



**UNIVERSIDAD UTE**

**FACULTAD DE COMUNICACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES**

**CARRERA DE RESTAURACIÓN Y MUSEOLOGÍA**

Tesis previa la obtención del título de:  
Licenciado en Restauración y Museología:

TEMA:

**“IDENTIFICACIÓN DE LAS ETAPAS INICIALES DE CRECIMIENTO DE  
LÍQUENES, EN SUSTRATO DE PIEDRA TIPO ANDESITA, POR MEDIO DE  
ANÁLISIS DE IMAGEN”**

AUTOR:

**Ricardo Andrés Castillo de la Cadena**

DIRECTOR DE TESIS:

**Dr. Julio Benítez Telles**

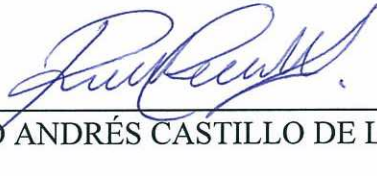
Quito – Ecuador

Agosto 2018

## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Ricardo Andrés Castillo de la Cadena, portador de la cédula de ciudadanía N° 1004432132 declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



(f) RICARDO ANDRÉS CASTILLO DE LA CADENA

1004432132

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor de tesis de grado certifico que el presente trabajo que lleva por título: “IDENTIFICACIÓN DE LAS ETAPAS INICIALES DE CRECIMIENTO DE LÍQUENES, EN SUSTRATO DE PIEDRA TIPO ANDESITA, POR MEDIO DE ANÁLISIS DE IMAGEN”, para aspirar al título de Licenciado en Restauración y Museología fue desarrollado por Ricardo Andrés Castillo de la Cadena, con C.C. 1004432132, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Comunicación, Artes y Humanidades; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Jurado examinador que se designe.



(f) TUTOR DE TESIS

PHD. JULIO BENITEZ TELLES

C.C. 1801299387

**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**  
**PROYECTO DE TITULACIÓN**

| <b>DATOS DE CONTACTO</b>    |  |
|-----------------------------|--|
| <b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b> | <b>1004432132</b>  |
| <b>APELLIDO Y NOMBRES:</b>  | <b>CASTILLO DE LA CADENA RICARDO<br/>ANDRES</b>              |
| <b>DIRECCIÓN:</b>           | <b>FLAVIO ALFARO N16-150 Y JOSE MARIA<br/>VELASCO IBARRA</b> |
| <b>EMAIL:</b>               | <b>rikyute@gmail.com</b>                                     |
| <b>TELÉFONO FIJO:</b>       | <b>514-3524</b>  |
| <b>TELÉFONO MOVIL:</b>      | <b>0984-620-990</b>  |

| <b>DATOS DE LA OBRA</b>                                 |   |
|---|---|
| <b>Título:</b>  | <b>IDENTIFICACIÓN DE LAS ETAPAS<br/>INICIALES DE CRECIMIENTO DE<br/>LÍQUENES, EN SUSTRATO DE PIEDRA<br/>TIPO ANDESITA, POR MEDIO DE<br/>ANÁLISIS DE IMAGEN</b>  |
| <b>AUTOR O AUTORES:</b>                                 | <b>CASTILLO DE LA CADENA RICARDO<br/>ANDRES</b>   |
| <b>FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO<br/>DE TITULACIÓN:</b> | <b>14-AGOSTO-2018</b>   |
| <b>DIRECTOR DEL PROYECTO DE<br/>TITULACIÓN:</b>         | <b>PHD. Julio Benítez Telles</b>  |
| <b>PROGRAMA</b>   | <b>PREGRADO</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b> <input type="checkbox"/>  |
| <b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>                          | <b>Licenciado en Restauración y Museología</b>  |
| <b>RESUMEN: Mínimo 250 palabras</b>                     | Los líquenes constituyen un factor biótico de deterioro presente en los bienes patrimoniales de piedra, por lo que es considerado dentro de los estudios realizados para la conservación de monumentos pétreos. Es así que nuestro objetivo fue identificar las etapas iniciales de crecimiento de líquenes, en sustrato de piedra tipo andesita, por medio de análisis de imagen con fotografía normal y fotografía infrarroja (IR). |

|                         |   |
|-------------------------|---|
|                         | <p>Para tal efecto se inició con la toma de muestras de líquenes en el cementerio de San Diego, y continuó con el trabajo experimental de probetas de piedra andesita cultivadas. Con la finalidad de contar con las bases adecuadas fue necesario conceptualizar las variables que formaron parte de la investigación, y luego se procedió con el cultivo de los líquenes aplicando el protocolo existente al tiempo que se realizaron adaptaciones al mismo.</p> <p>Finalmente se realizó un análisis detallado y minucioso de los resultados obtenidos en las probetas, con lo cual se comprobó que si es posible detectar el crecimiento temprano de líquenes, aunque no a la fotografía IR. Dichos resultados quedan debidamente documentados en la presente investigación, a fin de que, en un futuro sean aplicados a estudios relacionados con el tema.</p> <p>Metodológicamente este trabajo se fundamentó en investigación exploratoria y descriptiva, pues se hizo la búsqueda y recolección de la información necesaria para la identificación temprana de líquenes, teniendo en cuenta que esta búsqueda debía dirigirse no solamente al indicador de deterioro, es decir el liquen, sino también al protocolo que se iba a aplicar, En este sentido fue Kranner, Ilse; Beckett, R. &amp; Varma, Ajit, (2002), con la información pertinente quienes contribuyeron esencialmente para darnos a conocer el protocolo a seguir, y de esta manera adaptarlo con un alcance que permitiera el cultivo de líquenes.</p> |
| <b>PALABRAS CLAVES:</b> | Líquenes, fotografía infrarroja, piedra, protocolo de cultivo, San Diego  |

**ABSTRACT:**

The lichens are a biotic factor of deterioration present in the heritage of stone, which is why it is considered within the studies carried out for the conservation of stone monuments. So our objective was to identify the initial stages of lichen growth, in andesite-type stone substrate, by means of image analysis with normal photography and IR photography.

For this purpose, we began with the sampling of lichens in the cemetery of San Diego, and continued with the experimental work of cultured andesite stone specimens. In order to have the proper bases it was necessary to conceptualize the variables that formed part of the research, and then proceeded with the cultivation of the lichens applying the existing protocol while making adaptations to it.

Finally, a detailed and detailed analysis of the results obtained in the specimens was carried out, which showed that it is possible to detect the early growth of lichens, although not to IR photography. These results are duly documented in the present investigation, so that, in the future, they may be applied to studies related to the subject.

Methodologically this work was based on exploratory and descriptive research, since the search and collection of the necessary information for the early identification of lichens was done, taking into account that this search should be directed not only to the deterioration indicator, that is to say the lichen, but also to the protocol that was going to be applied, In this sense it was Kranner, Ilse; Beckett, R. & Varma, Ajit, (2002), with the pertinent information who contributed essentially to let us know the protocol to follow, and in this way adapt it with a scope that would allow the cultivation of lichens.

KEYWORDS

Lichens, infrared photography, stone, cultivation protocol, San Diego.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f: \_\_\_\_\_



RICARDO ANDRÉS CASTILLO DE LA CADENA

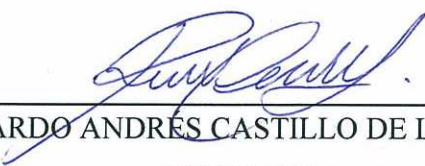
CI: 1004432132

**DECLARACION Y AUTORIZACION**

Yo, **CASTILLO DE LA CADENA RICARDO ANDRÉS**, C.C. 1004432132, autor del proyecto titulado: **“Identificación de las etapas iniciales de crecimiento de líquenes, en sustrato de piedra tipo andesita, por medio de análisis de imagen”**, previo a la obtención del título de **Licenciado en Restauración y Museología** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 14 de agosto del 2018

  
\_\_\_\_\_  
(f) RICARDO ANDRÉS CASTILLO DE LA CADENA  
1004432132



## DEDICATORIA

*Este trabajo está totalmente dedicado  
a mi carrera como Restaurador y  
Museólogo, y a través de ella a todos  
mis seres queridos, mi familia,  
mis amigos, mis compañeros de salón,  
-ahora colegas- por este caminar he  
conocido a estas personas extraordinarias  
que siempre me apoyaron que creen  
en mí como persona y como profesional,  
que han estado en las buenas y en  
las no tan buenas, pero que  
siguen estando aquí, presentes en mi vida.*

*Dedicado a todos aquellos seres maravillosos  
que se cruzaron por mi camino y contribuyeron  
a mi crecimiento personal y profesional.*

## AGRADECIMIENTOS

*Mi primer agradecimiento es a Dios pues  
Sin Él y su gran amor, no tendría esta vida maravillosa que  
me ha brindado grandes satisfacciones,  
como ésta de conseguir una meta profesional más.*

*Por supuesto que mi agradecimiento más  
sentido va para mi madre, abuelita, tíos, primas  
y demás familiares que me apoyan y que siempre  
me motivan para seguir adelante.*

*A mis profesores quienes en esta carrera han  
influenciado en mí como referentes y faros de inspiración*

*A Anahí, mi niña hermosa, quien tuvo toda la paciencia  
Y entereza para motivarme en los momentos de stress.*

*Un agradecimiento especial al “otro amor de mi vida”:  
la música, a través de la cual he vivido  
gratas experiencias que me dieron años  
de gran felicidad, durante mi trayectoria universitaria.*

## INDICE DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| INDICE DE CONTENIDOS .....              | xi   |
| INDICE DE ILUSTRACIONES .....           | xiv  |
| RESUMEN .....                           | xvi  |
| PALABRAS CLAVES.....                    | xvi  |
| ABSTRAC .....                           | xvii |
| KEYWORDS.....                           | xvii |
| CAPITULO I .....                        | 1    |
| INTRODUCCIÓN .....                      | 1    |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....    | 1    |
| 1.2 OBJETIVOS .....                     | 2    |
| 1.2.1 OBJETIVO GENERAL:.....            | 2    |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....      | 2    |
| 1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACION.....     | 2    |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN .....                 | 3    |
| 1.5 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 3    |
| 1.6 MARCO TEÓRICO.....                  | 4    |
| 1.7 METODOLOGÍA .....                   | 5    |
| CAPITULO II.....                        | 6    |
| CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES .....    | 6    |
| 2.1 MAPA CONCEPTUAL.....                | 6    |
| 2.2 LÍQUENES .....                      | 7    |
| 2.2.1 DEFINICIÓN.....                   | 7    |
| 2.2.2 MORFOLOGÍA .....                  | 7    |
| Líquenes crustáceos .....               | 9    |
| Líquenes foliosos .....                 | 10   |
| Líquenes fruticulosos .....             | 11   |
| 2.2.3 LÍQUENES EN LA RESTAURACIÓN ..... | 11   |
| 2.3 PIEDRA .....                        | 13   |
| 2.3.1 GENERALIDADES .....               | 13   |
| 2.3.2 FORMACIÓN y COMPOSICIÓN .....     | 13   |
| 2.3.3 DETERIORO DE LA PIEDRA.....       | 14   |
| 2.4 INFRARROJO.....                     | 14   |

|   |    |
|---|----|
| 2.4.1 GENERALIDADES .....                         | 14 |
| 2.4.2 FOTOGRAFÍA IR EN LA RESTAURACIÓN.....       | 15 |
| 2.5 CEMENTERIO DE SAN DIEGO .....                 | 16 |
| Cementerio de San Diego .....                     | 17 |
| CAPITULO III.....                                 | 18 |
| MATERIALES Y MÉTODOS .....                        | 18 |
| 3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL .....                     | 18 |
| 3.1.2 DIAGRAMA.....                               | 18 |
| 3.1.3 NOMENCLATURA DEL DIAGRAMA .....             | 19 |
| 3.1.4 FORMULA EXPERIMENTAL .....                  | 19 |
| 3.2.4 CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN .....              | 19 |
| 3.2 CONDICIONES AMBIENTALES .....                 | 20 |
| 3.2.1 EQUIPOS Y MATERIALES .....                  | 20 |
| 3.2.2 PROCEDIMIENTO.....                          | 20 |
| 3.3 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS ..... | 21 |
| 3.3.1 OBTENCIÓN .....                             | 21 |
| 3.3.2 LAVADO.....                                 | 21 |
| EQUIPOS Y MATERIALES .....                        | 21 |
| PROCEDIMIENTO.....                                | 22 |
| 3.4 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES.....   | 22 |
| 3.4.1 TOMA DE MUESTRAS .....                      | 22 |
| EQUIPOS Y MATERIALES .....                        | 22 |
| PROCEDIMIENTO.....                                | 22 |
| 3.4.2 LAVADO.....                                 | 24 |
| EQUIPOS Y MATERIALES .....                        | 24 |
| PROCEDIMIENTO.....                                | 24 |
| 3.4.3 SECADO.....                                 | 26 |
| EQUIPOS Y MATERIALES .....                        | 26 |
| PROCEDIMIENTO.....                                | 26 |
| 3.4.4. HOMOGENIZACIÓN.....                        | 28 |
| EQUIPOS Y MATERIALES .....                        | 28 |
| PROCEDIMIENTO.....                                | 28 |
| 3.5 INOCULACIÓN.....                              | 30 |

|   |    |
|---|----|
| 3.5.1 EQUIPOS Y MATERIALES .....  | 30 |
| 3.5.2 PROCEDIMIENTO.....  | 30 |
| 3.5.3 APLICACIÓN DE NUTRIENTE DE ACUERDO AL SEGUIMIENTO DEL<br>PROTOCOLO.....                                     | 34 |
| EQUIPOS Y MATERIALES .....  | 34 |
| PROCEDIMIENTO.....  | 34 |
| 3.6 REGISTRO FOTOGRÁFICO .....  | 35 |
| 3.6.1 EQUIPOS Y MATERIALES .....  | 35 |
| 3.6.2 PROCEDIMIENTO.....  | 36 |
| 3.7 CONDICIONES AMBIENTALES DEL LABORATORIO .....   | 40 |
| CAPITULO IV.....  | 41 |
| RESULTADOS.....   | 41 |
| 4.1 COMPARACION GENERAL DE RESULTADOS EN BASE DE LA PROBETA N <sub>1</sub> L <sub>2</sub><br>R <sub>3</sub> ..... | 42 |
| 4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINAL A LA LUPA .....   | 45 |
| CAPITULO V.....   | 56 |
| DISCUSIÓN .....   | 56 |
| 5.1 CONCLUSIONES .....  | 56 |
| 5.2 RECOMENDACIONES.....  | 57 |
| REFERENCIAS.....  | 59 |
| ANEXOS .....  | 61 |
| ANEXO 1: Calendario de procesos .....   | 61 |
| ANEXO 2: Seguimiento del protocolo .....  | 63 |
| ANEXO 3: Mediciones de temperatura y humedad relativa .....   | 70 |
| Cementerio de San Diego .....   | 70 |
| Mesa de trabajo – Laboratorio de Química.....   | 71 |
| ANEXO 4: Mediciones de luminosidad .....  | 72 |
| ANEXO 5: Antecedentes de imágenes de prueba al infrarrojo .....   | 73 |

## INDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Mapa Conceptual de la investigación. Capítulo II: Conceptualización de las variables .....                  | 6  |
| Figura 2: Muestra líquen N°1 .....  | 8  |
| Figura 3: Muestra líquen N°2 .....  | 8  |
| Figura 4: Muestra líquen N°3 .....  | 8  |
| Figura 5: (2010) De Jason Hollinger - Brown Tile and Gold Cobblestone .....   | 9  |
| Figura 6: De Schaudé. Lobaria pulmonaria. (2007).....   | 10 |
| Figura 7: Flechten Pflanzen. (S/F).....   | 11 |
| Figura 8: © José Ignacio Roncal . Isla de Pascua. S/F. RAPA NUI. ....   | 12 |
| Figura 9: Espectro electromagnético.....  | 15 |
| Figura 10: .....  | 17 |
| Mausoleo del Sr. Dr. Dn. Luis Felipe Borja .....  | 17 |
| Figura 11: .....  | 17 |
| Tumba del Sr. Primitivo Vela .....  | 17 |
| Figura 12: .....  | 17 |
| Mausoleo de la Familia Augusto Bueno quien fuera presidente de la Sociedad Funeraria Nacional en el año de 1917 ..... | 17 |
| Figura 13: Diagrama del Diseño Experimental.....  | 19 |
| Figura 14: Colocación del Sensor N° 2.....  | 21 |
| Figura 15: Lugar de extracción líquen N° 1.....   | 23 |
| Figura 16: Lugar de extracción líquen N° 2.....   | 23 |
| Figura 17: Lugar de extracción líquen N° 3.....   | 24 |
| Figura 18: Kranner, I. et al.( 2002) .....  | 25 |
| Figura 19: Enjuague de las muestras obtenidas .....   | 25 |
| Figura 20: Secado de las muestras L1 y L3 .....   | 26 |
| Figura 21: Secado de la muestra L1.....   | 27 |
| Figura 22: Secado de la muestra L2.....   | 27 |
| Figura 23: Homogenización de la muestra L1 .....  | 28 |
| Figura 24: Estado final de la homogenización de la muestra L1 .....   | 29 |
| Figura 25: Homogenización de la muestra L2 .....  | 29 |
| Figura 26: Procedimiento de inoculación .....   | 31 |
| Figura 27: Procedimiento de inoculación .....   | 32 |
| Figura 28: Procedimiento de inoculación .....   | 33 |
| Figura 29: Procedimiento de inoculación .....   | 33 |
| Figura 30: Aplicación de nutriente más agua.....  | 35 |
| Figura 31: N <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>1</sub> .....   | 37 |
| Figura 32: N <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>1</sub> .....   | 37 |
| Figura 33: N <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>1</sub> .....   | 37 |
| Figura 34: N <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>2</sub> .....   | 38 |
| Figura 35: N <sub>0</sub> L <sub>2</sub> R <sub>3</sub> .....   | 38 |
| Figura 36: T <sub>2</sub> .....   | 38 |
| Figura 37: N <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>2</sub> .....   | 39 |
| Figura 38: N <sub>0</sub> L <sub>2</sub> R <sub>3</sub> .....   | 39 |
| Figura 39: T <sub>2</sub> .....   | 39 |
| Figura 47: _Probeta IR lunes 4 de junio .....   | 42 |
| Figura 46: _Probeta lunes 4 de junio.....   | 42 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 44: Probeta jueves 24 de mayo .....                                      | 42 |
| Figura 42: Probeta viernes 11 de mayo.....                                      | 42 |
| Figura 40: Probeta antes de la inoculación .....                                | 42 |
| Figura 45: Probeta IR jueves 24 de mayo .....                                   | 42 |
| Figura 43: Probeta IR viernes 11 de mayo.....                                   | 42 |
| Figura 41: Probeta IR antes de la inoculación .....                             | 42 |
| Figura 52: Probeta lunes 2 de julio .....                                       | 43 |
| Figura 50: Probeta viernes 22 de junio .....                                    | 43 |
| Figura 48: Probeta miércoles 13 de junio .....                                  | 43 |
| Figura 53: Probeta IR lunes 2 de julio .....                                    | 43 |
| Figura 51: Probeta IR viernes 22 de junio .....                                 | 43 |
| Figura 49: Probeta IR miércoles 13 de junio .....                               | 43 |
| Figura 54: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>1</sub> a la lupa.....  | 45 |
| Figura 55: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>2</sub> a la lupa.....  | 46 |
| Figura 56: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>3</sub> a la lupa ..... | 47 |
| Figura 57: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>2</sub> R <sub>1</sub> a la lupa ..... | 48 |
| Figura 58: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>2</sub> R <sub>2</sub> a la lupa ..... | 49 |
| Figura 59: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>2</sub> R <sub>3</sub> a la lupa ..... | 50 |
| Figura 60: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>3</sub> R <sub>1</sub> a la lupa ..... | 51 |
| Figura 61: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>3</sub> R <sub>2</sub> a la lupa ..... | 51 |
| Figura 62: Probeta N <sub>1</sub> L <sub>3</sub> R <sub>2</sub> a la lupa ..... | 52 |
| Figura 63: Probeta N <sub>0</sub> L <sub>3</sub> R <sub>3</sub> a la lupa ..... | 53 |
| Figura 64: Probeta T <sub>2</sub> a la lupa .....                               | 53 |
| Figura 65: Probeta N <sub>0</sub> L <sub>1</sub> R <sub>2</sub> a la lupa ..... | 54 |
| Figura 66: Probeta N <sub>0</sub> L <sub>2</sub> R <sub>3</sub> a la lupa.....  | 54 |
| Figura 67: Probeta N <sub>0</sub> L <sub>3</sub> R <sub>3</sub> a la lupa.....  | 55 |
| Figura 68: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 63 |
| Figura 69: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 63 |
| Figura 70: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 64 |
| Figura 71: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 64 |
| Figura 72: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 65 |
| Figura 74: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 65 |
| Figura 73: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 65 |
| Figura 75: Tinajas con las probetas .....                                       | 66 |
| Figura 77: Probeta del lunes 21 de mayo .....                                   | 66 |
| Figura 76: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 66 |
| Figura 79: Probeta del lunes 21 de mayo .....                                   | 67 |
| Figura 78: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 67 |
| Figura 81: Probeta del lunes 21 de mayo.....                                    | 67 |
| Figura 80: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 67 |
| Figura 83: Probeta del lunes 21 de mayo.....                                    | 68 |
| Figura 82: Probeta del viernes 11 de mayo.....                                  | 68 |
| Figura 84: Tinajas cubiertas con plástico film.....                             | 68 |
| Figura 85: Fotografía normal piedras con líquenes .....                         | 73 |
| Figura 86: Fotografía IR piedras con líquenes .....                             | 73 |
| Figura 88: Fotografía normal cortezas de madera con líquenes .....              | 74 |
| Figura 87: Fotografía IR cortezas de madera con líquenes.....                   | 74 |

## **RESUMEN**

Los líquenes constituyen un factor biótico de deterioro presente en los bienes patrimoniales de piedra, por lo que es considerado dentro de los estudios realizados para la conservación de monumentos pétreos. Es así que nuestro objetivo fue identificar las etapas iniciales de crecimiento de líquenes, en sustrato de piedra tipo andesita, por medio de análisis de imagen con fotografía normal y fotografía infrarroja (IR).

Para tal efecto se inició con la toma de muestras de líquenes en el cementerio de San Diego, y continuó con el trabajo experimental de probetas de piedra andesita cultivadas. Con la finalidad de contar con las bases adecuadas fue necesario conceptualizar las variables que formaron parte de la investigación, y luego se procedió con el cultivo de los líquenes aplicando el protocolo existente al tiempo que se realizaron adaptaciones al mismo.

Finalmente se realizó un análisis detallado y minucioso de los resultados obtenidos en las probetas, con lo cual se comprobó que si es posible detectar el crecimiento temprano de líquenes, aunque no a la fotografía IR. Dichos resultados quedan debidamente documentados en la presente investigación, a fin de que, en un futuro sean aplicados a estudios relacionados con el tema.

Metodológicamente este trabajo se fundamentó en investigación exploratoria y descriptiva, pues se hizo la búsqueda y recolección de la información necesaria para la identificación temprana de líquenes, teniendo en cuenta que esta búsqueda debía dirigirse no solamente al indicador de deterioro, es decir el liquen, sino también al protocolo que se iba a aplicar, En este sentido fue Kranner, Ilse; Beckett, R. & Varma, Ajit, (2002), con la información pertinente quienes contribuyeron esencialmente para darnos a conocer el protocolo a seguir, y de esta manera adaptarlo con un alcance que permitiera el cultivo de líquenes.

## **PALABRAS CLAVE:**

Líquenes, fotografía infrarroja, piedra, protocolo de cultivo, San Diego



## **ABSTRACT**

The lichens are a biotic factor of deterioration present in the heritage of stone, which is why it is considered within the studies carried out for the conservation of stone monuments. So our objective was to identify the initial stages of lichen growth, in andesite-type stone substrate, by means of image analysis with normal photography and IR photography.

For this purpose, we began with the sampling of lichens in the cemetery of San Diego, and continued with the experimental work of cultured andesite stone specimens. In order to have the proper bases it was necessary to conceptualize the variables that formed part of the research, and then proceeded with the cultivation of the lichens applying the existing protocol while making adaptations to it.

Finally, a detailed and detailed analysis of the results obtained in the specimens was carried out, which showed that it is possible to detect the early growth of lichens, although not to IR photography. These results are duly documented in the present investigation, so that, in the future, they may be applied to studies related to the subject.

Methodologically this work was based on exploratory and descriptive research, since the search and collection of the necessary information for the early identification of lichens was done, taking into account that this search should be directed not only to the deterioration indicator, that is to say the lichen, but also to the protocol that was going to be applied, In this sense it was Kranner, Ilse; Beckett, R. & Varma, Ajit, (2002), with the pertinent information who contributed essentially to let us know the protocol to follow, and in this way adapt it with a scope that would allow the cultivation of lichens.

## **KEYWORDS**

Lichens, infrared photography, stone, cultivation protocol, San Diego.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es bien conocida la enorme riqueza de monumentos en piedra que tiene la ciudad de Quito, bienes patrimoniales que han sido inventariados por el Instituto Metropolitano de Patrimonio, según lo dispuesto por la Ordenanza Metropolitana 0260 de Áreas Históricas aprobada el 4 de junio del 2008 que establece la responsabilidad de realización de inventarios de bienes patrimoniales. (IMP, s/f)

Dentro de este inventario existen dos Áreas Patrimoniales de tipo funerario, siendo una de ellas el Cementerio de San Diego. El principal factor de deterioro de los bienes de piedra hallados en el mencionado cementerio y en muchos de los tantos monumentos, fachadas, etc., de Quito, es biótico, lo que nos lleva a debatir si conviene o no el retiro de líquenes.

Es por esto que en la actualidad existen discusiones al respecto del tema, de profesionales de la restauración que han llevado a efecto intervenciones en bienes pétreos, como por ejemplo Portero de la Torre, et al, 2004 concluye en su investigación que los líquenes accionan de manera protectora sobre el sustrato, más que sus efectos como agentes de deterioro. (Portero de la Torre, et al., 2004).

Sin embargo desde el punto de vista de nosotros, cabe señalar que también afectan la apariencia del bien, manejando criterios de restauración donde persisten los cuestionamientos.

Para este fin el investigador pretende detectar crecimientos tempranos de líquenes en bienes culturales construidos en piedra, para no llegar a una intervención directa de restauración, mediante el análisis de la imagen de fotografía normal y fotografía IR (Infrarrojos), siguiendo un protocolo de cultivo con probetas de piedra tipo andesita, monitoreando el proceso gradualmente; mismo procedimiento que a la actualidad no se ha realizado en el Ecuador.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Identificar las etapas iniciales de crecimiento de líquenes, en sustrato de piedra tipo andesita, por medio de análisis de imagen con fotografía normal y fotografía IR.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Caracterizar las variables que forman parte de la investigación.
2. Cultivar líquenes con la aplicación del protocolo existente y adaptación del mismo.
3. Documentar los resultados obtenidos del cultivo de líquenes.

## **1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACION**

1. ¿Existen investigaciones al respecto de crecimientos temprano de líquenes?
2. ¿Existen protocolos de cultivo de líquenes?
3. ¿Se puede identificar al infrarrojo el microbiota y fotobionte del líquen?
4. ¿Se puede identificar el crecimiento temprano de líquenes con la fotografía infrarroja?
5. ¿Aporta de alguna manera para la restauración y conservación de bienes pétreos la presente investigación?

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Una de las mayores preocupaciones de la restauración, ha sido y siempre será, incentivar la conservación de los bienes patrimoniales, antes de tener que llegar a la restauración, misma que se convierte en una intervención directa, que puede resultar agresiva; si tomamos en consideración que los monumentos de tipo pétreo representan gran cantidad del legado cultural histórico, se comprende porque esta investigación centra su atención en la detección temprana de crecimiento de líquenes, en piedra.

Es menester ilustrar sobre el hecho de que, existen a nivel mundial protocolos destinados al crecimiento de líquenes, pero únicamente para su posterior estudio como especies, es decir enfocados en la ciencia de la botánica, más no en el área de la conservación curativa de bienes culturales, por lo que este trabajo busca incentivar futuras investigaciones al respecto de mejorar en el trabajo de preservación del bien, antes de tener que llegar a la restauración, al mismo tiempo dejar sentado precedentes para futuras investigaciones al respecto de la conservación de los bienes culturales en piedra.

## **1.5 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se realizó en la ciudad de Quito, en el Cementerio de San Diego donde se obtuvieron las muestras y su posterior desarrollo y análisis progresivo se llevó a cabo en el laboratorio de Química de la carrera de Restauración y Museología de la Universidad Tecnológica Equinoccial, espacio que fue adecuado para el efecto, tomando en consideración factores de limpieza, iluminación y adecuación de espacios.

Para efectos de control de temperatura y humedad relativa, se realizaron mediciones con sensores ambientales ONSET Data Logger y sus resultados se pueden ver en el anexo3.

## 1.6 MARCO TEÓRICO

Con la finalidad de sustentar y definir conceptos de la presente investigación a continuación se hace referencia a los textos analizados:

Caneva, Nugari y Salvadori, (2000), nos menciona la problemática de los líquenes desde el punto de vista de la restauración como agentes dañinos a la conservación de la obra o como factores biológicos de influencia positiva, aportando a la investigación para la conceptualización de los líquenes.

En su artículo Portero de la Torre, Galiano, Casares y Cultrone, (2004), nos da a conocer que, es más importante la acción protectora que realizan los líquenes sobre el sustrato, que sus efectos como agentes de deterioro.

De manera fehaciente y concisa las imágenes graficadas en el texto *Santa María, Líquenes, Hepáticas y Musgos*, de la Universidad Nacional de Colombia de Campos, Uribe & Aguirre, (2008), aportaron a la comprensión de la simbiosis, estructura, reproducción y particularidades de los líquenes, de acuerdo a su contexto, constituyendo un gran aporte para esta investigación.

Matteini, M. & Moles, A., (2001) nos menciona nociones conceptuales y aplicaciones de las técnicas fotográficas especiales como son: fotografía infrarroja en blanco y negro y fotografía infrarroja a color y sus principales fundamentos, lo que nos aportó lineamientos para la investigación presentada.

Kranner, Ilse; Beckett, R. & Varma, Ajit, (2002), contribuyó esencialmente para darnos a conocer el protocolo a seguir, y de esta manera adaptarlo con un alcance que permitiera el cultivo de líquenes.

Nash III, (2001) nos contextualiza a los líquenes desde el punto de vista de la biología, entendiendo su morfología y características propias de los líquenes, lo cual ayudó a conocer notoriamente al líquen.

## 1.7 METODOLOGÍA

El presente trabajo se dividió en dos etapas:

En la primera se utilizó investigación exploratoria y descriptiva, pues se hizo la búsqueda y recolección de la información necesaria para la identificación temprana de líquenes, teniendo en cuenta que esta búsqueda debía dirigirse no solamente al indicador de deterioro (líquen) sino también al protocolo a seguir, aspecto fundamental para la identificación temprana; toda vez que es casi inexistente esta información.

En la segunda etapa se manejó investigación experimental y descriptiva pues de manera objetiva, sistemática y controlada se monitoreó el cultivo y probable crecimiento de los líquenes para describir los avances en su crecimiento temprano, determinando además la frecuencia de este crecimiento.

Para esta segunda etapa de la investigación se trabajó con un diseño experimental que contempló los siguientes elementos: sustrato, nutriente, líquen, repetición y testigos. Este diseño se puede conocer a detalle en el Capítulo III, numeral 3.1.

## CAPITULO II

### CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 2.1 MAPA CONCEPTUAL

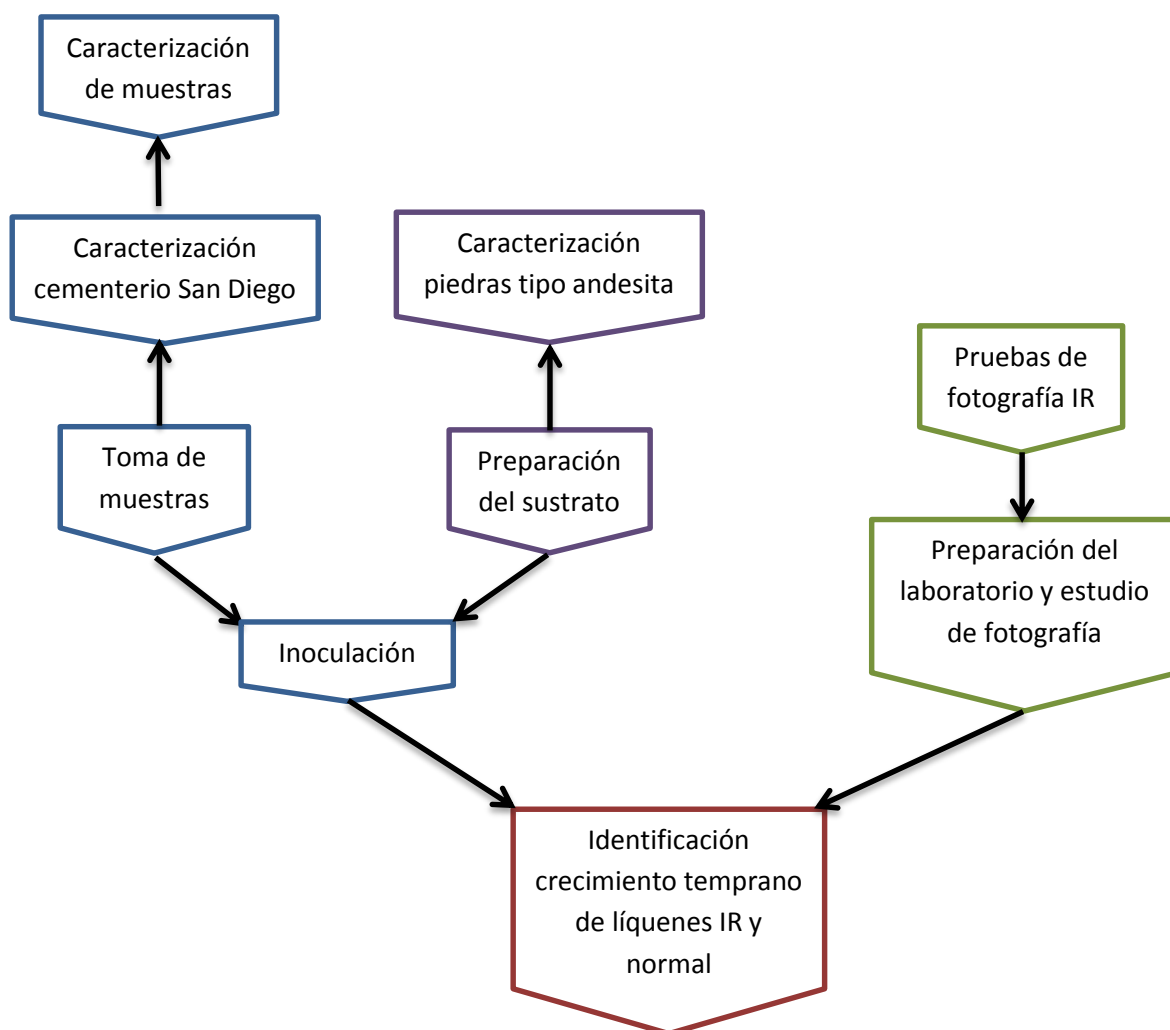


Figura 1: Mapa Conceptual de la investigación. Capítulo II: Conceptualización de las variables

## **2.2 LÍQUENES**

### **2.2.1 DEFINICIÓN**

La palabra líquen procede del latín *lichen*, la cual a su vez procede del griego λειχήν.

La formación de un líquen se origina con la convivencia estrecha entre un fotobionte (puede ser alga, cianobacteria o ambas) y un micobionte (hongo), es decir una asociación simbiótica, donde ambos organismos se benefician. (Campos, L. et al., 2008).

Actualmente se han identificado más de 17000 especies de líquenes, con una vasta distribución, inclusive en zonas tan agrestes como regiones desérticas, trópicas, bosques, zonas polares y el mar. Pueden adaptarse a distintos climas y hábitat, por lo que pueden crecer en casi cualquier sustrato. (Cautiño B. & Montañez A., 2000)

### **2.2.2 MORFOLOGÍA**

La morfología y anatomía de los líquenes está sujeta a las condiciones impuestas por el medio ambiente sobre la simbiosis de los dos organismos que lo conforman.

La fotosíntesis de este organismo no depende de la forma de crecimiento del líquen, ésta debe permitir el desarrollo adecuado, según lo afirma Nash III, (2001): “el fotobionte debe suministrar la cantidad de luz justa, incluso en la sombra profunda de las selvas tropicales o en las condiciones de desierto totalmente expuestas”.

Las formas de crecimiento del talo del líquen está directamente determinado por el micobionte (hongo).

Tomando como referencia a Campos,( 2008) se procede a identificar las siguientes especies de líquenes de las muestras obtenidas en San Diego.



---

**Muestra de liquen**
**Identificación según Campos, (2008)**


---

Physcia

Familia :Physciaceae

Presenta talo folioso de lóbulos planos, con una corteza de hifas sin arreglo longitudinal . Su superficie ventral se halla pigmentada de blanco.

Este genero crece sobre suelos o en rocas y se distribuye principalmetne en zonas andinas .



*Figura 2: Muestra liquen N°1*  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)

---



*Figura 3: Muestra liquen N°2*  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito,2018)

---

Liquen de tipo crostoso , adherido fuertemente al sustrato .

Su pigmentacion es de color gris palido a verdoso.



*Figura 4: Muestra liquen N°3*  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito,2018)

---

Este liquen aparentemente corresponde a aquellos foliosos, coloreado de verde palido con unas pequeñas bolutas como ramificaciones

Sobre el aspecto de la capa principal del líquen, estos se dividen en tres grupos morfológicos que se explican a continuación:

### Líquenes crustáceos

Este tipo de líquenes son los que se adhieren firmemente al sustrato y para retirarlos es imposible hacerlo sin causar destrucción. La pérdida de agua está supeditada a la inclinación de la superficie expuesta, pues a mayor inclinación, mayor aprovechamiento del flujo de agua.

La variación del tipo crustoso es abundante, así encontramos subtipos: cortezas en polvo, endolíticas, globuladas, suffroticosicas, entre otras. El tipo de talo puede ser heterogéneo y homogéneo, dependiendo del subtipo. Las hifas medulares pueden perforar hasta 2mm de profundidad en el sustrato; al penetrar en él éste envejece con una tasa de 9.6mm por 100 años, en un clima semihúmedo. (Nash III, 2001).

Nimis et al. 1992 (como se citó en Nash III, 2001), menciona que los líquenes crustosos de la especie de *Leproplaca chrysodeta* y *Dirina Mássiliensis*, contribuyen al biodeterioro de una amplia gama de materiales de construcción y monumentos históricos.



*Figura 5: (2010) De Jason Hollinger - Brown Tile and Gold Cobblestone Lichens* Uploaded by Amada44, CC BY 2.0. Extraído de: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24212823>

## Líquenes foliosos

La principal característica de estos líquenes es su similitud con las hojas, es decir totalmente planos, que se encuentran adheridos parcialmente al sustrato. Tiene una organización dorsiventral, es decir con superficies superiores distintas a la del área ventral, como en las hojas. El tipo de talo es heterómero u homómero.

.Según Nash III, (2001) quien menciona que “a menudo el talo de estos líquenes se divide en lóbulos que muestran varios grados de ramificaciones..”. Es decir que éstos se desarrollan en una gran variedad de tamaños y diversidad de talos.



**Figura 6: De Schaude. *Lobaria pulmonaria*. (2007)  
Extraído de: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3293541>**

Los podemos encontrar de color gris, verde, marrón, casi negro, verde blanquecino, pero como se mencionó anteriormente se identifican dos colores: uno por la cara dorsal y otro por la cara ventral. (Campos, 2008).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Es de destacar que estos líquenes muestran movimientos higroscópicos, como lo mencionan Büdel &Wessels (1986); Lumbsch y Kothe (1988), (como lo cito Nash III, 2001). Es así que en estado seco los talos se enrollan exponiendo su corteza inferior, mientras que cuando toman agua, los talos se desarrollan y exponen la superficie superior a la luz del sol. Cuando están secos y enrollados pueden ser arrastrados fácilmente por el viento.

## Líquenes fruticulosos

Campos, L. et al. (2008) menciona que el talo de estos líquenes está compuesto por ramitas más o menos cilíndricas, por lo cual presenta simetría radial formando crecimientos dendroides (a manera de ramas de árboles). Siempre sobresalen de la superficie.

Se desarrollan en todo tipo de climas, gracias a su sistema de adherencia al sustrato por medio de un disco de fijación, el cual tiene una estructura muy fuerte. Usualmente son de color gris pálido a verdoso o amarillo, pueden crecer erectos desde el sustrato o péndulos a partir de ramas y troncos de árboles. Así lo menciona Campos, (2008).



*Figura 7: Flechten Pflanzen. (S/F).  
Extraído de: <https://pixnio.com/free-images/flora-plants/lichens-408x544.jpg>*

### 2.2.3 LÍQUENES EN LA RESTAURACIÓN

Los líquenes son organismos pioneros en la colonización de las piedras, por lo cual la pueden invadir en pocos años. Debido a la gran variedad de materiales pétreos existentes, así mismo se encuentran gran variedad de especies de líquenes, pues su crecimiento depende del tipo de exposición ambiental a la que cada uno de los monumentos se encuentre expuesto, por lo que se hace también muy difícil su análisis e identificación. (Caneva G. et al., 2000).

Respecto de la hipótesis sobre si la presencia de los líquenes tiene una acción protectora, G. Caneva (2000) menciona que “en el caso de materiales pétreos muy porosos, los líquenes pueden desempeñar una acción protectora, reduciendo los daños producidos por el agua, el viento y los contaminantes atmosféricos”.<sup>2</sup>

Según nosotros consideramos, empero de tener esta acción protectora, la presencia de los líquenes sobre el bien patrimonial también se relaciona con el criterio del restaurador que en muchos casos influye a la hora de tomar decisiones imprescindibles

En la piedra encontramos en su mayoría líquenes de tipo crustáceo, mismos que pueden ser de talo eneolítico, es decir que se desarrollan en el interior de las piedras. (Caneva, 2000)

Parte de las afecciones al sustrato que los líquenes pueden ocasionar, son los movimientos causados por la expansión y contracción del talo, es decir la absorción de agua, lo cual ejerce presión sobre la superficie del sustrato, afectando los fragmentos minerales y causando corrosión en el bien.

Por otra parte se ocasionan daños químicos mediante la generación de ácido carbónico, la excreción de ácido oxálico y compuestos liquénicos con propiedades quelantes. (Caneva, 2000) --impide la absorción de minerales--.



**Figura 8:** © José Ignacio Roncal . *Isla de Pascua. S/F. RAPA NUI.*  
*Los colosos de la Isla de Pascua Ref.89181034. Recuperado de:*  
<http://www.fotoaleph.com/Colecciones/RapaNui/Pascua-foto30.html#Pascua>

<sup>2</sup> Como dato curioso: los líquenes ayudan al ecosistema desde ciertos puntos como son: enriqueciendo el suelo, alimento para animales en zonas desérticas, albergue para insectos , arácnidos, moluscos, etc, como forraje para los animales domésticos en países nórdico, para uso industrial en perfumería, medicina e inclusive como almidón para la elaboración de pan. (Cautiño B. & Montañez A., 2000)

## 2.3 PIEDRA

### 2.3.1 GENERALIDADES

El gran macizo montañoso que bordea toda América del Norte y Sur, llamado Los Andes, se encuentra compuesto por piedra andesita, de ahí su nombre.

Dentro de las principales características de este tipo de sustrato encontramos las que se mencionan en la publicación de Martiarena, (1992): propiedad mecánica, es decir la resistencia a la tracción para no romperse, la permeabilidad de la superficie del sustrato, la capacidad de absorción de agua, la porosidad y la dureza. Todas estas características son factores cruciales al momento de detectar alteraciones en el sustrato.

La piedra tipo andesita que en esta investigación será el sustrato para el cultivo de líquenes, representan el tipo de piedra natural que por su resistencia mecánica es utilizada mayoritariamente en monumentos históricos artísticos y fachadas muy representativas de nuestro medio.

### 2.3.2 FORMACIÓN y COMPOSICIÓN

Como lo menciona Fort (2009), las características petrológicas de este sustrato inciden directamente en su capacidad de resistencia al deterioro, por cuanto se encuentra compuestas por una asociación de minerales cristalizados en el interior de la tierra, a altas temperaturas y a altas presiones, denominándose así como rocas ígneas.

Ésta roca de origen volcánico, se compone de cristales gruesos (fenocristales) que se encuentran insertados en una masa de tierra (matriz granular); los fenocristales son "... plagioclasa, anfíbol o piroxeno, que son grandes cristales conocidos como fenocristales, que comienzan a formarse cuando el magma se encuentra a profundidades de enfriamiento".

El principal componente de las andesitas es la *andesina*, un feldespato de la serie plagioclasa. También contiene cantidades más pequeñas de cuarzo o minerales ricos en hierro

y magnesio tales como la olivina, piroxeno, biotita o hornblenda. Los tipos de andesitas se subdividen en tres clases de acuerdo a sus componentes no feldspatos: de la mayor parte del silícico al más máfico, se trata de andesitas portadoras de cuarzo, el segundo se trata de los andesitas de piroxeno y el tercero de andesitas de biotita y hornblenda. (GEOLOGIA ONLINE, 2017).

### **2.3.3 DETERIORO DE LA PIEDRA**

Los materiales pétreos producidos por el hombre son diversos, entre los que se cuentan: los estucos, morteros, revoques, frescos y productos cerámicos usados en arquitectura como los ladrillos y bloques, todos ellos son atacados por los mismos agentes biológicos que se adhieren a las piedras. La porosidad que estos materiales presentan es un factor que favorece la aparición de microflora, además que si tomamos en cuenta que algunos materiales tienen pigmentos que también colaboran con la proliferación del biodeterioro.

Este factor de deterioro aumenta su probabilidad si se encuentra expuesto al aire libre, pues la composición del aire, ambiente, humedad y temperatura contribuyen a aumentar la degradación. Por este motivo no podríamos decir nunca que una piedra está totalmente desinfectada, pues las bacterias pocas o muchas, que ésta posea ya son iniciadores de un proceso de daño. (Caneva, 2000).

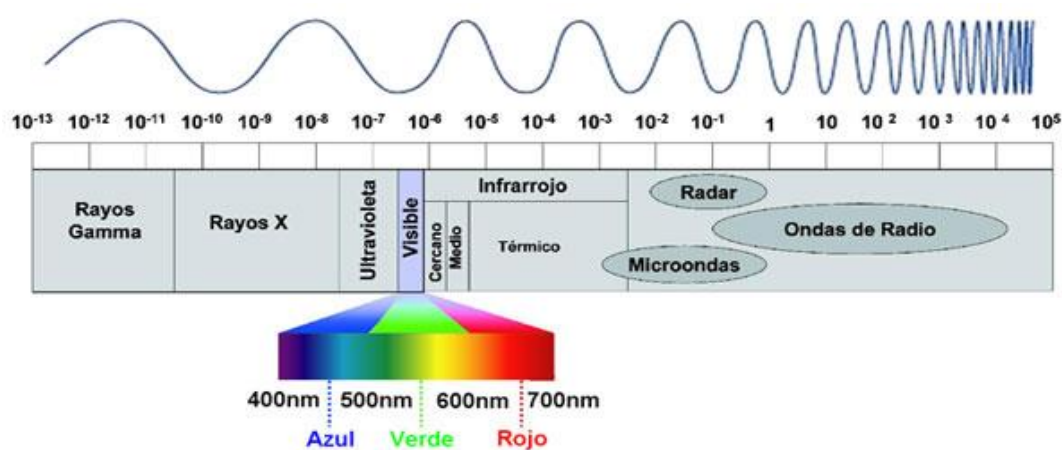
## **2.4 INFRARROJO**

### **2.4.1 GENERALIDADES**

La fotografía Infrarroja (IR) es una técnica no invasiva que permite identificar longitudes de onda superior a la luz visible.

Según lo menciona Rodriguez,( 2014), “La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo siempre y cuando su temperatura sea mayor que 0° Kelvin y, a mayor temperatura, mayor será la radiación energética emitida”.

En fotografía se emplea el infrarrojo cercano que limita con la luz visible en el espectro electromagnético, entre unas 730  $\mu\text{m}$  (micrones o micras) a 900  $\mu\text{m}$ .



*Figura 9: Espectro electromagnético.  
Recuperado: <http://www.astronomia2009.es>*

## 2.4.2 FOTOGRAFÍA IR EN LA RESTAURACIÓN

Desde el punto de vista de la conservación y restauración, la fotografía IR permite que los elementos gráficos subyacentes a la capa pictórica, como: bosquejos, arrepentimientos, e inclusive cualquier tipografía, sean revelados al ojo humano, favoreciendo de esta manera un análisis más completo, previos a los trabajos de restauración e inclusive a la hora de verificar la autenticidad de una obra. Cabe resaltar que no siempre será fácil la interpretación de los resultados que se obtengan mediante este estudio, del bien cultural. (Matteini, 2001).



## 2.5 CEMENTERIO DE SAN DIEGO

Este camposanto se encuentra ubicado en la calle Farfán N° 117, entre las calles Chimborazo y La Ermita, al Suroeste del Centro de Quito. Su funcionamiento comenzó a partir del año 1872 y es propiedad de la Sociedad Funeraria Nacional. (Garrido, 2009)

El cementerio contiene una gran cantidad de mausoleos, nichos y tumbas decorados tanto en estilo neo-clásico como neo-gótico. Así lo menciona Garrido, (2009).

Quito se constituyó como Patrimonio Cultural de la Humanidad por las Naciones Unidas en el año 1978, debido a todo su entorno paisajístico y sus edificaciones históricas unido a su riqueza arquitectónica, antropológica, sociológica y urbana.

Además, estas construcciones funerarias y la gran colección de ornamentos, esculturas y objetos varios muchos de los cuales fueron importados, principalmente de Italia, contribuyeron a que hoy se lo conozca como uno de los cementerios más importantes del país por ser declarado en el año 2002, Patrimonio Cultural del Estado ecuatoriano. (Garrido, 2009).

Se consideró este sitio por su ubicación geográfica dentro de la ciudad, centrado en el foco contaminante del Centro Histórico, lo cual determina que los líquenes que se encuentran en los mausoleos, tumbas, etc, de piedra están adaptados a las condiciones climáticas de este entorno y sobre todo a la contaminación a la que está expuesto el cementerio.

Por todo lo antes mencionado este cementerio fue considerado como lugar idóneo para la extracción de muestras de los líquenes de las tumbas y/o mausoleos del lugar.

Se representa a continuación los mausoleos y tumba de donde se extrajo las muestras para la investigación:

---

*Fotografías de Ricardo Castillo (Quito,2018)*

*Cementerio de San Diego*

---



Según lo interpreta Garrido,(2009) en su tesis , éste es un mausoleo conformado por una pila funeraria en sillería de piedra andesita. En el área superior se encuentra la imagen de la llama de la vida, con técnicas de torneado y tallado en piedra.

**Figura 10:**  
***Mausoleo del Sr. Dr. Dn. Luis Felipe Borja***



Se puede apreciar una escultura de una corona funeraria realizada posiblemente en mármol, con una cruz metálica en el centro. Distinguiéndose el fondo tres cartelas de mármol que están colocadas sobre el espaldar del conjunto funerario. Se puede observar una cinta que rodea todo el espaldar decorada con tallado en la misma piedra.

**Figura 11:**  
***Tumba del Sr. Primitivo Vela***



Según lo interpreta Garrido,(2009), es una construcción funeraria de sillares en piedra andesita. Posee ventanales de forma ojival combinados con una cúpula de ladrillo vidriado verde. El conjunto funerario descansa sobre un basamento de sillares de piedra andesita, rodeado por una verja de hierro forjado”.

**Figura 12:**  
***Mausoleo de la Familia Augusto Bueno quien fuera presidente de la Sociedad Funeraria Nacional en el año de 1917***

---

## CAPITULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

## 3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Con la finalidad de saber los elementos que intervendrían en el mencionado diseño, el número exacto de probetas y su correspondiente nomenclatura se realizó el siguiente diagrama:

## 3.1.2 DIAGRAMA

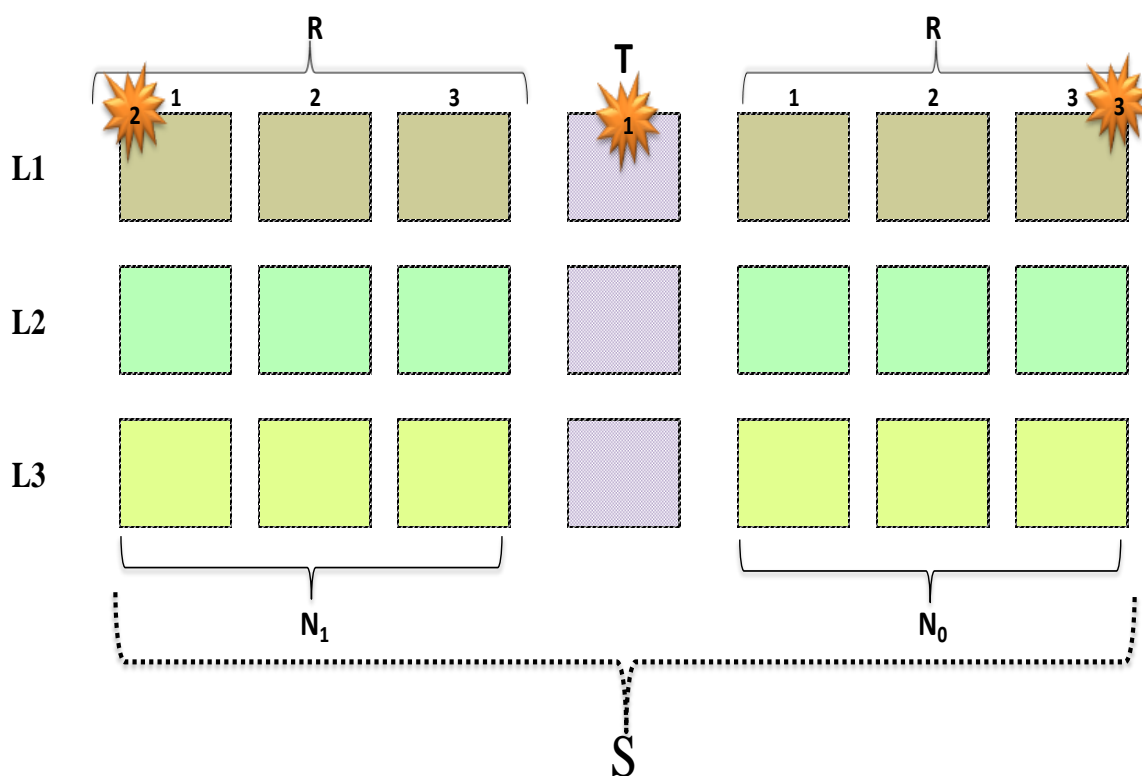



Figura 13: Diagrama del Diseño Experimental

### 3.1.3 NOMENCLATURA DEL DIAGRAMA

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| <b>S</b>   | = | Sustrato                           |
| <b>N</b>   | = | Nutriente                          |
| <b>L</b>   | = | Liquen                             |
| <b>R</b>   | = | Repeticiones                       |
| <b>T</b>   | = | Testigos                           |
| <b>np</b>  | = | Número de probetas                 |
| <b>p</b>   | = | Probetas                           |
|  | = | Lugar de mediciones de luminosidad |

### 3.1.4 FORMULA EXPERIMENTAL

|      |          |          |          |          |          |      |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
|      | <b>S</b> | <b>N</b> | <b>L</b> | <b>R</b> | <b>T</b> |      |
| np = | 1 x      | 2 x      | 3 x      | 3 +      | 3 =      | 21 p |

### 3.2.4 CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN

|                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>N<sub>x</sub></b> | <b>L<sub>x</sub></b> | <b>R<sub>x</sub></b> |
|                      | <b>T<sub>x</sub></b> |                      |

Entendiéndose así el código de identificación:

- **N** representa el Nutriente y con el subíndice **1**, significa que para el cultivo de esas probetas se utilizó nutriente.
- Mientras que **N** con el subíndice **cero (0)** significa que para esas probetas no se utilizó nutriente.
- En tanto que **L** con el subíndice **uno (1)** significa que esas probetas se cultivaron con el liquen N° **1, 2 ó 3**.
- El código **R** con el subíndice **uno (1)** significa que pertenecen a la repetición **uno (1)** de su correspondiente nutriente y liquen. De la misma forma cambia el subíndice, si pertenece a la repetición **2 ó 3**.
- El código **T** representa a los tres testigos utilizados, en los que no se realizó ningún tipo de procedimiento, pero el subíndice solo determina la identificación en las fotografías.
- Dicho código se marcó en las piedras en la esquina superior izquierda del anverso de la probeta, con lápiz grafito para que no se borren en un medio húmedo.

- Se realizaron etiquetas con el mismo código con el fin de agilizar el procedimiento, escrito con un marcador permanente para que se evidencie en la fotografía normal y con lápiz, más pequeño en la esquina superior izquierda de la etiqueta, para que pueda reflejarse al infrarrojo.

## **3.2 CONDICIONES AMBIENTALES**

### **3.2.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Sensores ambientales ONSET Data Logger,
- Programa HOBO®. (obtención de resultados)
- Escalera de aluminio

### **3.2.2 PROCEDIMIENTO**

Se ubicaron los sensores según el conocimiento y experticia del investigador, en dos lugares: Cementerio de San Diego, mesa de trabajo (laboratorio).

El primer sensor se ubicó en la mesa de trabajo dentro del laboratorio de Química, el día 24 de febrero del 2018, a partir de las 12h00 donde estarían las probetas con los especímenes cultivados según el diseño experimental.

El segundo sensor se ubicó el día 24 de febrero del 2018, a partir de las 12h00, en el Cementerio de San Diego, al ingreso a las oficinas de Administración.



*Figura 14: Colocación del Sensor N° 2  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018) Cementerio de San Diego*

### 3.3 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

#### 3.3.1 OBTENCIÓN

Para la obtención de las probetas de sustrato de piedra tipo andesita, se acudió a una cantera ubicada en el sector de la Av. Simón Bolívar y el desvío a la vía a Cumbayá. Se logró conseguir las 21 probetas requeridas para esta investigación, con un formato de 10x10.

#### 3.3.2 LAVADO

#### EQUIPOS Y MATERIALES

- Cepillo de cerdas medianas grande
- Cepillo de cerdas medianas pequeño
- Agua destilada

## **PROCEDIMIENTO**

- Con el cepillo grande se procedió a lavar piedra por piedra las 21 probetas, con agua destilada.
- Para ciertos espacios del sustrato donde existía tierra sedimentada, se utilizó el cepillo pequeño, para una limpieza puntual.

### **3.4 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES**

#### **3.4.1 TOMA DE MUESTRAS**

## **EQUIPOS Y MATERIALES**

- Escalera metálica
- Bisturí
- Pinza
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Frascos de cristal
- Caja de muestra

## **PROCEDIMIENTO**

De acuerdo con los procedimientos estándares de extracción de muestras en conservación y restauración se procedió de la siguiente manera:

- Liquen N° 1, extraído el 12 de abril del 2018 a las 11:20; Se utilizó una escalera que nos permita acceder al sitio donde se apreciaba mayor cantidad de liquen y con el bisturí y la pinza se extrajo la muestra en un frasco de cristal.



**Figura 15:**  
**Lugar de extracción líquen N° 1**  
 (Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito,  
 2018) Cementerio de San Diego

- Líquen N° 2, extraído el 12 de abril del 2018 a las 10:30; Se utilizó una caja de muestreo pequeña y con el bisturí, se procedió a retirar de forma complicada el líquen, afectando al sustrato.



**Figura 16:**  
**Lugar de extracción líquen N° 2**  
 (Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito,  
 2018) Cementerio de San Diego

- Líquen N° 3, extraído el 12 de abril del 2018 a las 11:00; Se utilizó un frasco de vidrio, donde se depositó el líquen y con el bisturí, fácilmente se extrajo la muestra ya que el espécimen se encontraba en los inter-sitios de tierra del basamento de piedras.





*Figura 17:  
Lugar de extracción líquen N° 3  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito,  
2018) Cementerio de San Diego*

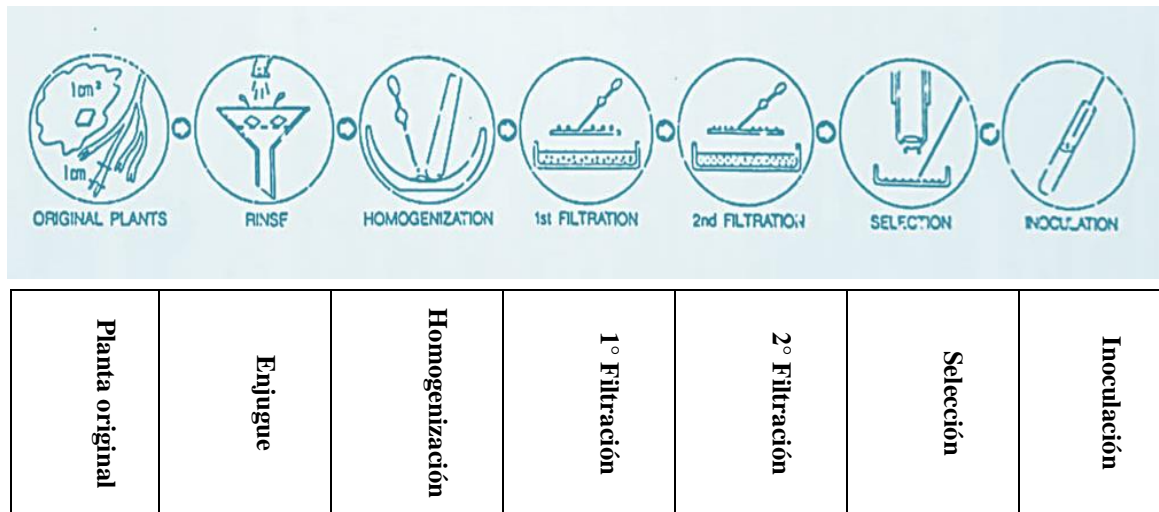
### **3.4.2 LAVADO**

#### **EQUIPOS Y MATERIALES**

- Tina plástica
- Soporte metálico para la sujeción de los líquenes
- Red de nylon
- Agua
- Muestras de líquen
- Especímenes

#### **PROCEDIMIENTO**

Siguiendo el protocolo del libro base del Capítulo II y Capítulo V de Kranner, Ilse; Beckett, R. & Varma, Ajit, (2002) se aclara el siguiente gráfico:



**Figura 18: Kranner, I. et al. (2002)**  
**The culture method of thallus fragments**  
**(Método de cultivo de fragmentos de talos)**  
**Recuperado de: Protocols in Lichenology, Culturing,**  
**Biochemistry, Ecophysiology and Use in Biomonitoring**

Según Kranner, I. et al. (2002), el primer paso que se debe realizar antes del enjuague es la separación de segmentos del thallus o talo, indicándonos en el texto que se debe cortar con un cuchillo o tijera 1 cm de longitud si la muestra de líquen fuese fruticuloso y 1 cm<sup>2</sup> si el líquen corresponde a la especie folioso o crustoso. Más, sin embargo, este procedimiento no se realizó debido a que las muestras extraídas de líquenes eran muy pequeñas. Por lo tanto se prosiguió de la siguiente manera:

- Se colocó a los líquenes en una red de nylon, sujetos a una varilla sobre una tina inclinada a 30°, donde el agua corrida propiciaba el enjuague necesario durante 1 hora.



**Figura 19: Enjuague de las muestras obtenidas**  
**(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)**

### 3.4.3 SECADO

#### EQUIPOS Y MATERIALES

- Papel secante
- Toallas de absorción de agua
- Sílice gel
- Red de nylon
- Especímenes

#### PROCEDIMIENTO

- El día 13 de abril se inició el tratamiento de secado de las muestras, mismo que fue controlado diariamente.
- Cada mañana se colocaba sobre un nuevo papel secante y toalla absorbente que favorecían la deshidratación del líquen, exponiéndolo a la luz indirecta del sol.



*Figura 20: Secado de las muestras L1 y L3  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

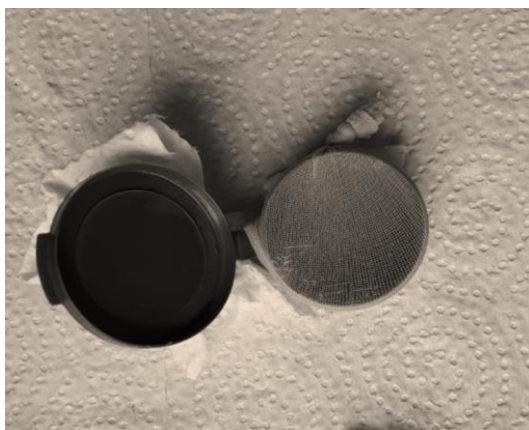
- A los tres días de que inició el procedimiento de secado, se decidió poner al líquen N° 1, entre dos frascos de cristal con sílice gel para favorecer aún más la absorción de humedad, teniendo en cuenta que ésta muestra de líquen estaba en las mejores

condiciones al momento de la extracción y no contenía tierra como el líquen N° 3, ni se encontraba en estado de polvo, como el líquen N° 2.



*Figura 21: Secado de la muestra L1  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito,2018)*

- Para el líquen N° 2, se procedió a cubrir con una malla de nylon la caja de muestra pequeña que lo contenía, ya que se encontraba en estado muy frágil. –polvo-



*Figura 22: Secado de la muestra L2  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito,2018)*

### 3.4.4. HOMOGENIZACIÓN

#### EQUIPOS Y MATERIALES

- Morteros de cerámica
- Pistilos de cerámica
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Especímenes

#### PROCEDIMIENTO

Según el texto base del protocolo Capítulo II de Kranner, I. et al. (2002) se debe homogenizar la muestra de líquen sobre el mortero con 3 ml de agua estéril, paso en el cual se decidió no utilizar agua porque las muestras mencionadas estaban completas sin ser segmentadas.

- Entendiendo este precedente se realizó el procedimiento de homogenización en seco sobre los morteros de cerámica, hasta conseguir una apariencia muy fina de las muestras L<sub>1</sub> y L<sub>3</sub>.



*Figura 23: Homogenización de la muestra L1 (Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito,2018)*



**Figura 24: Estado final de la homogenización de la muestra L1 (Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)**

- Para la muestra L<sub>2</sub> se homogenizo sobre la misma caja donde se extrajo la muestra utilizando solo el pistilo de cerámica teniendo en consideración el estado en polvo de la misma.



**Figura 25: Homogenización de la muestra L2 (Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)**

A continuación de este proceso el protocolo de referencia Capítulo II de Kranner, I. et al. (2002) menciona que se debe realizar dos filtraciones a la homogenización de los especímenes y posterior una selección de los mismos; dicho procedimiento no se realizó, y directo de la homogenización se procedió a inocular.

## 3.5 INOCULACIÓN

### 3.5.1 EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza electrónica
- Vasos de precipitación
- Agitador magnético
- Pipetas
- Atomizadores (1500ml)
- Equipo de disección
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Especímenes
- Agua destilada
- Nutriente de cultivo (EXALCROPS<sup>3</sup>)

### 3.5.2 PROCEDIMIENTO

Para los consiguientes pasos se mantuvo la referencia del libro base del Capítulo II y Capitulo V de Kranner, I. et al. (2002).

1. El primer paso fue determinar el área del liquen de menor cantidad .( L2)

---

<sup>3</sup> EXTRACTO DE ALGAS MARINAS

Nutrientes

N....1%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>...2%, K<sub>2</sub>O...3%, Ca...2%, Mg...0,4, B...0,002%, Mn...0,0018%, Fe...0,00018, Zn...0,0004% Además Carbohidratos, Fitohormonas, Vitaminas y Aminoácidos



$$A = 15,71 \text{ cm}^2$$

*Figura 26: Procedimiento de  
inoculación  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*

2. Siguiendo el protocolo del libro Capítulo II de Kranner, I. et al. (2002), por cada  $\text{cm}^2$  de líquen, 3ml. de agua destilada. Para lo cual se realizó el cálculo obteniendo la solución total.

$$\text{Solución} = 0.047 \text{ ml}$$

3. Se realizó el cálculo para determinar las cantidades individuales de los materiales que integrarían la solución total para L2.
  - EL texto guía de protocolos de cultivo en el Capítulo V de Kranner, I. et al. (2002) menciona que se puede usar medios de cultivo de alga, pero diluirlos al 5% o 10% para evitar crecimiento excesivo de algas.

$$\text{Nutriente al 10\%} = 0.005 \text{ ml}$$

$$\text{Solución total} = 0.047 \text{ ml}$$

$$\text{Agua destilada} = 0.042 \text{ ml}$$



4. Los valores de nutriente y agua destilada fueron divididos para 2 ya que según el diseño experimental el primer grupo de  $N_1$  se utilizará nutriente y en  $N_0$ , no, obteniendo de esta manera los valores exactos para cada atomizador, reflejados en gramos con la utilización de la balanza electrónica.

|                  |         |
|------------------|---------|
| Nutriente al 10% | = 2.5 g |
|------------------|---------|

|                |          |
|----------------|----------|
| Agua destilada | = 21,0 g |
|----------------|----------|

5. Según el peso en gramos de la cantidad total del L2, mismo que se tomó como referencia en el punto 1, se relacionó exactamente el mismo peso en las otras dos muestras de líquenes para colocar la cantidad exacta en los atomizadores.



*Figura 27: Procedimiento de inoculación  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*

6. Dicho peso en gramos (0.440 g) se dividió para 2, para obtener la cantidad exacta de líquenes para las probetas de  $N_1$  y de  $N_0$ .



*Figura 28: Procedimiento de inoculación  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*

7. Este procedimiento se realizó con las 3 muestras de líquenes y sus correspondientes cantidades de nutriente agua. Para las probetas de N<sub>0</sub>, la cantidad de nutriente se reemplazó con agua, quedando la solución de cada líquen:

$$N_0 = \text{Agua destilada: } 23,5 \text{ g /x c/L}$$

8 De esta manera en cada atomizador se colocó la solución más el líquen correspondiente, según el diseño experimental.



*Figura 29: Procedimiento de inoculación  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*

9. Se realizó la inoculación por riego, mediante la aspersión de la solución más liquen, con el atomizador.

- La acción de aspersión se ejecutó por 6 ocasiones, cubriendo toda la superficie de la probeta.
- Se debe anotar que con los testigos se realizó el mismo procedimiento, con agua destilada únicamente.

### **3.5.3 APLICACIÓN DE NUTRIENTE DE ACUERDO AL SEGUIMIENTO DEL PROTOCOLO**

#### **EQUIPOS Y MATERIALES**

- Tinas 50x35x10
- Dispensador spray (50ml)
- Papel film
- Agua destilada
- Nutriente de cultivo (EXALCROPS)
- Probetas inoculadas

#### **PROCEDIMIENTO**

A partir del día 1 después de la inoculación como seguimiento del protocolo de cultivo, es necesario la aplicación nuevamente de nutriente más agua destilada o solo agua destilada según corresponda teniendo en cuenta sus fases de humedad ; para lo cual se procedió a aplicar por riego, mediante la aspersión de la solución de nutriente más agua en las probetas de N<sub>1</sub>,

mientras que en los tres testigos y probetas de  $N_0$  solo agua destilada según las fechas que indica el calendario de procesos. (Ver anexo1)



*Figura 30: Aplicación de nutriente más agua (Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

### 3.6 REGISTRO FOTOGRÁFICO






#### 3.6.1 EQUIPOS Y MATERIALES

- Cámara fotográfica marca Canon, modelo EOS 5D Mark II con sensor CMOS de fotogramas completo y 21,1 Mpx.
- Lente Canon, zoom EF 24-105mm 1:4 L IS USM.
- Filtro B + W 77 093 IR 830
- Trípode marca Manfrotto, modelo MT293A4.
- Lámparas halógenas de luz amarilla ubicadas una a cada lado a 45 ° en relación a la probeta.
- Lupa convencional de 45x
- Cámara convencional acoplada a la lupa





### 3.6.2 PROCEDIMIENTO

Se realizó la toma fotográfica de la investigación antes de la inoculación, después de la inoculación y durante el seguimiento del proceso de crecimiento.

La toma de las fotografías IR se realizó bajo los siguientes parámetros técnicos:

-  Apertura de la toma: F16
-  Velocidad de obturación: 30''
-  ISO: 6400
-  Desenfoque para tomas IR
-  Utilización de lámparas halógenas de luz amarilla

Las fotografías normales se realizaron bajo los siguientes parámetros técnicos:

-  Apertura de la toma: F 8.0
-  Velocidad de obturación: 1/40
-  ISO: 1600
-  Luz natural del medio día

Cada toma tanto IR como normal de cada una de las probetas inoculadas durante el seguimiento, fueron realizadas antes de cada cambio de fase según lo indica el calendario de procesos. (Ver Anexo1).

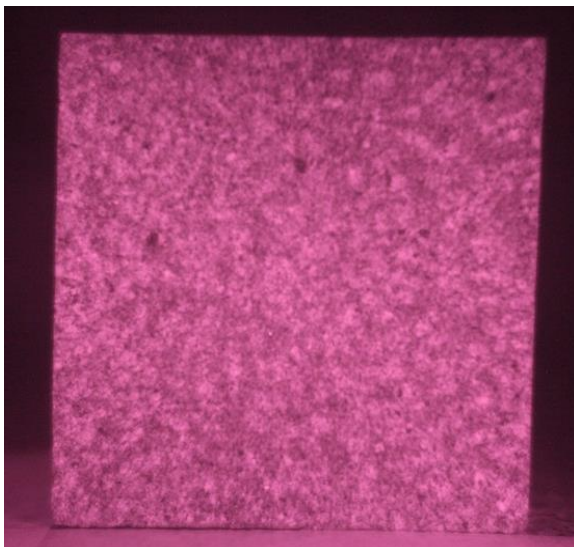
Las fotografías IR y normales, fueron tomadas a todas las 21 probetas, sin embargo para efectos de la presente investigación, se presenta únicamente las siguientes imágenes como indicadores del proceso.

**Fotografías IR y normal antes de la inoculación**

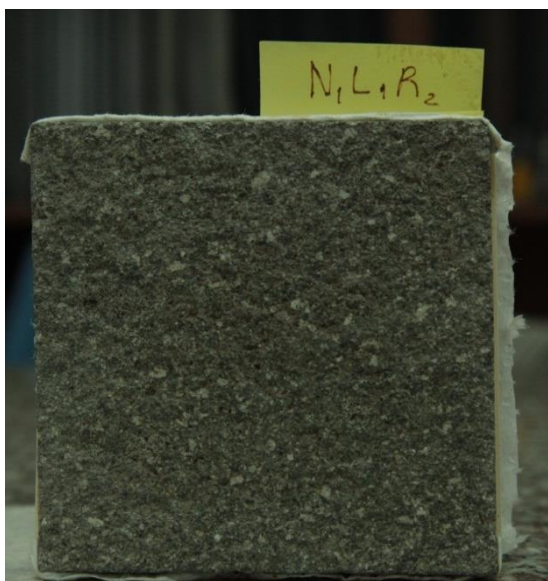
*Figura 31: N<sub>1</sub> L<sub>1</sub> R<sub>1</sub>  
Fotografía normal –anverso-  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



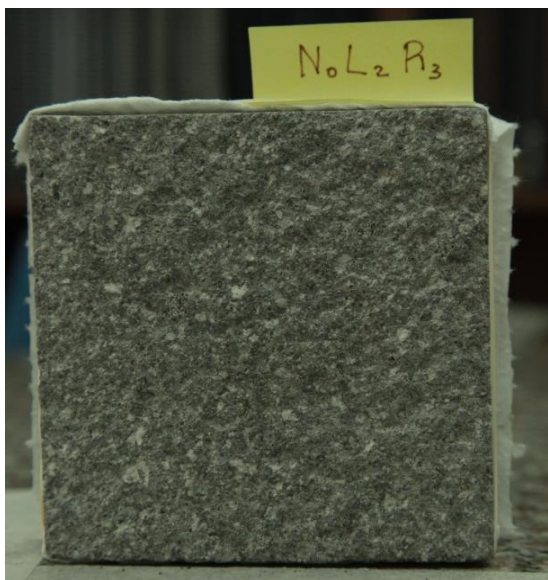
*Figura 32: N<sub>1</sub> L<sub>1</sub> R<sub>1</sub>  
Fotografía normal –reverso-  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



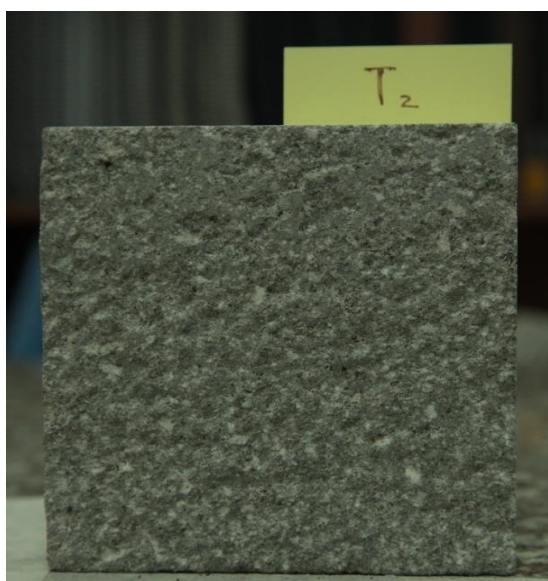
*Figura 33: N<sub>1</sub> L<sub>1</sub> R<sub>1</sub>  
Fotografía IR  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*

**Fotografías IR y normal después de la inoculación**

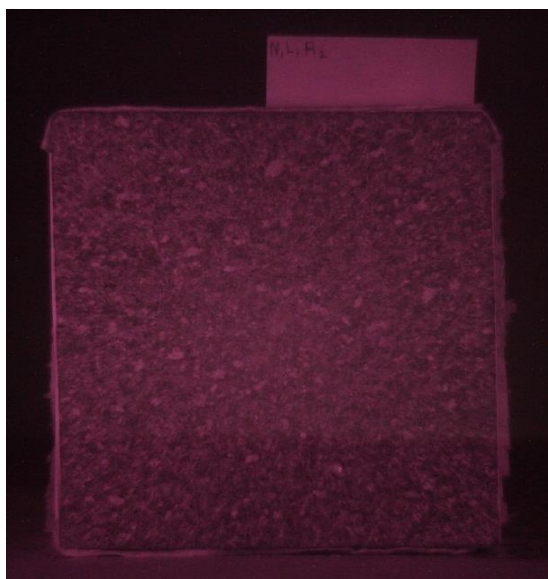
*Figura 34: N<sub>1</sub>L<sub>1</sub>R<sub>2</sub>  
Fotografía normal  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



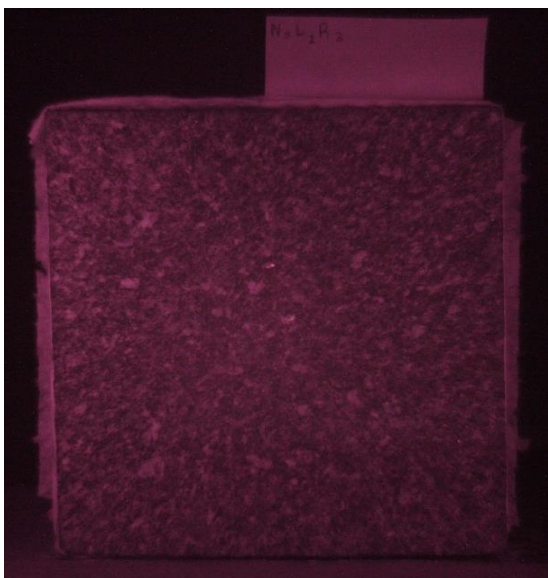
*Figura 35: N<sub>0</sub>L<sub>2</sub>R<sub>3</sub>  
Fotografía normal  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



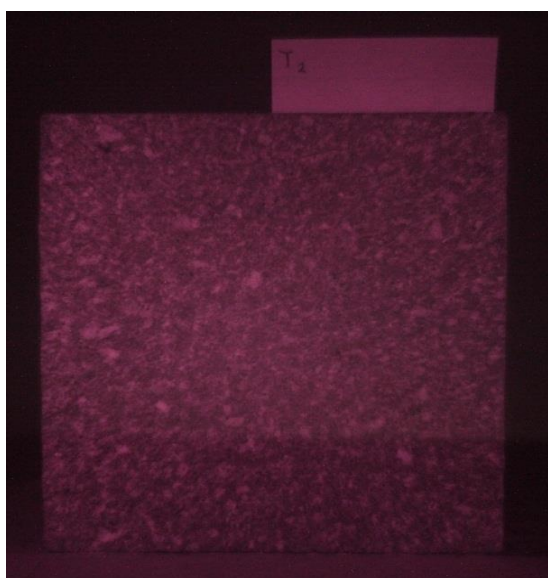
*Figura 36: T<sub>2</sub>  
Fotografía normal  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



*Figura 37:  $N_1 L_1 R_2$   
Fotografía IR  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



*Figura 38:  $N_0 L_2 R_3$   
Fotografía IR  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



*Figura 39:  $T_2$   
Fotografía IR  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



### **3.7 CONDICIONES AMBIENTALES DEL LABORATORIO**

Para tener un mejor control de las condiciones ambientales dentro del laboratorio, relacionadas a las del cementerio de San Diego, se midió temperatura, humedad (Ver anexo 3) e intensidad de luz (Ver anexo 4) que incide en las probetas inoculadas, teniendo a la vez conocimiento de las condiciones del protocolo referencial.

Para este fin los sensores arrojaron mediciones que a continuación se explican:

San Diego registra un promedio de menor temperatura, pero de extremos más polarizados; en cambio la mesa de trabajo presenta mayor promedio de temperatura y sus extremos no son tan polarizados; en este contexto la temperatura entre uno y otro sitio no denota gran diferencia entre sí.

En lo referente a la HR San Diego registra humedad más alta, pero igualmente extremos más polarizados; en cambio la mesa de trabajo presenta humedad más baja pero sus extremos son menos polarizados; en resumen el promedio de humedad entre uno y otro sitio si es relativamente notable.

El alcance promedio de las mediciones de luminosidad no supera el límite máximo que el protocolo de referencia menciona (4810 luxes), es decir la intensidad de luz máximo a la que las probetas deben ser expuestas, lo que nos permitió trabajar dentro del rango indicado, teniendo en cuenta que las variaciones climáticas en Quito son sumamente variables.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

A continuación se presenta un referente de las fotografías tanto normales como IR, donde se aprecian los cambios paulatinos ocasionados en las probetas, a partir del proceso de inoculación de líquenes, realizando una comparación de los resultados obtenidos:

#### 4.1 COMPARACION GENERAL DE RESULTADOS EN BASE DE LA PROBETA N<sub>1</sub> L<sub>2</sub> R<sub>3</sub>



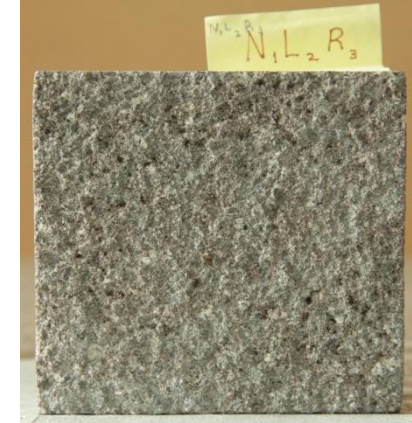
*Figura 40:  
Probeta antes de la inoculación*



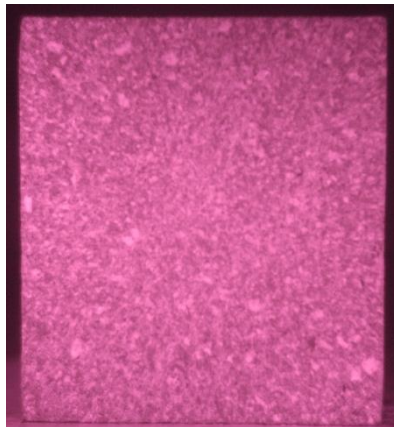
*Figura 42:  
Probeta viernes 11 de mayo*



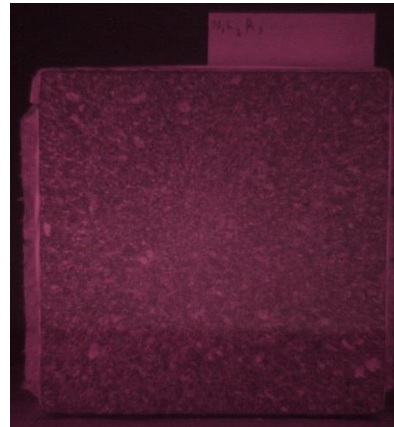
*Figura 44:  
Probeta jueves 24 de mayo*



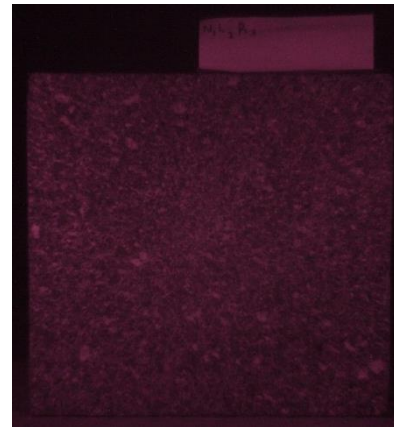
*Figura 46:  
Probeta lunes 4 de junio*



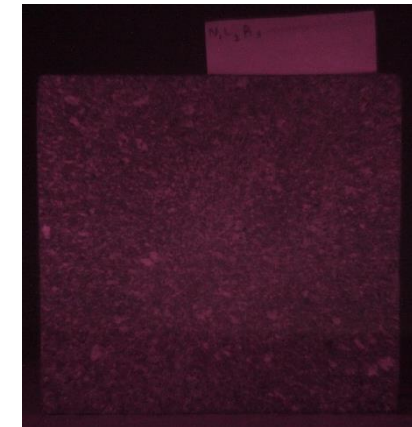
*Figura 41:  
Probeta IR antes de la inoculación*



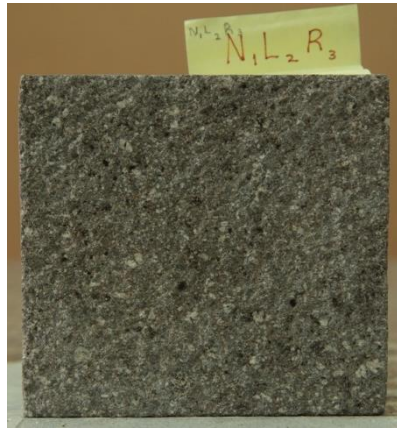
*Figura 43:  
Probeta IR viernes 11 de mayo*



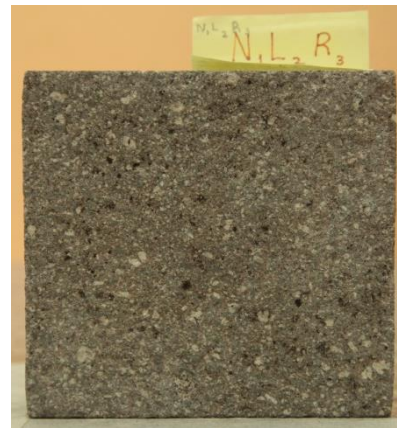
*Figura 45:  
Probeta IR jueves 24 de mayo*



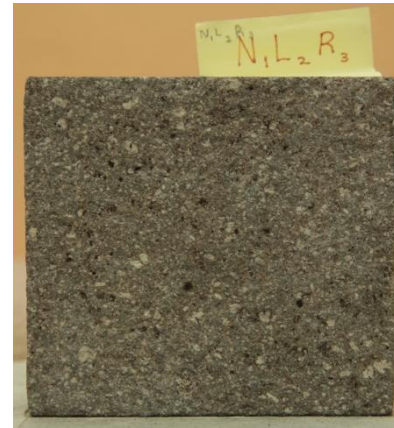
*Figura 47:  
Probeta IR lunes 4 de junio*



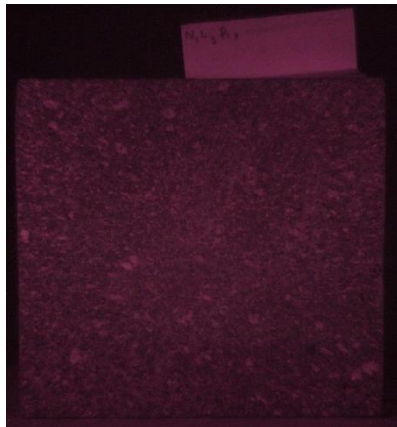
**Figura 48:**  
**Probeta miércoles 13 de junio**



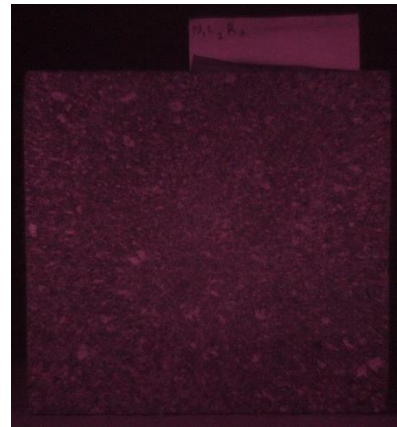
**Figura 50:**  
**Probeta viernes 22 de junio**



**Figura 52:**  
**Probeta lunes 2 de julio**



**Figura 49:**  
**Probeta IR miércoles 13 de junio**



**Figura 51:**  
**Probeta IR viernes 22 de junio**



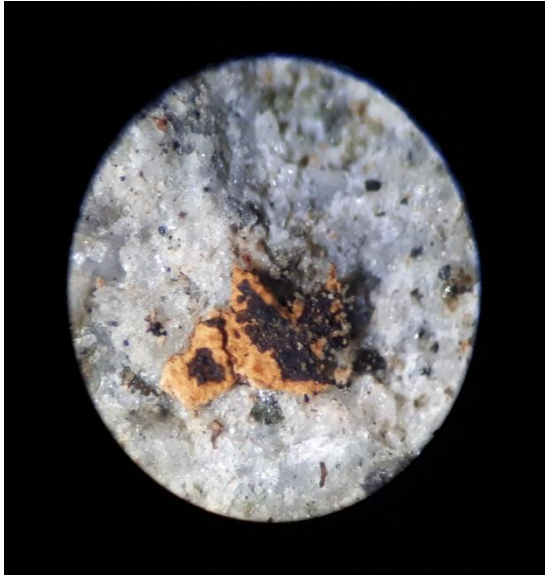
**Figura 53:**  
**Probeta IR lunes 2 de julio**

A manera de ejemplo, en base a las imágenes referidas anteriormente y a un proceso cronológico diario, desde el día 1 después de la inoculación hasta el Registro final, se evidenció los siguientes resultados, mismos que son tomados de las fotografías en Fase Seca, ya que es el momento que favorece mejor apreciación visual:

1. La figura 42 del viernes 11 de mayo, denota el primer cambio de apariencia de color, verificándose un color verdoso en toda la superficie del sustrato.
2. En el lapso de tiempo entre la figura 42 y la figura 44, ya existe la segunda aplicación de nutriente+agua, y la tonalidad verdosa de toda la superficie en general, empieza de perderse.
3. En la figura 42 se puede identificar que la tonalidad se perdió casi totalmente, y empiezan a identificarse zonas puntuales de un posible crecimiento con acentuado color verdoso.
4. En este lapso de tiempo de la toma de las figuras 44,46 y 48 ya se procedió con la tercera aplicación de la nutriente+agua y se definen con mayor claridad las zonas específicas donde existen posibles crecimientos,
5. Estas zonas donde se inició el posible crecimiento de líquenes corresponden a hendiduras naturales del sustrato.

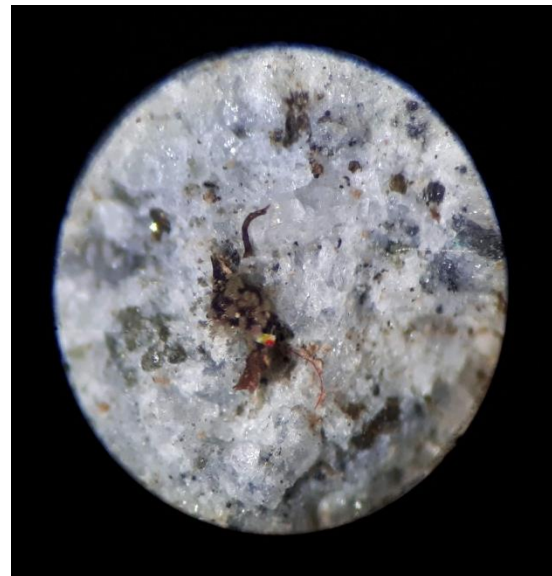
## 4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINAL A LA LUPA

*Figura 54:  
Probeta N<sub>1</sub> L<sub>1</sub> R<sub>1</sub> a la lupa  
(Fotografía de Ricardo Castillo)  
(Quito, 2018)*



**OBSERVACIÓN 1:** Se puede apreciar una costra color marrón que podría ser restos de nutriente o líquen.

**OBSERVACIÓN 2:** Se puede apreciar una especie de tronco del cual nacen como pequeños arbustos de color verde así como también una posible fibra de colores.



**OBSERVACIÓN 3:** Se puede apreciar una esfera de color blanco bastante más clara en relación a los colores propios de la piedra, posiblemente corresponde a formación de sales.



*Figura 55:  
 Probeta N<sub>1</sub> L<sub>1</sub> R<sub>2</sub> a la lupa  
 (Fotografía de Ricardo Castillo)  
 (Quito, 2018)*

**OBSERVACIÓN 1:** Se puede observar una costra muy marcada, de color verde-marrón, cuya parte reversa verifica un color blanco, que aparentemente son restos del nutriente.



**OBSERVACIÓN 2:** Se observa una estructura muy superficial de color marrón, de la cual nacen pequeñas ramificaciones y de éstas unos puntos blancos a manera de capullos.

**OBSERVACIÓN 3:** Se aprecia una estructura un poco más arraigada a la piedra, que la anterior, pero que denota aparente restos del nutriente o líquen.

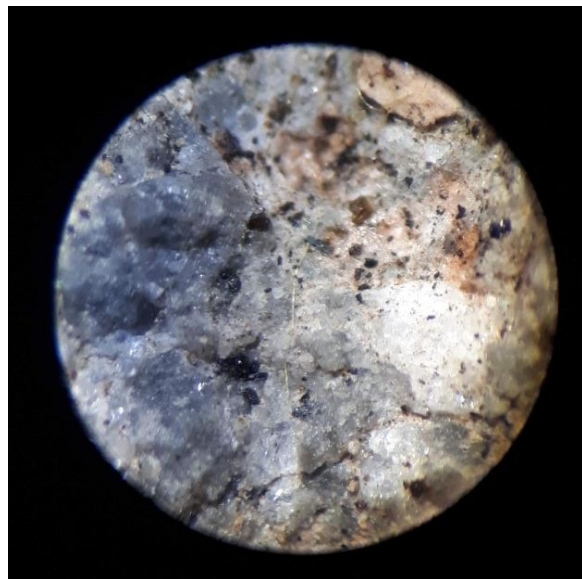


**Figura 56:**  
**Probeta N<sub>1</sub> L<sub>1</sub> R<sub>3</sub> a la lupa**  
**(Fotografía de Ricardo Castillo)**  
**(Quito, 2018)**



**OBSERVACIÓN 1:** Esta observación corresponde a las zonas oscuras más visibles del sustrato, donde se aprecia la acumulación de nutriente probablemente a manera de tierra acumulada, sobre todo en las zonas hendidas, en la cual se observa un filamento muy fino, transparente como una fibra o una posible hifa del crecimiento del hongo.

**OBSERVACIÓN 2:** Se puede apreciar un filamento de color verde claro, transparente que se asemeja al filamento de la observación anterior.





*Figura 57:*  
*Probeta N<sub>1</sub> L<sub>2</sub> R<sub>1</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*

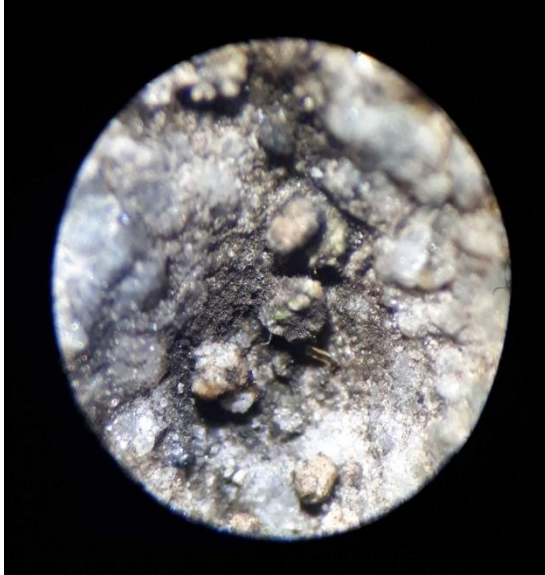


**OBSERVACIÓN 1:** Se observa un filamento de color rojo transparente, que al igual que los otros filamentos podría ser una fibra o inicio del crecimiento del hongo, la diferencia es que en éste se aprecia un punto blanco en uno de sus extremos, como resto de nutriente o líquen.

**OBSERVACIÓN 2:** Se verifica la presencia de restos que forman una especie de tierra acumulada, donde también resaltan unas estructuras de color crema, aparentemente restos de nutriente y entre éstas, varios filamentos transparentes donde uno resalta mucho más por su color azul.

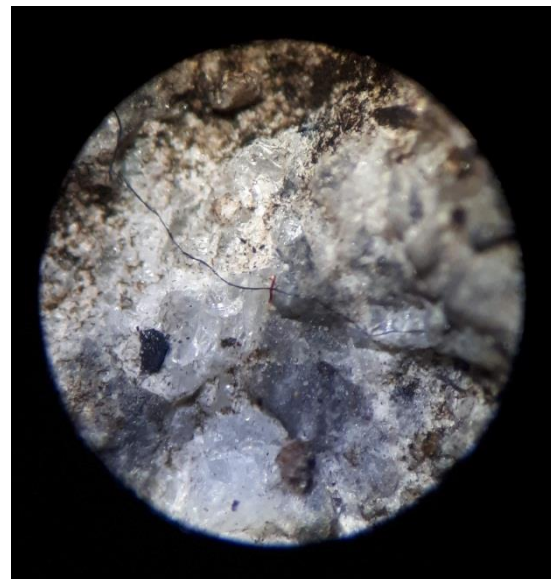


*Figura 58:*  
*Probeta N<sub>1</sub> L<sub>2</sub> R<sub>2</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*



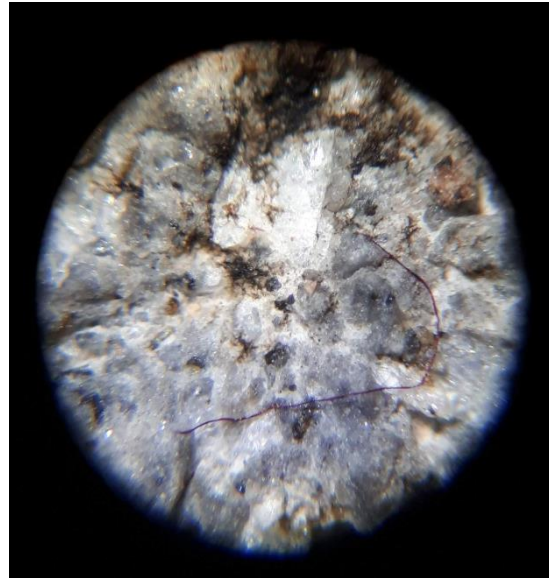
**OBSERVACIÓN 1:** Se puede observar una estructura muy pequeña de color verde, denotando el inicio de una pequeña planta, sobre estas estructuras de color crema, como restos de nutriente o líquen.

**OBSERVACIÓN 2:** Aquí se observa muy claramente un filamento de color azul y un pequeño filamento de color rojo, como recién creciendo entre las hendiduras de la piedra.

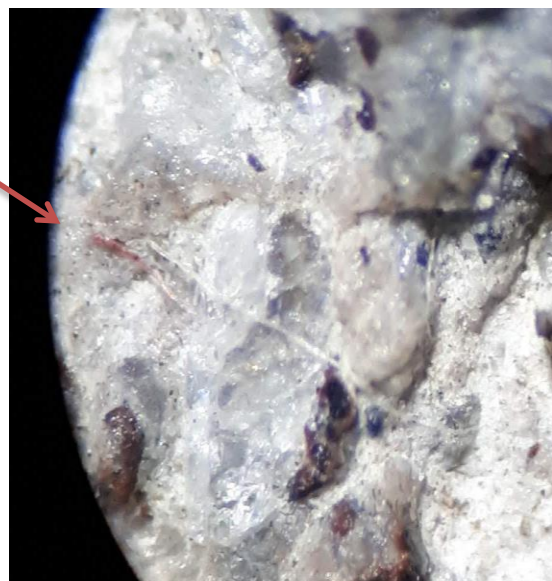


*Figura 59:  
 Probeta N1 L2 R3 a la lupa  
 (Fotografía de Ricardo Castillo)  
 (Quito, 2018)*

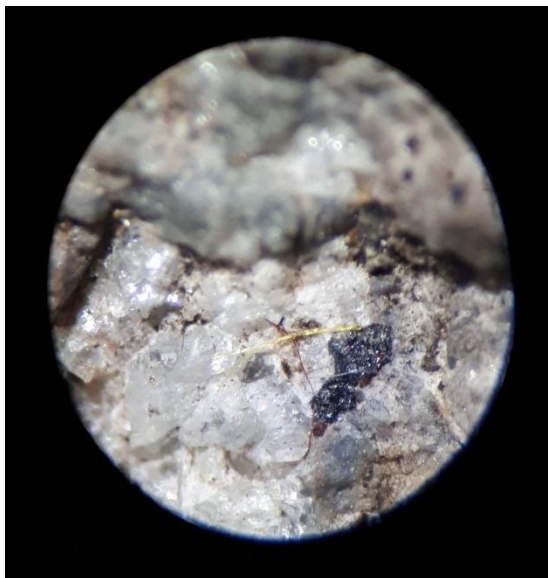
**OBSERVACIÓN 1:** Se puede observar un filamento de color rojo muy vivo.



**OBSERVACIÓN 2:** Se aprecia esos filamentos ya mencionados de color transparente, pero aquí se evidencia un enraizamiento de dichos filamentos de donde nace otro de color rojo que progresivamente se vuelve transparente.



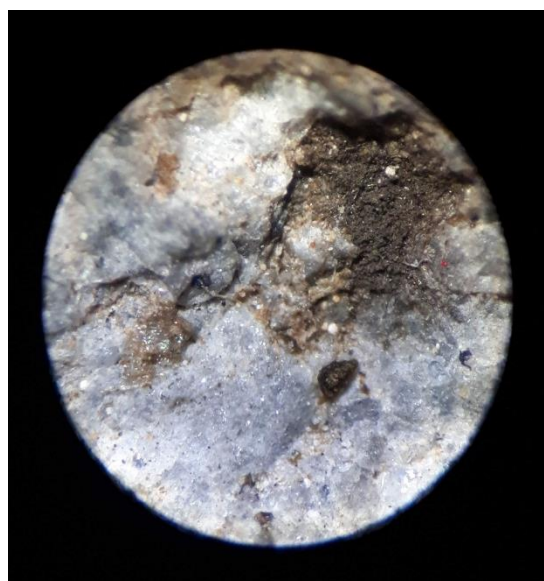
*Figura 60:*  
*Probeta N<sub>1</sub> L<sub>3</sub> R<sub>1</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*



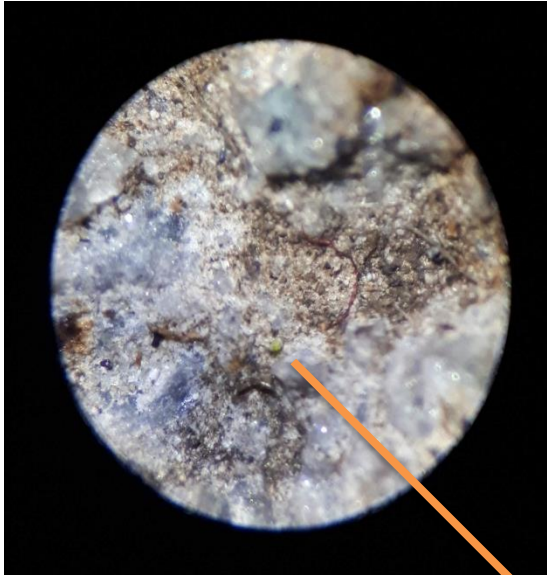
**OBSERVACIÓN 1:** Se puede observar dos fibras muy claras, una roja y una verde, donde la fibra verde presenta una bifurcación en uno de sus extremos.

*Figura 61:*  
*Probeta N<sub>1</sub> L<sub>3</sub> R<sub>2</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*

**OBSERVACIÓN 1:** Se aprecia a una de las fibras transparentes que claramente nace de una hendidura de la piedra.



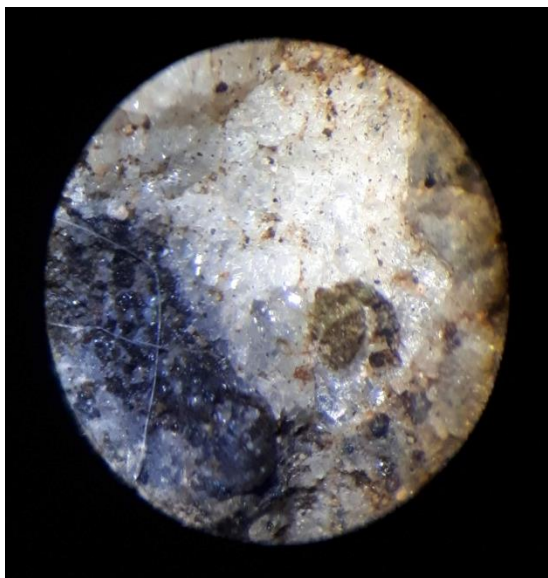
*Figura 62:*  
*Probeta N<sub>1</sub> L<sub>3</sub> R<sub>2</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*



**OBSERVACIÓN 2:** Se observa claramente la estructura de una pequeña planta con la apariencia de una hoja.



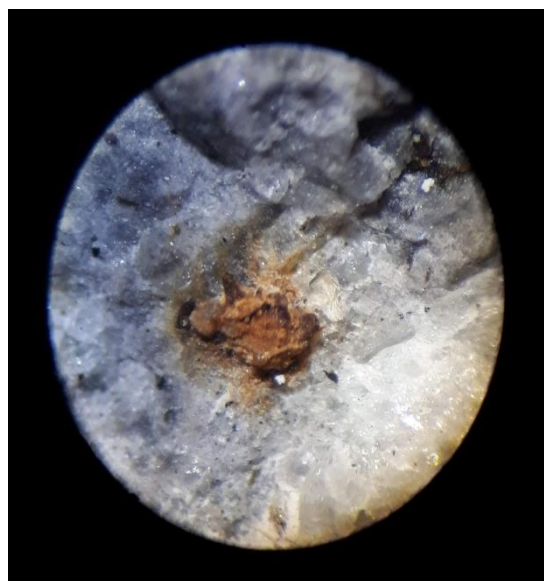
*Figura 63:*  
*Probeta N<sup>o</sup> L<sub>3</sub> R<sub>3</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*



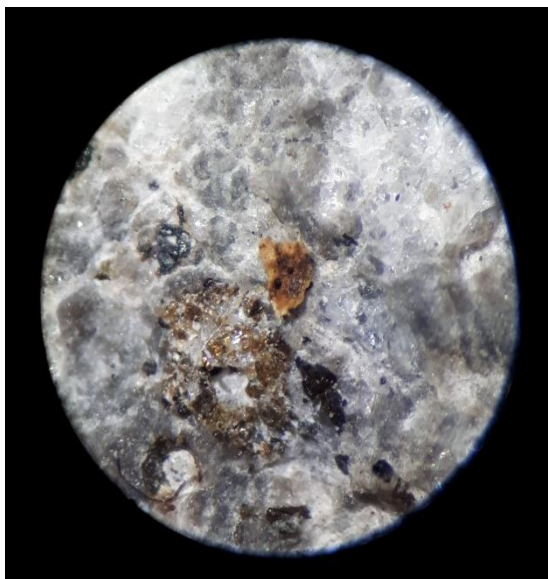
**OBSERVACION 1:** Se aprecia la formación de una mancha de color verdoso a manera de moho, de apariencia semi líquida.

*Figura 64:*  
*Probeta T<sub>2</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*

**OBSERVACIÓN 1:** Se puede observar una mancha de color marrón, posibles restos de nutriente o líquen.



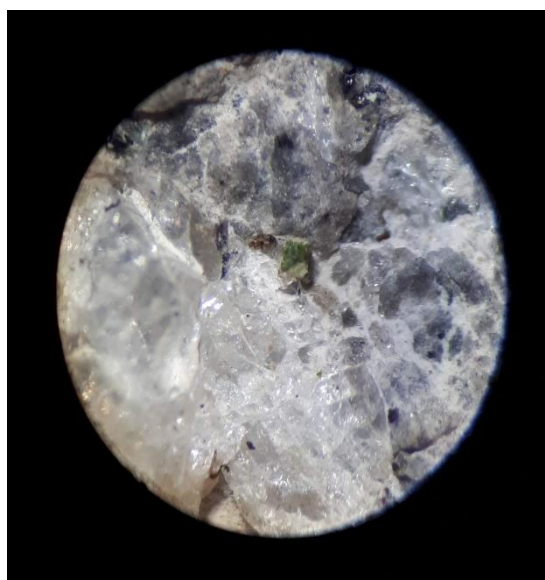
*Figura 65:*  
*Probeta N<sup>o</sup> L<sub>1</sub> R<sub>2</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*



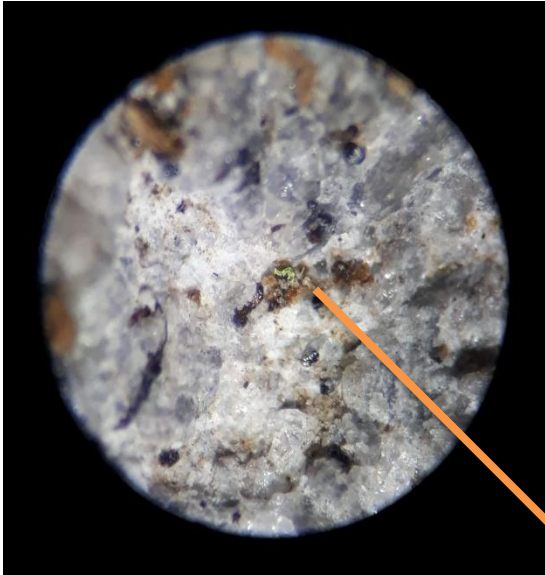
**[OBSERVACION 1:** Se puede observar una aparente costra de color marrón, muy superficial.

*Figura 66:*  
*Probeta N<sup>o</sup> L<sub>2</sub> R<sub>3</sub> a la lupa*  
*(Fotografía de Ricardo Castillo)*  
*(Quito, 2018)*

**OBSERVACIÓN 1:** Se aprecia la formación de una mancha de color verdoso a manera de moho.



**Figura 67:**  
**Probeta N<sup>o</sup> L<sub>3</sub> R<sub>3</sub> a la lupa**  
**(Fotografía de Ricardo Castillo)**  
**(Quito, 2018)**



**OBSERVACION 1:** Se puede observar la estructura de una planta bastante definida con la apariencia de un helecho.





## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La extracción del líquen N°2 fue muy complicada porque se encontraba muy adherido a la piedra y al realizar el procedimiento de extracción, prácticamente se obtuvo polvo verde, ya que no presentaba una estructura de talo definida, De esta manera fue afectado el sustrato.
- Según el protocolo de referencia a las 2 o 3 semanas se debió observar alguna diferencia pero durante los 4 primeros días a partir del día 0 de inoculación las probetas ya empezaron a reflejar diferencia.
- La adaptación y seguimiento del protocolo referencial favorecieron al crecimiento de posibles líquenes.
- Después de toda la investigación, seguimiento y análisis de los resultados no se logró identificar al IR el crecimiento temprano de líquenes.
- Los aparentes restos de nutriente de color marrón que se denotan en las probetas de N<sub>1</sub> y N<sub>0</sub>, no son restos de nutriente, pues si aparecieron en las probetas de N<sub>0</sub> significa que serían parte del líquen inoculado.
- A pesar de no aplicar nutriente en las probetas N<sub>0</sub> según el diseño experimental, se identificó un posible crecimiento de líquenes a la lupa con la apariencia de posibles plantas verdes muy notorias.
- Las condiciones climáticas que se manejaron durante la investigación no causaron mayores repercusiones, más bien favorecieron al crecimiento temprano de los posibles

líquenes, más sin embargo se debe tener en cuenta que las condiciones en el cementerio de San Diego son muy variadas y extremas.

- Los niveles de luxes a los que las probetas se encontraron expuestas resultaron favorecedores para este fin.
- La muestra de liquen N°1 se identifica como Physcia de la familia Physciaceae, mientras que el liquen N°2 y N°3 no se logro identificar la especie pero si su relación morfológica en base a sus caacteristicas .
- Al proceder con la extracción de liquen N°1, se evidenció que el espécimen ya había colonizado gran cantidad del bien y sobre todo en el símbolo iconográfico más importante del mausoleo.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Desde la experiencia del investigador durante todo el proceso de investigación se recomienda acerca del afecto adverso que los líquenes pueden ocasionar a la piedra sobre todo cuando pertenecen a la especie crustosos como el caso de la mencionada muestra del liquen N° 2, ya que son estos especímenes quienes se arraigan fuertemente al sustrato, lo que causa daños a la piedra.
- Contemplar desde el principio del proceso la obtención de todos los materiales y equipos necesarios para el fin, con el objeto de no tener que adaptar mayores cambios al procedimiento.
- Se recomienda tener un mayor control de las condiciones HR y Temperatura, pues la variabilidad de las condiciones climáticas sobre todo en nuestro medio es extrema y son factores que a la larga pueden afectar futuras investigaciones o procesos relacionados a este.

- Igualmente se recomienda en la toma de fotografías controlar de mejor manera la exposición de luz, con la finalidad de igualar las condiciones de exposición y verificar resultados más fácil.
- La investigación pretende marcar un precedente que aporte para futuras investigaciones respecto a métodos no invasivos que permitan prevenir y conservar más no restaurar; se recomienda seguir investigando y probando nuevas técnicas no invasivas para identificar indicadores de deterioro en bienes culturales.

## REFERENCIAS

- Antonio, P. (1993). Ensayos y experiencias de alteracion en la conservacion de obras de obras de piedra de interes historico-artistico. *CONSERVACION DEL PATRIMONIO ARQUITECTONICO*.
- Campos, L. e. (2008). *Santa María, Líquenes, Hepáticas y Musgos, Guía de Campo*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Caneva, G. M. (2000). *La Biología en la restauración* (Nerea S.A. ed.). Andalucía, España.
- Cautiño, V. &. (2000). *Los líquenes*. Obtenido de <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no59/CNS05911.pdf>.
- Fort, R. (2009). Fundamentos Conceptuales y didácticos. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*.
- Garrido, L. (2009). Registro, Inventario y Catalogación de los mausoleos del Cementerio de San Diego. *Tesis de Grado previa a la obtención del título de Licenciada en Restauración y Museología de la UTE*. Quito.
- GEOLOGIA ONLINE. (2017). *Andesita*. Obtenido de <http://geologiaonline.com/andesita-composicion-formacion-datos-más/>
- Kranner, Ilse; Beckett, R. & Varma, Ajit. (2002). *Protocols in Lichenology, Culturing, Biochemistry, Ecophysiology and Use in Biomonitoring*. (R. Castillo, Trad.) Germany: Springer.
- Ludeña, L. (2016). *Pruebas preliminares de fotografía y reflectografía infrarroja que pueden ser aplicadas en la restauración y conservacion de bienes culturales*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

Martiarena, X. (1992). *Conservación y Restauración*. (E. Ikaskuntza, Ed.) Obtenido de <http://www.euskomedia.org/PDFAnlt/arte/10/10177225.pdf>

Matteini, M. &. (2001). *Ciencia y Restauración*. Andalucía: Nerea S.A.

Nash III, T. (2001). *Lichen Biology*. Cambridge : Cambridge University Press.

Patrimonio, I. M. (s/f). *Inventario Patrimonial*. Obtenido de <http://www.patrimonio.quito.gob.ec/index.php/patrimonio-cultural/inventario-patrimonial>.

Portero, R. G. (2004). *XV Congreso de Conservación y restauración de bienes culturales. Volumen II. Rehabilitación integral del Patrimonio Arquitectónico. Estudio Multidisciplinar del Biotedeterioro por líquenes en las fachadas del colegio Máximo de Cartuja de Granada*. Murcia, España. Obtenido de [http://media.cervantesvirtual.com/s3/BVMC\\_OBRAS/014/a73/448/2b2/11d/fac/c70/021/85c/e60/64/mimes/014a7344-82b2-11df-acc7-002185ce6064.pdf](http://media.cervantesvirtual.com/s3/BVMC_OBRAS/014/a73/448/2b2/11d/fac/c70/021/85c/e60/64/mimes/014a7344-82b2-11df-acc7-002185ce6064.pdf).

Puche, O. &. (1991). *Rocas volcánicas empleadas en la construcción*. Obtenido de [oa.upm.es/9877/1/roc\\_maquina\\_1991.pdf](http://oa.upm.es/9877/1/roc_maquina_1991.pdf)

Rodríguez, M. (2014). IR y su aplicación en el estudio de objetos artísticos. *MoleQla ,Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*.

Turismo, M. d. (2014). *San Diego es un escenario que conserva la cultura de finados*. Obtenido de <https://www.turismo.gob.ec/san-diego-es-un-escenario-que-conserva-la-cultura-de-finados/>.

UNESCO. (1984). *Declaratoria de Quito*. Obtenido de [http://www.unesco.org/culture/natlaws/media/pdf/ecuador/ecuador\\_declaratoria\\_de\\_quito\\_06\\_12\\_1984\\_spa\\_orof.pdf](http://www.unesco.org/culture/natlaws/media/pdf/ecuador/ecuador_declaratoria_de_quito_06_12_1984_spa_orof.pdf)

## ANEXOS

## ANEXO 1: Calendario de procesos

A continuación se detalla el calendario de procesos que se manejó para las diferentes etapas de la investigación, con el inicio del día cero (0) de la inoculación.

## Mayo

| Lu.  | Ma.                    | Mi. | Ju.                  | Vi.   | Sá. | Do. |
|--|------------------------|-----|----------------------|---|-----|-----|
|  | 1                      | 2   | 3                    | 4   | 5   | 6   |
| 7  | 8                      | 9   | 10                   | 11  | 12  | 13  |
| Día 0<br>Inoculación<br>Toma de<br>fotografías II  | Fase<br>húmeda<br>(FH) | FH  | Fase<br>Seca<br>(FS) | FS<br><br>Diferenciación<br>del aspecto de<br>las piedras | FH  | FH  |
| 14   | 15                     | 16  | 17                   | 18  | 19  | 20  |
| FS   | FS                     | FH  | FH                   | FS  | FS  | FS  |
| 21   | 22                     | 23  | 24                   | 25  | 26  | 27  |
| FH<br><br>• Aplicación de<br>nutriente +<br>agua<br><br>• Modificación<br>del proceso<br><br>• Utilización de<br>tinas | FH                     | FS  | FS                   | FH  | FH  | FH  |
| 28   | 29                     | 30  | 31                   |   |     |     |
| FS   | FS                     | FH  | FH                   |   |     |     |

## Junio

| Lu.  | Ma.  | Mi.  | Ju.  | Vi.  | Sá.      | Do.      |
|--|--|--|--|--|----------|----------|
|  |  |  |  | 1<br>FS  | 2<br>FS  | 3<br>FS  |
| 4<br>FH<br>Tina con<br>plástico                              | 5<br>FH  | 6<br>FS  | 7<br>FS  | 8<br>FH<br>Aplicación<br>de<br>nutriente +<br>agua           | 9<br>FH  | 10<br>FH |
| 11<br>FS   | 12<br>FS   | 13<br>FH   | 14<br>FH   | 15<br>FS   | 16<br>FS | 17<br>FS |
| 18<br>FH   | 19<br>FH   | 20<br>FS   | 21<br>FS   | 22<br>FH   | 23<br>FH | 24<br>FH |
| 25<br>FS<br>Análisis<br>de<br>resultados<br>del<br>protocolo | 26<br>FS<br>Análisis<br>de<br>resultados<br>del<br>protocolo | 27<br>FS<br>Análisis<br>de<br>resultados<br>del<br>protocolo | 28<br>FS<br>Análisis<br>de<br>resultados<br>del<br>protocolo | 29<br>FS<br>Análisis<br>de<br>resultados<br>del<br>protocolo | 30<br>FS |          |

## Julio

| Lu.                    | Ma. | Mi. | Ju. | Vi. | Sá. | Do.     |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
|                        |     |     |     |     |     | 1<br>FS |
| 2<br>Registro<br>Final | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8       |

## ANEXO 2: Seguimiento del protocolo

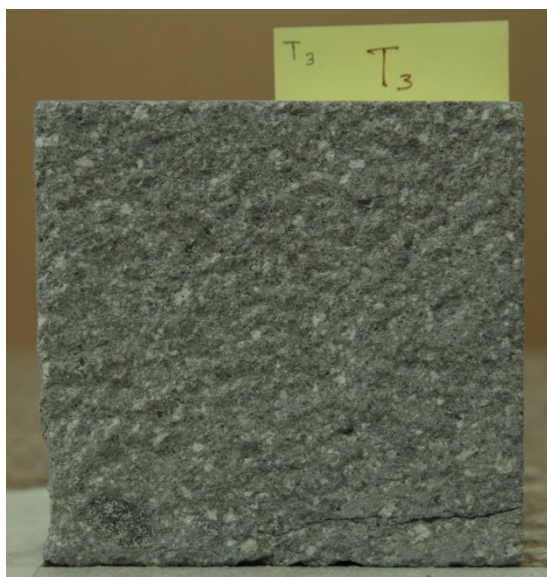
**Fase Húmeda del 7 al 20 de mayo:** A partir del día de la inoculación las probetas se controlaron dentro de la incubadora, luego de humedecerlas con agua destilada por medio de riego por aspersión.

**Fase seca de todo el proceso:** Esta fase se controló ubicando las probetas en una mesa, cercana a la ventana, con la finalidad de que reciban luz, donde fueron ubicadas de acuerdo al diseño experimental

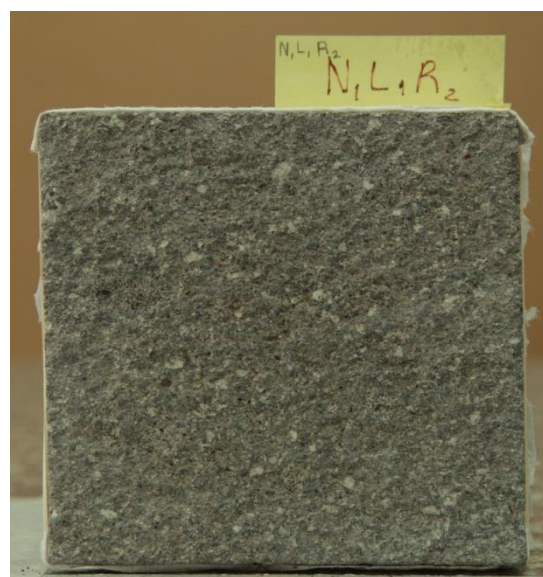
**Fase húmeda a partir del 21 de mayo:** Esta fase difiere de la primera húmeda por la utilización de tinas donde las probetas se colocaron de acuerdo al diseño experimental, para que se mantengan semi sumergidas y la absorción del agua sea por capilaridad, durante las fases de humedad.

### **11 de Mayo**

En estas probetas se compara la apariencia entre el  $T_3$  versus  $N_1L_1R_2$  donde a la fecha ya se denota una tonalidad más café, con zonas puntuales más intensas de color marrón; misma tonalidad en las tres repeticiones de  $N_1L_1$ .



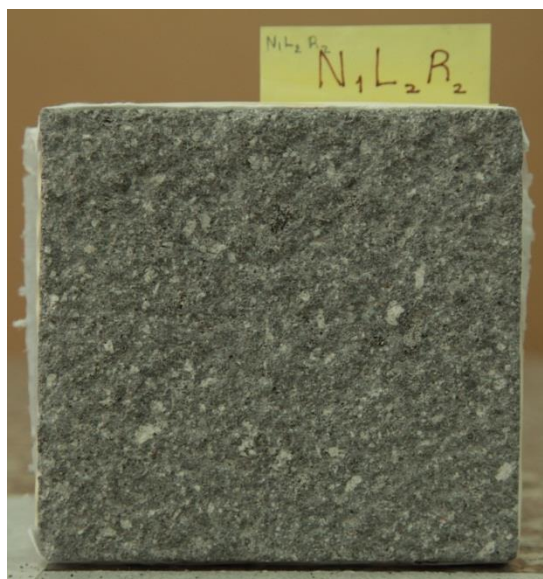
*Figura 68: Probeta del viernes 11 de mayo (Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*



*Figura 69: Probeta del viernes 11 de mayo (Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

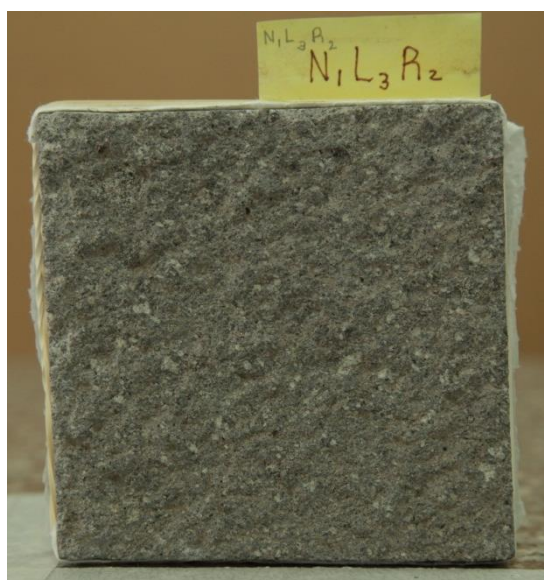


Para las probetas de  $N_1L_2$  la apariencia no es muy destacada como en las otras probetas pero si mantiene esos visos de color como veladura en las tres repeticiones.



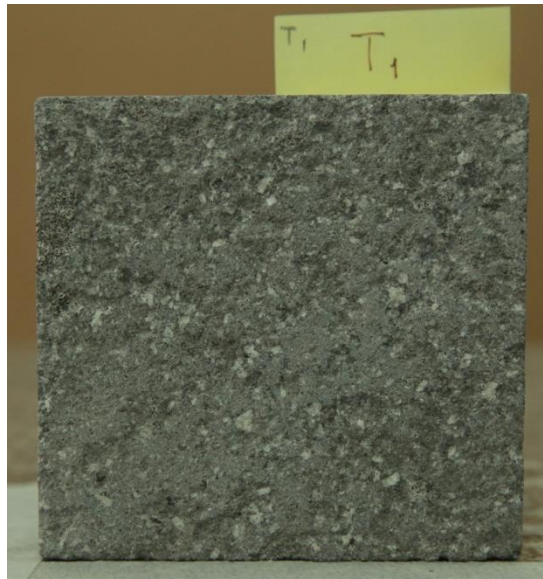
*Figura 70: Probeta del viernes 11 de mayo  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

Las probetas de  $N_1L_3$  muestran una apariencia entre marron y verdosa, de igual forma con zonas puntuales más oscuras; misma tonalidad en las tres repeticiones .



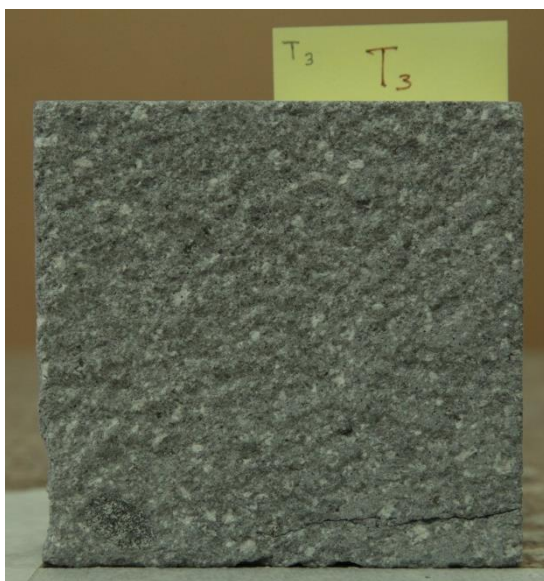
*Figura 71: Probeta del viernes 11 de mayo  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

En los tres testigos la apariencia es normal como antes de ser inoculadas.

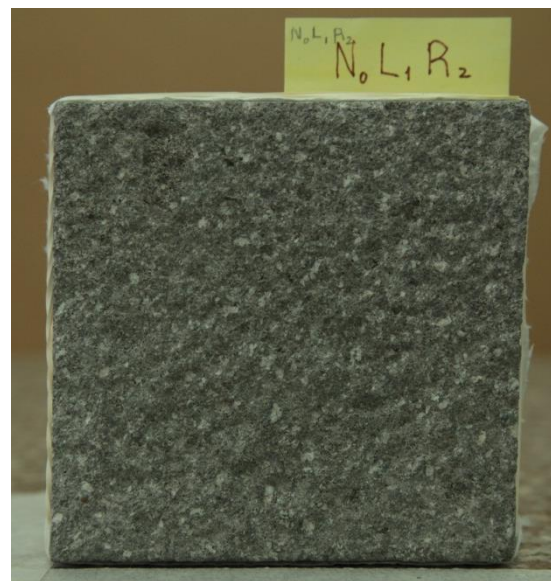


**Figura 72: Probeta del viernes 11 de mayo**  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)

En las probetas inoculadas de  $N_0L_1, L_2, L_3$  si se diferencia sutilmente la apariencia de tonalidad con los testigos, pero no tan contrastada como la apariencia de las probetas de  $N_1$  con los testigos.



**Figura 73: Probeta del viernes 11 de mayo**  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)



**Figura 74: Probeta del viernes 11 de mayo**  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)

## 21 de Mayo

Según lo explicado en el 3.2.11, en este día se procedió a la aplicación de la segunda solución de nutriente.

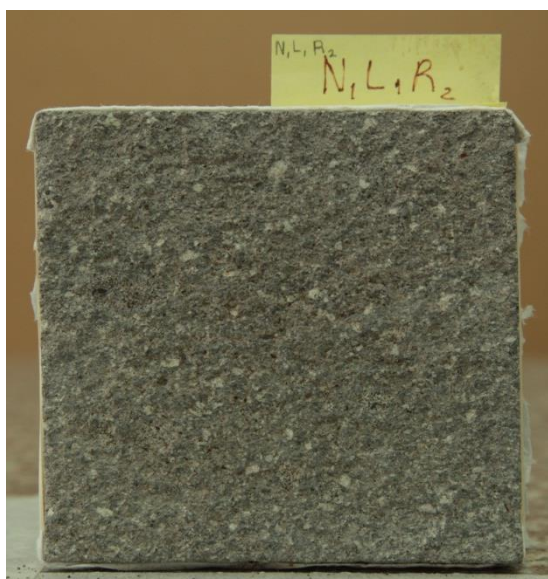
En este día inicia la modificación del proceso para definir las fases húmedas y secas, mediante la utilización de tinas, según lo explicado anteriormente.



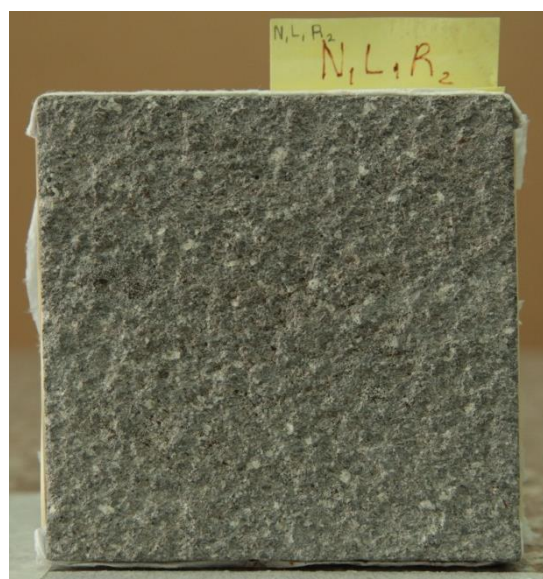
*Figura 75: Tinas con las probetas  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

La apariencia de las probetas  $N_1$  se mantiene sin denotar mayor diferencia de color de forma general, pero en ciertas zonas específicas donde existía una apariencia más oscura de tonalidad medio café, ahora ya se evidencia un punto un poco más marcado.

Es decir que la aparente veladura de color empieza a perderse.



*Figura 76: Probeta del viernes 11 de mayo  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*



*Figura 77: Probeta del lunes 21 de mayo  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

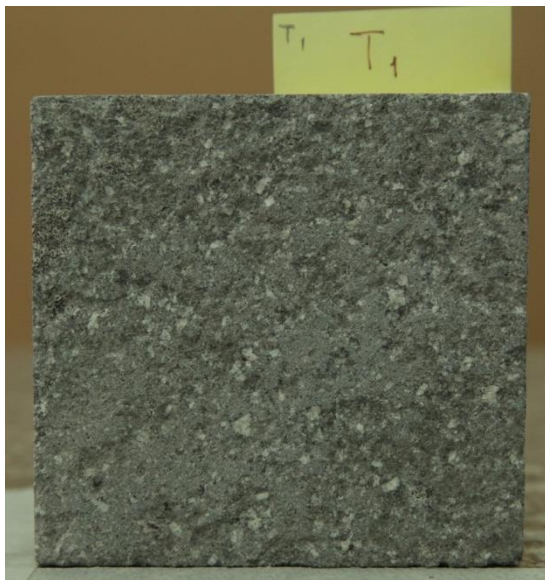


**Figura 78: Probeta del viernes 11 de mayo**  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)

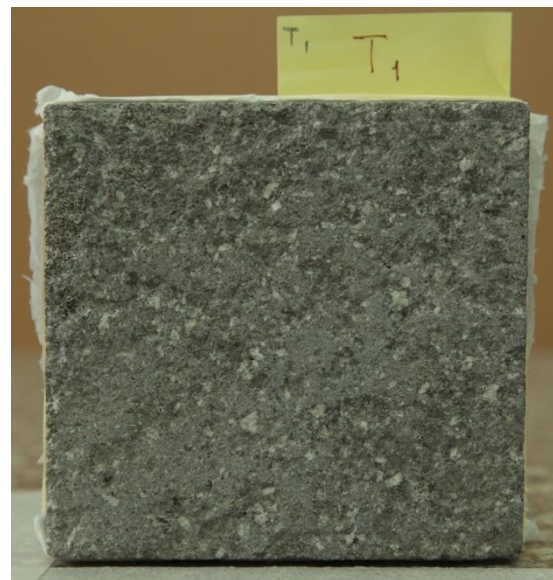


**Figura 79: Probeta del lunes 21 de mayo**  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)

Los tres testigos se mantienen sin presentar diferencia alguna

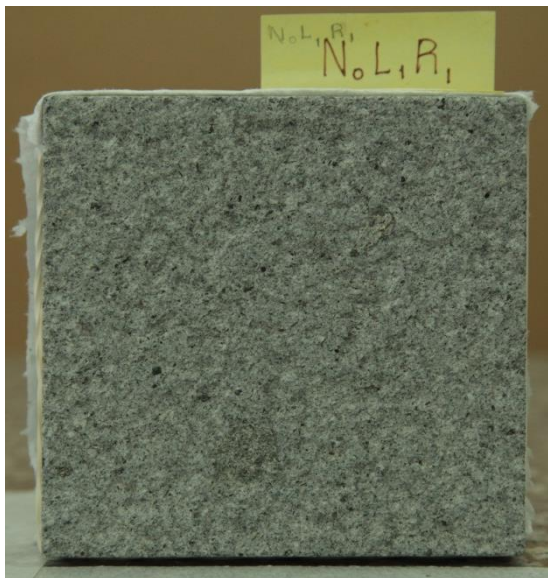


**Figura 80: Probeta del viernes 11 de mayo**  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)

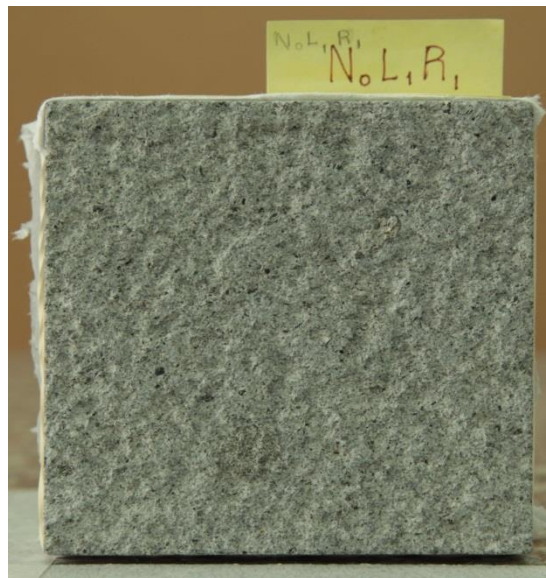


**Figura 81: Probeta del lunes 21 de mayo**  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)

Las probetas de  $N_0$  no presentan ninguna diferencia en su aspecto.



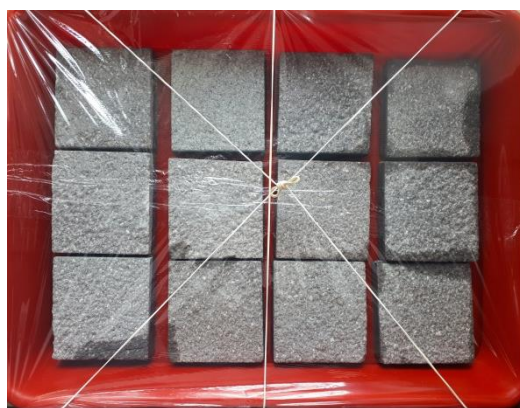
*Figura 82: Probeta del viernes 11 de mayo  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*



*Figura 83: Probeta del lunes 21 de mayo  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

#### **4 de Junio**

Para esta fecha se decidió utilizar plástico film para cubrir las tinas en la fase húmeda, de manera que, se conserve la humedad de mejor forma.



*Figura 84: Tinas cubiertas con plástico film  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*

**8 de Junio**

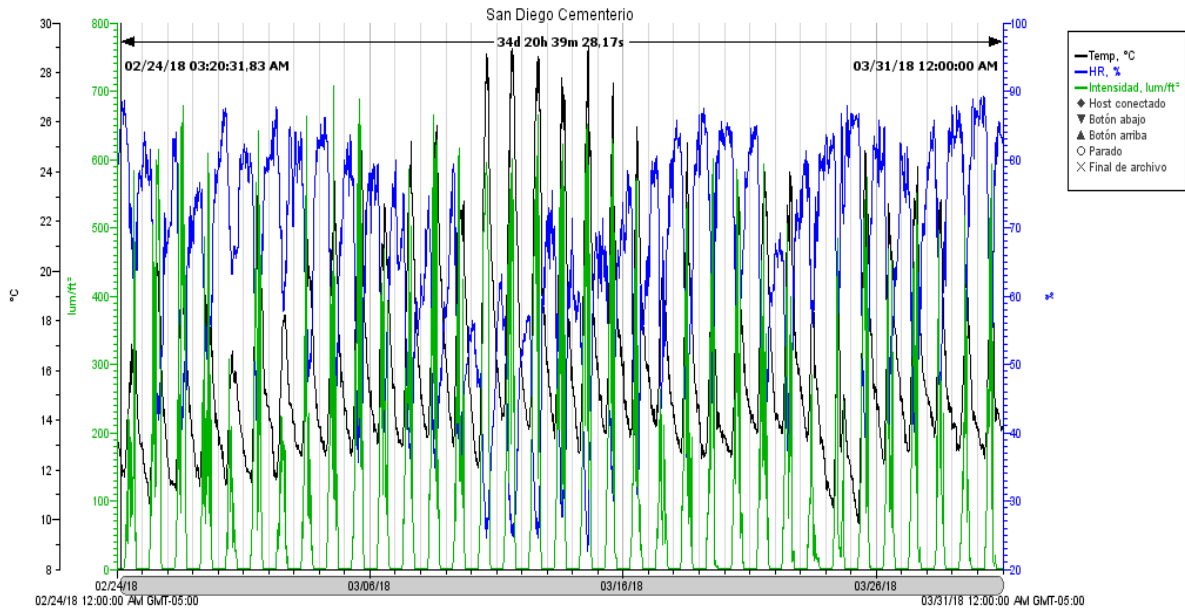
En este día se procedió a la aplicación de la tercera solución de nutriente.

**25 de Junio: Análisis de resultados**

A partir de esta fecha se realizaron los análisis de los resultados obtenidos con la comparación de fotografías de las mismas fechas y diferentes probetas. Estos resultados se detallan en base de la comparación de la probeta **N<sub>1</sub> L<sub>2</sub> R<sub>3</sub>**: **(Véase en el apartado 4.1)**

## ANEXO 3: Mediciones de temperatura y humedad relativa

### Cementerio de San Diego

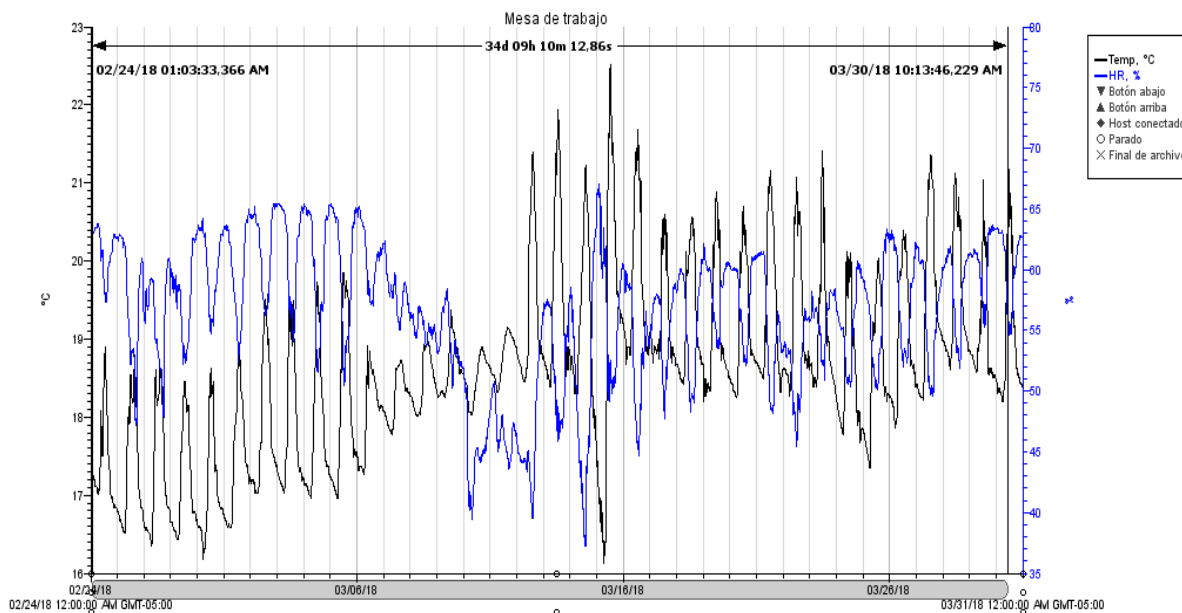


El promedio de temperatura durante los 34 días de análisis en el cementerio de San Diego, fue de 16.409 °C, con un máximo de 29,065 °C y un mínimo de 9,854 °C

El promedio de HR durante los 34 días de análisis en el cementerio de San Diego, fue de 64.917 %, con un máximo de 89,311 % y un mínimo de 22,644 %.

(Véase el análisis en el apartado 3.7)

## Mesa de trabajo – Laboratorio de Química



El promedio de temperatura durante los 34 días de análisis en la mesa de trabajo donde las probetas se encontraron la mayoría del tiempo, fue de 18,586 °C, con un máximo de 22,513 °C y un mínimo de 16,129 °C.

El promedio de HR durante los 34 días de análisis en la mesa de trabajo, fue de 56,441 %, con un máximo de 67,064 % y un mínimo de 37,202 %.

(Véase el análisis en el apartado 3.7)



#### ANEXO 4: Mediciones de luminosidad

Las mediciones se realizaron cada 2 días a la 11h30, a fin de conseguir mediciones estables.

Éstas se llevaron a efecto en tres lugares según se indica en el diseño experimental.

A manera de muestra de estas mediciones, a continuación se detallan las correspondientes a la semana de 6 al 15 de junio y obteniendo un promedio que nos permite comparar al mencionado en el protocolo (véase apartado 3.7)

| <b>DIA</b>        | <b>M1 (lux)</b> | <b>M2 (lux)</b> | <b>M3 (lux)</b> |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 06/06/2018        | 5820            | 3970            | 4500            |
| 08/06/2018        | 1845            | 2403            | 1998            |
| 11/06/2018        | 3715            | 2100            | 6370            |
| 13/06/2018        | 4600            | 1101            | 3619            |
| 15/06/2018        | 3060            | 2031            | 4820            |
| <b>PROMEDIOS:</b> | <b>3808</b>     | <b>2321</b>     | <b>4261,4</b>   |

## ANEXO 5: Antecedentes de imágenes de prueba al infrarrojo

Se ejemplifica unas de las imágenes que previo a toda la investigación se realizaron para determinar parte de la viabilidad de la investigación.



*Figura 85: Fotografía normal piedras con líquenes  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*



*Figura 86: Fotografía IR piedras con líquenes  
(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)*



**Figura 87: Fotografía normal cortezas de madera con líquenes**  
**(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)**



**Figura 88: Fotografía IR cortezas de madera con líquenes**  
**(Fotografía de Ricardo Castillo) (Quito, 2018)**