

JEFATURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Título del proyecto

Biodeterioro del Complejo Arqueológico Ingapirca: microbiología y liquenología de sustratos pétreos

Carrera(s): ARQUITECTURA, BIOFARMACIA, INGENIERÍA AMBIENTAL,

Director del Proyecto:

LUIS ANDRÉS YARZÁBAL RODRÍGUEZ; 0151710431; BIOQUÍMICA Y FARMACIA; UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR; MATRIZ

Colaboradores del Proyecto

María del Cisne Aguirre; 0103797254; Arquitectura; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz.

Marjorie Jazmín Salazar Orellana; 0703228841; Enfermería; Unidad Académica de Salud y Bienestar; Matriz.

Lenys Buela Salazar; 0960197929; Bioquímica y Farmacia; Unidad Académica de Salud y Bienestar; Matriz.

José Esteban Torracchi Carrasco; 0102001385; Odontología; Unidad de Salud y Bienestar; Matriz.

Paula Milena Cordero Cueva; 0101970945; Ingeniería Ambiental; Unidad de Ingenierías, Industria y Construcción; Matriz.

Jefferson Eloy Torres Quezada; 0704535087; Arquitectura; Unidad de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz.

Código de Proyecto: PICCIITT19-21

Cuenca, julio de 2021

Versión 2.0

TABLA DE CONTENIDOS

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO	3
1. TÍTULO.....	3
2. CARRERAS	3
3. MATRIZ, SEDE O EXTENSIÓN	3
B. INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	3
4. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DE L PROYECYO	3
4.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	3
4.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	4
4.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:.....</i>	5
5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.....	6
5.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	6
5.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	8
5.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:.....</i>	8
6. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS	9
6.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	9
6.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	9
6.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:.....</i>	10
C. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO.....	10
7. PERSONAL DEL PROYECTO – ESTUDIANTES.....	10
D. CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS	11
8. CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN	11
9. LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL	11
10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO	11
11. PROGRAMA:	11
12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	11
13. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	12
14. REQUIERE AVAL Y/O PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA.....	12
15. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	12
E. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	13
16. RESUMEN DEL PROYECTO	13
17. PALBARAS CLAVES	13
18. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	13
19. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	14
20. OBJETIVOS	15
21. ESPECÍFICOS.....	15
22. MARCO METODOLÓGICO	15
F. IMPACTO DEL PROYECTO	17
23. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA.....	17
24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO	17
25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS	18
26. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
G. ANEXOS.....	21

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1. TÍTULO
Biodeterioro del Complejo Arqueológico Ingapirca: microbiología y liquenología de sustratos pétreos
2. CARRERAS
ARQUITECTURA, BIOFARMACIA, INGENIERÍA AMBIENTAL,
3. MATRIZ, SEDE O EXTENSIÓN
MATRIZ CUENCA

B. INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

4. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DE L PROYECYO	
Función en el proyecto	DIRECTOR DEL PROYECTO
Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión	
LUIS ANDRÉS YARZÁBAL RODRÍGUEZ; 0151710431; BIOQUÍMICA Y FARMACIA; UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD y BIENESTAR; MATRIZ	
4.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:	
Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil	
Fighting plant pathogens with cold-active microorganisms: biopesticide development and agriculture intensification in cold climates; Appl Microbiol Biotechnol; ISSN: 1432-0614; Vol. 104; No ; 2020; https://doi.org/10.1007/s00253-020-10812-8; Q1. Root endophytic fungi promote in vitro seed germination in Pleurothallis coriocardia (Orchidaceae). Lankesteriana; ISSN: 2215-2067; Vol. 20; No. 1; 2020; 10.15517/lank.v20i1.41472; Q2. Perspectives for using glacial and periglacial microorganisms for plant growth promotion at low temperatures. Appl Microbiol Biotechnol. ISSN: 1432-0614; Vol. 104; No. ; 2020; 10.1007/s00253-020-10468-4; Q1. Eurypsychrophilic Pseudomonas spp. isolated from Venezuelan tropical glaciers as promoters of wheat growth and biocontrol agents of plant pathogens at low temperatures. Environmental Sustainability; ISSN: 2523-8922; Vol. 2; No. ; 2019; https://doi.org/10.1007/s42398-019-00072-2; No aplica cuartil.	

Técnicas de biología molecular para la investigación en odontología y biología oral (2ª parte).
Odontología Activa; ISSN: 2588-0624; Vol. 4; No. 3; 2019; <https://doi.org/10.31984/oactiva.v4i3.395>;
Latindex 2.0.

Metagenomic survey of the bacterial communities in the rhizosphere of three Andean tuber crops.
Symbiosis; ISSN: 1878-7665; Vol. 79; No. ; 2019; <https://doi.org/10.1007/s13199-019-00631-5>; Q1.

Bioprospecting cold-adapted plant growth promoting microorganisms from mountain environments.
Applied Microbiology and Biotechnology; ISSN: 1432-0614; Vol. 103; No. 2; 2018; 10.1007/s00253-018-
9515-2; Q1.

Antarctic Pseudomonas spp. promote wheat germination and growth at low temperatures. Polar Biology;
ISSN: 1432-2056; Vol. 41; No. 11; 2018; <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2374-6>; Q1.

Técnicas de Biología Molecular para la investigación en odontología y biología oral. Odontología Activa
3(1): 29-36.

ISSN: 2588-0624; Vol. 3; No. 1; 2018; <https://doi.org/10.31984/oactiva.v3i1.146> ; Latindex 2.0.

Diversity of culturable bacteria recovered from Pico Bolívar's glacial and subglacial environments, at
4950 m, in Venezuelan tropical Andes. Can. J. Microbiol ;ISSN: 0008-4166; Vol. 62; No. ; 2016;
10.1139/cjm-2016-0172; Q2.

Bioprospecting glacial ice for plant growth promoting bacteria. Microbiological Research; ISSN: 0944-
5013; Vol. 177; No. 1; 2015; 10.1016/j.micres.2015.05.001; Q3.

4.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

1) Yarzabal, L.A. (2020) Bioprospecting Extreme Ecosystems Before They Vanish: The (Poorly Studied) Microbiology of Tropical Glaciers. En: Extreme Environments Unique Ecosystems – Amazing Microbes (Pandey A & Sharma A, eds.); Editorial CRC Press (Taylor & Francis Group); 9780367350161; SI

2) Yarzabal, L.A., Chica, E. 2019. Role of rhizobacterial exometabolites in crop protection against agricultural pests and diseases. En: New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering-Metabolites (Pandey et al editors). Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/new-and-future-developments-in-microbial-biotechnology-and-bioengineering/gupta/978-0-444-63504-4>; Editorial Elsevier; 9780444635112; SI

3) Yarzabal, L.A., Chica, E. 2017. Potential for Developing Low-Input Sustainable Agriculture in the Tropical Andes by Making Use of Native Microbial Resources. Singh D.P. (ed.) Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives Vol.2. Microbial Interactions and Agro-ecological Impacts; Springer; ISBN 978-981-10-6593-4; SI

4) Yarzabal L.A., Chica E.J., Quichimbo P. 2017. Microbial Diversity of Tropical Andean Soils and Low-Input Sustainable Agriculture Development. En: Meena V., Mishra P., Bisht J., Pattanayak A. (eds) Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture. Springer, Singapore. pp 207-234; Editorial: Springer; ISBN 978-981-10-5589-8; SI

5) Yarzabal, L.A. 2016. Antarctic Psychrophilic Microorganisms and Biotechnology: History, Current Trends, Applications, and Challenges. En: S. Castro-Sowinski (ed.), Microbial Models: From Environmental to Industrial Sustainability, Microorganisms for Sustainability 1. Springer Science Business Media Singapore. pp. 83-118. DOI 10.1007/978-981-10-2555-6_5; Editorial Springer; ISBN 978-981-10-2555-6; SI

4.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

Nombre del proyecto: Colaborador en ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD ANTIBIÓTICA DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS EN DIFERENTES TIPOS DE MUESTRAS CLÍNICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA;

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA (UCACUE);

Monto financiado USD 15.000;

fecha de inicio: 21-02-2019;

Fecha de culminación: En curso.

Nombre del proyecto: Colaborador en VIRULENCIA Y DIVERSIDAD DE CEPAS DE CANDIDA SPP. QUE CIRCULAN EN LA CIUDAD DE CUENCA (PROVINCIA DE AZUAY), EN PACIENTES PORTADORES DE PRÓTESIS TOTALES: UNA EVALUACIÓN FENOTÍPICA Y GENÉTICA MOLECULAR;

Institución: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA (UCACUE);

Monto financiado USD 27.000;

Fecha de Inicio: 26-07-2018;

Fecha de culminación: En curso.

Nombre del proyecto: Colaborador de METAGENÓMICA DE COMUNIDADES MICROBIANAS EN SUELOS AGRÍCOLAS BAJO SISTEMAS DE MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL;

Institución: UNIVERSIDAD DE CUENCA;

Monto financiado; USD 35.000;

Fecha de inicio: 05-09-2015;

Fecha de culminación: 12-02-2019.

Nombre del Proyecto: Director de DESARROLLO DE BIOFERTILIZANTES RESISTENTES AL FRÍO (FASE1): PROSPECCIÓN DE AMBIENTES PERMANENTEMENTE FRÍOS PARA EL AISLAMIENTO DE BACTERIAS PSICROTOLERANTES PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL;

Institución: SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (SENESCYT);

Monto financiado: USD 5.000;

Fecha de inicio: 11-08-2014;

Fecha de culminación: 10-08-2015.

Nombre del Proyecto: Director de BIOPROSPECCIÓN DE SUELOS DE CULTIVOS AUTÓCTONOS EN EL PÁRAMO ECUATORIANO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS DE INTERÉS AGRÍCOLA ÚTILES PARA EL DESARROLLO DE BIOFERTILIZANTES; SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (SENESCYT);

Monto financiado USD 5.000;

fecha de inicio: 07-03-2016;

Fecha de culminación: 05-03-2017.

5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Función en el proyecto	COLABORADORES UCACUE
------------------------	----------------------

Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión

María del Cisne Aguirre; 0103797254; Arquitectura; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz.

Marjorie Jazmín Salazar Orellana; 0703228841; Enfermería; Unidad Académica de Salud y Bienestar; Matriz.

Lenys Buela Salazar; 0960197929; Bioquímica y Farmacia; Unidad Académica de Salud y Bienestar; Matriz.

José Esteban Torracchi Carrasco; 0102001385; Odontología; Unidad de Salud y Bienestar; Matriz.

Paula Milena Cordero Cueva; 0101970945; Ingeniería Ambiental; Unidad de Ingenierías, Industria y Construcción; Matriz.

Jefferson Eloy Torres Quezada; 0704535087; Arquitectura; Unidad de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz.

5.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:

Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

María del Cisne Aguirre Ullauri y Alvaro Álvarez; Análisis histórico-constructivo de la iglesia de Santo Domingo de Guzmán (Pajarejos, Segovia) por medio del análisis estratigráfico constructivo; Maskana; 2477-8893, 6(1); 131-148; 2015; <https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.10> ; sin cuartil.

María del Cisne Aguirre Ullauri; La Hacienda de Shuracpamba: visión arquitectónica desde el análisis estratigráfico; Arqueología de la Arquitectura; 1989-5313; 13; 1-14; 2017; <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2016.021> ; Q2.

María del Cisne Aguirre Ullauri; José Luis Solano Peláez, Amanda García Cordero, Darío López; Pablo Carrión, Christian Segarra, Liliana Yamunaque; Evaluación del impacto ambiental en la arquitectura patrimonial a través de la aplicación de la Matriz de Leopold como un posible sistema de monitoreo interdisciplinar; ASRI: Arte y Sociedad. Revista de Investigación; 2174-7563; 14, 17 – 34; 2018; sin doi; sin cuartil.

Pablo Aparicio, Fredy Espinoza, María del Cisne Aguirre Ullauri; Paulina Mejía, Christian Matovelle; Fotogrametría digital para el levantamiento 3d del yacimiento arqueológico de Todos Santos. Cuenca, Ecuador; ESTOA. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca; 1390-9274; 13 (7), 25 – 35; 2018; <https://doi.org/10.18537/est.v007.n013.a02> ; sin cuartil.

María del Cisne Aguirre Ullauri, Marco Ávila Calle, Cristina Cordero Jarrín, Iván Andrade Quintuña; Evaluación de riesgos y vulnerabilidad. El caso de una vivienda patrimonial en Cuenca, Ecuador. AUC. Revista de Arquitectura; 1390-3284; 39, 7 – 17; 2018; sin doi; sin cuartil.

Andreina Cortés Aguirre, María del Cisne Aguirre Ullauri, Christian Contreras Escandón, Impacto del Decreto de Emergencia del Patrimonio Cultural del Ecuador. Análisis costo – beneficio. Revista de Urbanismo, 0717-5051; 41, 1 – 20; 2019; 10.5354/0717-5051.2019.52492 ; Q4.

María del Cisne Aguirre Ullauri, Gema Zamora Cedeño, Andreina Cortés Aguirre; Estratigrafía constructiva y lesiones patológicas. Desarrollo temporal y coexistencia de materiales en la arquitectura del centro histórico de Cuenca (Ecuador). Arqueología de la Arquitectura, 1989-5313; 17, 1 – 25; 2020; <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2020.002>; Q3.

Gema Zamora Cedeño y María del Cisne Aguirre Ullauri; Consideraciones sobre la vulnerabilidad del patrimonio arquitectónico. Caso de estudio la Iglesia del Sagrario (Cuenca, Ecuador). Intervención, 2448-5934, 1(21), 257–327; 2020; <https://doi.org/10.30763/Intervencion.229.v1n21.08.2020>; sin cuartil.

María del Cisne Aguirre Ullauri, Edison Castillo Carchipulla y Darío López León; Envoltantes arquitectónicas: diagnóstico de materiales y lesiones en las fachadas del centro histórico de Cuenca (Ecuador). Ge Conservación, 1989-8568; 17(1), 47-63; 2020; <https://doi.org/10.37558/gec.v17i1.682>; Q2.

María del Cisne Aguirre Ullauri, Arquitectura patrimonial y arqueología histórica: relaciones y proyecciones en el siglo XXI, caso Cuenca (Ecuador). Estudios Atacameños; 0718-1043, 0716-0925; (64), 221-241; 2020; <https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2020-0008>; Q1.

María del Cisne Aguirre Ullauri; José Francisco Pesántez Pesántez y Carlos Tapia; La lectura estratigráfica y el proyecto arquitectónico: un caso de estudio en Cuenca (Ecuador); Revista de Arquitectura (Bogotá); 2357-626X; 2020; 23(1). <https://doi.org/10.14718/RevArq.2021.3328>; sin cuartil.

Jefferson Torres-Quezada, Helena Coch & Antonio Isalgué; Data set of climatic factors measured in a low latitude region with warm and humid climate: solar radiation, cloud cover and sky temperature; Aceptado, Q1.

Jefferson Torres-Quezada, Helena Coch & Antonio Isalgué; Assessment of the reflectivity and emissivity impact on light metal roofs thermal behaviour, in warm and humid climate; Energy and Buildings; 188-189; 2019; doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.022; Q1.

Marjorie Jazmín Salazar Orellana; Endophytic fungi associated with roots of epiphytic orchids in two andean forests in southern Ecuador and their role in germination; Lankesteriana; ISSN; Vol 20; No 1; 2020; <http://dx.doi.org/10.15517/lank.v20i1.41157>; Q2.

Marjorie Jazmín Salazar Orellana; Especificidad del hongo micorrizico (Rizoctonia sp.) en Phaelonopsis sp., Cymbidium sp., Trichocerus antenifer, Oncidium excavatum, y Cyrtorchillum sp.; Maskana; ISSN; Vol 7; No 1; 2016; <https://doi.org/10.18537/mskn.07.01.08>; Latindex.

Paula Cordero; El microrefugio de Uchucay: un relicto de bosque interandino con una importante riqueza arbórea en el sur del Ecuador; Pirineos; ISSN 0373-2568; 174; No; 2018; <https://doi.org/10.3989/pirineos.2019.174007>; Q3.

Paula Cordero; Consecuencias económicas en el Producto Interno Bruto del decrecimiento poblacional en los países que atraviesan la fase final de su transición demográfica. Ecuador; Maskana; ISSN 2477-8893; 8; 2; 2017; <https://doi.org/10.18537/mskn.08.01.06> 71; No aplica.

Paula Cordero; La biodiversidad urbana como síntoma de una ciudad sostenible. Estudio de la zona del Yanuncay en Cuenca- Ecuador; Maskana; ISSN 2477-8893; 6; 1; 2015; <https://doi.org/10.18537/mskn.08.01.06> 71; No aplica.

Lenys M. Buela; Técnicas de biología molecular para la investigación en odontología y biología oral (2ª parte). Odontología Activa; ISSN 2588-0624; 4; 3; 2019; DOI: <https://doi.org/10.31984/oactiva.v4i3.395>; Latindex 2.0

Lenys M. Buela; Metagenomic survey of the bacterial communities in the rhizosphere of three Andean tuber crops. Symbiosis; ISSN 1878-7665; Vol 79; No; 2019; <https://doi.org/10.1007/s13199-019-00631-5>; Cuartil Q1.

Lenys M. Buela; Antarctic Pseudomonas spp. promote wheat germination and growth at low temperatures. Polar Biology; ISSN: 1432-2056; Vol 41; No 11; 2018; DOI <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2374-6>; Cuartil Q1.

Lenys M. Buela; Técnicas de Biología Molecular para la investigación en odontología y biología oral. Odontología Activa; ISSN 2588-0624; Vol 3; No 1; 2018; DOI: <https://doi.org/10.31984/oactiva.v3i1.146>; Latindex 2.0.

5.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

5.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

María del Cisne Aguirre; RURAL URBAN INTERFACE; Universidad Católica de Cuenca; USD 57.820,00; 01/04/2018; 01/04/2020.

María del Cisne Aguirre; Los materiales en el estudio histórico - constructivo - ambiental de centros patrimoniales. El caso de Cuenca. ETAPA 1; Universidad Católica de Cuenca; USD 18.442,00; 23/05/2017; 20/12/2018.

María del Cisne Aguirre; Los materiales en el estudio histórico - constructivo - ambiental de centros patrimoniales. El caso de Cuenca. ETAPA 2; Universidad Católica de Cuenca e Instituto Nacional del Patrimonio Cultural; USD 61.080,99; 05/05/2019; 20/12/2020.

Paula Cordero; Evaluación de los efectos de las actividades socioeconómicas en el cambio del uso del suelo y del cambio climático en las amenazas a inundaciones y sequías en la cuenca del río Tomebamba; CEPRA CEDIA; USD 50.000; 01/10/2018; 30/11/2019.

Paula Cordero; Investigación ambiental en el cantón Cuenca: Determinación de la concentración de plomo presente en la miel de abeja y polen como bio-indicador de contaminación atmosférica en el cantón Cuenca y; Plan de restauración paisajística en la mina Chocarsí, basado en la experimentación con especies vegetales del ecosistema de referencia- Ecuador; Universidad Católica de Cuenca; USD 10.000; 15/06/2018; 15/12/2018.

Paula Cordero; Modelos de Densificación Territorial para las zonas consolidadas de la ciudad de Cuenca; Universidad de Cuenca; USD 20.000; 01/01/2014; 01/01/2015.

Jazmín Salazar; Identificación de procesos biogeoquímicos e hidrológicos en humedales mediante técnicas de isótopos estables: comparando ecosistemas de páramo y amazónicos en el sur de Ecuador para mitigación de gases de efecto invernadero; CEPRA-CEDIA Universidad Católica de Cuenca; USD 73.951,70; 15/08/2019; 15/02/2021.

Jazmín Salazar; Desarrollo e innovación biotecnológica para la potenciación de rubros agrícolas de importancia en seguridad alimentaria, competitividad exportable y adaptación al cambio climático" E.E. de Austro INIAP-SENESCYT; INIAP; USD 1.458.753; 01/03/2012; 01/03/2014.

Lenys Buela; Colaborador en ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD ANTIBIÓTICA DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS EN DIFERENTES TIPOS DE MUESTRAS CLÍNICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA; UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA (UCACUE); USD 15.000; 21-02-2019; En curso.

Lenys Buela; Colaborador en VIRULENCIA Y DIVERSIDAD DE CEPAS DE CANDIDA SPP. QUE CIRCULAN EN LA CIUDAD DE CUENCA (PROVINCIA DE AZUAY), EN PACIENTES PORTADORES DE PRÓTESIS TOTALES: UNA EVALUACIÓN FENOTÍPICA Y GENÉTICA MOLECULAR; UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA (UCACUE); USD 27.000; 26-07-2018; En curso.

6. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS

Función en el proyecto	COLABORADORES EXTERNOS
------------------------	------------------------

Nombre, Institución

Martha Romero; Instituto Nacional del Patrimonio Cultural

Rodrigo Caroca; Universidad del Azuay

Asunción de Los Ríos Murillo; Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC-España

6.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:

Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

Rodrigo Caroca; Knock-down of the plastid-encoded acetyl-CoA carboxylase gene uncovers its functions in metabolism and development; Plant Physiology; ISSN 1532-2548; 12; No.; 2020; Aceptado; Q1.

Rodrigo Caroca; The micorhyzal fungi Ceratobasidium sp. and Sebacina vermifera promote seed germination and seedling development of the terrestrial orchid Epidendrum secundum Jacq; South African Journal of Botany; ISSN 0254-6299; 125; No; 2019; 10.1186/1471-2164-10-423; Q2.

Asunción de los Ríos Murillo; Roadmap for naming uncultivated Archaea and Bacteria; Nature Microbiology; ISSN 2058-5276; 5; No; 2020; <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0733-x>; Q1.

Asunción de los Ríos Murillo; Differential Colonization and Succession of Microbial Communities in Rock and Soil Substrates on a Maritime Antarctic Glacier Forefield; Frontiers Microbiology; ISSN 1664-302X; 11; No; 2020; <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00126>; Q1.

Asunción de los Ríos Murillo; Consistent changes in the taxonomic structure and functional attributes of bacterial communities during primary succession; ISME Journal; ISSN 1751-7370; 12; No; 2018; 10.1038/s41396-018-0076-2; Q1.

6.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

Rodrigo Caroca; Knock-down of the plastid-encoded acetyl-CoA carboxylase gene uncovers its functions in metabolism and development; Plant Physiology; ISSN 1532-2548; 12; No.; 2020; Aceptado; Q1.

Rodrigo Caroca; The micorrryzal fungi Ceratobasidium sp. and Sebacina vermifera promote seed germination and seedling development of the terrestrial orchid Epidendrum secundum Jacq; South African Journal of Botany; ISSN 0254-6299; 125; No; 2019; 10.1186/1471-2164-10-423; Q2.

Asunción de los Ríos Murillo; Roadmap for naming uncultivated Archaea and Bacteria; Nature Microbiology; ISSN 2058-5276; 5; No; 2020; <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0733-x>; Q1.

Asunción de los Ríos Murillo; Differential Colonization and Succession of Microbial Communities in Rock and Soil Substrates on a Maritime Antarctic Glacier Forefield; Frontiers Microbiology; ISSN 1664-302X; 11; No; 2020; <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00126>; Q1.

Asunción de los Ríos Murillo; Consistent changes in the taxonomic structure and functional attributes of bacterial communities during primary succession; ISME Journal; ISSN 1751-7370; 12; No; 2018; 10.1038/s41396-018-0076-2; Q1.

6.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

Rodrigo Caroca; Identificación y purificación de enzimas desde microorganismos aislados de cacao fermentado; Universidad del Azuay; USD 24.578,60; 01/04/2020; 01/04/2021.

Análisis metagenómico de la fermentación espontánea de granos de cacao CCN-51; Universidad del Azuay; USD 28.890,85; 01/10/2019; 31/03/2021.

Rodrigo Caroca; Implementación de una plataforma para la construcción y producción de proteínas recombinantes con aplicación en la industria de los alimentos y el diagnóstico de enfermedades infecciosas veterinarias (Fase I); Universidad del Azuay; USD 71.237,25; 02/01/2018; 01/10/2019.

Asunción de los Ríos Murillo; Biometerización de rocas y procesos de formación de suelo en la zona critica polar- PID2019-105469RB-C22; Ministerio de Ciencia, Investigacion e Innovacion (España); Euros 250.000; 2020; 2024.

Asunción de los Ríos Murillo; Biodiversity, three-dimensional organization, ecosystem functioning and interdependencies in cryptogamic covers of arid and polar regions- CTM2015-64728- C2-2-R; Ministerio de Economía y Competitividad (España); Euros 150.000; 2016; 2019.

Asunción de los Ríos Murillo; Tecnologías en Ciencias del Patrimonio. Top-Heritage-CM; Comunidad de Madrid; Euros 771.650; 2019; 2022.

C. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

7. PERSONAL DEL PROYECTO - ESTUDIANTES

Función en el proyecto	ESTUDIANTES COLABORADORES EN EL PROYECTO
------------------------	--

Nombre; Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión

Alisson Samantha Torres Medina; 0706160355; Carrera de Biofarmacia; Unidad de salud y Bienestar; Sede Matriz.

Gina Maritza Medina Duran; 0105882435; Carrera de Biofarmacia; Unidad de Salud y Bienestar; Sede Matriz.

D. CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS

8. CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN					
Centro de Investigación CIITT					
Grupo de Investigación ARQUITECTURA, BIOFARMACIA, INGENIERÍA AMBIENTAL,					
9. LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL					
Para información sobre las líneas de investigación dirigirse al enlace Líneas y Ámbitos de Investigación Institucionales ,					
Línea de Investigación: Territorios, Naturalezas y Tecnología					
Ámbito de Investigación: Estudios ecosistémicos					
10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO					
Código del campo y de la disciplina según UNESCO en el enlace SKOS					
Campo	24	Disciplina	2414	Sub disciplina	241499
11. PROGRAMA:			No aplica		
En caso de que el proyecto sea parte de un programa.					
12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO					
Duración del proyecto en meses			12		

13. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Monto total del financiamiento proyecto	\$14,050.00
---	-------------

14. REQUIERE AVAL Y/O PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA

NO

Justificación: No implica trabajo de investigación con seres humanos, ni con muestras de origen humano

15. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

DIRECTOS

6 docentes/investigadores: Docentes/investigadores pertenecientes a la Carrera de Bioquímica y Farmacia de la Unidad de Salud y Bienestar; Carrera de Ingeniería Ambiental y Arquitectura de la Unidad de Ingeniería, Industria y Construcción; Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT), quienes participarán de manera directa en las distintas actividades.

2 tesis de pregrado: colaboradores en las labores de investigación, quienes también se verán beneficiados;

2 instituciones: La Universidad Católica de Cuenca se beneficiará con la difusión de los resultados en publicaciones indexadas que se sumarán a otros productos necesarios para la acreditación de las respectivas Carreras y la permanencia en la categoría. Igualmente se verá beneficiada a través de la difusión de esta actividad por los medios de comunicación, tomando en cuenta que se trata de un monumento emblemático, cuyo estudio tendrá una difusión mediática de considerable impacto; y, El Instituto Nacional del Patrimonio Cultural, que dispondrá de valiosos datos e insumos para diseñar estrategias de intervención adecuadas, que permitirán la preservación de este patrimonio arqueológico;

4 empresas: proveedores de reactivos y equipos de laboratorio serán beneficiarios directos del proyecto;

INDIRECTOS

14.000 personas: la totalidad de la población de Ingapirca, que será la beneficiaria directa de cualquier iniciativa que permita la conservación del monumento que es fuente de numerosos puestos de trabajo.

800 estudiantes, aproximadamente: estudiantes de las Carreras implicadas en el proyecto antes mencionadas, quienes recibirán la información sobre las características de las comunidades microbianas que colonizan este tipo de monumentos en sus clases teóricas y en sus prácticas;

17.08 millones de habitantes: la población entera del Ecuador, que verá cómo se protege un monumento que forma parte de su acervo histórico y cultural, en base a los resultados de un estudio multidisciplinario;

E. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

16. RESUMEN DEL PROYECTO

El biodeterioro es cualquier daño o modificación no deseada de las propiedades de un material o estructura causado por seres vivos. En el caso de construcciones de piedras, el biodeterioro se relaciona con su colonización por microorganismos (hongos, bacterias, algas, etc.), líquenes y musgos, responsables de producir pigmentos y metabolitos secundarios como los ácidos orgánicos. Adicionalmente, el aumento del volumen de la biomasa conlleva una acción mecánica destructiva de los materiales. Históricamente, el estudio de los procesos y mecanismos de biodeterioro de monumentos arqueológicos se ha basado en el empleo de técnicas microbiológicas tradicionales; no obstante, debido a que la mayoría de los microorganismos causantes de este deterioro no son cultivables *in vitro*, su estudio ha evolucionado notablemente en los últimos años gracias a los últimos avances en el campo de las técnicas moleculares. Pese a tratarse de un campo en plena expansión, los estudios realizados en América Latina se han concentrado en monumentos arqueológicos ubicados en zonas tropicales húmedas. Es muy poco lo que se conoce acerca del biodeterioro de monumentos ubicados en la Sierra Andina, particularmente de aquellos que se encuentran en zonas altas, con bajas temperaturas. Por estas razones, y tomando en cuenta el deterioro del emblemático Complejo Arqueológico Ingapirca, nos hemos planteado como propósito caracterizar en detalle la composición, estructura, funciones y posibles efectos destructivos de las comunidades de microorganismos que colonizan las rocas de dicho monumento. La información obtenida orientará la toma de decisiones en cuanto a posibles estrategias de conservación monumental.

17. PALABRAS CLAVES

Ingapirca, Biodeterioro, Microorganismos, Monumentos, Patrimonio Cultural.

18. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El biodeterioro del patrimonio histórico monumental es un fenómeno de alcance mundial. Los efectos más graves se presentan en zonas tropicales, donde el clima favorece el crecimiento exuberante de plantas que pueden cubrir -e incluso destruir- monumentos artísticos de incalculable valor. En los países de la región andina, este tipo de biodeterioro es muy poco común y se limita a monumentos abandonados desde hace mucho tiempo. Las estrategias de conservación contemporáneas requieren conocer y comprender la composición y la estructura de las comunidades microbianas que causan el biodeterioro de los materiales que forman parte de estos monumentos. En tal sentido, la mayoría de las investigaciones en este campo se han centrado en el estudio de los microorganismos causantes de manchas o costras pigmentadas en la superficie de las piedras. Estos microorganismos juegan un papel clave en procesos biogeoquímicos destructivos. Hasta hace muy poco tiempo, estos microorganismos se detectaban mediante técnicas microbiológicas tradicionales. No obstante, estas metodologías solo proporcionan información sobre la fracción de microorganismos "cultivables", capaces de multiplicarse en condiciones de laboratorio. Sin embargo, para comprender el biodeterioro, es fundamental conocer la composición completa de las comunidades microbianas epi- y endolíticas, así como sus probables funciones ecológicas (1). Para ello, son necesarias otras técnicas de estudio, como la microscopía y las llamadas "moleculares". En efecto, el estudio del biodeterioro de monumentos arqueológicos ha cambiado notablemente en los últimos años gracias al empleo de dichas técnicas pues, además de determinar la composición y la estructura de las comunidades microbianas, las mismas proporcionan las bases moleculares, biogeoquímicas y biogeoquímicas para comprender cómo responden los microorganismos a las variaciones en las condiciones ambientales. Es este cúmulo de información el que brinda oportunidades para proponer estrategias de intervención preventiva o correctiva para controlar el crecimiento de microorganismos dañinos (2, 3). El principal problema científico que hemos identificado es conocer cuáles son las características más resaltantes de los procesos de biodeterioro de monumentos construidos en las zonas montañosas de nuestra región, cuáles son sus causas y cuáles sus consecuencias.

19. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

El deterioro del material pétreo que forma parte de los monumentos arqueológicos es un fenómeno que representa una amenaza real de pérdida de nuestro patrimonio cultural. El costo económico de este deterioro ha sido estimado por Allsopp (4), pero el valor cultural e histórico de estos monumentos es inestimable y, por lo tanto, no puede ser expresado simplemente en términos financieros (5).

El deterioro de las piedras que forman parte de los monumentos arqueológicos depende de diversos factores medioambientales (abióticos) de tipo físico-químico, de la propia morfología y composición químico-mineralógica de la roca, así como de múltiples factores bióticos. Son estos últimos los responsables del llamado biodeterioro, proceso que podemos definir como "cualquier cambio indeseable en las propiedades de un material causado por las actividades vitales de los (micro)organismos" (6).

Entre los organismos que desempeñan un papel importante en los procesos de biodeterioro se encuentran las bacterias, los hongos, las algas microscópicas de vida libre y liquenizadas, y, ocasionalmente, algunos protozoos (7-13). Los consorcios de especies microbianas heterogéneas (comunidades microbianas) forman biopelículas en la superficie de la roca o en microhábitats dentro de la piedra, en cuyo interior las células microbianas están incrustadas en sustancias poliméricas extracelulares, al abrigo de cualquier agresión medioambiental (14). Las condiciones climáticas, la naturaleza del sustrato, y la duración de la exposición de la superficie al aire determinan, en gran medida, la composición microbiana de estas comunidades (15).

Los colonizadores microbianos se denominan epilíticos cuando colonizan la parte exterior de la roca, mientras que aquellos que viven en su interior (grietas y fracturas), o en los poros de la arenisca o el granito se denominan endolíticos (16, 17). Algunos de estos microorganismos son incluso capaces de penetrar activamente el sustrato rocoso (17). Entre los colonizadores epilíticos destacan los líquenes, pues son altamente resistentes a la deshidratación y a las temperaturas extremas por ello están frecuentemente asociados al biodeterioro de las piedras que constituyen el patrimonio arqueológico (18-21). Por otro lado, los musgos pueden penetrar en los sustratos rocosos a través de sus rizoides, produciendo fisuras o agujeros por acción física (penetración de las raíces en el sustrato) y química (excreción de ácidos orgánicos por las raíces) (22). Los líquenes también producen ácidos orgánicos, potencialmente corrosivos, tales como ácido oxálico, cítrico, glucónico, ácido 2-oxiglucónico, ácido 2-oxiglutarico, ácido glioxílico, oxalacético y fumárico (23).

Por su parte, las biopelículas microbianas (biofilms) pueden causar diversos tipos de daño en las superficies de las piedras. Entre estos daños destacan i) la decoloración (acción estética), causada por pigmentos liberados o contenidos en los microorganismos, ii) la biometeorización del soporte mineral (acción bioquímica), causada por procesos acidolíticos y oxidorreductores generados por productos del metabolismo microbiano, y iii) los daños físicos (acción mecánica), causados por la presión que ejerce la penetración en fisuras y el crecimiento de la biomasa sobre el sustrato rocoso.

Los factores físico-químicos ambientales y los factores biológicos pueden actuar tanto en forma sinérgica como antagónica durante los procesos de deterioro de la piedra. La colonización de la superficie exterior de los monumentos es heterogénea y depende del nivel de meteorización de la misma (21, 24). El biodeterioro es considerado a veces como un proceso que ocurre después de la alteración físico-química inicial de las piedras. Esta teoría sugiere que la colonización microbiana se ve facilitada por agentes inorgánicos y procesos medioambientales que condicionan la superficie de la piedra alterando su estructura y enriqueciéndola en nutrientes. Sin embargo, algunos estudios han demostrado claramente que el biodeterioro puede ser detectado tempranamente, justo después de la exposición de la piedra (25, 26). Además, los experimentos de laboratorio que simulan las condiciones encontradas in situ en los monumentos han demostrado que la pre-existencia de poblaciones microbianas en los sustratos rocosos acelera las tasas de deterioro de los mismos (27-29). En efecto, la combinación de factores ambientales físicos y procesos biológicos aumenta significativamente el grado de deterioro en comparación con la acción de factores ambientales físicos o biológicos actuando de manera independiente.

El primer paso para diagnosticar los procesos de biodeterioro (y también para diseñar las estrategias de control y los tratamientos adecuados) es la cuantificación de la biomasa sésil y la caracterización de las comunidades microbianas que colonizan la piedra. Para ello se emplean diferentes métodos, destructivos y no destructivos, con el fin de tomar muestras de piedra de los monumentos. Estos métodos incluyen el raspado suave y el uso de hisopos. Una vez obtenidas las muestras, y dependiendo del tipo de microorganismos que se pretenda estudiar, se pueden utilizar diferentes métodos analíticos: cuantificación del contenido de clorofila y análisis colorimétrico de los microorganismos pigmentados; medición de la actividad fisiológica in situ de la superficie microcolonias microbianas mediante aplicación de análogos de

sustratos fluorados; microscopía confocal mediante escaneo con láser; tinción para biomasa activa; microscopía óptica y electrónica, de barrido o de transmisión; ensayos inmunoenzimáticos para la detección de microorganismos que pueden o no ser cultivados; métodos microbiológicos clásicos, que consisten en el cultivo de microorganismos en medios sintéticos; y, más recientemente, métodos moleculares para el estudio de la biodiversidad microbiana basados en el estudio de las secuencias nucleotídicas de ciertos marcadores moleculares (genes) mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la hibridación con sondas no radiactivas, y –sobre todo– la secuenciación clásica o la secuenciación masiva en paralelo, de reciente generación.

20. OBJETIVOS

Caracterizar la composición, estructura, funciones y posibles efectos destructivos de las comunidades de microorganismos que colonizan las rocas del Castillo del Monumento Arqueológico de Ingapirca (“elipse”).

21. ESPECÍFICOS

- 1) Determinar los parámetros ecológicos (índices de diversidad y riqueza, composición y estructura) de las comunidades de microorganismos, musgos y líquenes que colonizan las rocas del Castillo del Monumento Arqueológico de Ingapirca;
- 2) Evaluar el posible impacto de dichos microorganismos sobre la roca que se empleó para construir el Castillo del Monumento Arqueológico de Ingapirca y su relación con algunos factores climáticos;
- 3) Analizar la relación entre la arquitectura del Castillo del Monumento Arqueológico de Ingapirca y su deterioro.

22. MARCO METODOLÓGICO

- 1) Registro fotográfico del biodeterioro y colecta de musgos y líquenes: Se tomarán fotografías in-situ y se colectarán muestras de líquenes y musgos de diferentes lugares del monumento (también llamado “elipse”); además se colectarán muestras de las piedras de andesita que no forman parte del monumento, pero se encuentran en la zona (por ejemplo, en las canteras). La colecta se realizará mediante raspado suave con bisturí y el material se conservará en cajas Petri estériles (30).
- 2) Aislamiento y cultivo de microorganismos: Las muestras de la superficie de las rocas serán colectadas en distintos puntos del monumento dependiendo de sus características visibles (coloración, estado de conservación, evidencia de presencia de microorganismos). Para ello se emplearán diferentes técnicas como el hisopado, el raspado suave y la cinta adhesiva. Las muestras colectadas mediante hisopado o raspado serán homogenizadas por agitación fuerte (vórtex), diluidas en serie e inoculadas en diferentes medios de cultivo (MKM, BG11, medio basal de Bold, medio de Czapek, Agar Nutritivo, Agar Papa Dextrosa, entre otros) (11, 31, 32) e incubadas durante varios días a diferentes temperaturas. Con el fin de determinar posibles variaciones estacionales, se tomarán muestras en distintos períodos a lo largo del año.
- 3) Identificación de musgos y líquenes: Las muestras se transportarán refrigeradas al laboratorio para observarlas con el microscopio estereoscópico y clasificarlas mediante el empleo de claves taxonómicas (33). En el caso de sospechar la presencia de nuevas especies, enviaremos muestras a taxónomos expertos. En el caso de los líquenes se deberán hacer estudios microscópicos, cultivos y posteriores análisis para su identificación (18, 19).

4) Identificación fenotípica y molecular de microorganismos: Con el fin de identificar las especies presentes en las distintas muestras o aquellas que sean capaces de multiplicarse en los diferentes medios de cultivo emplearemos diversas técnicas:

- a) Identificación visual, mediante observación en el microscopio óptico y registro fotográfico digital, empleando las claves de Castenholz (34) y Prescott (35).
- b) Identificación de cepas puras cultivadas: las características micro-morfológicas de los hongos se examinarán empleando el método de cultivo en laminillas y las claves de De Hoog et al. (36) , Pitt (37) y Klich (38).
- c) Identificación molecular: basada en la amplificación por reacción en cadena de la polimerasa (PCR) de la región 16S (en el caso de bacterias) o la región ITS (en el caso de hongos) y su posterior secuenciación y análisis.
- d) En el caso de los líquenes se empleará un par de cebadores específicos para el hongo y otro par para cianobacterias o algas. En el caso de los musgos se amplificarán y secuenciarán marcadores moleculares de los plastosomas de los cloroplastos (39).

5) Producción de ácidos orgánicos: La capacidad de producir ácidos orgánicos, tanto por parte de hongos como de bacterias, será determinado mediante cultivo en medio Czapek agarizado (sin sacarosa), suplementado con carbonato de calcio (calcita), o en medio NBRIP suplementado con fosfato de tri-calcio (40). Estos medios permiten identificar los aislados productores de ácidos orgánicos mediante la visualización de halos de disolución, rasgo que se asocia a la capacidad de biodeteriorar (lixiviar) materiales rocosos.

6) Caracterización de las comunidades microbianas por secuenciación masiva en paralelo: Con el fin de conocer la composición y la estructura de las comunidades microbianas que colonizan el sustrato rocoso, se empleará una estrategia de secuenciación masiva en paralelo. Para ello se extraerá el ADN metagenómico total a partir de las muestras obtenidas mediante raspado suave, empleando para ello un kit de extracción (tipo MoBio Power Soil). Este ADN será utilizado como blanco para preparar librerías metagenómicas, las cuales serán secuenciadas en forma masiva y paralela (41). Las secuencias de nucleótidos recuperadas serán procesadas y analizadas con distintas herramientas Bioinformáticas. Estos procedimientos permitirán la eliminación de los “códigos de barras” adicionados y la asignación de las secuencias a diferentes taxones.

7) Microscopía electrónica de comunidades litobionticas: muestras pétreas de áreas con signos de deterioro serán analizadas con la estrategia de “microscopía situ” (análisis por microscopía sin extraer el material biológico de la muestra pétrea que llega al laboratorio) que permite analizar las interacciones microorganismo-mineral y el impacto de la colonización biológica sobre el sustrato pétreo (42). Para ello las muestras serán procesadas siguiendo los protocolos para preparación de muestras por microscopía electrónica de barrido según descritos en Wierzychos y Ascaso (43).

8) Biolixiviación “in vitro” del sustrato pétreo: Los ensayos de biolixiviación se llevarán a cabo en medio Czapek líquido, el cual será inoculado con las diferentes cepas de microorganismos y se incubará a temperatura ambiente (22°C) con agitación periódica. El medio será suplementado con pequeños fragmentos de andesita verde (roca empleada para la construcción del monumento), la cual será obtenida en las canteras originales. La disolución causada por los metabolitos microbianos será registrada mediante microscopía electrónica de barrido; de la misma manera, se determinará la cantidad de sustrato disuelto mediante titulación con HCl según lo descrito por Samar y Soha (44).

9) Análisis de irradiación solar. Se realizará mediante simulaciones con el uso del software Design Builder y el motor de cálculo Energy Plus, que considera tanto la componente directa y difusa de la radiación solar. Los resultados numéricos se apoyarán en resultados gráficos con el uso del software Heliodón. La configuración del archivo climático se apoyará en los datos de estación meteorológica más cercana del lugar de estudio. La evaluación solar será cuantitativa y se utilizará la radiación solar captada por m² (kWh/m²) como referencia. Esta evaluación se realizará en días importantes (solsticios y equinoccios) y además abordará una simulación

promedio anual. Por último se realizará un análisis en función de la nubosidad del cielo, un día soleado promedio y un día nublado promedio.

10) Análisis estratigráfico murario: este análisis permitirá la construcción de una secuencia relativa y se basa en la aplicación de las Leyes y principios de la estratigrafía arqueológica, adaptado al campo de la Arquitectura. A la fecha supone una de las estrategias técnico- descriptivas más efectivas para la discriminación de momentos constructivos a partir de la evidencia material del bien. Se apoya en la historiografía convencional y otras áreas del conocimiento, refiriendo una efectiva articulación. Aspiramos revisar y articular los insumos multidisciplinares que engloba el estudio integral para contrastar el relato tradicional de cara a la evidencia material visible.

11) A partir de los estudios multidisciplinares desarrollados y conforme las recomendaciones internacionalmente aplicables, aspiramos referir estrategias específicas de intervención sobre el monumento.

F. IMPACTO DEL PROYECTO

23. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA

El proyecto no presenta ningún tipo de conflicto bioético. Desde el punto de vista social, estamos convencidos que la asociación estratégica con el INPC nos permitirá trabajar sin mayores inconvenientes. Muy por el contrario, es probable que nuestro trabajo sea muy bien percibido por las comunidades aledañas, toda vez que el mismo está orientado a la preservación del monumento que, además de ser patrimonio histórico y cultural de la nación ecuatoriana, constituye fuente de trabajo directo e indirecto.

24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

OE1) Determinar los parámetros ecológicos (índices de diversidad y riqueza, composición y estructura) de las comunidades de microorganismos, musgos y líquenes que colonizan las rocas del Castillo del Monumento Arqueológico de Ingapirca;

RESULTADOS: Los resultados obtenidos una vez alcanzado el primer objetivo específico, nos permitirán conocer con detalle todos los parámetros ecológicos importantes de las comunidades microbianas estudiadas. Esta información es de absoluta novedad, pues hasta la fecha no se han publicado trabajos similares en relación con este tipo de monumentos en regiones del pre-páramo andino. A partir de esta información podremos conocer las características particulares de las comunidades microbianas de estas rocas, información que puede ser muy útil para orientar acciones de tratamiento y control del biodeterioro causado por las mismas. Los estudios comparativos que realizaremos (distintas paredes, distintos tipos de rocas, distintos tipos de coloración, etc.) nos permitirán saber con precisión qué diferencia las comunidades microbianas epi- y endolíticas que se desarrollan en un sitio de otras. Esta información será fundamental para comprender las posibles causas de los distintos grados de biodeterioro observados en el monumento.

OE2) Evaluar el posible impacto de dichos microorganismos sobre la roca que se empleó para construir el del Castillo del Monumento Arqueológico de Ingapirca y su relación con algunos factores climáticos;

RESULTADOS: El estudio del sustrato pétreo mediante técnicas de microscopía electrónica, nos permitirá conocer la verdadera dimensión del problema que significa, para la estabilidad de la roca, el crecimiento de diversos microorganismos epi- y endo-líticos. Por otra parte, el monitoreo “in vitro” del proceso de lixiviación del sustrato rocoso por parte de los metabolitos producidos por los dichos microorganismos, nos permitirá comprender de qué manera los factores bióticos inciden en el biodeterioro del monumento. Esta información será muy valiosa para comprender, desde un punto de vista básico, cómo actúan estos procesos de lixiviación mineral, particularmente bajo las condiciones imperantes en la zona.

OE3) Analizar la relación entre la arquitectura del monumento y el biodeterioro.

RESULTADOS: La conformación física del edificio si bien responde a unos condicionantes socioculturales específicos, no debería desconocerse para evaluar la situación material de conservación de la entidad. A su vez, si bien los estudios históricos son relevantes, la valoración de las variables contempladas en los objetivos OE1 a OE3 amplían el panorama de la comprensión y descripción del bien patrimonial que se mantiene en uso.

25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Como es bien sabido, no se puede garantizar a priori cuántos artículos (o capítulos de libro) se derivarán de los resultados obtenidos en el curso de un proyecto de investigación. Esto tiene que ver con las particularidades inherentes a la actividad de investigación científica, en un contexto regional y mundial caracterizado por la excelencia y la competencia. Sin embargo, nuestra aspiración es poder publicar al menos dos artículos en revistas indexadas en Scopus o ISI Web of Science (que pertenezcan, como mínimo, al segundo cuartil, Q2) y otros dos en revistas indexadas en Latindex o Scielo. Entre las revistas que consideramos adecuadas para tales fines figuran al menos cuatro (revisar la plataforma de SCOPUS con las palabras clave “biodeterioration” y “biodegradation”) y una indexada en Latindex. Por el momento proponemos las revistas que mencionamos a continuación, bajo el entendido de que esto podría variar en el futuro: International Biodeterioration and Biodegradation, Current Microbiology, Journal of Cultural Heritage, Science of the Total Environment, Revista Latinoamericana de Microbiología.

26. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Mihajlovski A, Seyer D, Benamara H, Bousta F, Di Martino P (2015) An overview of techniques for the characterization and quantification of microbial colonization on stone monuments. *Ann Microbiol* 65(3): 1243-1255. [<http://dx.doi.org/10.1007/s13213-014-0956-2>]
- 2) Dakal TC, Arora PK (2012) Evaluation of potential of molecular and physical techniques in studying biodeterioration. *Rev. Environ Sci Biotechnol* 11(1): 71-104. <http://dx.doi.org/10.1007/s11157-012-9264-0>
- 3) Polo A, Gulotta D, Santo N (2012) Importance of subaerial biofilms and airborne microflora in the deterioration of stonework: a molecular study. *Biofouling* 28(10): 1093-1106. <http://dx.doi.org/10.1080/08927014.2012.729580>
- 4) Allsopp D (2011) Worldwide wastage: the economics of biodeterioration. *Microbiol Tod* 38:150–153
- 5) Sterflinger K, Piñar G (2013) Microbial deterioration of cultural heritage and works of art — tilting at windmills? *Appl Microbiol Biotechnol* 97:9637–9646
- 6) Hueck HJ (2001) The biodeterioration of materials—an appraisal. *Int Biodeter Biodegrad* 48:5–11
- 7) Gómez-Alarcón G, Cirellos B, Flores M, Lorenzo J (1995a) Microbial communities and alteration processes in monuments at Alcala de Henares. Spain. *Sci Tot Environ* 167:231–239
- 8) Gómez-Alarcón G, Muñoz M, Ariño X, Ortega-Calvo JJ (1995b) Microbial communities in weathered sandstones: the case of Carrascosa del Campo church, Spain. *Sci Tot Environ* 167:249–254
- 9) Tomaselli L, Lamenti G, Bosco M, Tiano P (2000) Biodiversity of photosynthetic microorganisms dwelling on stone monuments. *Int Biodeterior Biodegrad* 46:251–258
- 10) Urzi C (2004) Microbial deterioration of rocks and marble monuments in Mediterranean Basin: A review. *Corros Rev* 22:441–457
- 11) Gaylarde CC, Gaylarde PM (2005) A comparative study of the major microbial biomass of biofilms on exteriors of buildings in Europe and Latin America. *Int Biodeter Biodegrad* 55: 131e139.
- 12) Cutler N, Viles H (2010) Eukaryotic microorganisms and stone biodeterioration. *Geomicrobiol J* 27(6–7):630–646. doi:10.1080/01490451003702933
- 13) Sterflinger K (2010) Fungi: their role in deterioration of cultural heritage. *Fungal Biol Rev* 24:47–55
- 14) Gorbushina AA (2007) Life on the Rocks. *Environ Microbiol* 9(7):1613– 1631

- 15) Gorbushina AA, Broughton WJ (2009) Microbiology of the atmosphererock interface: how biological interactions and physical stresses modulate a sophisticated microbial ecosystem. *Annu Rev Microbiol* 63:431–450
- 16) Golubic S, Perkins RD, Lukas KJ (1975) Boring microorganisms and microborings in carbonate substrates. En: Frey RW (ed) *The Study of Trace Fossils*. Springer Verl, New York, pp 229–259
- 17) Golubic S, Friedmann EI, Schneider J (1981) The lithobiontic ecological niche, with special reference to microorganisms. *J Sedimentol Petrol* 51:475–478
- 18) Bartoli F, Municchia AC, Futagami Y, Kashiwadani H, Moon KH, Caneva G (2014). Biological colonization patterns on the ruins of Angkor temples (Cambodia) in the biodeterioration vs bioprotection debate. *Int Biodeter Biodegrad* 96: 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.09.015>
- 19) Caneva G, Bartoli F, Fontani M, Mazzeschi D, Visca P (2019). Changes in biodeterioration patterns of mural paintings: Multi-temporal mapping for a preventive conservation strategy in the Crypt of the Original Sin (Matera, Italy). *J Cult Herit* 40: 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.05.011>
- 20) Herrera LK, Arroyave C, Guiamet P, De Saravia SG, Videla H (2004). Biodeterioration of peridotite and other constructional materials in a building of the Colombian cultural heritage. *Int Biodeter Biodegrad* 54(2–3): 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2004.06.001>
- 21) de los Ríos A, Cámara B, del Cura MAG, Rico VJ, Galván V, Ascaso C (2009) Deteriorating effects of lichen and microbial colonization of carbonate building rocks in the Romanesque churches of Segovia (Spain). *Sci Tot Environ* 407 (3): 1123–1134
- 22) de los Ríos A, Galván V, Ascaso C (2004) In situ microscopical diagnosis of biodeterioration processes at the convent of Santa Cruz la Real, Segovia, Spain. *Int Biodeter Biodegrad* 54 (2–3): 113–120
- 23) Gómez de Saravia, S. (n.d.). El biodeterioro del patrimonio cultural. *Preservación y conservación*.
- 24) Qi-Wang MGY, He LY, Sheng XF (2011) Characterization of bacterial community inhabiting the surfaces of weathered bricks of Nanjing Ming city walls. *Sci Tot Environ* 409(4):756–762
- 25) de la Torre MA, Gómez-Alarcón G, Melgarejo P, Saiz-Jimenez C (1991) Fungi in weathered sandstone from Salamanca cathedral, Spain. *Sci Tot Environ* 107:159–168
- 26) Warscheid T, Becker TW, Resende MA (1996) Biodeterioration of stone: a comparison of (sub-) tropical and moderate climate zones. En: *Biodegradation and Biodeterioration in Latin America; 2nd LABS (Latin American Biodeterioration Symposium)*. UNEP/UNESCO/ICRO, Gramado, Brazil, pp. 63e64
- 27) Papida S, Murphy W, May E (2000) Enhancement of physical weathering of building stones by microbial populations. *Int Biodeterior Biodegrad* 46(4):305–317
- 28) Favero-Longo SE, Borghi A, Tretiach M, Piervittori R (2009) In vitro receptivity of carbonate rocks to endolithic lichen-forming aposymbionts. *Micol Res* 113(10):1216–1227
- 29) George RP, Ramya S, Ramachandran D, Kamachi Mudali U (2013) Studies on biodegradation of normal concrete surfaces by fungus *Fusarium* sp. *Cement Concret Res* 47:8–13
- 30) Borrego-Alonso S (2015). Los biocidas vegetales en el control del biodeterioro del patrimonio documental. *Perspectivas e impacto*. *Rev CENIC Cien Biol* 46(3): 259–269
- 31) Rippka R, Deruelles J, Waterbury JB, Herdman M, Stanier RY (1979) Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *J Gen Microbiol* 111: 1e61.
- 32) Ortega-Morales BO, Gaylarde C, Anaya-Hernandez A, Chan-Bacab MJ, De la RosaGarcía SC, Arano-Recio D, Montero MJ (2013) Orientation affects *Trentepohliadominated* biofilms on mayan monuments of the Rio Bec style. *Int Biodeterior Biodegrad* 84: 351–356
- 33) León-Yáñez S, Gradstein SR (2006). *Hepáticas y Antoceros del Ecuador*. Primera edición. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. ISBN: 9978-45-538-8
- 34) Castenholz RW (2001) Phylum BX. Cyanobacteria. Oxygenic photosynthetic bacteria. En: Garrity G, Boone DR, Castenholz RW (Eds.), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Volume 1: the Archaea and the Deeply Branching and Phototrophic Bacteria, second ed. Springer-Verlag, New York, pp. 473–599.
- 35) Prescott GW (1964) *How to Know the Freshwater Algae*. W.C. Brown Company, Dubuque, Iowa

- 36) de Hoog GS, Guarro J, Gene J, Figueras MJ (2000). Atlas of clinical fungi (2nd ed.). Utrecht: CBS
- 37) Pitt JI (2000) "A Laboratory Guide to Common Penicillium Species". North Ride, NSW: Food Science Australia.
- 38) Klich MA (2001) Identification of common Aspergillus species. New Orleans, LA: United States Department of Agricultural Research Service, Southern Regional Research Center.
- 39) Espinosa-Barrera L, Chávez-Sahagún E (2019). El otro genoma de las plantas: los cloroplastos y su ADN. Desde El Herbario CICY, 11, 201-206. Disponible en: https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2019/2019-10-10-Espinosa-Barrera-y-Chavez-Sahagun-El-otro-genoma-de-las-plantas.pdf
- 40) Nautiyal C (1999) An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. FEMS Microbiol Lett 170: 265-270. doi:10.1111/j.1574-6968.1999.tb13383.x
- 41) Santos A, van Aerle R, Barrientos L, Martinez-Urtaza J (2020) Computational methods for 16S metabarcoding studies using Nanopore sequencing data, Computational and Structural Biotechnology Journal 18: 296-305. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2020.01.005>.
- 42) de los Rios A, Ascaso C (1995) Contributions of in situ microscopy to the current understanding of stone biodeterioration. Int Microbiol 8 (3): 181
- 43) Wierzechos J, Ascaso C (1994), Application of back-scattered electron imaging to the study of the lichen-rock interface. J Microscopy 175: 54-59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.1994.tb04787.x>
- 44) Samar MS, Soha IE (2018) Characterization and Management of Fungal Deterioration of Ancient Limestone at Different Sites Along Egypt. Egypt J Microbiol 53: 177 - 191

G. ANEXOS

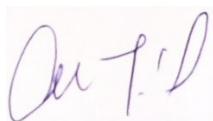
Planilla de anexos del Proyecto

```
[{"title": "Anexo Proyecto Biodeterioro  
Ingapirca", "comment": "", "size": "98.296", "name": "Anexos%20Proyecto%20Biodeterioro%20Ene%202021.xlsx",  
"filename": "fu_cx6ytiug9kdsktj", "ext": "xlsx"}]
```

Número de Archivos: 1

Documentación adicional

Número de archivos: 0



DIRECTOR DEL PROYECTO: PICCIITT19-21
LUIS ANDRES YARZABAL RODRIGUEZ



Ing. Javier Cabrera Mejía, PhD.
JEFE DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN