

REPORTE DE PROYECTO O PROPUESTA**INFORMACIÓN DE LA CONVOCATORIA**

Convocatoria	CONVOCATORIA FORTALECIMIENTO A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS 2023
Modalidad	Modalidad única: Apoyar las labores de los docentes de la Facultad de Ciencias con el propósito de fomentar su visibilidad, el intercambio de conocimiento y la formación de estudiantes

INFORMACIÓN ACADÉMICO-ADMINISTRATIVA DEL PROYECTO**INFORMACIÓN PRINCIPAL**

Código del proyecto:	60762
Nombre:	--Geoquímica de microorganismos endolíticos en zonas de alta radiación en Colombia
Tipo de proyecto o programa:	Proyecto o programa de investigación
Tipología:	2010100-Investigación Básica
Estado:	Activo
Duración del proyecto o programa (meses):	14
Tiempo de formulación:	Semanas 0 Horas/semana 0
Proyecto relacionado (si aplica):	
Nombre Proyecto relacionado (si aplica):	
Grupo(s) de investigación (si aplica):	

ID-Hermes	Nombre	Código COL	Categoría COL	Gruplac
2564	CICLOS BIOGEOQUÍMICOS 3- FACULTAD DE CIENCIAS	COL0219428	C	HERMES: http://www.hermes.unal.edu.co/pages/Consultas/Grupo.jsf?idGrupo=2564 GRUPLAC:

Semilleros asociados al proyecto:

ID	Nombre	Estado Actual	Líder	Link
1841	Ciclos Biogeoquímicos	Activo	SUSANA SALAZAR JARAMILLO	http://www.hermes.unal.edu.co/pages/Consultas/Semillero.xhtml?id=1841

INFORMACIÓN DEL DIRECTOR

Director:	SUSANA SALAZAR JARAMILLO
Documento del director:	C - 43628469

INFORMACIÓN DEL DIRECTOR**INFORMACIÓN DEL DIRECTOR DE LA RED DE COOPERACIÓN**

E-mail del director:	ssalazarj@unal.edu.co
Escuela/departamento del director:	3- DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS
Facultad del director:	3- FACULTAD DE CIENCIAS
Sede del director:	Medellín
Horas/semana de dedicación al proyecto:	2
Valor de la dedicación:	\$10.778.592
Funciones:	Coordinar todas las actividades del proyecto

DEPENDENCIAS RESPONSABLES

3- ESCUELA DE GEOCIENCIAS

INFORMACIÓN GENERAL**Resumen**

---Las colonizaciones microbianas endolíticas son comunes en diversas litologías en todo el mundo, con cianobacterias, como protagonistas frecuentes. Estas colonizaciones en rocas y minerales semitransparentes son especialmente notables debido a su ubicación bajo superficies expuestas a radiación UV intensa. Las cianobacterias son predominantes en estos hábitats, lo que las convierte en biomarcadores ideales para la astrobiología. Las rocas estudiadas incluyen calizas, cuarzo, yeso y halita. En entornos evaporíticos donde se forman estos minerales translúcidos, los microorganismos enfrentan desafíos como alta presión osmótica, desecación y radiación UV intensa. Como respuesta, producen pigmentos protectores visibles en zonas coloreadas de las rocas. Los pigmentos comunes incluyen escitonemina y gloeocapsina, que participan en la fotosíntesis y actúan como antioxidantes. La clorofila y los carotenoides también son producidos, con un papel secundario en la protección contra la radiación UV. Estos pigmentos no solo indican la presencia de bacterias en los nichos endolíticos, sino que también proporcionan información sobre sus mecanismos de adaptación. Sin embargo, no todos los sustratos rocosos son igualmente propicios para la colonización microbiana. La bioreceptividad de las rocas depende de factores como la composición mineral, la textura, el tamaño de los poros, la permeabilidad y el pH. El yeso, en particular, tiene un potencial de preservación para moléculas orgánicas y restos bióticos, lo que lo hace valioso para investigar la vida antigua. Además, protege a los microorganismos de ambientes extremos y permite la fotosíntesis. En la astrobiología, Marte es un enfoque clave, y los microorganismos endolíticos son cruciales para comprender la supervivencia en su superficie. Se estudian regiones análogas en la Tierra, como el desierto de Atacama, donde se han detectado cianobacterias endolíticas en yeso y cuarzoarenitas, lo que respalda la posibilidad de encontrar vida en Marte. En Colombia, especialmente en Villa de Leyva, Sáchica y Chaparral Tolima, se encuentran condiciones análogas a Marte, lo que hace que estos lugares sean ideales para estudios de microorganismos endolíticos. Este proyecto busca analizar geoquímicamente diversos minerales y detectar pigmentos microbianos. Se emplearán técnicas como la difracción de rayos X, la microscopía Raman y la microscopía electrónica de barrido. El objetivo principal es evaluar cómo la estructura del yeso y las condiciones ambientales relacionadas con la altitud influyen en los pigmentos desarrollados por las comunidades microbianas endolíticas. Además, se explorará el potencial de estos pigmentos como biomarcadores o indicadores de vida en minerales translúcidos. Este enfoque contribuirá a la comprensión de la ecología microbiana en sustratos líticos y a la exploración de la vida en otros cuerpos celestes.

Descripción del problema u oportunidad a la cual responde el proyecto

El establecimiento y desarrollo de colonias microbianas endolíticas en una variedad de minerales y rocas, especialmente aquellos de naturaleza semitransparente, se ve influido por diversas condiciones ambientales y propiedades de los sustratos. Las comunidades microbianas, en particular, las cianobacterias han demostrado una notable resistencia y adaptación a entornos extremos, incluyendo su supervivencia bajo intensa radiación ultravioleta (UV) en nichos endolíticos. Sin embargo, no todos los minerales y rocas son igualmente propicios para la colonización microbiana debido a las diferencias en sus características químicas y cristalinas, como la composición mineral, textura, tamaño de poros, permeabilidad y pH.

Objetivo general

Determinar la influencia de la radiación ultravioleta y las propiedades químicas y cristalinas que algunos minerales de yeso tienen en el desarrollo de comunidades microbianas endolíticas

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo específico	Medio de verificación
- Hacer Secuenciación y Metagenómica	Identificar comunidades microbianas endolíticas, extraer, purificar y secuenciar el ADN presente en las muestras de yeso para llevar a cabo un análisis de secuenciación masiva. Esto permitirá identificar las secuencias de genes de ARN ribosomal 16S y estimar las funciones metabólicas de la comunidad microbiana.
- Analizar Estructura Cristalina con Difracción de Rayos X	Aplicar la técnica de Difracción de Rayos X (XRD) para obtener información sobre la estructura cristalina de las muestras de yeso y comprender cómo esta estructura podría influir en la colonización microbiana.
- Caracterizar Pigmentos Microbianos	Emplear la técnica de Microscopía Raman para determinar la composición de los pigmentos presentes en las muestras de yeso y evaluar cómo estos pigmentos están relacionados con la presencia de comunidades microbianas endolíticas.
- Evaluar Composición Elemental de los Yesos	Utilizar un equipo de microsonda electrónica (EPMA) para analizar la composición elemental de los yesos, incluyendo elementos mayores, menores y trazas, con el propósito de establecer si hay diferencias importantes en la composición entre yesos que albergan cianobacterias y aquellos en los que no se observan estas colonizaciones.
- Visualizar Microorganismos con Microscopía Electrónica de Barrido	Utilizar la microscopía electrónica de barrido (SEM) para obtener imágenes de alta resolución que permitan visualizar los microorganismos presentes en las fisuras o poros del yeso, lo que contribuirá a comprender la relación entre las estructuras cristalinas del yeso y las comunidades microbianas endolíticas.

RESULTADOS ESPERADOS

- Se espera identificar y caracterizar comunidades microbianas endolíticas en las muestras de yeso recolectadas en las regiones	Informe	31 de diciembre de 2024
---	---------	-------------------------

de Sáchica, Villa de Leyva, Chaparral y Los Santos. Se anticipa que estas comunidades estarán compuestas principalmente por cianobacterias del orden Chroococcales, con una posible variabilidad en la composición específica según la ubicación geográfica.		
- Los resultados esperados de la difracción de rayos X (XRD) incluyen información sobre la estructura cristalina de las muestras de yeso. Se anticipa que este análisis revelará diferencias en la estructura cristalina entre los yesos con y sin comunidades microbianas endolíticas, lo que podría indicar la influencia de la estructura cristalina en la colonización microbiana.	Informe	31 de diciembre de 2024
- Se anticipa que la secuenciación del ADN de las muestras de yeso revelará secuencias de genes de ARN ribosomal 16S que permitirán identificar la diversidad microbiana presente. Además, se estimarán las funciones metabólicas de la comunidad microbiana, lo que proporcionará información valiosa sobre las capacidades metabólicas de los microorganismos endolíticos.	Avance tesis de maestría y doctorado	28 de febrero de 2025
- Se espera identificar los pigmentos presentes en las muestras de yeso utilizando la técnica de Microscopía Raman. Se prevé que se identificarán pigmentos comunes como escitonemina, gloeocapsina, clorofila y carotenoides, y se establecerá su relación con la presencia de comunidades microbianas endolíticas.	Informe	31 de diciembre de 2024
- Se espera que el análisis de composición elemental de los yesos mediante la microsonda electrónica (EPMA) proporcione datos detallados sobre la presencia y distribución de elementos mayores, menores y trazas. Se anticipa que este análisis revelará diferencias significativas en la composición química entre los yesos que albergan cianobacterias y aquellos que no presentan colonizaciones.	Ponencia en evento científico	21 de agosto de 2024
- Se prevé obtener imágenes de alta resolución de los microorganismos presentes	Ponencia en evento científico	21 de agosto de 2024

en las muestras de yeso utilizando la microscopía electrónica de barrido (SEM). Estas imágenes permitirán una visualización detallada de las estructuras microbianas y su distribución en los poros y fisuras del yeso.

PRODUCTOS

Producto	Descripción	Cantidad
Artículo científico o de investigación sometido o, aceptado o aprobado para publicación en revista indexada	Artículo científico o de investigación sometido o, aceptado o aprobado para publicación en revista indexada	1
Presentación de ponencia en evento científico o tecnológico nacional o internacional	Presentación de ponencia en evento científico o tecnológico nacional o internacional	2

REGIÓN QUE IMPACTA EL PROYECTO

Departamento	Ciudad
Boyacá	Villa De Leyva
Santander	Los Santos
Tolima	Chaparral

PROPIEDAD INTELECTUAL

¿Considera que este proyecto puede generar uno de los siguientes activos de propiedad intelectual?	No
--	----

BIODIVERSIDAD

¿En su investigación hará uso de los recursos de la biodiversidad colombiana?	No
---	----

LABORATORIOS

¿Dentro de la ejecución del proyecto va hacer uso de los servicios de laboratorios?		Si
Sede	Facultad	Nombre de laboratorio
Bogotá	2- FACULTAD DE CIENCIAS	42 - Cromatografía Líquida Acoplada a Espectrometría de Masas
Bogotá	2- FACULTAD DE CIENCIAS	177 - Litogeoquímica
Bogotá	2- FACULTAD DE CIENCIAS	185 - Geología Espectral e Infrarrojo

CLASIFICACIÓN

Objetivo de desarrollo sostenible principal

Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad

Objetivos de desarrollo sostenible secundarios

Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanentes para todos

Objetivo socioeconómico

Medioambiente

ÁREAS CIENTÍFICAS/TEMÁTICAS

Area científica y tecnológica principal - OCDE	Sub-área de la ciencia
Ciencias naturales	Ciencias de la tierra y medioambientales
Area científica y tecnológica secundaria	Sub-área de la ciencia
Ciencias naturales	Ciencias de la tierra y medioambientales

PLAN GLOBAL DE DESARROLLO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Política	Plan Global de Desarrollo 2022-2024: Proyecto cultural, científico y colectivo de nación
Elemento estratégico	Plan Global de Desarrollo 2022-2024: Proyecto cultural, científico y colectivo de nación
Línea de acción	Universidad Autónoma y sostenible
Programa	Gestión académica, administrativa, ambiental y del talento humano

PALABRAS CLAVE

Colonizaciones Microbianas Endolíticas

Yeso Translúcido

Pigmentos Microbianos

Astrobiología y Marte

Adaptación Microbiana a Condiciones Extremas

INTEGRANTES

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
CRISTHIAN MATEO SANCHEZ OSPINA (C - 1144095659) (cmsanchezos@unal.edu.co)	3- FACULTAD DE CIENCIAS Grupo:	Estudiante posgrado UN	1	14	\$0	Estudiante de: MAESTRÍA EN CIENCIAS - GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS Encargado de toda la gestión divulgativa	12/03/2024 0:00
JULIAN ANDREAS CORZO ACOSTA (C - 1032446846) (jacorzoa@unal.edu.co)	2- FACULTAD DE CIENCIAS Grupo:	Estudiante posgrado UN	4	14	\$0	Estudiante de: DOCTORADO EN GEOCIENCIAS Encargado de todos los análisis bioquímicos	12/03/2024 0:00
CHRISTIAN FERNANDO GÓMEZ HERRERA (C - 1023929976) (chfgomezhe@unal.edu.co)	3- FACULTAD DE CIENCIAS Grupo:	Estudiante posgrado UN	4	10	\$0	Estudiante de: MAESTRÍA EN CIENCIAS - GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS Análisis de las muestras químicas. Preparación de documentos (tesis, artículo, ponencias)	12/03/2024 0:00
ANDRES OCHOA JARAMILLO (C - 71744300) (aochoaj@unal.edu.co)	3- DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE	Profesor carrera docente UN	1	14	\$7.379.200	Modelamiento matemático	12/03/2024 0:00



Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
	- MINAS Grupo: POSGRADO EN APROVECHA DE RECURSOS HIDRÁULIC						
ARIEL OSWALDO CADENA SANCHEZ (C - 79794466) (aocadenas@unal.edu.co)	2- DEPARTAME DE GEOCIENCIA Grupo:	Profesor carrera docente UN	2	14	\$10.071.344	Encargado de toda la parte química del proyecto	12/03/2024 0:00

HISTÓRICO DEL EQUIPO DE TRABAJO

Documento	Nombre	Vinculación	Tipo de solicitud	Valor pagar	Fecha del cambio
-----------	--------	-------------	-------------------	-------------	------------------

No se encontraron solicitudes relacionadas con el equipo de trabajo.

PRÓRROGAS EQUIPO DE TRABAJO

Documento	Nombre	Vinculación	Valor pagar	Fecha del cambio
C - 1032446846	JULIAN ANDREAS CORZO ACOSTA	Estudiante posgrado UN	\$0	16/10/2025 7:57
C - 43628469	SUSANA SALAZAR JARAMILLO	Director	\$5.082.714	16/10/2025 7:57
C - 43628469	SUSANA SALAZAR JARAMILLO	Director	\$6.195.448	13/03/2025 7:32
C - 71744300	ANDRES OCHOA JARAMILLO	Profesor carrera docente UN	\$3.418.191	16/10/2025 7:57
C - 79794466	ARIEL OSWALDO CADENA SANCHEZ	Profesor carrera docente UN	\$4.279.360	16/10/2025 7:57
C - 79794466	ARIEL	Profesor carrera docente UN	\$5.571.496	13/03/2025 7:32

PRÓRROGAS EQUIPO DE TRABAJO

Documento	Nombre	Vinculación	Valor pagar	Fecha del cambio
	OSWALDO CADENA SANCHEZ			
C - 71744300	ANDRES OCHOA JARAMILLO	Profesor carrera docente UN	\$4.245.556	13/03/2025 7:32

INFORMACIÓN FINANCIERA

Lugar(es) de ejecución financiera del proyecto

3- SEDE MEDELLÍN

FUENTES DE FINANCIACION

Fuente de financiación	Tipo	Naturaleza	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Interna	Pública	\$0	\$25.000.000

PROPUESTA DE FINANCIACIÓN CÁTALOGO VIGENTE

Fuente de financiación	Cuenta	Objeto	Subordinal / Rubro	Descripción	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)	Total (\$)
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Adquisición De Servicios	Servicios De Telecomunicación Y Transmisión Y Suministro De Información	Gasto	\$0	\$5.000.000	\$5.000.000
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Adquisición De Servicios	Servicios De Investigación Y Desarrollo	Gasto	\$0	\$15.000.000	\$15.000.000
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Adquisición De Servicios	Alojamiento; Servicios De Suministros De Comidas Y Bebidas	Gasto	\$0	\$5.000.000	\$5.000.000
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Transferencias Corrientes	Objeto: A Los Hogares Diferentes De Prestaciones	Apoyos Economicos A Estudiantes	Solicitud de cambio de rubros 75520	\$0	\$0	\$0

PROPUESTA DE FINANCIACIÓN CATÁLOGO VIGENTE

Fuente de financiación	Cuenta	Objeto	Subordinado / Rubro	Descripción	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)	Total (\$)
		Sociales					
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Adquisición De Servicios	Servicios Profesionales, Científicos Y Técnicos (Excepto Los Servicios De Investigación, Urbanismo, Jurídicos Y De Contabilidad)	Solicitud de cambio de rubros 77188	\$0	\$0	\$0
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Adquisición De Servicios	Otros Servicios De Fabricación; Servicios De Edición, Impresión Y Reproducción; Servicios De Recuperación De Materiales	Solicitud de cambio de rubros 77188	\$0	\$0	\$0

PROPUESTA DE FINANCIACIÓN CATÁLOGO ANTERIOR

Fuente de financiación	Subordinado / Rubro	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)	Total (\$)
------------------------	---------------------	--------------------	---------------------	------------

VALOR TOTAL

Valor financiado fuente externa	\$0
Valor en especie fuente externa	\$0
Valor entidades participantes	\$0
Personal docente	\$28.229.136
Personal administrativo	\$0
Contrapartida en efectivo/valor financiado interno	\$25.000.000
Contrapartida en especie fuente interna	\$0
Valor total del proyecto	53,229,136

VALOR TOTAL

INFORMACIÓN ESPECÍFICA

CIUDADES

Villa De Leyva

Los Santos

Chaparral

Metodología propuesta

Identificación de pigmentos: se utilizarán Microscopía Raman, con un equipo que tiene fuentes de láser de 532 y 633 nm, para analizar pigmentos en muestras de yeso. Las condiciones de análisis incluyen un láser de Ar de 532 nm, potencia de 2,5 mW, tiempo de exposición de 10 s y 10 acumulaciones por punto analizado.

Composición elemental - Elementos mayores y trazas: Para analizar la composición elemental de los yesos, se usará un equipo de microsonda electrónica (EPMA) que permite la identificación y cuantificación de elementos mayores, menores y trazas. Esto no dañará las muestras y ayudará a diferenciar yesos con y sin cianobacterias.

Microscopía electrónica de barrido - SEM: se empleará la microscopía electrónica de barrido para obtener imágenes de alta resolución de los microorganismos en fisuras o poros del yeso. Se prepararán las muestras para el análisis metalizándolas con una aleación de Au-Pd y se usarán observaciones a 30kV.

Difracción de rayos X - XRD: se utilizará la difracción de rayos X para caracterizar materiales cristalinos, proporcionando información sobre estructuras, fases y otros parámetros. Se evaluarán las muestras de yeso con un barrido de 5° a 90° y un tamaño de paso de 0,02°.

Petrografía: La petrografía implica la observación microscópica de secciones delgadas de las muestras para describir y categorizar las rocas según su textura y composición mineral. Se prepararán las secciones delgadas y se analizarán con un microscopio petrográfico.

Secuenciación y Metagenómica: Se extraerá y purificará el ADN de las muestras de yeso y se amplificará el gen de ARN ribosomal 16S. Luego, se secuenciarán los amplicones utilizando Illumina y se analizarán los datos mediante el software Qiime2. Las funciones metabólicas de la comunidad microbiana se estimarán utilizando la plataforma Tax4Fun2.

Análisis estadísticos: Los datos se analizarán mediante el Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) para representar tablas de contingencia bidireccionales y explorar la asociación entre variables nominales u ordinales. Esta técnica proporciona información sobre las relaciones entre modalidades de respuesta de las variables empleadas.

Consideraciones Éticas

En este proyecto no se va afectar ninguna comunidad humana, ningún ecosistema. Tampoco se afectará el paisaje.

Justificación y alcance de la propuesta de investigación

Los hallazgos de esta investigación pueden tener un impacto significativo en la conservación de ecosistemas en Colombia, y en la búsqueda de vida en otros planetas, especialmente aquellos que albergan minerales translúcidos. Además, el estudio puede proporcionar información relevante respecto a la respuesta ecológica de microorganismos endolíticos expuestos a altos niveles de radiación ultravioleta.

Las limitaciones de la investigación son: La investigación se centrará en muestras de yeso específicas en Colombia y puede no ser completamente representativa de todas las condiciones de yeso en el país.

Las conclusiones de la investigación se aplicarán principalmente al contexto colombiano y pueden no ser directamente extrapolables a otras regiones geográficas.

Dado que la radiación UV es solo un factor ambiental, otras variables ambientales pueden influir en la adaptación de los microorganismos.

Aporte del proyecto al proceso de formación de estudiantes o de los semilleros

Al menos tres estudiantes de posgrado están involucrados. Se espera involucrar 3 estudiantes de pregrado pertenecientes al semillero de ciclos biogeoquímicos.

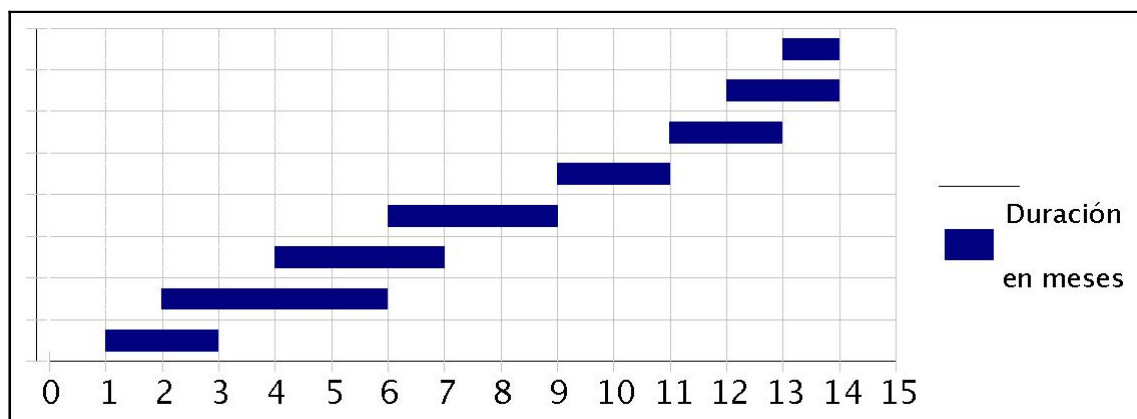
ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA

Actividad	Responsable	Mes inicial	Duración
Objetivo 1: Identificar Comunidades Microbianas Endolíticas: Recolectar muestras de yeso en las regiones de Sáchica, Villa de Leyva, Chaparral y Los Santos. Preparar las muestras para su análisis microbiano, incluyendo la preparación de secciones finas.	JULIAN ANDREAS CORZO ACOSTA	1	2
Objetivo 2: Caracterizar Pigmentos Microbianos Realizar análisis de pigmentos microbianos utilizando la técnica de Microscopía Raman. Generar mapas de distribución de pigmentos en las muestras de yeso. Relacionar la composición de pigmentos con la presencia y abundancia de comunidades microbianas endolíticas en las muestras. Evaluar si la pigmentación se correlaciona con factores ambientales, como la radiación UV y la altitud.	JULIAN ANDREAS CORZO ACOSTA	2	4
Objetivo 3: Evaluar Composición Elemental de los Yesos. Realizar análisis de composición elemental de las muestras de yeso utilizando la microsonda electrónica (EPMA). Cuantificar elementos mayores, menores y trazas presentes en los	CHRISTIAN FERNANDO GÓMEZ HERRERA	4	3



yesos. Comparar la composición entre yesos que albergan cianobacterias y aquellos que no muestran estas colonizaciones. Evaluar si existen patrones en la composición elemental que puedan explicar las diferencias en la colonización microbiana.			
Objetivo 4: Visualizar Microorganismos con Microscopía Electrónica de Barrido. Preparar las muestras de yeso para su análisis con microscopía electrónica de barrido (SEM). Realizar imágenes de alta resolución de los microorganismos presentes en las fisuras o poros del yeso. Investigar las características morfológicas de los microorganismos y su ubicación precisa en el sustrato de yeso. Evaluar si la estructura cristalina del yeso influye en la distribución espacial de los microorganismos.	ARIEL OSWALDO CADENA SANCHEZ	6	3
Objetivo 5: Analizar Estructura Cristalina con Difracción de Rayos X Preparar las muestras de yeso para el análisis de difracción de rayos X (XRD). Realizar análisis de XRD para obtener información sobre la estructura cristalina de las muestras. Identificar las fases minerales presentes y evaluar la cristalinidad y la orientación cristalina preferida (textura). Explorar las posibles relaciones entre la estructura cristalina y la colonización microbiana.	SUSANA SALAZAR JARAMILLO	9	2
Objetivo 6: Realizar Análisis Petrográfico Preparar secciones delgadas de las muestras de yeso y prepararlas para análisis petrográfico. Observar las muestras a través de un microscopio petrográfico.	JULIAN ANDREAS CORZO ACOSTA	11	2

Describir y categorizar las rocas en función de su textura y composición mineralógica. Identificar características cristalinas y relacionarlas con la presencia de microorganismos y pigmentos.			
Objetivo 7: Secuenciación y Metagenómica Rascar el interior de las muestras de yeso para obtener muestras de ADN. Extraer y purificar el ADN utilizando un kit comercial de extracción de ADN. Evaluar la cantidad y calidad del ADN extraído utilizando un espectrofotómetro (nanodrop). Amplificar el gen de ARN ribosomal 16S y enviar las muestras de amplicones para su secuenciación masiva utilizando la plataforma Illumina.	JULIAN ANDREAS CORZO ACOSTA	12	2
Objetivo 8: Análisis Estadísticos Realizar un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) para evaluar las relaciones entre las variables estudiadas, incluyendo la composición mineral, la textura, la presencia de pigmentos y microorganismos. Generar gráficos y visualizaciones que representen las asociaciones entre estas variables. Interpretar los resultados del ACM para identificar patrones significativos y relaciones entre los factores estudiados.	ANDRES OCHOA JARAMILLO	13	1



BIBLIOGRAFÍA

- ¿Bukin, Y. S., Galachyants, Y. P., Morozov, I. V., Bukin, S. V., Zakharenko, A. S., & Zemskaya, T. I. (2019). The effect of 16s rRNA region choice on bacterial community metabarcoding results. *Scientific Data*, 6. <https://doi.org/10.1038/sdata.2019.7>
- ¿Cámara, B., De Los Ríos, A., García-del-Cura, M. A., Galván, V., & Ascaso, C. (2008). Dolostone bioreceptivity to fungal colonization | Biorreceptividad de las dolomías a la colonización fúngica. *Materiales de Construcción*, 58(289;290), 113;124.
- ¿Cockell, C. S., Hecht, L., Landenmark, H., Payler, S. J., & Snape, M. (2018). Rapid colonization of artificial endolithic uninhabited habitats. In *International Journal of Astrobiology* (Vol. 17, Issue 4, pp. 386;401). <https://doi.org/10.1017/S1473550417000398>
- ¿Cockell, C. S., Osinski, G. R., Banerjee, N. R., Howard, K. T., Gilmour, I., & Watson, J. S. (2010). The microbe-mineral environment and gypsum neogenesis in a weathered polar evaporite. *Geobiology*, 8(4), 293;308. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4669.2010.00240.x>
- ¿Cockell, C. S., Schuerger, A. C., Billi, D., Friedmann E. I., & Panitz, C. (2005). Effects of a simulated martian UV flux on the cyanobacterium, *Chroococcidiopsis* sp. 029. *Astrobiology*, 5(2), 127;140. <https://doi.org/https://doi.org/10.1089/ast.2005.5.127>
- ¿Corzo-Acosta, J. A., & Corzo, J. A. (2022). Statistical trends in culture methods of endolithic bacteria extracted from Quartz, K-Feldspar (Jurassic) and Calcite (Quaternary) in semi-arid areas in Colombia. *Geologica Acta*, 20(17), 1;16. <https://doi.org/10.1344/GeologicaActa2022.20.17>
- ¿Crits-Christoph, A., Gelsinger, D. R., Ma, B., Wierchos, J., Ravel, J., Davila, A., Casero, M. C., & DiRuggiero, J. (2016). Functional interactions of archaea, bacteria and viruses in a hypersaline endolithic community. *Environmental Microbiology*, 18(6), 2064;2077. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13259>
- ¿Crits-Christoph, A., Robinson, C. K., Ma, B., Ravel, J., Wierchos, J., Ascaso, C., Artieda, O., Souza-Egipsy, V., Casero, M. C., & DiRuggiero, J. (2016). Phylogenetic and functional substrate specificity for endolithic microbial communities in hyper-arid environments. *Frontiers in Microbiology*, 7 (MAR). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00301>
- ¿Cruz Montoya, N. M. (2018). Evaluación del proceso de perforación y voladura en la explotación de yeso de la mina el toro, los Santos- Santander.
- ¿Daza, I., & Osorio, M. (1972). La minería del yeso en Colombia. Ministerio de Minas y Petróleos.
- ¿Dong, H., Rech, J. A., Jiang, H., Sun, H., & Buck, B. J. (2007). Endolithic Cyanobacteria in soil gypsum.pdf. In *J. Geophys.* (Vol. 112, Issue G02030).
- ¿Edwards, H. G. M., Villar, S. E. J., Parnell, J., Cockell, C. S., & Lee, P. (2005). Raman spectroscopic analysis of cyanobacterial gypsum halotrophs

and relevance for sulfate deposits on Mars. *Analyst*, 130(6), 917-923. <https://doi.org/10.1039/b503533c>

¿Estaki, M., Jiang, L., Bokulich, N. A., McDonald, D., González, A., Kosciolk, T., Martino, C., Zhu, Q., Birmingham, A., Vázquez-Baeza, Y., Dillon, M. R., Bolyen, E., Caporaso, J. G., & Knight, R. (2020). QIIME 2 Enables Comprehensive End-to-End Analysis of Diverse Microbiome Data and Comparative Studies with Publicly Available Data. *Current Protocols in Bioinformatics*, 70(1). <https://doi.org/10.1002/cpbi.100>

¿Etayo-Serna, F. (1975). Zonation of the cretaceous of Central Colombia by ammonites.

¿Farley, K. A., Williford, K. H., Stack, K. M., Bhartia, R., Chen, A., de la Torre, M., Hand, K., Goreva, Y., Herd, C. D. K., Hueso, R., Liu, Y., Maki, J. N., Martinez, G., Moeller, R. C., Nelessen, A., Newman, C. E., Nunes, D., Ponce, A., Spanovich, N., & Wiens, R. C. (2020). Mars 2020 Mission Overview. *Space Science Reviews*, 216(8), 142. <https://doi.org/10.1007/s11214-020-00762-y>

¿Fishbaugh, K. E., Poulet, F., Chevrier, V., Langevin, Y., & Bibring, J. P. (2007). On the origin of gypsum in the Mars north polar region. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 112(7). <https://doi.org/10.1029/2006JE002862>

¿Gendrin, A., Mangold, N., Bibring, J. P., Langevin, Y., Gondet, B., Poulet, F., Bonello, G., Quantin, C., Mustard, J., Arvidson, R., & Le Mouélic, S. (2005). Sulfates in Martian layered terrains: The OMEGA/Mars express view. *Science*, 307(5715), 1587-1591. <https://doi.org/10.1126/science.1109087>

¿Guillitte. (1995). Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies. In *The Science of the Total Environment* (Vol. 167).

¿Hernández-Torres, J., Castillo Villamizar, G. A., Salgar-Chaparro, S. J., Silva-Plata, B. A., Serna Daza, O. D., Martínez-Pérez, F., Mier Umaña, R., Levy, M., & Fuentes, J. L. (2016). Prokaryotic Community Characterization in a Mesothermic and Water-Flooded Oil Reservoir in Colombia. *Geomicrobiology Journal*, 33(2), 110-117. <https://doi.org/10.1080/01490451.2015.1039674>

¿(IDEAM) Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2010). DISTRIBUCIÓN DEL ÍNDICE ULTRAVIOLETA MÁXIMO DIARIO. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

¿Jehlička, J., & Culka, A. (2022). Critical evaluation of portable Raman spectrometers: From rock outcrops and planetary analogs to cultural heritage & A review. In *Analytica Chimica Acta* (Vol. 1209). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2021.339027>

¿Jehlička, J., Edwards, H. G. M., & Oren, A. (2014). Raman spectroscopy of microbial pigments. In *Applied and Environmental Microbiology* (Vol. 80, Issue 11, pp. 3286-3295). American Society for Microbiology. <https://doi.org/10.1128/AEM.00699-14>

¿Jehlička, J., Oren, A., & Edwards, H. G. M. (2012). Raman spectra of osmotic solutes of halophiles. *Journal of Raman Spectroscopy*, 43(8), 1134-1140. <https://doi.org/10.1002/jrs.3136>

¿Mandelli, F., Miranda, V. S., Rodrigues, E., & Mercadante, A. Z. (2012). Identification of carotenoids with high antioxidant capacity produced by extremophile microorganisms. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1781-1790. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0993-y>

¿Massé, M., Bourgeois, O., Le Mouélic, S., Verpoorter, C., Spiga, A., & Le Deit, L. (2012). Wide distribution and glacial origin of polar gypsum on Mars. *Earth and Planetary Science Letters*, 317-318, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.11.035>

¿McNamara, C. J., Perry IV, T. D., Bearce, K. A., Hernandez-Duque, G., & Mitchell, R. (2006). Epilithic and endolithic bacterial communities in limestone from a Maya archaeological site. *Microbial Ecology*, 51(1), 51-64. <https://doi.org/10.1007/s00248-005-0200-5>

¿Meslier, V., Casero, M. C., Dailey, M., Wierzbos, J., Ascaso, C., Artieda, O., McCullough, P. R., & DiRuggiero, J. (2018). Fundamental drivers for

endolithic microbial community assemblies in the hyperarid Atacama Desert. *Environmental Microbiology*, 20(5), 1765-1781. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14106>

ŽNěmečková, K., Culka, A., & Jehlička, J. (2022). Detecting pigments from gypsum endoliths using Raman spectroscopy: From field prospection to laboratory studies. *Journal of Raman Spectroscopy*, 53(3), 630-644. <https://doi.org/10.1002/jrs.6144>

ŽNěmečková, K., Culka, A., Němec, I., Edwards, H. G. M., Mareš, J., & Jehlička, J. (2021). Raman spectroscopic search for scytonemin and gloeocapsin in endolithic colonizations in large gypsum crystals. *Journal of Raman Spectroscopy*, 52(12), 2633-2647. <https://doi.org/10.1002/jrs.6186>

ŽNěmečková, K., Jehlička, J., & Culka, A. (2020). Fast screening of carotenoids of gypsum endoliths using portable Raman spectrometer (Messinian gypsum, Sicily). *Journal of Raman Spectroscopy*, 51(7), 1127-1137. <https://doi.org/10.1002/jrs.5891>

ŽNúñez Tello, A. (2001). Mapa geológico del departamento del Tolima, Memoria Explicativa. 1:101.

ŽPopović, S., Nikolić, N., Predojević, D., Jakovljević, O., Rača, T., Anđelković, A., & Subakov Simić, G. (2021). ENDOLITHIC PHOTOTROPHS: EXAMPLES FROM CAVE-LIKE ENVIRONMENTS. In Kragujevac J. Sci (Vol. 43).

ŽRull, F., Maurice, S., Hutchinson, I., Moral, A., Perez, C., Diaz, C., Colombo, M., Belenguer, T., Lopez-Reyes, G., Sansano, A., Forni, O., Parot, Y., Striebig, N., Woodward, S., Howe, C., Tarcea, N., Rodriguez, P., Seoane, L., Santiago, A., & Vago, J. L. (2017). The Raman Laser Spectrometer for the ExoMars Rover Mission to Mars. *Astrobiology*, 17(6), 627-654. <https://doi.org/10.1089/ast.2016.1567>

ŽSajjad, W., Ilahi, N., Kang, S., Bahadur, A., Zada, S., & Iqbal, A. (2022). Endolithic microbes of rocks, their community, function and survival strategies. In *International Biodeterioration and Biodegradation* (Vol. 169). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2022.105387>

ŽSchiffman, P., & Roeske, S. (2001). *Electron Microprobe Analysis of Minerals*.

ŽShkolyar, S., & Farmer, J. D. (2018). Biosignature preservation potential in playa evaporites: Impacts of diagenesis and implications for mars exploration. *Astrobiology*, 18(11), 1460-1478. <https://doi.org/10.1089/ast.2018.1849>

ŽSingh, J., Tripathi, R., & Thakur, I. S. (2014). Characterization of endolithic cyanobacterial strain, *Leptolyngbya* sp. ISTCY101, for prospective recycling of CO₂ and biodiesel production. *Bioresource Technology*, 166, 345-352. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.055>

ŽStivaletta, N., & Barbieri, R. (2008). Endoliths in terrestrial arid environments: implications for astrobiology. In J. Seckbach & M. Walsh (Eds.), *Fossils to Astrobiology: Records of Life on Earth and Search for Extraterrestrial Biosignatures* (Vol. 1, pp. 319-333).

ŽTakaichi, S., & Mochimaru, M. (2007). Carotenoids and carotenogenesis in cyanobacteria: Unique ketocarotenoids and carotenoid glycosides. In *Cellular and Molecular Life Sciences* (Vol. 64, Issues 19-20, pp. 2607-2619). <https://doi.org/10.1007/s00018-007-7190-z>

ŽVítek, P., Ascaso, C., Artieda, O., & Wierzechos, J. (2016). Raman imaging in geomicrobiology: endolithic phototrophic microorganisms in gypsum from the extreme sun irradiation area in the Atacama Desert. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408(15), 4083-4092. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9497-9>

ŽVítek, P., Jehlička, J., Ascaso, C., Mažek, V., Gómez-Silva, B., Olivares, H., & Wierzechos, J. (2014). Distribution of scytonemin in endolithic microbial communities from halite crusts in the hyperarid zone of the Atacama Desert, Chile. *FEMS Microbiology Ecology*, 90(2), 351-366. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12387>

ŽWemheuer, F., Taylor, J. A., Daniel, R., Johnston, E., Meinicke, P., Thomas, T., & Wemheuer, B. (2020). Tax4Fun2: Prediction of habitat-specific functional profiles and functional redundancy based on 16S rRNA gene sequences. *Environmental Microbiomes*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/>

s40793-020-00358-7

¿Westall, F., Foucher, F., Bost, N., Bertrand, M., Loizeau, D., Vago, J. L., Kminek, G., Gaboyer, F., Campbell, K. A., Bréhéret, J.-G., Gautret, P., & Cockell, C. S. (2015). Biosignatures on Mars: What, Where, and How? Implications for the Search for Martian Life. *Astrobiology*, 15(11). <https://doi.org/10.1089/ast.2015.1374>

¿Wierzchos, J., Ascaso, C., & Mckay, C. P. (2006a). Endolithic Cyanobacteria in Halite Rocks from the Hyperarid Core of the Atacama Desert (Vol. 1, Issue 4).

¿Wierzchos, J., Ascaso, C., & Mckay, C. P. (2006b). Endolithic Cyanobacteria in Halite Rocks from the Hyperarid Core of the Atacama Desert. *Astrobiology*, 1(4), 1.

¿Wierzchos, J., Casero, M. C., Artieda, O., & Ascaso, C. (2018). Endolithic microbial habitats as refuges for life in polyextreme environment of the Atacama Desert. In *Current Opinion in Microbiology* (Vol. 43, pp. 124¿131). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2018.01.003>

¿Wierzchos, J., DiRuggiero, J., Vitek, P., Artieda, O., Souza-Egipsy, V., ¿kaloud, P., Tisza, M. J., Davila, A. F., Vélchez, C., Garbayo, I., & Ascaso, C. (2015). Adaptation strategies of endolithic chlorophototrophs to survive the hyperarid and extreme solar radiation environment of the Atacama Desert. *Frontiers in Microbiology*, 6(SEP). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00934>

¿¿Barragán, C. E., Márquez, M. A., Dopson, M., & Montoya Castaño, D. (2020). Isolation of Arsenic Resistant and Arsenopyrite Oxidizing Acidithiobacillus Species from pH Neutral Colombian Mine Effluents. *Geomicrobiology Journal*, 37(7), 682¿689. <https://doi.org/10.1080/01490451.2020.1761910>

¿Bolyen, E., Rideout, J. R., Dillon, M. R., Bokulich, N. A., Abnet, C. C., Al-Ghalith, G. A., Alexander, H., Alm, E. J., Arumugam, M., Asnicar, F., Bai, Y., Bisanz, J. E., Bittinger, K., Brejnrod, A., Brislawn, C. J., Brown, C. T., Callahan, B. J., Caraballo-Rodríguez, A. M., Chase, J., ¿ Caporaso, J. G. (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. In *Nature Biotechnology* (Vol. 37, Issue 8, pp. 852¿857). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9>

ARCHIVOS ADJUNTOS

Hermes_60762_Carta_Aval_Contrapartida_Especie_FacMinas.pdf

Aval_profesor_Ariel_Medellin.pdf

Aval_SSJ.pdf

Resolucion_Ciencias_0238.pdf

AO_hoja-vida-docente.pdf

HV_Hermes_Susana.pdf

Ariel_Cadena_-_CV_Hermes_-_Noviembre_2023_(1).pdf

Resolucion_Ciencias_0699.pdf

Resoluci¿¿n_Ciencias_0534.pdf

Resolucion_Ciencias_1167.pdf

Resolucion_Ciencias_1403.pdf

MFC10040706.pdf

M.FC.1.004-1019-25_Aprobación_asuntos_de_Investigación.pdf

Yo, SUSANA SALAZAR JARAMILLO investigador(a) principal del proyecto: --Geoquímica de microorganismos endolíticos en zonas de alta radiación en Colombia declaro:

- Conozco los términos de referencia de la convocatoria: CONVOCATORIA FORTALECIMIENTO A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS 2023 .

- Que junto con todos los participantes de este proyecto aceptamos y cumplimos todos los requisitos estipulados en los términos de referencia y renunciamos a cualquier reclamación por ignorancia o errónea interpretación de estos documentos

SUSANA SALAZAR JARAMILLO

RESPONSABLE DEL PROYECTO