



**MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
INSTITUTO ANTÁRTICO ECUATORIANO
GUAYAQUIL**



FUNDEMAR
Fundación Ecuatoriana para el Desarrollo
Marítimo, Fluvial y Lacustre

INFORME FINAL DE PROYECTO

**ESTUDIO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO
CLIMÁTICO DE MICROORGANISMOS ACUÁTICOS DE LOS CUERPOS DE
AGUA DULCE EN LA ISLA DEE, ISLAS SHETLAND DEL SUR**

AÑO/PERIODO: (4)

(2018)

INFORME FINAL

AÑO 2018

1. INFORME TÉCNICO

Nombre del Proyecto

Estudio de la dinámica poblacional de líquenes y su adaptación al cambio climático en la zona antártica ecuatoriana, islas Shetland del sur

1.1. Institución (es) Responsable (s)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1.2. Personal Participante e Instituciones Ejecutoras

Ing. Tania Elizabeth Oña Rocha MSc. (Directora), Ing. Elizabeth Velarde Cruz MSc. (investigadora), Msc. Sania Ortega (Investigadora)

1.3. Período de Ejecución / Año(s) / Expedición(es)

2017-2018

Año 4: Trabajo de laboratorio y oficina

1.4. Resumen Ejecutivo

2. Estudios demuestran que los líquenes son resistentes a condiciones extremas de temperatura, falta de agua, pero también son especialmente sensibles a la contaminación atmosférica; los biólogos han aprendido a utilizarlas como indicadores de la degradación ambiental. Otra utilización bio-métrica de los líquenes se refiere al estudio de las deglaciaciones anteriores; apoyándose en parámetros de crecimiento anual de ciertas especies, los científicos pueden conocer cuando se produjo el retroceso de los glaciares. Se

estima que los líquenes antárticos podrían tener aplicaciones en medicina, gracias a ciertos compuestos químicos que producen y que se encuentran únicamente en estas especies (Torres, 2012).

3. Esta Investigación busca caracterizar poblaciones de líquenes y su entorno ecológico inmediato a fin de determinar la adaptación de estas plantas a la severidad climática generada por varios factores que en otros ecosistemas constituyen factores que limitan el desarrollo vegetativo, pudiendo determinarse de esta manera la adaptación a un cambio climático brusco por parte de las comunidades liquénicas.

3.1. Principales Resultados

- Caracterización de especies liquénicas
- Elaboración de artículos
- Identificación taxonómica de individuos

4. DATOS GENERALES

4.1. Introducción

El severo clima antártico unido al largo periodo de oscuridad, son condiciones poco favorables para la proliferación de plantas y vegetación en general. Las plantas que crecen en la Antártida presentan una adaptación al medio tras un largo periodo de tiempo. Las especies antárticas se limitan a algunas plantas con flores, líquenes, hongos, musgos y algas. De todas ellas, se considera que los líquenes son el grupo que mejor se ha adaptado al rigor de la climatología en esas latitudes. Es fruto de la amplia capacidad de estos seres vivos, los primeros en poblar el planeta. Su diversificación fue tan notable que cubren prácticamente toda La Tierra, desde las altas cumbres y los trópicos, hasta los polos, sobreviviendo a severas condiciones climatológicas.

4.2. Justificación (De la necesidad, importancia, beneficios, conveniencia, beneficiarios del proyecto)

A través de esta investigación se busca generar información sobre la diversidad y distribución de las poblaciones de líquenes, del área de influencia de la estación Pedro Vicente Maldonado, que reúne las condiciones ambientales necesarias para que se desarrollen líquenes y sean parte elemental de las comunidades vegetales que lo conforman. En diversas investigaciones se hacen énfasis en que los efectos del cambio climático se observan primeros y con mayor severidad en latitudes altas, teniendo a los líquenes como bioindicadores. Las islas Shetland del Sur, debido a su ubicación geográfica, representan un área sensible a los efectos del cambio climático y por tanto los estudios de las comunidades terrestres de dicha zona son relevantes para estimar la tasa y la dirección de los cambios ambientales y ecológicos en el tiempo (Kim et al., 2007; Lewis Smith, 1990; Longton, 1988 y Robinson et al., 2003, citado en Torres 2012).

4.3. Objetivo General

Estudiar la dinámica poblacional de líquenes y determinar los niveles de adaptación a los efectos del cambio climático en la zona de influencia de la estación Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado.

4.4. Objetivos específicos

- Registrar los géneros de líquenes presentes en el ecosistema antártico

- Determinar las adaptaciones al cambio climático según la diversidad liquénica registrada ante los factores limitantes del ecosistema antártico
- Realizar la transferencia de resultados a través de publicaciones científicas y difusión

4.5. Cronograma de ejecución

ACTIVIDAD	Año 3												Año 4											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Caracterización ecológica del entorno																								
Selección de los sitios de muestreo																								
Colectar y geo referenciar el material liquénico																								
Trabajo de herbario: Identificar y Caracterizar las muestras colectadas																								
Aplicación de software cobertura y modelos futuro																								
Elaboración de mapas temáticos																								
Diseñar guía de campo																								
Publicaciones																								

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. Estado del Arte

Los líquenes son organismos derivados de una relación simbiótica entre un fotobionte (alga, cianobacteria o protozoo) y un micobionte (hongos, principalmente ascomicetos y basidiomicetos), que han generado este tipo de relación biológica para poder subsistir en ambientes extremos, por esta razón se pueden encontrar líquenes desde las zonas más cálidas hasta las más frías, también tienen capacidad de crecer sobre cualquier sustrato por lo que se los encuentra tanto en el suelo como en sitios poco comunes (García, 2004). En esta simbiosis cada organismo tiene funciones específicas, el micobionte se encarga de proteger al fotobionte de la radiación solar y de la desecación, le provee de agua y sales minerales, el fotobionte genera un carbohidrato específico que es tomado por el micobionte y le sirve de alimento (García, 2004).

- Biogeografía de líquenes

La biogeografía es un área multidisciplinaria importante de la ciencia moderna, que se ocupa principalmente de los patrones de distribución actuales e históricos de los organismos, y opera a través de la observación y detección de patrón en pequeñas y grandes escalas (Galloway, 2008).

Los líquenes muestran patrones característicos de distribución, tanto a micro y a macro nivel, ya que son un antiguo grupo de los hongos, su mapeo de distribuciones muestran patrones similares para otros grupos principales de organismos, esto los convierte en sujetos ideales para el análisis biogeográfico. Aunque hasta la fecha, muy pocos de estos análisis se han intentado (Galloway, 2008 op cite). Algunos líquenes parecen tener rangos muy restringidos; otros están muy ampliamente, distribuidos.

La biogeografía funciona a través del desarrollo de hipótesis y teorías, se deriva de la búsqueda de patrones, poniendo a prueba las hipótesis, predicciones y nuevas observaciones de los organismos. Es sobre todo una ciencia de síntesis, que con los mejores aspectos de muchas otras disciplinas, no sólo de la ciencia convencional, sino también los de la historia, las matemáticas y el lenguaje. Se relaciona críticamente a temas de importancia inmediata, tales como el cambio climático global, la ecología de las extinciones, gestión ambiental, el crecimiento de la población mundial y la disponibilidad recursos (Ganderton y Coker, 2005).

La distribución de los líquenes ofrece patrones similares a los de las plantas, pero los géneros suelen tener áreas más amplias. Los modelos de distribución de los líquenes ponen de manifiesto su posible antigüedad y parecen estar relacionados con la tectónica de placas. (Barreno y Pérez, 2003). Es muy interesante que cuando se producen disyunciones muy alejadas, p.ej., Mediterráneo y suroeste de Norteamérica, el rango de comparación sea el específico, mientras que en las plantas es siempre el de género, es decir, que la simbiosis líquénica fue un verdadero éxito evolutivo que en muchos casos no ha necesitado diferenciarse más, sólo algunos géneros, como *Ramalina*, o *Xanthoparmelia*, presentan gran cantidad de endemismos con área más restringida, y sorprende, además, que la vegetación de alta montaña sea homogénea en los hemisferios norte y sur (Barreno y Pérez, 2003 op. cite). Las áreas disyuntas, separadas por grandes distancias sin la aparición de la especie son muy frecuentes, también es común que taxones del mediterráneo lleguen al sur de Suecia al abrigo de la corriente del Golfo que todavía alcanza las costas, o que líquenes tropicales se extiendan por las zonas oceánicas y térmicas del mundo templado.

- Modelamientos ecológicos

Los modelos de distribución de especies o modelamientos ecológicos son representaciones cartográficas que se basan en la identificación del área idónea para la presencia de una especie en función de las variables que interactúen en el hábitat de la misma. El área idónea o idoneidad se conoce como la relación matemática entre la distribución real conocida y un conjunto de variables independientes las cuales pueden ser geológicas, topográficas o climáticas, las representaciones cartográficas pueden ser generadas con la participación de una sola variable o con la combinación de algunas variables, esto dependerá del análisis que se desee obtener del modelamiento (Mota et al., 2012).

La variable dependiente está determinada por la presencia o ausencia la cual es dicotómica y las independientes pueden ser cuantitativas (temperatura o elevación) o nominales (litología o uso del suelo). Por medio de los métodos implicados y la interacción de las variables se generarán valores numéricos por cada punto del área de estudio, este valor va a determinar, directa o indirectamente, el área idónea de presencia de la especie en función de los valores locales de las variables independientes ya sean estas cualitativas o nominales (Mota et al., 2012).

La elaboración de los modelos de distribución de especies contempla una serie de pasos de los cuales se desprenden algunas alternativas dependiendo de la calidad del resultado que se desee alcanzar en la investigación. La recopilación de información como primer paso se asocia a la presencia de la especie que es una representación matemática o estadística más la correlación que tiene con las variables independientes que describen las condiciones ambientales (Phillips, 2008).

Los modelos ecológicos han recibido diferentes nombres en relación a su interpretación. Por ejemplo, modelos de nichos ecológicos, modelos predictivos de distribución. Sin embargo el

término más empleado es “modelos de distribución de especies”, reflejado en un mapa cartográfico en el que se puede identificar el hábitat potencial o nicho ecológico óptimo de una especie (Mota et al., 2012).

5.2. Marco Legal

Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017

El plan fue elaborado por la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo), este Plan presenta una postura política muy definida y constituye la guía de gobierno que el país aspira tener y aplicar los próximos cuatro años. (SENPLADES, 2013) Los objetivos que se enmarcan dentro de la presente investigación son los siguientes:

Objetivo 7

Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.

Política 7.2

Conocer, valorar, conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y su biodiversidad terrestre, acuática continental, marina y costera, con el acceso justo y equitativo a sus beneficios.

Lineamientos estratégicos

7.2 Literal b.- Fortalecer los instrumentos de conservación y manejo in situ y ex situ de la vida silvestre, basados en principios de sostenibilidad, soberanía, responsabilidad intergeneracional y distribución equitativa de sus beneficios.

7.2 Literal m.- Fomentar la investigación y los estudios prospectivos sobre el uso sustentable y la conservación de la biodiversidad terrestre, acuática y marino-costera.

2.1.4. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente

El Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente de acuerdo en el Título XIV de las Áreas Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres establece en el capítulo una de las Áreas Naturales en el Art. 168 objetivo a) Propender a la conservación de los recursos naturales renovables acorde con los intereses sociales, económicos y culturales del país.

5.3. Variables

Especies líquénicas, variables ambientales, temperatura, precipitación

5.4. Hipótesis

Ho: Los líquenes antárticos se adaptan a cambios en el clima

H1: Los líquenes pueden considerarse bioindicadores de cambios ambientales que se presentan en la Isla Dee.

6. METODOLOGÍA

6.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio está formada por el área de influencia de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado en la Isla Greenwich península Antártica (Tabla 1), el muestreo se realizó en la Campaña Antártica XVI (año 2013) y la Campaña XXI (año 2017). Para establecer el área de estudio se definió los puntos de muestreo mediante la observación directa, determinándose en cuatro sitios más representativos que cubre espacios desde el nivel del mar hasta las 102 msnm, estos son la Isla Dee, sector de Punta Ambato, la zona del León Dormido y formaciones rocosas tras la Estación Maldonado.

Tabla 1. Sitios de colecta

Sitios	Coordenadas		Altitud
Isla Dee (planicie suelo y musgo)	21E0356143	3075480	102msnm
Punta Ambato (planicie suelo y musgo)	21E0356213	3075480	98msnm

León dormido (zona rocosa)	21E0358664	3072749	53msnm
Estación PEVIMA (zona rocosa)	21E0359111	3073200	20msnm

Las colectas consistieron en muestreos *ad libitum* en cada sitio establecido, sobre sustratos como roca, suelo, y musgo, que se pueden observar por el deshielo del verano austral, de preferencia muestras con estructuras fértiles. Las muestras se colocaron en bolsas de papel, con información básica para su posterior procesamiento como número de colecta, biotipo, color y sustrato, localidad, fecha, coordenadas geográficas y altitud.

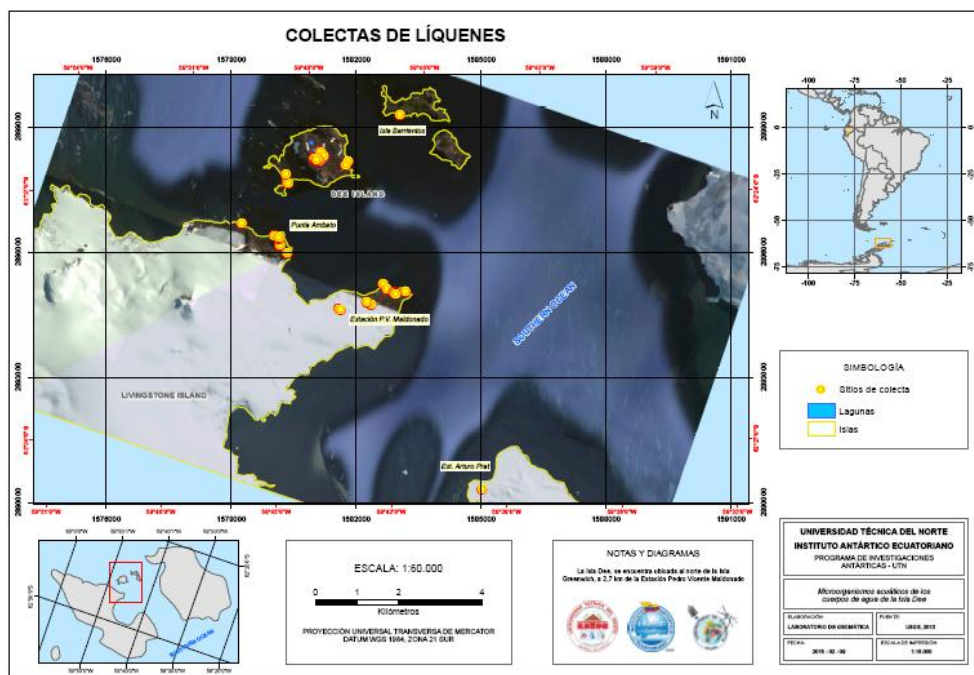


Figura1. Mapa de sitios de colecta

6.2. Técnicas e instrumentos de recolección de información

A continuación se detallan los materiales utilizados para la ejecución de este proyecto:

- medios de cultivo
- cajas Petri

- frascos de 500ml boeco
- formol
- filtro
- GPS
- imágenes satelitales

6.3. Metodología

Fase de Campo

Se distribuyó un cuadrante de un metro cuadrado del cual se colectó un individuo de cada uno de las especies presentes, se fotografió, y georreferenció; el estudio está dirigido a todo tipo de líquenes desde los fruticulosos hasta los crustosos que presentan gran adhesión a su sustrato rocoso. Luego se colectaron los especímenes desprendiéndole cuidadosamente del sustrato y de la separación de los especímenes de las rocas en las que estaban sujetos con la ayuda de un martillo, se guardó cada ejemplar por separado, en el sobre se anotó el número de colecta, sitio, registro fotográfico y coordenadas. Posteriormente se trasladaron al laboratorio de la Estación Científica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado, para su preparación (rotulación, empaçado y trámites de permisos) para ser transportados a Ecuador a los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte.

Trabajo laboratorio

Una vez los especímenes en el laboratorio se determinó las especies liquénicas en base a caracteres morfológicos como: su coloración, texturas, forma del talo, tipos de apotecios (la forma, el tamaño, el color y la posición en el talo), entre otros; se examinó con la ayuda de un

estereomicroscopio Leica 6SD, el que cuenta con un software especializado para medición de estructuras.

Además se realizó análisis microscópicos en el talo con características como la presencia o ausencia de córtex y el tipo de fotobionte. Para las identificaciones taxonómica se tomó como base los trabajos de Redon (1985), Øvstedal y Lewis Smith (2001) y Olech (2004), así como de varias claves de identificación desarrolladas posteriormente (Schroeter, Kappen, Schulz, y Sancho, 2000).

Se determinó las especies liquénicas restantes en base a caracteres morfológicos como: su coloración, texturas, forma del talo, tipos de apotecios, entre otros; se examinó con la ayuda de un estereomicroscopio Leica el que cuenta con un software especializado para medición de estructuras. Para las identificaciones se tomó como base los trabajos de Redon (1985), Øvstedal y Lewis Smith (2001) y Olech (2004), así como de varias claves de identificación desarrolladas posteriormente. Las identificaciones que se están realizando se basan principalmente en Øvstedal y Lewis Smith (2001). Para un estudio más detallado (análisis morfológico) de cada una de las especies se requiere en el laboratorio las pruebas químicas, que se realizan siguiendo técnicas estándar en liquenología. Hasta el momento en base a caracteres morfológicos de los líquenes, se ha establecido especies de líquenes, de las cuales se está trabajando en la caracterización botánica de cada una de ellas

7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1. Presentación de resultados

En el área de estudio se colectaron un total de 60 individuos de los cuales hasta el momento se han identificado un total de 20 especies de líquenes. Todas las especies identificadas se

encuentran formando asociaciones que se desarrollan en sitios específicos de la geografía antártica con presencia de nutrientes, humedad, agua; estos sitios se los ha denominado micro-oasis antárticos (Sancho y Pintado, 2011), los que protegen de las duras condiciones del invierno antártico y cuando empieza el verano austral con los deshielos, la presencia de abundante radiación solar, variación de temperatura en estos sitios permite el inicio de los procesos biológicos de los líquenes y musgos.

Se han identificado 20 especies, los géneros determinados casi todos están representados por una especie: *Calopaca sp.*, *Candelaria murrayi*, *Cetraria aculeata*, *Cladonia borealis*, *Umbilicaria antartica*, *Himantormia lugubris* que es abundante en Punta Ambato y en Isla Dee, *Haematomma erythromma*, *Ochrolequia frígida*, *Parmelia saxatilis*, *Psoroma cinnamomeumn*, *Stereocaulon alpinum*, *Stereocaulum sp.*, *Physcia caesia*, *Placopsis antartica*, *Rhizocarpon geographicum*, *Xantoria elegans*. En cuanto a su forma de crecimiento cuatro corresponden a crustosos, seis de tipo folioso, ocho de tipo fruticuloso y de tipo de dimórfico uno (tabla 2).

Tabla 2. Listado de especies identificadas

Especies	tipo	Isla Dee	León Dormido	Punta Ambato	Estación PEVIMA
<i>Calopaca sp.</i> ,	Crustoso		x		X
<i>Candelaria murrayi</i>	Folioso		x		X
<i>Cetraria aculeata</i> ,	Fruticuloso	x	x	X	X
<i>Cladonia borealis</i> ,	Dimorficos	x	x	X	X
<i>Umbilicaria antartica</i>	Folioso				X
<i>Himantormia lugubris</i>	Fruticuloso	x		X	
<i>Haematomma erythromma</i> ,	Crustoso		x	X	X
<i>Ochrolequia frígida</i>	Fruticoloso			X	
<i>Parmelia saxatilis</i> ,	Folioso	x	x		X
<i>Psoroma cinnamomeumn</i> ,	Folioso	x	x	X	X

<i>Stereocaulon alpinum</i> ,	Fruticuloso	x	x	X	X
<i>Stereocaulum sp</i>	Fruticuloso			X	
<i>Physcia caesia</i>	Folioso	x	x	X	X
<i>Placopsis antarctica</i>	Crustaceo	x		X	X
<i>Rhizocarpon geographicum</i>	Crustoso	x	x	X	X
<i>Usnea aurantiaco-atra</i>	Fruticuloso	x	x	X	X
<i>Xantoria elegans</i>	foliose		x	X	
<i>Usnea antarctica</i>	Fruticuloso	x	x	X	X
<i>Usnea trachycarpa</i>	Fruticuloso	x	x	X	X
<i>Usnea perpusilla</i>	Fruticuloso	x	x	X	X

El género *Usnea* está representado por las especies *Usnea aurantiaco-atra*, *Usnea trachycarpa*, *Usnea perpusilla* y *Usnea antarctica* (Du Rietz), que son las que presentan mayor abundancia en cada uno de los sitios. Se debe señalar que de las especies identificadas tienen una distribución bipolar y cosmopolita (Piñeiro, et al. 2012): *Calopaca sp*, *Cetraria aculeata*, *Cladonia borealis*, *Haematomma erythromma*, *Parmelia saxatilis*, *Psoroma cinnamomeum*, *Stereocaulon alpinum*, *Physcia caesia*, *Rhizocarpon geographicum*.

Durante un tiempo se pensó que la flora antártica, especialmente en lo que se refiere a los líquenes, estaba compuesta en su mayor parte (ca. 80%) por especies endémicas (Dodge, 1973). Hoy se conoce que la situación es justo la contraria. Un 55% de las especies de musgos y líquenes antárticos pueden encontrarse también en el Hemisferio Norte, bien en zonas polares o alpinas (por lo que se la denomina flora bipolar), bien en ambientes diversos no necesariamente ligados al frío (flora cosmopolita). El 45% restante se reparte entre especies de distribución austral (comunes a los extremos continentales e islas del Hemisferio Sur) y especies endémicas de la Antártica, que no suponen mucho más del 20% sobre el total (Sancho, y Pintado, 2011).

Esto es de gran importancia en estudios de cambio climático ya que se las considera especies pioneras, por el calentamiento global el subsecuente retroceso de glaciares las zonas expuestas de la Antártida estarían a disposición de estas especies, no solo el espacio físico, sino las fuentes de carbono (reservas congeladas por muchos años en la Antártida) se encuentran disponibles (Sancho, y Pintado, 2011, Spielmann, y Pereira, 2012).

Mientras que *Usnea antártica*, *Usnea aurantiaco-atra* (Figura 2), así como *Himantormia lugubris* son endémicas para el continente antártico (Ovstedal y Smith, 2001). *Usnea antártica* y *Usnea aurantiaco-atra* presentan mayor cobertura en los sitios muestreados de manera especial en la Isla Dee y Punta Ambato, este último sitio posee una planicie que se encuentra cubierta en mayoría por estas especies, las cuales se encuentran expuestas directamente factores como viento, radiación solar.



Figura 2. Vista principal de la planicie de Punta Ambato que presenta una cobertura predominante de las especies *Usnea antártica*, *Usnea aurantiaco-atra*, al fondo vista de la Isla Dee

Dichas especies endémicas de la zona antártica son las que han recibido la mayor atención en investigaciones relacionadas con cambio climático, tal es el caso de *Usnea aurantiaco atra*, estudios realizados llevan a conclusiones preocupantes en cuanto a la afectación del cambio climático sobre las especies endémicas de la península Antártica: “la única especie endémica de la que se disponen de largas series de datos sobre crecimiento y microclima, muestra una relación inversa y casi lineal entre aumento de temperatura y aumento de biomasa (Raggio, Vivas, Sancho, y Pintado, 2013).

Con los datos actuales un incremento de 2°C en la temperatura media anual supondrá una pérdida neta de carbono debido al aumento relativo de la respiración con respecto a la fotosíntesis (Schroeter, Kappen, Schulz, y Sancho, 2000). Esto significa que si esta especie, la más abundante en la Antártida marítima, no muestra una capacidad de aclimatación al calentamiento global, comenzará a desaparecer en 40 o 50 años” (Sancho, Pintado, 2011 y Aptroot, Van Herk., 2007).

Determinación de las adaptaciones al cambio climático según la diversidad líquénica registrada ante los factores limitantes del ecosistema antártico:

Los líquenes son muy conocidos por usarse como indicadores de las variaciones del clima, así como indicadores de la calidad del aire (Will-Wolf, Jovan, Neitlich, Peck, y Rosentreter, 2015). De ésta manera, el estudio de especies y distribución líquénica puede ser usado como instrumento para la proyección ante la respuesta a los escenarios de cambio climático (Ellisa, Coppinsa, Dawsonb, y Seawardc, 2007).

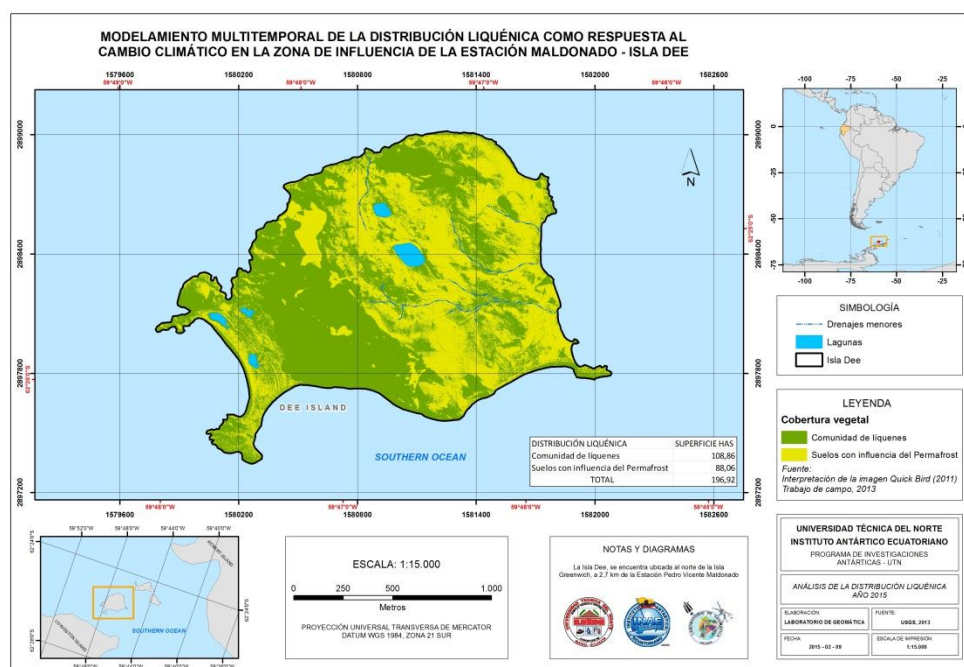


Figura 3. Modelamiento Isla Dee 2015

Esta investigación tiene como objetivo proyectar escenarios del cambio climático en la distribución de especies liquénicas en la Isla Dee, mediante la aplicación de los softwares ArcGIS 10.1 y el DivaGIS para analizar la distribución multitemporal de los líquenes para el año 2015 y el año 2025 en una pequeña Isla dentro del Islas Shetland del Sur, la Isla Dee; con una superficie de 196,92 hectáreas, mostró para el año 2015 que la comunidad de líquenes cubría una superficie de 108,86 hectáreas y el permafrost, ocupaba el 88,06 has. de la superficie (Figura 3 y 4).

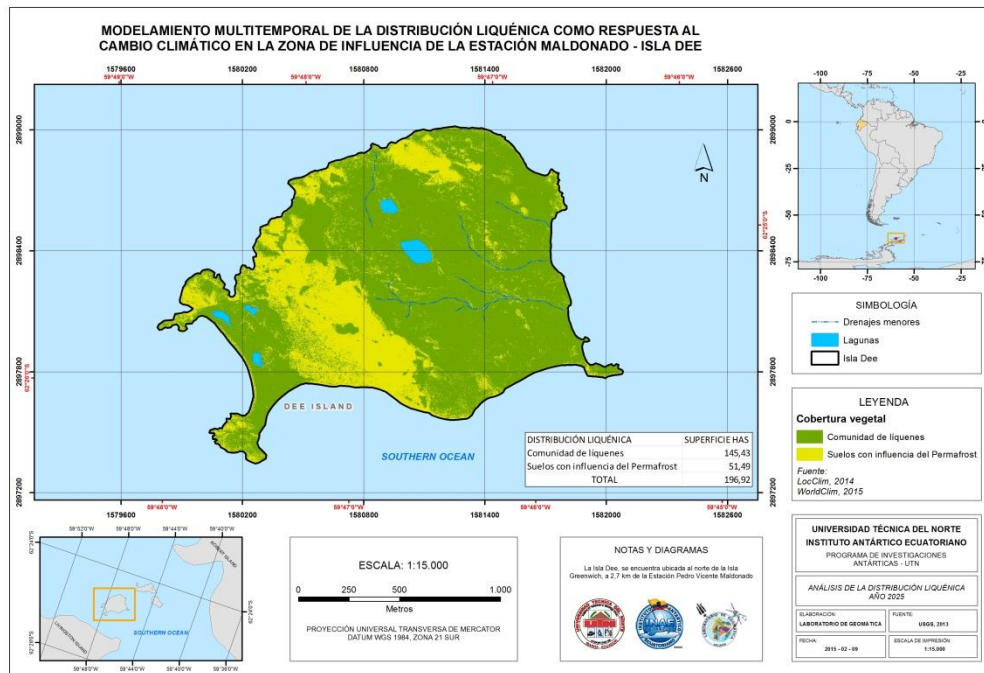


Figura 4. Modelamiento al año 2025

Mientras que para el año 2025 como resultado del escenario generado, presentará un aumento en la superficie de los líquenes a 145,43; y claro está la reducción de la superficie del permafrost a 51,49 hectáreas, esto como consecuencia de la variación de la temperatura (Figura 5)

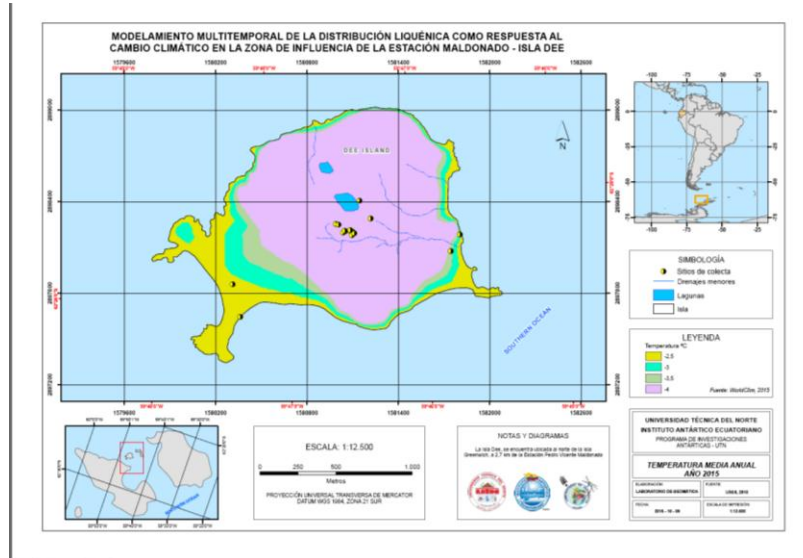


Figura 5. Rangos de temperatura en el año 2015

La variación de la temperatura en si en el modelo varia en aproximadamente en un grado, pero se puede observar que esa variación permite el desarrollo de condiciones más adecuadas o benignas en relación a especies de líquenes más adaptados a condiciones cambiantes como son los cosmopolitas en detrimento a los endémicos del área de estudio (Figura 6).

que el impacto del presente proyecto genere nuevos estudios y nuevas evidencias sobre las plantas fósiles y sus parientes que aún pueblan este hermoso planeta.

12.2 Transferencia del conocimiento o de la tecnología aplicada a partir de la investigación efectuada durante el periodo que se informa.

Al momento se cuenta con un grupo de pasantes así como de docentes interesados en la temática de las carreras de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y Biotecnología de la UTN, quienes forman parte del equipo de apoyo.

13 CONCLUSIONES

- Dentro de los sitios de muestreo se colectaron 60 muestras líquénicas de diferente forma, tipo de sustrato, de las cuales veinte se han identificado, siendo *Usnea* antártica, *Usnea aurantiaco-atra* las que presentan mayor cobertura en los sitios de muestreo.
- Por su forma de crecimiento, un tipo predominante son los de tipo fruticulosos
- En cuanto a la especie *Himantormia lugubris*, especie endémica de la zona se encontró cubriendo grandes zonas, especialmente en Punta Ambato e Isla Dee.
- Existe un grupo considerado de especies cosmopolitas que además de encontrarse en la antártica, se encuentran otros sectores del planeta tanto en la zona templada, ártica.
- Una de las conclusiones del modelamiento es que las especies cosmopolitas, en los procesos de cambio climático se consideran las más idóneas para adaptarse a este proceso, por lo tanto podría competir y desplazar a las especies endémicas antárticas generando alteraciones al ecosistema y a su cadena trófica.

14 RECOMENDACIONES

Se plantea la necesidad de realizar análisis comparativos con la diversidad liquenica de la zona andina del Ecuador.

15 BIBLIOGRAFÍA

- Barreno, E., y Pérez, S. (2003). Líquenes en la Reserva Natural Integral de Munielos, Asturias. Asturias: Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias y KRK ediciones.
- Ganderton, P., y Coker, P. (2005). Environmental Biogeography. España: Person-Prentice Hall.
- Galloway, J. (2008). Lichen biogeography. En T. Nash, Lichen Biology (pág. 16). New York: Cambridge University Pres.
- Fernández M., Casares M., Blanco J., y Molero J. (2013). Monitoring lichens diversity and climatic change in Sierra Nevada (Spain). Pirineos, 168(0): 25-38 doi: 10.3989/Pirineos.2013.168002.
- Fonquer, P. (1982). Diccionario de botánica. Editorial labor s. A. Barcelona.
- Herrera, T. y Ulloa, M. (1990). El Reino de los Hongos. México. Fondo de Cultura Económica. Pp. 343 -363.
- Heywood, V. H. (editor). 1985. Las plantas con flores. Editorial reverté s. A. España.
- Hickey, M. y C. J. King. 1981. Families of flowering plants. Cambridge university press. New york, usa.
- Longton, R. E. (1988). Biology of polar bryophytes and lichens. CUP Archive

- Maas, P., J. M. y lubbert y. Th. Westra. 1998. Familias de plantas neotropicales. A. R. G. Gantherverlag vaduz/liechtenstein. Alemania.
- Moreno, N. P. 1984. Glosario botánico ilustrado. Instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos. Compañía editorial continental (cecsa). México.
- Olech, M. (2004). Lichens of King George Island, Antarctica. Institute of Botany of the Jagiellonian University.
- Ovstedal, D. O., y Smith, R. L. (2001). Lichens of Antarctica and South Georgia: a guide to their identification and ecology. Cambridge University Press.
- Piñeiro, V., Eguren, G., Pereira, I., & Zaldúa, N. (2012). Líquenes del entorno de la base científica Antártica Artigas, Bahía Collins, Isla Rey Jorge, Antártida: Estudio preliminar. Polibotánica, (33), 105-116.
- Redon, J. (1985). Líquenes Antárticos, Instituto Antártico Chileno. Santiago de Chile.
- Sancho L.G., Pintado A., (2011). Revista Ecosistemas. Vol 1. Ecología vegetal en la Antártida. Departamento de Biología Vegetal II, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040-Madrid, España.
- Raggio J., Vivas, M., Sancho G.L., Pintado A., (2013). Líquenes en ambientes extremos: La Antártida como puerta al espacio Crame J. A. 1989. Origins and Evolution of the Antarctic Biota British Antarctic Survey Natural Environment Research Council Cambridge.
- Schroeter, B., Kappen, L., Schulz, F., y Sancho, L. G. (2000). Seasonal variation in the carbon balance of lichens in the maritime Antarctic: long-term measurements of photosynthetic activity in *Usnea aurantiaco-atra*. Antarctic ecosystems: models for wider ecological understanding, 258-262..

- Spielmann A., Pereira A., (2012). Lichens on the Maritime Antarctica. Revista Electrónica del Grupo LatinoAmericano de Liquenólogos
- Aptroot, C.M., Van Herk. (2007). Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with Trentepohlia phycobionts.
- Dodge, C. W. (1973). Lichen flora of the Antarctic continent and adjacent islands.
- Torres, T. (2012) .Antártica: Un mundo oculto bajo el hielo.
- Tormo, R.1998. Lecciones Hipertextuales de Botánica. (CD-ROM).XVI International Botanical Congress: Botany in St. Louis. InternetTeaching

ANEXOS