**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

****Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**El papel de los microorganismos en el cambio climatico en los Andes Peruanos.(Sierra)**

Por:

Autor 1 Eduardo Edu Delgado Soncco, 73059638

Autor 2 Darwin Jhoel Chucuya Condori, 77049117

Autor 3 Richard Nivardo Hidalgo Calapuja, 75944414

Asesor:

Yudit Marina Clavitea Catacora

1. **Resumen.**

El presente trabajo analiza el papel fundamental de los microorganismos en el contexto del cambio climático en los Andes peruanos. Se revisa cómo estos organismos influyen en los ciclos biogeoquímicos clave, como el del carbono y el nitrógeno, y cómo las alteraciones climáticas afectan su diversidad y funcionalidad. Se examinan casos específicos como las turberas altoandinas y el retroceso glaciar, así como la aplicación de biofertilizantes en la agricultura andina. El estudio destaca el doble rol de los microorganismos como reguladores del clima y como bioindicadores de los cambios ambientales, proponiendo su integración en estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático.

**Palabras clave:** Microorganismos, cambio climático, Andes peruanos, ciclos biogeoquímicos, restauración ambiental.

1. **Introduccion.**

En esta Introduccion les daremos un breve concepto sobre que es el cambio climático y que son los microorganismos.

el Cambio Climático (IPCC), [el término como tal] denota un

cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis

estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y en la variabilidad de sus

propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente

cifrado en decenios o en períodos más largos(candidata doctora por & Díaz Cordero, 2012a)por otra parte el “cambio climático” como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables(candidata doctora por & Díaz Cordero, 2012b) asi mismo Los microorganismos (bacterias, levaduras y hongos principalmente) crecen en el suelo, so bre nuestra piel, en nuestro intestino, en el mar y hasta en los volcanes submarinos y en los gla ciares. Los microbios (y en particular las bacte rias) están en prácticamente todos lados y son necesarios sobre todo para la descomposición de la materia orgánica en la tierra(*Microorganismos1*, n.d.) Tambien dicen los microorganismos son los seres más numerosos que existen en la tierra; son organismos ancestrales que han colonizado exitosamente cada nicho ecológico posible. Los microorganismos se encuentran prácticamente en todas las regiones del planeta, desde los polos, en ambientes bajo el punto de congelación y muy secos, hasta los trópicos con temperaturas altas y con elevada precipitación pluvial.(Olalde Portugal et al., n.d.)

El cambio climático representa uno de los mayores desafíos ambientales a nivel global, afectando de manera significativa los ecosistemas naturales y sus componentes biológicos. En los Andes peruanos, región caracterizada por su biodiversidad y fragilidad ecológica, los microorganismos desempeñan un rol esencial en el mantenimiento del equilibrio ecológico a través de su participación en procesos clave como la descomposición de materia orgánica, la fijación de nitrógeno y la regulación de gases de efecto invernadero.

A pesar de su importancia, la influencia de los microorganismos en la dinámica climática y su vulnerabilidad frente a los cambios ambientales han sido históricamente subestimadas. Sin embargo, estudios recientes han evidenciado que estos organismos no solo responden a las variaciones climáticas, sino que también pueden amplificar o mitigar sus efectos. Este trabajo busca analizar el papel de los microorganismos en el cambio climático en los Andes peruanos, identificando su contribución a los procesos ecológicos, los impactos del calentamiento global en su diversidad y funcionalidad, y su potencial en estrategias de adaptación y mitigación ambiental.

1. **Objetivos.**
	1. **Objetivo General**

Analizar el papel de los microorganismos en el Cambio Climatico en los Andes Peruanos.

* 1. **Objetivos Específico**

 Determinar los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad microbiana en zonas vulnerables del Perú.

 Revisar estudios nacionales sobre la aplicación de microorganismos en prácticas de conservación o restauración ambiental.

 Proponer estrategias basadas en microbiología para la mitigación del cambio climático en el contexto peruano.

1. **Metodología**

La realización de este estudio se ha llevado a cabo mediante la revisión de diversa información científica. La búsqueda de dicha información se ha realizado principalmente mediante los siguientes buscadores: Google Académico, Dialnet, Scielo, Scopus y WOS (Web of Science).

Además de los buscadores mencionados, se ha encontrado información de gran relevancia en páginas webs oficiales cómo son

etc.

Así como en revistas científicas como

La búsqueda de información se ha llevado a cabo mediante dos fases:

**FASE 1: Fase general.** Basada en la búsqueda de conceptos generales para llegar a entender cómo los microorganismos son capaces de influir en el clima y viceversa, así como para la posterior comprensión de conceptos e investigaciones específicas. Palabras clave: Microorganismos y clima; ciclos biogeoquímicos y microorganismos; ciclo del carbono; ciclo del nitrógeno; ciclo del azufre; cambio climático; alteración de ciclos biogeoquímicos; alteración de ecosistemas.

**FASE 2: Fase específica**. Tras realizar una búsqueda general de información y comprender mediante que procesos los microorganismos influyen en el clima y de qué manera este influye en las actividades microbianas, se realiza una búsqueda de información de procesos específicos.

Palabras clave: Fitoplancton marino; bacterias quimioautotróficas; degradación de la materia orgánica; respiración microbiana; metanogénesis; nitrificación; desnitrificación; DMS y DMSP; retroalimentación del carbono y cambio climático; Zonas de mínimo oxígeno y microorganismos; turberas y actividad microbiana; permafrost y degradación microbiana.

Las palabras clave para la búsqueda de referencias bibliográficas se establecieron tanto en español cómo en inglés. Finalmente se eligieron 40 referencias bibliográficas, de las cuáles, algunas se encuentran en inglés, y en otro porcentaje en español. Para la elección de la bibliografía se ha tenido en cuenta la fecha de publicación, eligiendo las referencias publicadas en los últimos 25 años (2000- 2025).

**5.Desarrollo.**

**5.1 Microorganismos Y Cambio Climatico: Relación entre ambas variables.**

**5.2 Rol de los microorganismos en los ecosistemas altoandino**

Los ecosistemas altoandinos, que abarcan desde los 3,000 hasta más de 5,000 metros sobre el nivel del mar, presentan condiciones extremas como bajas temperaturas, alta radiación ultravioleta y baja presión atmosférica. A pesar de estas condiciones, albergan una diversidad microbiana adaptada que desempeña funciones ecológicas cruciales.

Los microorganismos en estos ecosistemas participan activamente en los ciclos biogeoquímicos, facilitando procesos como la descomposición de materia orgánica, la fijación de nitrógeno y la mineralización de nutrientes. Por ejemplo, ciertas bacterias extremófilas han desarrollado mecanismos para resistir la radiación UV-B, contribuyendo a la estabilidad de estos ecosistemas .(Quispe-Choque & Valderrama-Valencia, 2024)

Además, las cianobacterias, como *Nostoc*, forman biopelículas en superficies rocosas y suelos, desempeñando un papel en la formación del suelo y en la retención de humedad, lo que es vital para la vegetación en zonas áridas.

**5.3 Microorganismos y su influencia en los ciclos biogeoquímicos**

**5.3.1 Emisiones de metano en turberas altoandinas**

Delgado-Guerrero, A. (2024). *Dinámica causal de flujos de metano en dos turberas tropicales altoandinas, una aproximación desde los Modelos Empíricos Dinámicos*. Universidad El Bosque.

Este estudio analiza las emisiones de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) en dos turberas tropicales altoandinas utilizando torres de Eddy Covariance. Los resultados muestran que las turberas actúan como fuentes de metano, con emisiones influenciadas por variables como la temperatura, el nivel freático y la productividad primaria bruta. El estudio destaca la complejidad de las interacciones ecosistémicas que regulan las emisiones de gases de efecto invernadero en estos ambientes.

**5.4 Impacto del cambio climático en la diversidad y funcionalidad microbiana**

El cambio climático está modificando las condiciones ambientales en los Andes, afectando la diversidad y funcionalidad de las comunidades microbianas. El aumento de la temperatura, la variabilidad en las precipitaciones y el retroceso de los glaciares alteran los hábitats microbianos, con consecuencias ecológicas significativas.(Quispe-Choque & Valderrama-Valencia, 2024)

Por ejemplo, el retroceso glaciar en la Cordillera Blanca ha expuesto nuevos sustratos que son colonizados por comunidades microbianas pioneras. Estas comunidades desempeñan un papel crucial en la sucesión ecológica, facilitando la colonización de plantas y otros organismos . Investigaciones han identificado géneros bacterianos como *Pseudomonas* y *Bacillus*, los cuales contribuyen a la fijación de nitrógeno y a la acumulación de materia orgánica.(Quispe-Choque & Valderrama-Valencia, 2024)

Además, el deshielo de los glaciares puede liberar metales pesados y otros contaminantes atrapados en el hielo, afectando la composición y actividad de las comunidades microbianas en los ecosistemas acuáticos y terrestres adyacentes. Estos cambios pueden alterar las funciones ecológicas clave, como la descomposición de materia orgánica y la ciclicidad de nutrientes.(Nottingham et al., 2018)

En la región de Huánuco (Perú), se ha observado que los sistemas tradicionales de cultivo de papa, como el 'chiwa' (labranza mínima) y el 'barbecho' (labranza completa), afectan la diversidad y composición de las comunidades bacterianas del suelo. El sistema de labranza mínima mantiene una comunidad bacteriana más homogénea, mientras que la labranza completa genera una comunidad más heterogénea, lo que sugiere que las prácticas agrícolas influyen en la resiliencia de los microbiomas del suelo frente al cambio climático.(Quispe-Choque & Valderrama-Valencia, 2024)

Asimismo, estudios en la región andina han demostrado que el monocultivo de quinua afecta negativamente la diversidad microbiana del suelo y la rizosfera, lo que podría impactar en la salud del suelo y la productividad agrícola, especialmente bajo condiciones de estrés climático.(Estrada et al., 2023)

Estos hallazgos resaltan la necesidad de comprender mejor cómo el cambio climático y las prácticas agrícolas interactúan para afectar la diversidad y funcionalidad de las comunidades microbianas en los Andes peruanos. Una comprensión más profunda de estos procesos es esencial para desarrollar estrategias de adaptación y mitigación que promuevan la sostenibilidad de los ecosistemas altoandinos.(Cavicchioli et al., 2019)

**5.5 Estudios de caso en el Perú y América Latina**

**5.5.1 Turberas altoandinas y emisiones de gases de efecto invernadero**

Las turberas altoandinas desempeñan un papel crucial en la regulación del ciclo del carbono debido a su capacidad para almacenar grandes cantidades de materia orgánica. Sin embargo, el cambio climático está alterando su equilibrio hidrológico, lo que afecta la actividad microbiana y puede convertir estas turberas en fuentes netas de gases de efecto invernadero. Un estudio reciente en las vegas de la Puna argentina demostró que el aumento de la temperatura incrementa significativamente la respiración microbiana del suelo, especialmente en altitudes más elevadas, lo que sugiere una mayor liberación de CO₂ en respuesta al calentamiento. Además, se observó que el calentamiento afecta la biomasa microbiana, reduciéndola, pero aumentando la actividad respiratoria específica, lo que indica una menor eficiencia en el uso del carbono por parte de los microorganismos. Estos hallazgos sugieren que el calentamiento podría alterar el metabolismo microbiano, reduciendo la capacidad de almacenamiento de carbono en estos ecosistemas.(Chiappero et al., 2024)

**5.5.2 Retroceso glaciar y colonización microbiana en la Cordillera Blanca**

El retroceso de los glaciares en la Cordillera Blanca, impulsado por el calentamiento global, expone nuevos sustratos que son rápidamente colonizados por comunidades microbianas pioneras. Estos microorganismos desempeñan un papel fundamental en los procesos iniciales de formación de suelo y en la sucesión ecológica. Investigaciones han identificado géneros bacterianos como *Pseudomonas* y *Bacillus* en estos ambientes, los cuales contribuyen a la fijación de nitrógeno y a la acumulación de materia orgánica, facilitando el establecimiento de plantas y otros organismos. Además, estos microorganismos han mostrado tolerancia a metales pesados como plomo y cadmio, lo que sugiere un potencial para aplicaciones en biorremediación y mejora de la calidad del suelo en áreas afectadas por la contaminación y el cambio climático.(Schauwecker et al., 2014)

**5.5.3 Aplicación de biofertilizantes en la agricultura andina**

En la región de Cusco, se ha promovido el uso de biofertilizantes a base de rizobacterias aisladas de cultivos andinos como la quinua y la papa. Estas bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) han demostrado mejorar la productividad de los cultivos bajo condiciones de estrés abiótico, como sequías y bajas temperaturas, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y contribuyendo a una agricultura más sostenible. Estudios han demostrado que la aplicación de estas rizobacterias mejora la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés en cultivos andinos, lo que sugiere su potencial para mejorar la sostenibilidad agrícola en regiones afectadas por el cambio climático.(Whitaker et al., 2014)

**6. Discusión**

Los microorganismos desempeñan un papel dual en el contexto del cambio climático: actúan como reguladores de los ciclos biogeoquímicos y, al mismo tiempo, son sensibles a las perturbaciones climáticas. En los Andes peruanos, la alteración de las comunidades microbianas debido al cambio climático puede desencadenar retroalimentaciones positivas que aceleran el calentamiento global.

Las turberas altoandinas, por ejemplo, pueden pasar de ser sumideros de carbono a fuentes de gases de efecto invernadero si se altera su equilibrio hidrológico, favoreciendo la actividad de microorganismos metanogénicos . Asimismo, el retroceso de los glaciares expone nuevos sustratos que son colonizados por comunidades microbianas pioneras, las cuales desempeñan un papel crucial en la formación de suelo y en la sucesión ecológica .[tiempo.com](https://www.tiempo.com/ram/organismos-muy-pequenos-clima-tierra.html?utm_source=chatgpt.com)[es.wikipedia.org](https://es.wikipedia.org/wiki/Glaciar?utm_source=chatgpt.com)

Por otro lado, la aplicación de biofertilizantes a base de rizobacterias en la agricultura andina representa una estrategia prometedora para mitigar los efectos del cambio climático, mejorando la productividad de los cultivos y reduciendo la dependencia de insumos químicos .

Sin embargo, persisten importantes vacíos de conocimiento sobre la diversidad y funcionalidad de las comunidades microbianas en los ecosistemas altoandinos. Es necesario fomentar investigaciones interdisciplinarias y monitoreos de largo plazo que integren el enfoque microbiano en los planes de adaptación y manejo sostenible de los ecosistemas.

**7. Conclusiones**

* Los microorganismos son componentes esenciales en los ecosistemas altoandinos, desempeñando funciones clave en la regulación de los ciclos biogeoquímicos y en la resiliencia frente al cambio climático.
* El cambio climático impacta directamente en la biodiversidad microbiana andina, alterando su estructura y funcionalidad, y generando potenciales retroalimentaciones negativas que pueden acelerar el calentamiento global.
* Existen experiencias locales prometedoras que utilizan microorganismos en estrategias de mitigación y adaptación, como la aplicación de biofertilizantes en la agricultura andina y la restauración de suelos degradados.
* Es imperativo fomentar investigaciones interdisciplinarias, monitoreos de largo plazo y tecnologías apropiadas que integren el conocimiento microbiológico al manejo ambiental en los Andes, fortaleciendo la resiliencia socioecológica frente al cambio climático.