecnología para la atención de problemas ambientales: conceptos básicos. XXVII Verano de la Ciencia, 16. www.jóvenesenlaciencia.ugto.mx

Baoune, H., Aparicio, J. D., Pucci, G., Ould El Hadj-Khelil, A., & Polti, M. A. (2019). Bioremediation of petroleum-contaminated soils using Streptomyces sp. Hlh1. Journal of Soils and Sediments, 19(5), 2222–2230. https://doi.org/10.1007/s11368-019-02259-w

Barontini, J., Torrico, A. K., Druetta, M., Luna, I., Alaniz Zanon, M. S., Chulze, S. N., & Giménez Pecci, M. P. (2022). Aislamiento e identificación de biopelículas en actinobacterias autóctonas y su producción durante el proceso de biorremediación de lindano. Libro de Resúmenes de Las III Jornadas de Microbiología Sobre Temáticas Específicas Del NOA. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/180908

Calero, V., Calero, J., Armijos, J., & Troya, G. (2019). La resistencia antimicrobiana: situación actual Antimicrobial resistance: current situation Revista Científica Mundo de

la Investigación. 3(2), 307–323. https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(2).abril.2019.307-323

Cárdenas, J., Castillo, O., de Cámara, C., & González, V. (2018). Combatiendo la resistencia bacteriana: una revisión sobre las terapias alternas a los antibióticos convencionales. In Bol Venez Infectol (Vol. 29).

Castro, D. (2019). Valoración de la cepa Streptomyces racemochromogenus en el cultivo de gulupa, (Passiflora Edulis f.edulis sims) como método alternativo para el control de fusarium en el Municipio de Abejorral Antioquia. (Proyecto aplicado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD). Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25418

Comisión Nacional para el Control de la Resistencia Antimicrobiana. (2019). Resistencia antimicrobiana. Estado actual República Argentina.

Croce, V., Moyna, G., Pianzzola, M., Salinas, G., Siri, M., Ferrando, L., & Lapaz, M. (2022). Informe final publicable de proyecto Búsqueda de actividades de interés agrícola a partir de cepas de Streptomyces spp. aisladas en Uruguay.

De los Ríos, C. (2021). Biorremediación bacteriana del cadmio en suelos agrícolas productores de “Cacao” (TheobromacacaoL.) de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, Tingo María, Huánuco.(Pregrado Universidad Ricardo Palma)Repositorio Institucional https://hdl.handle.net/20.500.14138/4535

Department of Education Open Textbook Pilot Project, The UC Davis Office of the Provost, The UC Davis Library, The California State University Affordable Learning Solutions Program, & Merlot. (2022). Inhibición de la síntesis de proteínas (Libre Texts).

Espinoza, L., Serrano, H., & Centeno, S. (2021). Streptomyces: “la vieja confiable.” Centro de Investigación Científica de Yukantán .

Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán. (2019). Educación, Ciencia y Transferencia “conocer la naturaleza es conocernos a nosotros.” https://info.csnat.unt.edu.ar/item/1416

Gil, C., Antonio, D., Quiroz, L., Jeyson, E., Álvarez, Q., & Alberto, M. (2021). Revisión sistemática de los Impactos de la contaminación de aguas subterráneas producidas por lixiviados de vertederos municipales. Universidad Cèsar Vallejo.

Hernández, O. (2020). Identificación de péptidos antimicrobianos a partir de cepas del género *Streptomyces* para su producción, análisis y caracterización. (Tesis de Postgrado Universidad de Guanajuato) http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/4565

Hernández Sampieri, R., Fernández Carlos, & Baptista Pilar. (2014). Investigacion. Mc Graw Hill Education , 6.

JTM. (2016). Salinomicina. JTM. www.corpmontana.com

Leiva,L.(2019).rep_maest.agra_jorge.leiva_identificación.evaluación.in.vitro.potencial.antifúngico.cepa.streptomyces.spp.aislada.suelo.desértico.colletotrichum.spp.

López, J. (2018). Evaluación preliminar para aislamiento e identificación bioquímica de Streptomyces sp.(Grupo de investigación MICROBIOTEC,Universidad libre de Colombia) https://hdl.handle.net/10901/17609

López-Ulloa[1], M., Jaimez[2], R., Orozco-Aguilar[3], L., Maurice, L., & Chávez, ; Eduardo. (2021). Guía 1 cadmio en el cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura y Ganaderia .

Ministerio de Salud Pública. (2018). Instituto Nacional De Investigación en Salud Pública

reporte de datos de resistencia a los antimicrobianos.

Moreno, R. (2022). Salud y medio ambiente. Facultad de Medicina de La UNAM. https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2022.65.3.02

Palacios, Í., & Moreno, D. (2022). Contaminación ambiental. Recimundo, 15(2), 93–103. https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103

Pérez María. (2021). La pandemia silenciosa: Resistencia bacteriana a los antibióticos. (Apertura de Curso Académico, Universidad Cardenal Herrera) https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/13083/1/Pandemia_Perez_2021.pdf

Sánchez-Güete, L., Núñez-Bravo, N., Galeano-Muñoz, L., Rodríguez-López, J., de Jesús Gómez-Berrio, R., & Johanna Lozano-Salcedo, K. (2019). Uso de medicamentos antifúngicos la unidad de cuidados intensivos de adulto en una institución prestadora de servicio Resumen. https://orcid.org/0000-0003-4842-8092E-mail:

Santoyo-Pizano, G., Higareda-Rodríguez, A., Marquez-Benavidez, L., de la Cruz, I., & Sánchez-Yáñez, J. (2019). Vista de Biorremediación y fitorremediación de suelo impactado por 85,000 ppm de aceite residual automotriz. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/276/209

Sudipti, A., Kumar, A., Ogita, S., & Yeu Yau, Y. (2022). Innovations in Environmental Biotechnology. In Innovations in Environmental Biotechnology. Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4445-0

Valverde, V., Heber, P., Alfaro, B., & Gonzales, E. (2019). Revisión sistemática de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos

contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados.(Tesis ,Universidad Cesar Vallejo)https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/59911/Vargas_VPH-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vanegas-Múnera, J. M., & Jiménez-Quiceno, J. N. (2020). Antimicrobial resistance in the 21st century: Towards a post-antibiotic era? In Revista Facultad Nacional de Salud Pública (Vol. 38, Issue 1). Universidad de Antioquia. https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v38n1e337759

Zumba, L. (2018, July 4). Cinco provincias con zonas críticas de cadmio. Cinco Provincias Con Zonas Crìticas de Cadmio, 7. *Diario Expreso*

Anexos.

Marco teórico.

Género *Streptomyces*

Este género pertenece al Phylum Actino bacteria, Orden *Streptomycetales*. Además, tal y como lo menciona López (2018), el género *Streptomyces* abarca a un grupo de microorganismos de origen bacteriano que principalmente reside en superficies como suelo y sedimentos acuáticos. Dentro de este género, se han identificado más de 500 especies de bacterias Gram positivas, estas poseen cualidades como poseer filamentos ramificados, además de constar con una reproducción mediante esporas ubicadas en cadena rectas, flexuosas, enruladas o espiraladas. La superficie de estos microorganismos puede ser espinosa, rugosa o lisa, con pigmentos verdes, azules, rojos, grises, amarillos, blandos o violetas, su cromosoma es lineal y superior a 8 Mb, tienen un alto contenido de GC alrededor del 69% o 78%, su ciclo de vida es muy complejo ya que incluso tienen un proceso de muerte celular programada. (Bustos,2017).

En torno a estas características, Arcila et al., 2018, menciona que, las hifas de *Streptomyces* son largas y ramificadas, su diámetro es varía desde los 0,5-0,20 um y se fragmentan rara vez. Estos microorganismos son capaces de producir esporas de forma endógena a través de la segregación del protoplasma en cuerpos cilíndricos y ovales, los esporos se ubican en cadenas espiraladas. La temperatura óptima para su crecimiento oscila entre los 25-35°C y el pH adecuado de 6,5 – 8.0, mayormente se los encuentra en suelos neutros y alcalinos, sin embargo, se han reportado especies en suelos ácidos.

Otra característica del destacable del género es que obtienen su energía a partir de compuestos químicos inorgánicos por medio de la degradación de compuestos complejos como la celulosa, almidón, cafeína, hipoxantina, gelatina (López, 2018).

Además, Hernández (2020) menciona que, el rasgo que hace importante a los *Streptomyces* es su capacidad de producir metabolitos secundarios que tienen características de ser antifúngicos, antivirales, antitumorales y antihipertensivos, estos se producen de las interacciones entre hongos, bacterias, plantas. Se originan después de que la fase de crecimiento vegetativo o exponencial ha llegado a su fin (fase estacionaria), estos metabolitos suelen ser de bajo peso molecular y la stereoquimina determina su actividad biológica. Una característica para destacar es que, estos no son usados para el crecimiento o reproducción de quien los produce, son más bien son usados en la protección de la especie.

Resistencia antimicrobiana.

Vanegas-Múnera & Jiménez-Quiceno, en el 2020 mencionan que, El uso de antibióticos desenfrenadamente ha creado mecanismos de resistencia, en 1944 se

reportó la primera cepa de *Staphylococcus aureus* resistente a la penicilina por la presencia de enzimas hidrolíticas llamadas penicilinasas, en los años que siguieron el panorama fue idéntico con el resto de antibióticos descubiertos, el problema era resuelto con modificaciones parciales en los antibióticos, pero en la década de los 80 la situación empeoro pues se contaba como poca opciones disponibles ,actualmente se presenta índices alto de resistencia antimicrobiana, a pesar de poseer más de 200 antibioticos desarrollados , se estima que para el 2050 ninguno de estos será efectivo de no controlarse el problemas , lo que se estima que produciría 10 millones de muerte por esta causa.

CNN, en 2016 menciona que, las bacterias, virus, hongos y parásitos sufren cambios al verse expuestos a antimicrobianos, estos cambios generan resistencias o RAM, los medicamentos se vuelven ineficientes para tratar las infecciones de un organismo, lo que hace que propague con más facilidad a otros individuos, siendo así una amenaza a la salud pública y requiere la coordinación entre sectores del gobierno y la sociedad para poder tomar medidas, la prolongación de una enfermedad haces que se necesite más pruebas y fármacos de mayor costo para atender a los pacientes.

La resistencia antimicrobiana es definida por (Vargas, 2015) como: una condición que puede ser adquirida o natural, es la capacidad que tienen los microorganismos(hongos, parásitos ,virus y bacterias) de neutralizar los antibióticos, antivirales, antifúngicos, antiparásitos, esto a través de un mecanismo bioquímico de respuesta ante la exposición a antimicrobianos, es alarmante pues produce la fácil dispersión de la resistencia, contribuyen a la aparición de nuevos brotes, esto implica la disminución de tratamientos, aumentando las estancias hospitalarias y por ende los costos en el sistema de salud pública y sanidad animal.

***Streptomyces* y la producción de antimicrobianos.**

Hernández en 2020, menciona que, el rasgo que hace importante a los *streptomyces* es su capacidad de producir metabolitos secundarios que tienen características de ser anti fúngicos, antivirales, antitumorales y antihipertensivos, estos se producen de las interacciones entre hongos, bacterias, plantas, no son usados para el crecimiento o reproducción de quien los produce, son más bien son usados en la protección de la especie, se originan después de que la fase de crecimiento vegetativo o exponencial ha llegado a su fin (fase estacionaria), estos metabolitos suelen ser de bajo peso molecular y la stereoquimina determina su actividad biológica.

Según (Leiva, 2019), los actinomicetos producen un amplio grupo de metabolitos agro-activos. Desempeñando un rol importante como gentes de control biológico, pues presentan una amplia variedad de antagonismo contra patógenos de plantas, el género *streptomyces* es comercialmente atractivo debido a que son agentes de control biológico de una amplia lista de hongos fitopatógenos. Con el desarrollo de la biotecnología se busca usar el género *streptomyces* para la producción plaguicidas que protejan los

cultivos y a la vez mejorarían su rendimiento, lo que disminuiría el consumo de insumos químicos, cabe recalcar que en la actualidad ya se producen agentes bioactivos derivados del género tales como: herbicidas, acaricidas, insecticidas, fungicidas, bactericidas.

La contaminación ambiental.

Palacios & Moreno, 2022 mencionan que la contaminación ambiental es un problema crítico y graves a nivel mundial, es necesario tomar conciencia y buscar alternativas para su rápida solución. Se le conoce como contaminación ambiental a la presencia de cualquier agente físico, químico o biológico o una combinación de estos en diferentes lugares, formas y concentraciones que sean peligrosos para la salud ,seguridad y bienestar de una población (humana ,animal, vegetal)Se puede afirmar que la contaminación ambiental está relacionado directamente con la salud humana, causan múltiples enfermedades deterioran la calidad de vida ,dañan de manera general a una familia y al aparato productivo de un país y estos efectos sobre ella serán cada vez más notorios.

La contaminación ambiental está presente en las actividades diarias de cada personas ,las sustancias químicas se las puede encontrar en el aire, suelo, agua, son emitidas por actividades industriales, extracción y explotación ,cada grupo se asocia a unos contaminantes y residuos tóxicos específicos ,los metales se originan de la producción de cemento ,minería y combustión del carbón, las dioxinas y retardantes de flama se originan del reciclaje electrónico y productos mutagénicos de la industria textil. El manejo inadecuado de lixiviados termina contaminando el suelo y aguas superficiales y subterráneas. La agricultura también es causante de contaminación, pues la aplicación de plaguicidas y fertilizantes terminan contaminando el agua, suelo, aire.

El ser humano se expone a todas estas sustancias incluso al momento de ingerir alimentos, de acuerdo con el tiempo de exposición puede causar daños como problemas respiratorios y daños en el cerebro pulmones e hígado, los niños son vulnerables porque se encuentran en su etapa de desarrollo, en mujeres embarazadas puede producir alteraciones en el feto, se estima que el 70% de contaminantes en el suelo con cancerígenos, el ser humano es el ser más inteligente, pero es incapaz de cuidar de cuidar su casa, pues este ha venido destruyendo el planeta con la contaminación que produce, acabando así con la flora y fauna de este, según (Pérez, 2021).

El Ministerio de Salud Pública en 2018 destaca que, la contaminación ambiental es un problema que todos los países del mundo están enfrentando ya que toda actividad humana deja residuos o excedentes que no son tratados, los países pobres y en vías de desarrollo debido a que carecen de recursos para buscar soluciones a esta problemática son los más afectados , el crecimiento urbano y el manejo inadecuado del material

solido ha generado diversos impactos ambientales, una investigación realizada por CNN y publicada el 10 de Junio del 2016 nos informa que la contaminación puede costarle al mundo 2.6 billones de dólares al año hasta el 2060 es decir un 1% del PIB, esto por días de enfermedad ,gastos médicos y reducción de producción agrícola.

(Gil et al., 2021) menciona que, para tener una vida saludable y con bienestar en todas las edades es indispensable un ambiente saludable. CNN, 2016 expone información sobre enfermedades relacionadas con el medio ambiente ,procedentes de experimentación con animales, estudios toxicológicos, de laboratorios y epidemiológicos, Estos nos dan a conocer los riesgos de la contaminación en la salud humana ,existen ciertas sustancias ambientales por debajo de niveles considerados peligrosos, otros agentes como los alérgenos, contaminantes del aire, preparados químicos carcinógenos, radiaciones ionizantes suponen un riesgo a bajas concentraciones, en países industrializados el 20% de enfermedades están relacionadas a la contaminación ambiental.

Biotecnología

La definición que otorgan Ayala et al. (2022), dice que la Biotecnología es la integración de distintas ingenierías y ciencias biológicas para poder obtener organismos, células, componentes biológicos o análogos que satisfagan las demandas tecnológicas y de servicio que necesita el ser humano, enfocado a un desarrollo sutemtable y sostenible con el medio ambiente. El crecimiento de la población hace que las demandas de recursos y bienes aumente, por lo que la Biotecnología Ambiental cumple un papel fundamental pues crea estrategias de producción que sean sostenibles, genera una mínima cantidad de residuos tóxicos y es amigable con el medio ambiente, también reduce, trata y monitorea la generación de los contaminantes a través de procesos de remediación. Esta disciplina ha evolucionado considerablemente, dividiéndose en diferentes áreas de implementación. A día de hoy la aplicabilidad que tiene la biotecnología es crucial, ya que permite alcanzar ciertos objetivos en torno al desarrollo económico, social y ambiental. Pues, este genera diversos productos de bajo costo, tiempo y contaminantes contribuyendo a la sostenibilidad.

Aplicabilidad de la biotecnología en torno a la resistencia antimicrobiana

Actualmente se están implementando nuevas alterativas biotecnológicas para hacer frente a la problemática de resistencia antimicrobiana, una de ellas es la búsqueda de metabolitos con actividad antimicrobiana o antifúngica. *Streptomyces* tiene rasgos únicos que llama la atención de ciento de investigadores que buscan soluciones que sean amigables con el medio ambiente, pues como lo menciona Ampuero et al. (2020), desde el hallazgo de la estreptomicina se han ido reportando más antibióticos y sustancias bioactivas de los cultivos de especies del género.

Aproximadamente el 60% de todos los antibióticos conocidos contra las bacterias

grampositivas y gramnegativas han sido aislados del actino bacterias y el 80% del género anteriormente mencionado (Croce et al., 2022).

Por otra parte López (2018), menciona que el género *Streptomyces* produce una amplia variedad de metabolitos secundarios mismos que son usados para la elaboración de antibacterianos, fungicidas, antivirales entre otros. Además, son parte de las relaciones simbióticas de una amplia variedad de plantas e insectos, tienen el control para determinar la salud de un suelo.