

DIAGNOSTICO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL USO DE BACTERIAS “SHERPA”



DIEGO FERNANDO NUÑEZ CRISTANCHO

INGENIERÍA AMBIENTAL

Facultad de ingenierías y arquitectura, Universidad de Pamplona

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Junio 3, 2022

DIAGNOSTICO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL USO DE BACTERIAS “SHERPA”



Monografía de Grado
Universidad de Pamplona

Presentado por:
DIEGO FERNANDO NUÑEZ CRISTANCHO

Dirigido por:
JORGE LUIS ORTIZ CARRILLO

Junio 3, 2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerles a mis padres por todo el apoyo incondicional que me han brindado, mis hermanos, familiares, amigos y compañeros por estar conmigo siempre motivándome y haciendo parte de este proceso.

Agradezco a la universidad de pamplona por permitirme hacer parte de la institución y acompañarme en el camino a realizar este sueño, un agradecimiento a todo el cuerpo de docentes por el aporte significativo al brindarme su conocimiento y en especial a mi director de grado, Jorge Luis Ortiz Carillo, por su apoyo y guía en la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

1.	PRÓLOGO	6
2.	INTRODUCCIÓN	7
3.	GENERALIDADES DEL AGUA	8
3.1	¿Qué es el agua?	8
3.2	AGUAS RESIDUALES	9
3.3	AGENTES CONTAMINANTES PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES.....	10
4.	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	12
4.1	DEFINICIÓN	12
4.2	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	12
	4.2.1 Tratamiento fisicoquímico.....	13
	4.2.2 Tratamiento secundario:	13
	4.2.3 Tratamiento terciario.	13
4.3	TIPOS DE TRATAMIENTOS UTILIZADOS A NIVEL NACIONAL EN COLOMBIA.....	14
	4.3.1 Plantas de tratamiento:.....	14
	4.3.2 lagunas de oxidación o de estabilización.....	16
	4.3.3 Humedales:	16

4.3.4	Fosas sépticas:.....	16
5.	ENFOQUE AL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES	17
5.1	Digestión anaerobia	18
6.	BACTERIAS TIPO “SHERPA”	20
6.1	DESNITRIFICACIÓN.....	20
6.2	DESNITRIFICACIÓN DE BACTERIAS TIPO SHERPA	21
7.	MARCO NORMATIVO.....	22
8.	CONCLUSIONES	26
9.	REFERENCIAS	27

1. PRÓLOGO

La contaminación por parte de las aguas residuales es uno de los problemas ambientales más apremiantes que enfrentamos hoy en día. Las causas de este problema son muy variadas y difíciles de mitigar sin generar señales de alerta o invertir un gran capital. En la actualidad existen sistemas que utilizan microorganismos eficientes para el tratamiento de estas aguas de modo que se genere una auto sustentabilidad biológica, pero para generar una sostenibilidad por métodos biológicos con eficacia es necesario aplicar una estrategia de tecnología de biorremediación.

El objetivo de esta monografía es describir en detalle las características de la bacteria Sherpa y determinar su contribución efectiva y funcional al desarrollo de métodos de tratamiento de aguas residuales. Por ello, realizar una revisión bibliográfica adecuada para comparar los pros y los contras de las bacterias comentadas con las utilizadas habitualmente en la terapia tradicional, teniendo en cuenta parámetros importantes y los mejores factores.

2. INTRODUCCIÓN

Siendo el agua una parte esencial para nosotros, el crecimiento, desarrollo y sostenimiento de los seres vivos, existe la necesidad de proteger este recurso natural ya que es fundamental para nosotros. La comunidad científica se ha comprometido a cuidar este recurso y presenta seguido una serie de investigaciones con fin de mitigar la contaminación del agua, algunos representan mayor viabilidad que otros. (Salgado Bernal, Cruz Arias, Durán Domínguez, & Oviedo, 2010)

El presente trabajo abarca un tema de investigación sobre el tratamiento de aguas residuales utilizando bacterias tipo “sherpa”, el interés de este estudio viene dado con el fin de dar a conocer diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales que puedan llegar a generar un desarrollo sostenible en una planta de tratamiento de agua residual.

De acuerdo con lo anterior, se plantea como propósito fundamental hacer un diagnostico del tratamiento de agua residual utilizando bacterias tipo sherpa, reuniendo información bibliográfica del tema, y explicando la importancia del tratamiento de aguas residuales junto con los métodos de tratamiento y los sistemas más usados en Colombia, además se busca informar sobre los avances científicos que se han presentado con respecto al tratamiento biológico de aguas residuales. (Wolfe D.A., 1996)

3. GENERALIDADES DEL AGUA

Inicialmente, en este capítulo se profundizará acerca del concepto de agua contaminada y aguas residuales, además de abordar agentes contaminantes tanto físicos como químicos, esto con el fin de comprender con claridad el tema en cuestión del que tratará a lo largo de la temática.

Cabe destacar, que es importante establecer estas generalidades para brindarle al lector un marco general acerca del concepto y origen del problema que gira en torno a las aguas residuales, además para este capítulo fueron usados recursos secundarios como artículos, investigaciones y libros especializados en el tema para el desarrollo del mismo.

3.1 ¿Qué es el agua?

El agua es un compuesto químico, y es el más abundante en la biosfera, además es una de las sustancias que ocupan un papel muy importante en el medio natural, asimismo es necesario para el sustento de la vida en nuestro planeta. La abundancia e importancia del agua, favorece el desarrollo de muchos procesos químicos y biológicos, esto gracias en especial a sus propiedades fisicoquímicas. (Xavier Domenech, 2006).

La importancia del agua radica en que la gran mayoría de los cambios químicos que ocurren en la naturaleza, no solo en organismos vivos, sino también en la superficie terrestre y en los procesos tecnológicos e industriales, que trabajan con soluciones acuosas. (Doménech, 1997).

El hombre utiliza el agua en muchos aspectos de su vida diaria, algunas actividades se pueden describir a continuación:

- a) Para preparar bebidas y comida.
- b) En riegos de explotación agrícola y ganadera.

- c) En procesos industriales como la refrigeración entre otros.
- d) Durante la navegación y el comercio marítimo.
- e) Como uso deportivo o para recreación.
- F) Para limpieza de residuos o en vertidos.
- g) En producción de energía hidroeléctrica, termoeléctrica, etc. (Galvin, 2003).

Los efluentes producidos en procesos industriales, domésticos y agrícolas salen en forma de aguas residuales o lixiviados, estas aguas contaminadas deben ser tratadas antes de ser vertidos al medio para así reducir su impacto ambiental.

3.2 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales se entienden como la acción y efecto que produce la introducción de un contaminante por parte de los humanos, una forma de energía o una condición causada en el agua directa o indirectamente; esto genera unos cambios negativos en su calidad y en la relación con su posible uso, aprovechamiento o su función ecológica. Existen principalmente cuatro fuentes de aguas residuales y son:

- 1) Las aguas domesticas o urbanas.
- 2) Las aguas residuales industriales.
- 3) Las esorrentías debido a usos agrícolas
- 4) las aguas pluviales. (Ramalho, 1996)

Si no fueran tratadas las aguas residuales antes de que se descarguen en el medio ambiente receptor, se producirían efectos negativos en el ecosistema cercano y la salud humana, por ejemplo, la generación de olores, el agotamiento del oxígeno disuelto y la liberación de nutrientes, contaminantes tóxicos y patógenos. (Carlos M. Lopez Vasquez, 2017)

3.3 AGENTES CONTAMINANTES PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES

Los contaminantes que podemos encontrar en las aguas residuales se dividen en diferentes categorías, así como se puede observar en la Tabla 1. El aporte de cada contaminante puede diferir bastante y según el tipo de agua residual.

Tabla 1. Contaminantes presentes en Aguas Residuales. fuente: (Carlos M. Lopez Vasquez, 2017)

Contaminantes presentes en las Aguas Residuales		
Microorganismos	Son organismos, los cuales pueden ser patógenos como bacterias, virus y huevos de helminto.	Representa un peligro para actividades acuáticas, uso en baños y riesgo en consumo de mariscos.
Materia orgánica biodegradable	Esta disminuye el oxígeno disuelto en ríos, lagos y fiordos.	Puede provocar la muerte de peces, y genera mal olor.
Otros compuestos orgánicos	Puede ser detergentes, uso de plaguicidas, grasas y aceites de uso diario, colorantes, solventes, fenoles, cianuro, entre otros.	Produce efectos tóxicos, genera bio-acumulación en la cadena alimenticia.
Nutrientes	Como el nitrógeno, fósforo y amoníaco.	Genera eutrofización, y promueve el agotamiento del oxígeno disuelto, también puede generar efectos tóxicos.
Metales	Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni	Provoca efectos tóxicos, y promueve la bio-acumulación.

Otros compuestos inorgánicos	Bases y Ácidos como, por ejemplo, el sulfuro de hidrógeno.	Provocan corrosión y generan efectos tóxicos.
Efectos térmicos	Agua caliente	Produce cambios en las condiciones de vida de la fauna y flora.
Olor y gusto	Es provocado igualmente por la presencia de ácidos como el Sulfuro de hidrógeno	Genera inconvenientes estéticos y toxicidad.
Radioactividad		Riesgo de efectos tóxicos.

4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En este capítulo, será posible evidenciar ciertos análisis de investigaciones donde se describen métodos usados por las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) para mitigar la contaminación del agua en aguas residuales domésticas.

4.1 DEFINICIÓN

El tratamiento de aguas residuales es un proceso de tratamiento de agua que combina diferentes procesos físicos como el cribado, la sedimentación y la filtración; procesos químicos como la coagulación y oxidación; procesos térmicos como el secado y la incineración, también se presentan procesos biológicos como en los sistemas de biomasa suspendida o fija; estos procesos anteriormente nombrados tratan y remueven contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.

Las aguas residuales son generadas en diferentes instalaciones o lugares, estos pueden ser; residenciales, institucionales, industriales y comerciales. Estos vertimientos contaminados llegan a un sitio donde pueden ser tratados (como un tanque séptico u otro medio de depuración) o pueden ser recolectados y transportados mediante una red de tuberías y posiblemente bombas a una planta de tratamiento. Los esfuerzos de recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas son en su mayoría se rigen por regulaciones y estándares federales, estatales y locales. Las aguas residuales industriales a menudo requieren procesos de tratamiento más especializados. (Muñoz, 2002).

4.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En la actualidad, todos los métodos de tratamiento utilizados en la potabilización del agua implementan un modelo de economía circular hídrica. Puesto que al limpiarla pueden volver

a usarse, mediante la recuperación de nutrientes, energía, biomoléculas, metales, compuestos orgánicos e inorgánicos provenientes de estas aguas. Además, esto supone una ventaja para la valorización de aguas residuales porque, en este momento, solo se tiene en cuenta en servicios agrícolas. (Angie Tatiana Ortega Ramírez, 2021)

En la depuración de aguas residuales existen principalmente tres modelos básicos de tratamiento:

4.2.1 Tratamiento fisicoquímico. Es una serie de procesos que se basa en la aplicación de ciertas fases o etapas. La primera de estas etapas es el desbaste, consiste en la separación de sólidos de gran tamaño (superior a 1 cm). Otra etapa es la sedimentación, esta es la separación por gravedad de partículas más pequeñas, y por último la flotación, que consiste en recoger el material suspendido sobre el agua, es decir, aquel menos denso (por ejemplo, los aceites y espumas, entre otros.). En la etapa de clarificación se hace uso de diferentes medios o procesos de coagulación y floculación, logrando así la separación de partículas coloidales del agua, se pueden agregar algunos productos de más al agua para favorecer el proceso de sedimentación. En la etapa de la filtración el agua se enfrenta a ciertas capas de material absorbente el cual favorece la separación de partículas sólidas. Otra etapa consiste en la eliminación de componentes o elementos volátiles y es llamada aireación, esta favorece a la oxidación de metales pesados presentes en el agua, así son convertidos en partículas de óxidos sedimentables lo cual facilita su remoción. (Xavier Domenech, 2006).

4.2.2 Tratamiento secundario: Se trata de procesos biológicos que eliminan la materia biodegradable, este tratamiento puede realizarse de manera aerobia o anaerobia. Por lo general en este tipo de tratamiento, se suele alcanzar un DBO de 10-30 mg/L. (Organica, 2017).

4.2.3 Tratamiento terciario. Este tratamiento es utilizado principalmente para eliminar componentes y/o contaminantes que por alguna razón no fueron del todo depurados por los tratamientos anteriores. La aplicación de las fases de este tratamiento depende sobre todo del uso final que se desea dar al agua a tratar. Si se desea verter esta agua residual en una fuente hídrica natural, solo basta con el tratamiento fisicoquímico y biológico. El tratamiento se enfoca en

tratamientos más profundos, como: la separación de compuestos orgánicos utilizando carbón activado, la aplicación de métodos de oxidación, la eliminación biológica y química de nitratos, nutrientes y fosfatos, también la eliminación de sales disueltas utilizando metodologías avanzadas como la ultrafiltración y la microfiltración. (Xavier Domenech, 2006).

4.3 TIPOS DE TRATAMIENTOS UTILIZADOS A NIVEL NACIONAL EN COLOMBIA

Para añadir a la investigación, se desea nombrar los tipos de tratamientos primarios y secundarios más utilizados en Colombia, con la finalidad de describir e informar al lector sobre el funcionamiento de diferentes sistemas de tratamiento de agua residual y sus características según su tipo.

4.3.1 Plantas de tratamiento:

Es una obra civil que lleva a cabo cierta cantidad de procedimientos físicos y químicos, los cuales tienen como objetivo dar un tratamiento superficial o profundo de efluentes antes de que estas sean trasladadas a cuerpos de agua naturales; dependiendo el campo técnico o tecnología utilizada pueden ser caracterizadas estas plantas como convencionales o avanzadas. (Olarte Santamaria Daniela, 2022). Algunos sistemas que pueden componer una planta de tratamiento son:

4.3.1.1 Sistema anaerobio

Es un sistema simple y fácil de usar, se puede aplicar a pequeña escala, media y a un gran volumen de residuos domésticos, comerciales, institucionales e industriales. Este sistema produce muy pocos lodos, además su consumo energético para su funcionalidad es casi nulo, es una instalación compacta que demanda poco espacio. También puede generar una fuente de energía alternativa (CH₄) y permite la aplicación de elevadas cargas orgánicas. Cabe resaltar que

la calidad del efluente será inferior a la obtenida en procesos aeróbicos, por eso se requiere de un postratamiento. (DUARTE MILTON, 2018).

Este sistema de tratamiento también es utilizado en plantas de tratamiento convencionales durante la estabilización de lodos primarios y secundarios. La principal aplicación de este tipo de tecnología es en industrias que generan vertimientos con una alta carga contaminante, recomendado como tipo de tratamiento para industrias cerveceras, lácteas, procesamiento de frutos, mataderos, refinerías de azúcar, industrias químicas, textiles, farmacéuticas y petroquímica. (Lizarazo Jenny, 2013)

4.3.1.2 Sistema aeróbico

El tratamiento consiste en proporcionar un entorno rico en oxígeno, de esta manera los organismos pueden descomponer una porción orgánica de los desechos y transformar esta misma en dióxido de carbono y agua. Esto no es del todo posible a pequeña escala. Este sistema es muy similar a los sistemas de sépticos o anaeróbicos ya que ambos utilizan procesos naturales para tratar las aguas residuales. Este proceso utiliza diferentes mecanismos que pueden agregar una circulación de aire dentro del tanque donde se realiza el tratamiento. A diferencia del sistema anaerobio, el efluente dado después del tratamiento aerobio puede ser descargado directamente ala fuente o en algunos casos dirigido a tanques sépticos. (NSCEP, 2000)

4.3.1.3 Floculación iónica

No requiere ningún aporte químico u orgánico, el tiempo para concluir el proceso de purificación se lleva a cabo muy rápidamente (4 horas). Este tratamiento es eficaz contra los residuos orgánicos e inorgánicos. Otras ventajas de este tipo de tratamiento es que puede funcionar a cualquier grado de saturación, temperatura, acidez o alcalinidad. Usa energía eléctrica de baja tensión. Y supone unos costos de instalación, operación y mantenimiento muy bajos. Las plantas de tratamiento de aguas residuales estándar pueden ser pequeñas y portátiles. (DUARTE MILTON, 2018)

4.3.2 lagunas de oxidación o de estabilización

Estas consisten en un pozo profundo que puede ser de 1 o 2 metros, son utilizadas normalmente para el tratamiento biológico de aguas en municipios pequeños o industrias. Las condiciones del estanque pueden ser aerobias a facultativas y en algunos casos anaerobias, esto dependiendo de la fuente de aireación y la profundidad del pozo. La gran mayoría de estanques de estabilización son facultativos, puesto que los sólidos sedimentados se encuentran en descomposición aeróbica en el fondo; los residuos orgánicos son transformados en dióxido de carbono y agua que sirven para las bacterias aerobia de la parte superior. Las algas fotosintéticas usan el dióxido de carbono y producen oxígeno para las bacterias. En este sistema se presentan índices altos de DBO y solidos suspendidos, esto se debe a las algas que permanecen en los estanques. (Heinke & Glynn, 1999).

4.3.3 Humedales:

Los humedales son una extensión de los pantanos, ciénagas o superficies cubiertas de agua, pueden ser naturales o artificiales, permanentes o temporales, dulce, salubre o salada, incluidas las masas de agua marina. Estos sistemas naturales de tratamiento (SN) han surgido como una alternativa de bajo costo, puesto que es fácil de usar y algo eficientes, en comparación con los sistemas de tratamiento convencionales de aguas residuales. Los sistemas de tratamientos en humedales se basan en la depuración de aguas gracias a la utilización de plantas que crecen en suelos saturados de agua o también llamadas macrófitas acuáticas. Los humedales es posible encontrarlos de flujo superficial los cuales se pueden identificar por la profundidad del agua presente con respecto a la vegetación; y subsuperficial, por lo general son artificiales, construidos y diseñados para que el agua fluya sin una presencia en la superficie de flujo libre, solo radicular. (States, 2000)

4.3.4 Fosas sépticas:

Estas son utilizadas para tratar aguas residuales en residencias familiares que pertenecen a comunidades que no cuentan con saneamiento o que no les es posible conectarse a una red de alcantarillado pues les resulta demasiado caro debido a su lejanía. Se permite el uso de fosas

sépticas en áreas rurales y semiurbanas. El fin de estas fosas sépticas es crear una condición de estabilidad hidráulica, permitiendo así la caída o sedimentación de partículas pesadas con ayuda de la gravedad, estos solidos pueden formar una capa de lodo en la parte profunda del tanque séptico. La grasa, aceites y otros materiales livianos tienden a acumularse en la superficie formando una capa de espuma flotante en la parte superior. La materia orgánica que contienen las capas de lodos y espumas se descompone gracias a las bacterias anaerobias otra gran parte se convierte en agua y gases como, por ejemplo, el dióxido de carbono y metano entre otros. Debido a que estas fosas se encuentran selladas, el liquido contenido en ellas presenta cambios bioquímicos que son acelerados gracias a la temperatura generada durante el proceso de digestión y a los gases que perturban la corriente del liquido cuando suben a la superficie. El efluente generado por las fosas sépticas no debe ser descargado en fuentes naturales, pues este probablemente contiene una carga considerable de agentes patógenos, tampoco debe ser usado para riego de cultivos. (Lizarazo Jenny, 2013)

5. ENFOQUE AL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES

Como describíamos anteriormente, el enfoque del tratamiento biológico de aguas residuales recae sobre los organismos vivos, más específicamente los microorganismos, tales como bacterias, hongos y algunos macrófitos, estos tienen la capacidad de eliminar algunos contaminantes orgánicos presentes en las aguas, la razón por la que hacen eso es debido a su fuente de energía, usan el carbono para su propio crecimiento. (Archila, 2012), es decir, este proceso puede depender netamente de la función natural de las bacterias para concluir ciclos elementales. (Carlos M. Lopez Vasquez, 2017)

El objetivo del tratamiento biológico de las aguas residuales es descomponer o absorber materiales disueltos, coloides, sedimentos, bioalgas o biopelículas además de compuestos que contiene materia orgánica e inorgánica, algunas de estas pueden ser mediana o altamente toxicas;

también puede eliminar nutrientes y hasta macronutrientes como sería el nitrógeno y el fósforo. (Carlos M. Lopez Vasquez, 2017).

Como una de las principales alternativas de depuración biológica en aguas residuales se encuentran los tratamientos anaerobios. La falta de aireación provoca una generación de biogás que a su vez puede ser aprovechado en una misma instalación con fines energéticos, esto hace que la digestión anaeróbica sea muy beneficiosa en muchos casos, ya que permite que las plantas de tratamiento sean autónomas o autosuficientes. (Ferrer. Y, 2010)

5.1 Digestión anaerobia

Se puede describir como uno de los procesos de tratamiento de aguas residuales utilizado. En este capítulo se da a entender a los lectores mediante un estudio bibliográfico sobre el tema y su implicación en este tipo de procesos, así dar a conocer cómo ha evolucionado a lo largo de los años y su adaptación para llevar a cabo este procedimiento en el tratamiento de aguas residuales.

Varios autores y estudios definen la digestión anaerobia (DA) como “un proceso complejo de descomposición microbiana y biológica que ocurre en condiciones hipóxicas e involucra un conjunto complejo de reacciones, que requieren cierto control para garantizar su correcto funcionamiento”. (L., 2012). La mayor parte de su utilidad se debe a la reducción de materia orgánica en las aguas residuales debido a la menor generación de lodos. (Karen Mass. T., 2013)

Otros autores también han complementado que “la digestión anaerobia se puede lograr a través de una serie de pasos que son conocidos como procesos microbiológicos en los que la materia orgánica compleja se convierte en compuestos simples sin la interferencia de un aceptor de electrones externo, tal como el oxígeno o los nitratos”, (Almeida. A, 2011) y esto es menos energía eficiente que en el sistema aeróbico, ya que la mayor parte de toda la energía liberada en la fase del catabolismo anaeróbico proviene de materia en descomposición, la cual está presente

en productos orgánicos finales, como puede ser el metano, produciendo mucha menos biomasa que la que se producirá en los procesos aeróbicos, en caso de desear aumentar su eficiencia es sumamente necesario propiciar ambientes que conlleven a la ruptura celular como la hidrólisis de las moléculas más grandes y otros compuestos. (Karen Mass. T., 2013).

La evolución en la tecnología anaerobia ofrece grandes ventajas con respecto a la aerobia en el tratamiento de aguas residuales. Últimamente se ha avanzado mucho en el conocimiento del proceso anaeróbico en el tratamiento de efluentes, pero su implementación no ha sido tan rápida como esperaban los investigadores. “Las posibles razones de este retraso pueden ser debido al bajo costo de los precios de la energía, en algunas experiencias negativas, en la necesidad de un postratamiento y en grandes inversiones en sistemas aeróbicos”. (Moreda, 2008)

La tecnología de digestión anaerobia se está volviendo cada vez más especializada. Actualmente cubre diferentes áreas de aplicación con diferentes objetivos. La Ilustración 1 expresa brevemente el desarrollo y estado actual de cada uno de los campos de aplicación descritos.

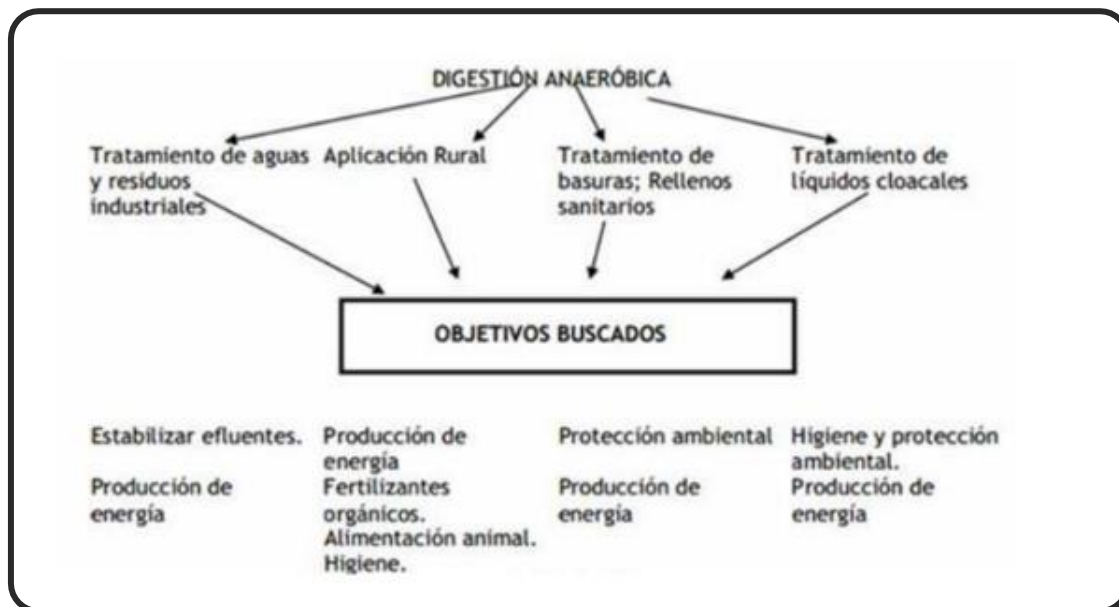


ILUSTRACIÓN 1: Representación del campo de aplicación de la digestión anaerobia.
Fuente: (Hibert, 2012)

6. BACTERIAS TIPO “SHERPA”

Las bacterias sherpa o bacterias tipo “sherpa” son aquellos microorganismos que pueden sobrevivir a concentraciones de oxígeno muy bajas; reciben el nombre “sherpa” debido a una comparación realizada en la investigación de la PhD. Orts donde describe su característica similitud con habitantes de algunos pueblos en las alturas del Himalaya, puesto que allí la concentración de oxígeno en el aire es baja. (Orts, 2014).

Estas bacterias son altamente capaces de absorber el escaso oxígeno disponible utilizando sus propias moléculas que son similares a la hemoglobina que podemos encontrar en la sangre de los humanos y otros animales. Esta molécula, al igual que en nuestro cuerpo, recoge oxígeno y lo transporta a las zonas de la célula donde lo necesitamos. (Orts, 2014)

6.1 DESNITRIFICACIÓN

Las aguas residuales poseen una cantidad de nutrientes fuera de lo común, por tanto, es necesario realizar un proceso o fase que consiste en bajar esos niveles tan altos de nutrientes (nitrógeno y fósforo) de otra forma esto generara un problema en nuestra fuente de agua generando toxicidad a peces y/o fomentando el crecimiento de plantas acuáticas y algas. “Cuando se recibe una gran descarga a un río, lago o mar los nutrientes que son agregados con la carga de agua residual pueden causar pérdidas entrópicas severas perdiendo muchos peces sensibles a la limpieza del agua.” (Archila, 2012)

La desnitrificación biológica consiste en la remoción del nitrógeno mediante la oxidación del nitrógeno del amoníaco al nitrato, este proceso requiere casi de condiciones perfectamente controladas o manejadas para permitir un crecimiento correcto de comunidades biológicas encargadas del proceso. (Archila, 2012)

6.2 DESNITRIFICACIÓN DE BACTERIAS TIPO SHERPA

La propuesta de usar bacterias tipo “sherpa” en el proceso de depuración de aguas residuales fue dada por la doctora M. Arnaldos, quien planteo en una de sus investigaciones “Ocurriencia y enriquecimiento de sherpas bacterianos: ascenso a la sustentabilidad en el tratamiento de aguas residuales”, como era posible el uso de bacterias que realizaban procesos anaerobios en el tratamiento biológico de aguas residuales realizando procesos de eliminación de nitrógeno en condiciones de oxígeno disuelto bajo; es decir, encontró bacterias que codifican serie de proteínas en condiciones críticas o bajas de oxígeno disuelto. (Arnaldos, 2015)

Pese a la propuesta dada y su investigación en camino, hasta el momento no se ha comprobado la funcionalidad de las bacterias o eso da a entender la PhD M. Arnaldos en su documento donde dice: “debido a la respuesta inicial de la etapa de tratamiento aeróbico: a saber, el cambio de morfología de las bacterias a formas filamentosas para superar las limitaciones de transferencia de masa de oxígeno que causan la inhibición de la nitrificación y la formación de espuma.” Pero del mismo modo afirma que, aunque no ha obtenido grandes resultados: “Hay evidencia, sin embargo, de la posible expresión de proteínas Hb por bacterias de lodos activados (AS).” La manera en que está llevando a cabo su investigación es aislando bacterias presentes en sistemas de tratamientos en lodos activados y operando con oxígeno disuelto bajo, evitando la acumulación de lodos y desnitrificación completa. (Arnaldos, 2015)

Se ha demostrado entonces que “es posible que una planta de tratamiento opere de manera biológica con niveles de oxígeno disuelto bajo sin acumulación de lodos y sin nitrificación incompleta, lo cual permite suficiente tiempo para la aclimatación bacteriana” (Arnaldos, 2015)

7. MARCO NORMATIVO

De acuerdo a la normatividad existente sobre legislación ambiental, en la Tabla 2, se presenta la normativa legal ambiental a tener en cuenta relacionada con el estudio de manera detallada:

Tabla 2 Normativa legal. Fuente (autor, 2022 con base en (DUARTE MILTON, 2018))

NORMA	CONTENIDO
<i>“Constitución Política Nacional”</i>	“Los artículos 78, 79 y 80 establecen que el Estado protege, entre otras cosas diversidad ambiental y seguridad; También promover la educación ambiental, la prevención y el control, Factores de degradación ambiental, así como sanciones legales y reclamaciones de compensación causado en el medio ambiente.” (Colombia, 1991)
<i>“Decreto - Ley 2811 1974, Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”</i>	“Esta ley prevé medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua, Para asegurar la calidad del agua para uso futuro.” (Decreto 2. , 1974)
<i>“Ley 9 de 1979, Código Sanitario Nacional”</i>	“Establece los procedimientos y las medidas para llevar a cabo la regulación y control de los vertimientos” (Ley 9. , 1979)
<i>“Decreto 1594 de 1984, Norma reglamentaria del Código Nacional de los Recursos Naturales y de la ley 9 de 1979”</i>	“Estudia aspectos relacionados con el uso de agua y efluentes. Para aguas residuales, fija límites para el vertido de sustancias beneficiosas para la salud y el medio ambiente, y permisos para emisiones, tasas de empuje, métodos analíticos de laboratorio y estudios de impacto ambiental.” (Decreto 1. , 1984)
<i>“Ley 99 de 1993”</i>	“En la cual se reordena el sector público, el cual es responsable de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Además, otorga a las agencias ambientales regionales la autoridad de realizar las funciones de evaluación ambiental, control y seguimiento del uso del agua, suelo y aire y otros recursos naturales renovables, que incluirán vertidos, emisiones o una combinación líquido, sólido o

	gaseoso, o residuo de cualquier tipo en agua, aire o suelos.” (Ley 9. , 1993)
<i>“Ley 142 de 1994, ley de servicios públicos domiciliarios – LSPD, régimen de los servicios públicos domiciliarios”</i>	“Establece que los municipios garanticen la prestación efectiva del servicio a domiciliario de aguas residuales, incluido el tratamiento final y la disposición final de las aguas residuales. Además, define que los proveedores de servicios públicos en áreas residenciales deben proteger el medio ambiente cuando sus actividades lo afectan (el cumplimiento de una función ecológica).” (Ley 1. , Por la cual se establece el regimen de los servicios publicos domiciliarios , 1994)
<i>“Decreto 1600 de 1994”</i>	“Reglamenta el sistema nacional ambiental - SINA, en términos del sistema nacional de investigación ambiental y la información ambiental, determinar que el IDEAM gestionará información ambiental nacional y la normalización de procedimientos de información ambiental.” (Decreto 1. , 1994)
<i>“Ley 373 de 1997, la cual reglamenta el uso eficiente y ahorro del agua”</i>	“Contribuir a la reducción de aguas residuales y fomentar el desarrollo de la reutilización de aguas residuales. Como alternativa de bajo costo debe ser apreciado.” (Ley 3. , 1997)
<i>“Resolución 372 de 1998, por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos.”</i>	“Esta establece los valores de DBO5 y SST, que aumentarán anualmente según el IPC.” (Resolucion 3. , 1998)
<i>“Resolución 1096 de 2000 - reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS.”</i>	“Documentos técnicos que definen los estándares básicos y requisitos mínimos para los proyectos de agua potable y saneamiento básico. En este caso, RAS en el título E “Tratamiento de aguas residuos”, teniendo en cuenta los procesos involucrados en la concepción, diseño y construcción, supervisión técnica, operación y mantenimiento.” (Resolucion 1. , 2000)
<i>“Ley 715 de 2001”</i>	“Establece un esquema de participaciones constituido por recursos transferidos por el estado a las entidades territoriales. En la categoría de utilidades compartidas, los recursos se asignan al agua potable y saneamiento básico que la ciudad se encarga de promover, cuidar o cofinanciar proyectos de saneamiento de fuentes de agua afectadas por vertimientos.” (Ley 7. , 2001)

“Resolución 081 de 2001”	“En el cual se adopta el formulario para información sobre tasas de recaudación de salarios y el estado de los recursos naturales.” (Resolucion 0. , 2001)
“CONPES 3177 de 2002”	“Define lineamientos y acciones prioritarias para el desarrollo de un plan nacional de manejo de agua Residual (PMAR), que promueve la mejora de la calidad del agua en la nación. Este documento identifica cinco acciones prioritarias que se enmarcan en el imperativo de priorizar la gestión, desarrollar una estrategia de gestión regional y revisar y actualizar claramente la normatividad del sector, articular fuentes de financiamiento y fortalecimiento de la estrategia institucional para implementar el plan Administración Nacional de Aguas Residuales.” (Conpes, 2002)
“Decreto 1729 de 2002”	“En el cual, se reglamenta el manejo de las cuencas hidrográficas bajo la supervisión de las autoridades competentes, como herramienta de planificación para el uso y manejo sostenible de los recursos naturales, buscando un adecuado equilibrio entre el uso económico y social de los recursos naturales renovables y la estructura biótica de las cuencas hidrográficas, especialmente los recursos hídricos.” (Decreto 1. , 2002)
“Decreto 3100 de 2003”	“Reglamenta los artículos 42 y 43 de la Ley 99 de 1993 relativas a la aplicación de niveles salariales por vertimientos con frecuencia en un cuerpo de agua. La tarifa de pago incluye una tarifa de aprovechamiento directo o indirecto de fuentes de agua como receptor de vertimientos puntuales y por sus nefastas consecuencias para el medio ambiente. Decreto establece el plan de Saneamiento y Manejo de vertimientos.” (Decreto 3. , 2003)
“Ley 142 de 1994”	“Aplicable a instalaciones domésticas de suministro de agua, saneamiento, aseo, energía eléctrica, distribución de gas, telefonía fija pública básica y telefonía móvil local en campo. La intervención del Estado en los servicios públicos tendrá, entre otros, los siguientes fines: a) asegurar la calidad de los bienes sujetos al servicio público y la

	disposición final de los mismos para mejorar las necesidades básicas insatisfechas de agua potable y saneamiento básico; con) suministro continuo e ininterrumpido, sin excepción; D) distribución efectiva.” (Ley 1. , Por la cual se establece el regimen de los servicios publicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones., 1994)
“Resolución 1433 de 2004”	“Por la cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003, sobre los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV. Se establece la definición de los PSMV, los actores involucrados, información que se debe presentar y se dictan las medidas preventivas y sancionatorias.” (Resolucion 1. , 2004)
“Resolución 2145 de 2005”	“Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.” (Resolucion 2. , 2005)
“Decreto 3930 de 2010”	“Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo11 del Título VI-Parte 11 –Libro 11 del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.” (Decreto 3. , 2010)
“Decreto 4728 de 2010”	“Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010, por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.” (Decreto 4. , 2010)
“Resolución 1207 de 2014”	“Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.” (Resolucion 1. , 2014)
“Resolución 0631 de 2015”	“Por medio del cual se establecen los parámetros y los límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.” (Resolucion 0. , 2015)
“Decreto 1076 de 2015”	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible” (Decreto 1. , 2015)

8. CONCLUSIONES

Aunque se demuestre que el uso de las bacterias tipo sherpa en el tratamiento de agua residual es viable teniendo en cuenta que estas tienen un alto grado de supervivencia en condiciones de gran cantidad de materia orgánica pero poco oxígeno disuelto y presencia de sustancias tóxicas, estas bacterias no son capaces de manipular grandes volúmenes de agua sin estar en un ambiente especial o manipulado.

Para agregar, si tenemos en cuenta que el uso de bacterias tipo sherpa representa el tratamiento de aguas residuales por medio de un sistema biológico, lo cual puede suponer que la viabilidad de su uso va por buen camino puesto que da posibilidad de ahorrar en el consumo de energía por parte de la planta de tratamiento, ayuda generar una producción de biogás aprovechable, representa un bajo consumo de nutrientes en el agua y una mayor remoción de carga orgánica. No obstante, este proceso es además de lento, molesto y poco práctico para comunidades grandes, pues genera malos olores en caso de no existir captación de gases, además el agua necesitaría de un postratamiento físico-químico, los controles diarios son muy necesarios para evitar alteraciones y se requiere de análisis de agua periódicamente, por tales motivos este tipo de tratamiento sostenible no es del todo viable.

Se puede concluir que hasta el momento el sistema de tratamiento de aguas residuales más recomendado es la convencional planta de tratamiento donde combina tratamientos físico-químicos, biológicos y microbiológicos garantizando la depuración completa o casi completa de contaminantes al agua, aunque su costo de construcción y operación es elevado, garantiza la casi completa limpieza de aguas residuales que puede verter una ciudad a una fuente hídrica natural.

9. REFERENCIAS

- Almeida, A, N. -R. (2011). *Expresión genética en la digestión anaerobia: un paso adelante en la comprensión de las interacciones tróficas de esta biotecnología*. Universidad autónoma Coahuila.
- Angie Tatiana Ortega Ramírez, N. S. (2021). *TRATAMIENTO AVANZADO PARA LA POTABILIZACION DE AGUAS RESIDUALES*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 14.
- Archila, L. F. (2012). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. CIMAD.
- Arnaldos, M. (2015). *Ocurrencia y enriquecimiento de sherpas bacterianos: ascenso a la sustentabilidad en el tratamiento de aguas residuales*. NIH National Library of Medicine.
- Carlos M. López Vásquez, G. B. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. En *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño* (pág. 592). publishing.
- Colombia, C. P. (1991). Bogotá: Presidencia de la República de Colombia.
- Conpes, 3. (2002). Consejo nacional de política económica y social. Bogotá: Conpes.
- Decreto, 1. (1984). *Norma reglamentaria del código Nacional de los Recursos Naturales*. Bogotá: Ministerio de agricultura.
- Decreto, 1. (1994). *Por el cual se reglamenta parcialmente el sistema nacional ambiental (SINA) en relación a los sistemas de investigación ambiental e información ambiental*. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.
- Decreto, 1. (2002). *Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.

Decreto, 1. (2015). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.

Decreto, 2. (1974). *Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Bogotá: Ministerio del medio ambiente.

Decreto, 3. (2003). *Establece el plan de saneamiento y manejo de vertimientos*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

Decreto, 3. (2010). *Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9 de 1979*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.

Decreto, 4. (2010). *Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

Doménech, X. (1997). *QUIMICA AMBIENTAL El impacto ambiental de los residuos*. Madrid: Miraguano.

DUARTE MILTON, C. G. (2018). *DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS MAS UTILIZADAS EN COLOMBIA Y ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS VERTIMIENTOS DIRECTOS DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS PRODUCIDOS POR LA RED DEL ALCANTARILLADO URBANO DEL MUNICIPIO*. ARBELAEZ: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Ferrer, Y, P. H. (2010). Los microorganismos en la digestión anaerobia y la producción de biogás. Consideraciones en la elección del inóculo para el mejoramiento de la calidad y rendimiento. redalyc.org.

Galvin, R. M. (2003). *FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGIA DE LOS MEDIOS ACUATICOS tratamiento y control de aguas*. Madrid.

Heinke, J., & Glynn, H. y. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México: Trillas.

Hibert, J. (2012). *La digestión Anaeróbica. La aplicación del biogás en el área rural*. Universo Porcino.

Karen Mass. T., Y. M. (2013). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A PARTIR DE DIGESTION ANAEROBIA. *Universidad de San Buenaventura Cartagena*.

L., D. (2012). *¿Qué es la digestión anaerobia?* recuperado.

Ley, 1. (1994). *Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.

Ley, 1. (1994). *Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.

Ley, 3. (1997). *Por el cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*. Bogotá: Congreso de la Republica de Colombia.

Ley, 7. (2001). *Por el cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos, 151, 288, 356 y 357*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.

Ley, 9. (1979). *Por la cual se dictan medidas sanitarias*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.

Ley, 9. (1993). *Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente*. Se reordena el sector.

Lizarazo Jenny, O. G. (2013). *Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en colombia*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Ministerio de Ambiente, V. y. (2004). Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales en Colombia. *minvivienda.gov*.

Moreda, I. (2008). *Tecnología anaerobia para el tratamiento de residuos*. Virtual pro.

Muñoz, A. M. (2002). Tratamiento de aguas residuales. *Urbipedia*.

NSCEP. (2000). *Folleto informativo de sistemas descentralizados. Tratamiento aeróbico*.

National service center for environmental publications. EPA United States environmental protection agency.

Olarte Santamaria Daniela, P. C. (2022). “Evaluación del tratamiento sostenible de aguas residuales mediante cultivos de bacterias tipo sherpa”. UIS. *Repositorio Institucional RI-UTS*.

Organica. (2017). *Primary, secondary and tertiary wastewater treatment: How do they work?*

Orts, M. A. (2014). LA INNOVACIÓN SOSTENIBLE LLEGA AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN FORMA DE BACTERIAS 'SHERPA'. *ACCIONA Agua*.

Ramalho, R. S. (1996). Tratamiento de aguas residuales. En R. S. Ramalho, *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: REVERTE.

Resolución, 0. (2001). *Por la cual se adopta un formulario de información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.

Resolución, 0. (2015). *Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Resolución, 1. (2000). *RAS*. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico.

Resolución, 1. (2004). *Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003 sobre planes de saneamiento y manejo de vertimientos*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

Resolución, 1. (2014). *Por el cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Resolución, 2. (2005). *Por la cual se modifica la Resolución 1433 de 2004 sobre PSMV*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

Resolución, 3. (1998). *por el cual se establecen elementos que deben contener los planes de gestión de devolución de productos posconsumo de baterías usadas plomo aciso*. Bogotá: Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

Salgado Bernal, I., Cruz Arias, M., Durán Domínguez, M. d., & Oviedo, R. (2010). Bacterias como herramientas potenciales en el mejoramiento de humedales artificiales para él. *Revista CENIC*, 1-10.

States, E. U. (2000). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Humedales de flujo subsuperficial. *EPA 832-F-00-023*.

Vidal G., C. A. (2000). *Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic. Bioresource technol.*

Wolfe D.A., K. M. (1996). Toxicity of intertidal and subtidal sediments contaminated by the Exxon Valdez spill. *Proceedings Symposium Exxon Valdez Oil Spill*.

Xavier Domenech, P. J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona: Reverte.