



Uso de microorganismos nativos como estrategia de restauración de suelos de páramo afectados por incendios

Barba, Pedro ^{1,2}; Chimbo, Gabriel ^{1,2}; Chilibingua, Andrea ^{1,2}; Echeverría, Cristina ^{1,2}; Ortega Sania ^{1,2}; Sandoval, Carla ^{1,2} & Zárate, Santiago ^{1,2}

¹ Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ibarra, Ecuador

² e-CIER, Grupo de Investigación de Ciencias en Red, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

Correo para correspondencia: szarate@utn.edu.ec

Resumen

El páramo constituye uno de los ecosistemas más biodiversos del planeta. Sus condiciones climáticas de altitud, radiación, humedad y temperatura son el ambiente propicio para brindar servicios ecosistémicos no solo de un gran valor natural, sino también económico y cultural. Sin embargo, el cambio climático y actividades antropogénicas amenazan drásticamente este hábitat y las especies que en él habitan. Los incendios son una de las más grandes amenazas para estos ecosistemas frágiles. Dependiendo de su gravedad y tiempo de duración los efectos a nivel de cobertura y suelo varían notablemente. Limitados son los estudios en Ecuador referente al impacto del fuego en el microbioma del suelo de páramo, por tal razón, el subproyecto "Microorganisms and Bacteria" del Proyecto Consorcio Alemán-Ecuatoriano sobre Biodiversidad BIOGEEC estableció una línea base de bioprospección de microorganismos de suelo de páramo prístino para su futura aplicación en planes de restauración de suelos quemados. El estudio incluyó una comparación microbiológica y fisicoquímica de muestras de suelo de páramo virgen y luego de un episodio real de incendio. Los resultados preliminares son alentadores y se pretende establecer una segunda fase que incluya la interacción microorganismo – suelo – cobertura vegetal.

Palabras clave: Páramo, suelo, microbioma, restauración.

Abstract

The moorland represents one of the most biodiverse ecosystems on the planet. Its climatic conditions of altitude, radiation, humidity, and temperature turn the favorable environment to provide ecosystem services not only of great natural value but also economic and cultural. However, current situations of climate change in conjunction with anthropogenic activities drastically threaten this habitat and the species that inhabit it. Particularly, fire episodes are one of the biggest threats to these fragile ecosystems. Depending on the severity and time of the fire, the effects at the level of coverage and soil vary considerably. National studies regarding the impact of the fire at the level of the moorland soil microbiome are scarce, therefore, "Microorganisms and Bacteria" subproject of the German-Ecuadorian Consortium Project on Biodiversity BIOGEEC established a baseline of bioprospecting microorganisms from pristine moorland soil for future application in burnt soil restoration plans. The study included a microbiological and physicochemical comparison of soil samples from virgin paramo and after a real fire episode. The preliminary results are encouraging, and it is intended to establish a second phase that includes the microorganism - soil - plant cover interaction.

Keywords: Moorland, soil, microbiome, restoration.

Artículo

Los páramos constituyen es uno de los hábitats de mayor altitud en el mundo. La alta irradiación solar, las bajas temperaturas y los cambios térmicos a lo largo del día han permitido el desarrollo de una biodiversidad especial con adaptaciones propias que le permite resistir a condiciones extremas [1]. El 5.1% del territorio ecuatoriano está constituido de páramos ampliamente distribuidos por el callejón interandino [1]. La mayoría de los suelos del páramo en Ecuador son una mezcla de materiales volcánicos producidos por erupciones más o menos recientes y material orgánico proveniente de los restos de la biodiversidad que en ellos habita [2].

Desde la perspectiva de servicios ecosistémicos los páramos proveen bienes y servicios que satisfacen de manera directa e indirecta las necesidades humanas. En efecto los páramos no solo son fuente de alimentos, medicinas naturales, madera, fibras y agua, también ellos proveen servicios de regulación hídrica y del clima, captura de carbono, control de enfermedades, actividades turísticas y culturales entre otras [2]. Sin embargo, estos servicios son comprometidos drásticamente por el acelerado cambio climático propio de los ecosistemas y por factores antrópicos [3].

Pese a los esfuerzos por controlar el impacto antropogénico, el páramo es afectado constantemente por actividades en su mayoría ganaderas, agrícolas y mineras que de una forma u otra van reduciendo los servicios ecosistémicos para las comunidades que dependen de él. Sin embargo, existen otras amenazas latentes de las que muy poco se han estudiado a nivel nacional como el caso de los incendios. Según estadísticas del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencia, entre julio y diciembre del 2021, en Ecuador se registraron 1.919 eventos de incendios forestales que afectaron cerca de 21.300 hectáreas de cobertura vegetal, siendo las provincias de Carchi, Imbabura, Loja, Pichincha y Chimborazo las más afectadas [4]. Esta problemática constituye una potencial amenaza debido al lento proceso de recuperación que tienen estos ecosistemas luego de un episodio de fuego.

Fisicoquímicas y minerales	Químicas	Biológicas
Repelencia al agua	Reducción en cantidad y calidad materia orgánica	Disminución de biomasa microbiana
Baja estabilidad estructural	Disminución de intercambio iónico	Redistribución de poblaciones microbianas
Disminución de la porosidad	Basificación	Disminución en comunidades de invertebrados
Reducción del tamaño de partícula		
Redistribución mineral		
Cambio del color de suelo por carbonización y oxidación		
Cambio de temperatura por ausencia de cobertura vegetal		

Tabla 1. Propiedades del suelo modificado por incendios [6].

El fuego afecta drásticamente el funcionamiento del sistema del suelo en el páramo [5]. De hecho, muchas propiedades fisicoquímicas, mineralógicas y biológicas del suelo pueden verse alteradas por el fuego dependiendo de su severidad. La duración y la intensidad del incendio determinan la gravedad del daño en esta compleja matriz. Básicamente, existen dos tipos de incendios [6]: controlados e incendios forestales. Los primeros son una práctica estándar para reponer materia orgánica debido a la disponibilidad de nitrógeno y carbono después de quemar biomasa seca. Por el contrario, los incendios forestales generalmente ocurren en presencia de temperaturas extremas y una gran cantidad de biomasa seca, por lo que son muy severos. Las propiedades del suelo (Tabla 1) pueden verse afectadas por incendios a corto, largo y permanente plazo, según la gravedad y la frecuencia de los incendios en combinación con las condiciones climáticas posteriores al evento [7-8].

Los microorganismos del suelo son esenciales no solo para favorecer el ciclo de los elementos de carbono y nitrógeno en la naturaleza, sino también para mediar las retroalimentaciones entre el ecosistema terrestre y los cambios climáticos. Después de un episodio de incendio la microbiología del suelo se ve drásticamente afectada dependiendo de la gravedad del fuego (Tabla 2). Particularmente, las poblaciones de hongos son más sensibles al calor que las bacterias y los actinomicetos después de un episodio de incendio. Además, la proporción de bacterias/hongos aumenta debido al contenido de cenizas de la biomasa quemada. En contraste, las algas parecen ser microorganismos pioneros capaces de recolonizar rápidamente después de fuegos moderados y altos usando nitrógeno en ausencia de otros competidores foto autotróficos [9].

Criterio	Directo Corto plazo	Indirecto Largo plazo y recuperación
Suelo	Efecto esterilizante, daño en componentes celulares	Modificación en propiedades fisicoquímicas (pH alto) Alto contenido de ceniza y carbono Formación de biofilms hidrofóbicos Proliferación de bacterias heterotróficas
Población bacteriana	Gram (-) más sensible Bacillus y Clostridium más resistentes	Cambio en los patrones de simbiosis con la vegetación
Actinomicetos	Esporas termoresistentes	Incremento durante las primeras semanas Abundantes en suelos alcalinos con bajo contenido de humedad
Hongos	Más sensibles que las bacterias Hongos filamentosos más sensibles que otros	Primero en recolonizar el suelo en ausencia de otros organismos fotodependientes
Fotoautótrofos	Mismo efecto que los hongos	Deceso de Hongos saprofiticos Ectomicorrizas más susceptibles que las arbusculares
Diversidad de biomasa	Redistribución Bacteria/Hongo Disminución del 30 – 80% en la abundancia de hongos	Diferente patrón de recolonización entre hongos y bacterias no heterotróficas Crecimiento lento de hongos por bajo contenido de fracción orgánica
Enzimas	Desaturación térmica	Actividad limitada

Tabla 2. Efectos directos e indirectos del fuego en la microbiología del suelo después de un incendio [9].

Uso de microorganismos nativos como estrategia de restauración de suelos de páramo afectados por incendios

Entre las múltiples estrategias para la restauración de un páramo quemado, el abordaje desde la microbiología de sus suelos representa un mecanismo clave para su recuperación. Por un lado, para entender la dinámica de las poblaciones microbianas luego de un episodio de fuego y, por otra, para utilizarlos en procesos de regeneración [7]. De hecho, la proliferación de microorganismos endémicos propios de estas zonas facilitaría mejorar las propiedades del suelo favoreciendo a que otras especies (vegetales y animales) puedan recolonizar los espacios afectados por el fuego. Por tal razón, se plantea desarrollar un proyecto de investigación orientado a la bioprospección de microorganismos nativos que permitan posteriormente ser utilizados como una plataforma biológica de recuperación de estos suelos con especial énfasis en el páramo.

Bajo este contexto, el subproyecto “Microorganism & Bacteria” del Proyecto Consorcio Alemán-Ecuatoriano sobre Biodiversidad BIOGEEC, ejecutado por la Universidad Técnica del Norte UTN, planteó el desarrollo de estrategias de recuperación de suelos quemados utilizando biodiversidad microbiana caracterizada de suelos vírgenes en el páramo (Figura 1). Principalmente i) se comparó la diversidad microbiana antes y después de un incendio; ii) se seleccionaron microorganismos potencialmente útiles para recuperar suelo quemado en experimentos a escala de laboratorio; finalmente iii) se diseñó un protocolo preliminar para la rehabilitación de suelos utilizando los microorganismos previamente identificados.

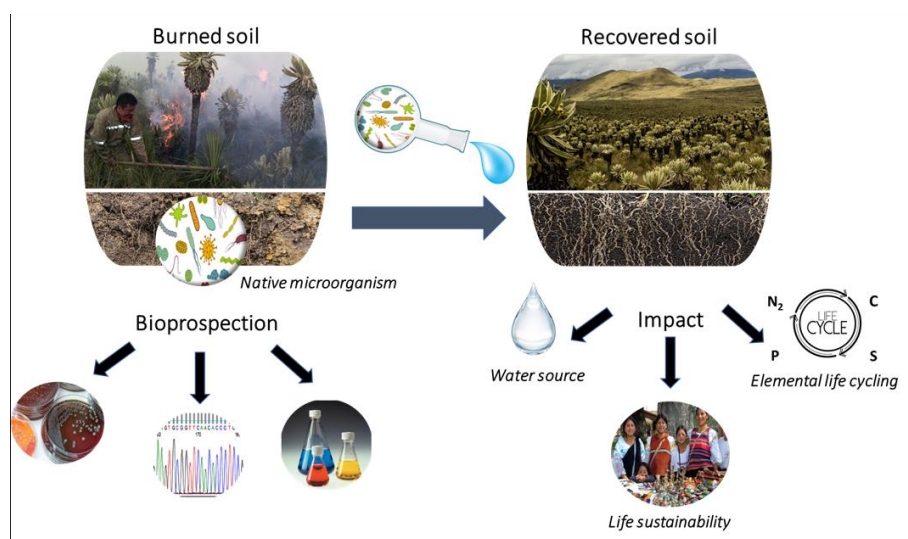


Figura 1. Propuesta de restauración de suelo de páramo luego de episodios de incendios.

Los resultados preliminares de este subproyecto son alentadores, actualmente se cuenta con un banco de microorganismos capaces de estabilizar el suelo quemado favoreciendo la proliferación de otras comunidades microbianas. Los resultados hasta ahora obtenidos demuestran que la incorporación de inóculos microbianos nativos en suelo quemado incrementan la actividad enzimática de este suelo debilitado por fuego, además que permite recuperar algunas comunidades microbianas precursoras de otras poblaciones más sensibles, como el caso de los hongos. Si bien es cierto, el proyecto no incluyó dentro de la experimentación el crecimiento de la cobertura vegetal, se prevé a futuro diseñar una estrategia más integral para valorar la interacción microorganismo – suelo – planta en procesos de restauración de suelo de páramo quemado.

Referencias

- [1] Hofstede, R.; Segarra, P.; Mena Vásconez, P. Los Páramos Del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de Los Páramos; Hofstede, R., Pool, S., Patricio, M., Eds.; Quito, 2003.
- [2] Camacho, M. Los Páramos Ecuatorianos: Caracterización y Consideraciones Para Su Conservación y Aprovechamiento Sostenible. *Rev. An.* 2014, 1 (372), 77–92. <https://doi.org/10.29166/anales.v1i372.1241>.
- [3] Buytaert, W.; Céleri, R.; Cisneros, F. HIDROLOGÍA DEL PÁRAMO ANDINO: PROPIEDADES, IMPORTANCIA Y VULNERABILIDAD Natural Infrastructure for Water Security View Project Climbing for Science and Ice: From Hans Kinzl and Mountaineering-Glaciology to Citizen Science in the Cordillera Blanca View Pro. <https://www.researchgate.net/publication/228459137> (accessed 2022-11-15).
- [4] SNGR. Informe de Situación No.39 - Incendios Forestales a Nivel Nacional 2019; 2019. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/SITREP-5-Informe-de-Situación-SGR-2018-031008.pdf>.
- [5] Dooley, S. R.; Treseder, K. K. The Effect of Fire on Microbial Biomass: A Meta-Analysis of Field Studies. *Biogeochemistry* 2012, 109 (1–3), 49–61. <https://doi.org/10.1007/s10533-011-9633-8>.
- [6] Certini, G. Effects of Fire on Properties of Forest Soils: A Review. *Oecologia*. 2005, pp 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>.
- [7] Mataix-Solera, J.; Guerrero, C.; García-Orenes, F.; Bárcenas, G. M.; Torres, M. P. Forest Fire Effects on Soil Microbiology. In *Fire Effects on Soils and Restoration Strategies*; CRC Press, 2009; pp 133–175. <https://doi.org/10.1201/9781439843338-c5>.
- [8] Cerdà, A.; Robichaud, P.; Mataix-Solera, J.; Guerrero, C.; García-Orenes, F.; Bárcenas, G.; Torres, M. Forest Fire Effects on Soil Microbiology. In *Fire Effects on Soils and Restoration Strategies*; 2010; pp 133–175. <https://doi.org/10.1201/9781439843338-c5>.
- [9] Bárcenas-Moreno, G.; García-Orenes, F.; Mataix-Solera, J.; Mataix-Beneyto, J.; Bååth, E. Soil Microbial Recolonisation after a Fire in a Mediterranean Forest. *Biol. Fertil. Soils* 2011, 47 (3), 261–272. <https://doi.org/10.1007/s00374-010-0532-2>.