

*Pale Blue Dot.
Imagen de la Tierra a 6000 millones de kilómetros
tomada por la sonda espacial Voyager 1, 1990.
Fuente: NASA*



ORIGEN EN TIERRA DEL FUEGO

Memoria Proyecto de Título por

NELSON GARRIDO URZÚA

Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile

Profesor Guía: Rodrigo Chauriye

Primavera, 2021

ORIGEN EN TIERRA DEL FUEGO

Memoria Proyecto de Título por

NELSON GARRIDO URZÚA

Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA

Profesor Guía: Rodrigo Chauriye

Primavera, 2021

Memoria de Título

TIERRA DEL FUEGO

Desarrollo Científico en zonas de relevancia para la Biosfera

Agradezco a la Corporación Laguna de los Cisnes, especialmente a Federico Stäger y Carlos Stäger, tanto en lo académico como en lo humano por haber contribuido en el proceso de esta Memoria de Título.

RESUMEN

Origen en Tierra del Fuego

Haberme detenido por un lapso indeterminado de tiempo en la ribera sur de la Laguna de los Cisnes, fue un momento de introspección profunda; el impacto dado por el significado del lugar: su espíritu, que descansaba sobre la dimensión del paisaje, el juego de la luz entre las espesas nubes y la impresionante variedad de vida que me circundaba en cada rincón, provocaron en mí un rotundo silencio interrumpido solo por el silbido del implacable y gélido viento que habita en estos territorios.

*Noviembre 2021, Punta Arenas, Region de
Magallanes y Antartica Chilena.*

A mis primeros maestros: Nelson y Paola, mis padres, quienes a través de sus principios y valores me han formado bajo el alero del amor. A mi hermana Cinthya, al pequeño Agustín, y a mi abuela Miryam, última de mis 4 abuelos.

La presente Memoria aborda los antecedentes para el proyecto de título “Origen en Tierra del Fuego” el cual plantea la necesidad de disponer de la infraestructura necesaria para llevar a cabo de manera optima el desarrollo de la experiencia científica en una de las zonas mas australes de Chile y del mundo, resguardando y poniendo en valor el entorno natural del Monumento Natural de Laguna de los Cisnes.

En la rivera de la Laguna de los Cisnes se encuentran estromatolitos, fósiles vivientes que se remontan a los orígenes de la vida en nuestro planeta (los casos mas antiguos registrados en el mundo son del orden de 3.800 a 3.500 millones de años antes del presente). Estos son formado por cianobacterias, cuya relevancia radica en la producción del 21% de Oxigeno presente en nuestra atmosfera y la creación de la capa de Ozono que nos protege de la radiación UV proveniente del Sol. Junto a estos seres, conviene un numero indeterminado de especies vivas, desde artemias, variados líquenes, diversas especies vegetales y aves que llegan a este lugar, como por ejemplo, el caso de los flamencos que viajan miles de kilómetros desde el norte de Chile.

El proyecto tiene por objetivo poner a disposición de la ciencia nacional e internacional la infraestructura necesaria para llevar a cabo el proceso investigativo de estos ecosistemas considerando su potencial en los diversos campos del conocimiento tales como biogeoquímica, paleoclima, astrobiología, biotecnología, limnología, entre otros.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

Introducción

1.1	Introducción	14
1.3	Oportunidades	16
1.4	Objetivos	17

CAPÍTULO II

Tema: Desarrollo científico entorno a áreas de relevancia para la biosfera

2.1	Reseña: los albores de la vida	20
2.2	El Ancestro Común Universal	25
2.3	Los estromatolitos y los primeros organismos	26

CAPÍTULO III

El Lugar: Región Subantártica de Magallanes: Laboratorio Natural

3.1	Cuaternario	35
3.2	Clima	36
3.3	Tierra del Fuego	38
3.4	Selk'nam: Los habitantes del fin del mundo	40
3.5	Colonización de Tierra del Fuego	42
3.6	Laguna de los Cisnes	44

CAPÍTULO IV

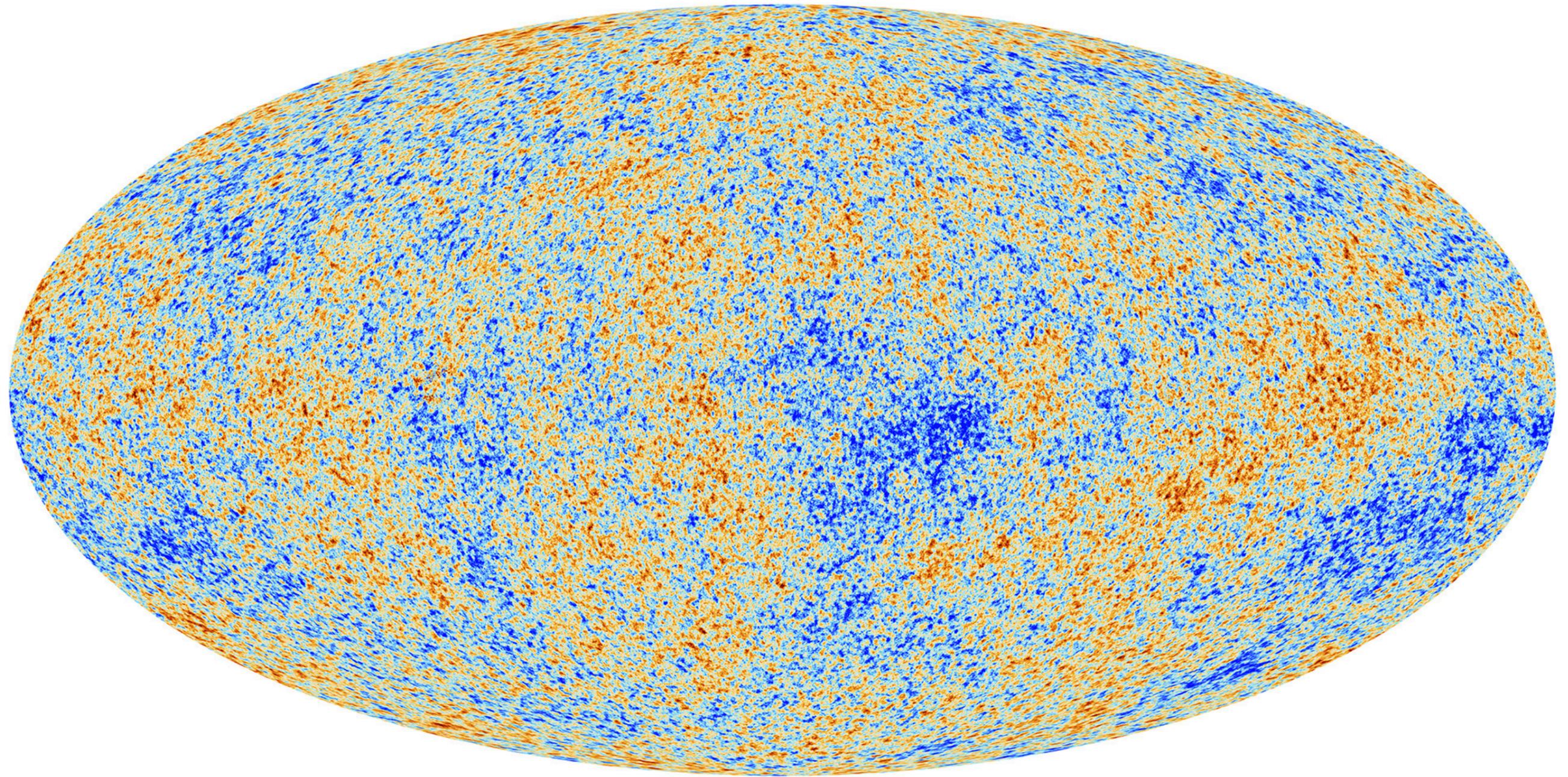
La Propuesta: Centro de Investigación y Asistencia Técnica Antropoceno

4.1	Planteamiento	50
4.2	Estrategias	52

CAPÍTULO V

Referencias

5.1	Bibliografía	56
-----	--------------	----



*Radiación cósmica de microondas.
Representa la luz más antigua del cosmos
datada en 13.820 millones de años.
Fuente: Agencia Espacial Europea, ESA.*



*Estrecho de Magallanes, Chile.
Fuente: Elaboración propia*

CAPÍTULO I

Introducción

Introducción

Si el siglo XX es una etapa de la historia donde los avances de la ciencia en el campo de la física fueron importantes, se estima que el siglo XXI será marcado por grandes avances en el campo de la biología; uno de los primeros hitos fue el 26 de junio de 2000, cuando el presidente norteamericano Bill Clinton anuncia en la Casa Blanca la finalización del primer borrador del genoma humano, el cual fue publicado por completo tres años más tarde. Bajo este contexto, la comunidad científica, tanto por el avance de la multidisciplinariedad como por el desarrollo de nuevas tecnologías, han comenzado a cosechar importantes logros. Por ejemplo, en la frontera entre ciencia y diseño, la arquitecta Neri Oxman del Massachusetts Institute of Technology y ex directora de MIT Media Lab, ha desarrollado trabajos como el pabellón de seda o Wanderers, ropa facturada a base de algas o bacterias asistido a través del diseño computacional.

Por ciencia se puede entender como la *“rama del saber humano constituida por el conjunto de conocimientos objetivos y verificables sobre una materia determinada que son obtenidos mediante*

la observación y la experimentación”

Nuestro país cuenta a lo largo de su territorio con lugares cuyas condiciones únicas en el mundo le otorgan una ventaja comparativa para llevar a cabo investigaciones científicas en diversas áreas del conocimiento (Aguilera, 2018). Tal es el caso de los cielos nocturnos del norte de Chile o la diversidad biológica presente en latitudes tan australes como la Región Subantártica de Magallanes.

A nivel mundial, la región subantártica de Magallanes sobresale por ser poseedor de variados ecosistemas interdependientes unos de otros, que viven bajo características ambientales y geográficas particulares. Estas características transforman a esta región en una zona con un importante potencial para el desarrollo científico y tecnológico (Grupo Technopolis y Cameron Partners, 2015).

Desde su hallazgo, por Hernando de Magallanes hace poco más de quinientos años, científicos, naturalistas y exploradores han recorrido y registrado el estrecho que lleva su nombre, Tierra del Fuego y el sur de Sudamérica. Esa

postura que ha trascendido generaciones desde ese entonces hasta nuestros días, continúa. En la actualidad Estado de Chile a través del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) y el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el Desarrollo (CNCTCID) han definido áreas de trabajo para potenciar a esta región como un polo de interés científico a nivel mundial, proyectando objetivos en el mediano y largo plazo, de los cuales, algunos de ellos se encuentran en estado de ejecución, como por ejemplo el Centro Antártico Internacional que se emplazará en la ciudad de Punta Arenas, o el recientemente inaugurado Centro Subantártico Cabo de Hornos ubicado en Puerto Williams.

En sociedades con economías avanzadas, la ciencia basa su desarrollo a través de la disponibilidad de recursos como el capital altamente cualificado, centros de investigación y universidades con infraestructura y equipamientos de alta tecnología; mientras en sociedades con economías en desarrollo, generalmente esos recursos son escasos. Sin embargo, países como Chile, disponen de la ventaja de poseer áreas naturales

únicas para determinar actividades científicas (Grupo Technopolis y Cameron Partners, 2015). Por esta razón, es interesante notar la **oportunidad** con la que cuenta la Región Subantártica de Magallanes para transformarse en un importante polo de desarrollo de la ciencia nacional.

De este modo, creo que la arquitectura en Chile debe ser capaz de responder a las oportunidades dadas por las singulares características geográficas, climáticas, etnográficas, entre otras, que podemos encontrar a lo largo del territorio chileno; aprovechando su potencial como sitio de interés para biosfera; entregando a los actores los espacios propicios para llevar a cabo la experiencia científica; contribuyendo al desarrollo de la ciencia nacional e internacional, a la concientización sobre la importancia de la región subantártica y potenciando la economía local a través de nuevos nichos como el turismo de intereses especiales.

La Oportunidad

La Región Subantártica de Magallanes no solo tiene una relevancia desde el punto de vista logístico al ser considerada una de las cinco puertas de entrada al continente blanco, sino que también, el hecho que América del Sur y la Antártica fueran los últimos componentes gondwánicos en separarse (Zuñiga Reinoso, 2013), sumado los avances y retrocesos de los hielos entre los canales de la región durante el cuaternario; a la influencia del agua subantártica proviene del Atlántico y el Pacífico; y a la baja densidad poblacional que ha permitido mantener áreas prístinas (Grupo Technopolis y Cameron Partners, 2015), han hecho de esta parte de Chile una zona de interés para la comunidad científica nacional e internacional.

Según el informe realizado para el Concejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación sobre la Región Subantártica de Magallanes, las disciplinas científicas concernientes a los atributos advertidos pueden ser agrupados principalmente

en dos conjuntos: Geociencias y la Biología. Áreas del conocimiento relevantes a la hora de estudiar -entre otras cosas- fenómenos como el cambio global, entendiéndose este como *“el conjunto de cambios ambientales que se derivan de las actividades humanas sobre el planeta, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra”* (Cabrera, 2019).

En esta misma línea, en Tierra del Fuego, específicamente entorno a la Laguna de los Cisnes, se encuentran estromatolitos vivos, cuyo nicho de investigaciones científicas abordan un amplio espectro del conocimiento, concordando con lo expuesto anteriormente. Cabe mencionar que estas estructuras de origen biológico son de alto interés para la ciencia actual, dado su potencial para contribuir en la búsqueda de respuestas a preguntas que van desde el origen de la vida en la Tierra, hasta las posibilidades de tipos de vida extraterrestres, mas aún cuando las exploraciones a Marte se

han transformado en el faro del desarrollo científico y tecnológico de nuestro siglo.

Dado lo anterior, es pertinente cuestionarse, en primer lugar, sobre el desarrollo de la experiencia científica en este tipo territorio, cuyas condiciones del medio son consideradas extremas; En segundo lugar, respecto de la capacidad de la infraestructura actual para llevarla a cabo. Desde la disciplina de la arquitectura, el desafío está en desarrollar propuestas de proyectos que sen capaces de plantearse desde dos enfoques preponderantes advertidos en la materia: el factor climático que predomina, y la intervención en espacios naturales de baja o nula intervención humana.

Objetivos

Este proyecto de título se plantea desde el reconocimiento de los atributos únicos presentes en el territorio nacional que entregan la oportunidad de convertir a Chile en un país a la vanguardia en investigación científica; aportando al debate actual, desde la arquitectura, sobre la valorización de dichas áreas, la implementación de nuevos equipamientos e infraestructura para buen desempeño de los actores, y finalmente, a la consolidación de una identidad regional y nacional en torno a la ciencia, la tecnología, el conocimiento y la innovación.

Lineamientos

- Generar un proyecto que facilite el desarrollo científico reconociendo las condiciones predominantes del medio local.
- Promover la relevancia que tiene Tierra del Fuego para la comunidad científica nacional e internacional.
- Incorporar de manera responsable variables determinantes como clima y geografía para una relación óptima entre la obra, el entorno y el visitante.
- Potenciar la relación entre la quehacer científico y el paisaje con el fin de sensibilizar al visitante sobre la importancia de la investigación, cuidado y preservación de la biota presente en el lugar.



*Extracción de muestras Laguna de los Cisnes
Fuente: Elaboración propia*

CAPÍTULO II

Tema

Desarrollo cinético entorno a áreas de relevancia para la biosfera

Reseña: Los albores de la vida en la Tierra

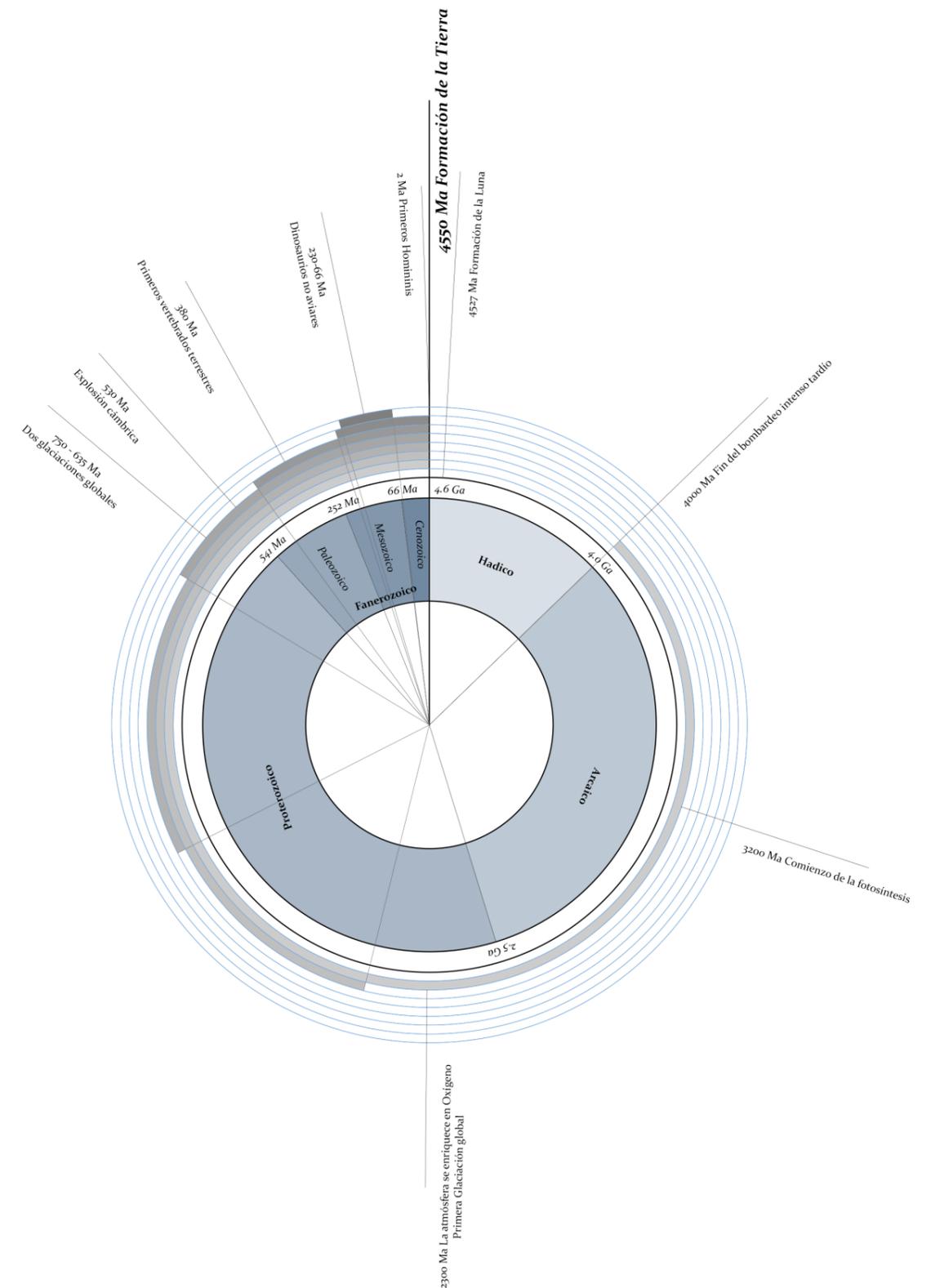
Nuestro Hogar, La Tierra, situada en la tercera órbita más cercana al Sol, se habría formado hace aproximadamente 4550 millones de años a partir un disco protoplanetario al rededor de la joven estrella, en los orígenes del sistema solar que data de hace 4567 millones de años.

Si bien, los detalles de su formación son inciertos, en general se puede afirmar que la Tierra se formó a partir de acreción de cuerpos menores llamados planetesimales resultante de la colisión de rocas y polvo del disco protoplanetario (Finkbeiner,2014).

Por otro lado, nuestro único satélite natural, la Luna, se forma al poco tiempo de que lo haya hecho la Tierra; una de las teorías de su origen es el impacto del planeta con otro cuerpo celeste cuando este tenía solo unos cuantos millones de años desde su formación.

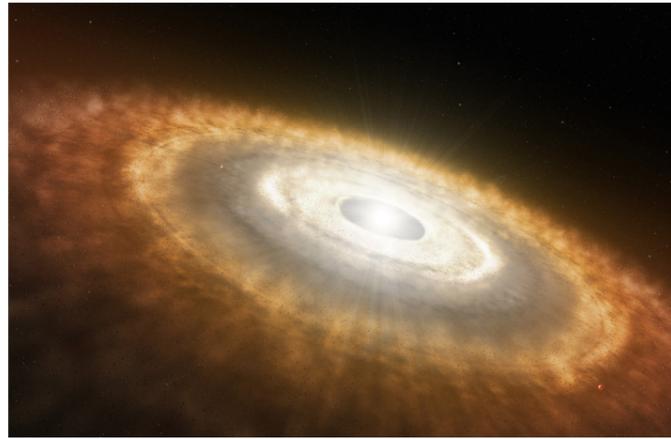
En un inicio la Tierra fue una gran bola de fuego, un mar de magma, con una temperatura de superficie sobre los 1000°C podrucida por la gran cantidad de energía liberada de los impactos en los constantes bombardeos de objetos que crearon el planeta, sumado al calor generado al interior de este mismo por procesos radioactivos (Cloud, 1972). Este periodo se conoce en el tiempo

geológico como el eón Hádico, aunque también recibe el nombre de Hadeico o Hadeano. Este comprende desde el monteto en que se comienza a formar la Tierra hace 4567 millones de años y termina hace 4000 millones de años, vale decir, un periodo de 567 millones de años, siendo la primera división del Precámbrico (Frías,2013). Durante este periodo tanto la Tierra como el Sistema Solar en su conjunto se estaban formando dentro de una gran nube de gas y polvo; nuestro planeta pasa de ser una vola incandescente de fuego para dar paso a un cuerpo sólido con una corteza terrestre esculpida por las numerosas erupciones volcánicas. A finales de este eón, e inicios del siguiente, ocurre el denominado Bombardeo Intenso Tardío (entre 3900 a 4000 millones de años), etapa en la cual la Tierra se ve enfrentada a una intensa lluvia de meteoritos, provocando la destrucción de buena parte de la corteza terrestre que existía hasta ese entonces, y aumentó nuevamente la temperatura. Se estima que este bombardeo de meteoritos fue un proceso destructivo, pero que a su vez, al desintegrarse en la atmósfera aportaron entre, otras cosas, con vapor de agua y dióxido de carbono (Bramov,2009).



Zircón: Cristales más antiguo de la Tierra datado en 4400 millones de años (periodo Hádico) hallado en Jack Hills, Australia.

Fuente: Elaboración propia



*Recreación artística Sistema Solar primitivo: disco protoplanetario y la formación de los planetas.
Autor: Desconocido / Fuente: ESO*



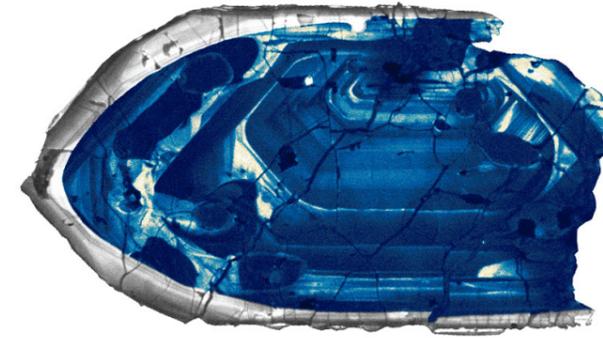
*Recreación artística Nacimiento de la Luna
Autor: Danna Berry / Fuente: NatGeo*



*Recreación artística Tierra primitiva en el Eón Hádico
Autor: Danna Berry / Fuente: NatGeo*



*Recreación artística Tierra primitiva, Eón Arcaico
Autor: Danna Berry / Fuente: NatGeo*

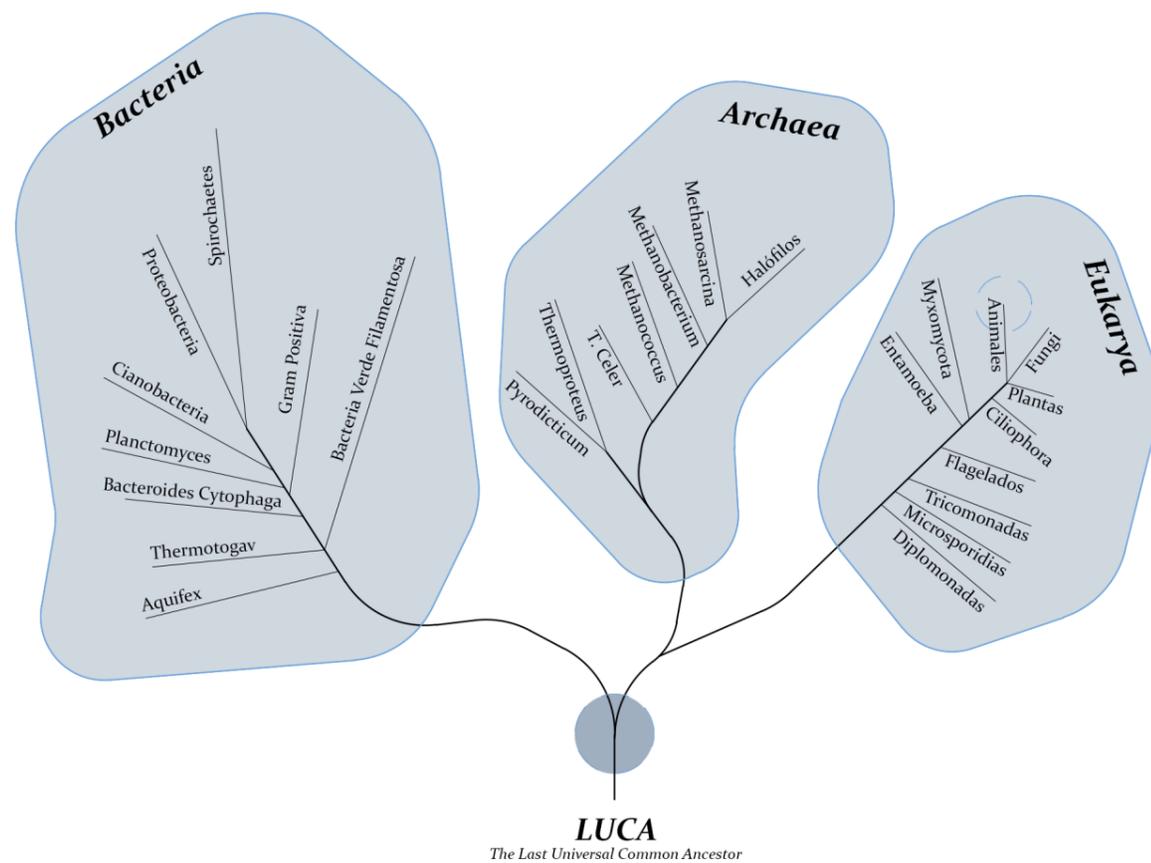


*Zircón: Cristales más antiguo de la Tierra datado en 4400 millones de años (periodo Hádico) hallado en Jack Hills, Australia.
Fuente: Nature Geoscience, John Valley*

De acuerdo a la división de la escala temporal geológica, luego del eón Hádico, sigue el eón Arcaico. Este periodo inicia hace 4000 millones de años y finaliza en torno a los 2500 millones de años, vale decir, aproximadamente un tercio de la historia de la Tierra. Durante gran parte este período, la atmósfera de la tierra era muy distinta a la actual. Las concentraciones de Oxígeno (O_2) eran bajas o nulas (menos del 0.001% de la concentración de O_2 actual), sumado al metano (CH_4), hidrógeno (H_2), agua (H_2O), nitrógeno (N_2) y amoníaco (NH_3) que probablemente aportaron las condritas (meteoritos más comunes) que llovieron sobre la Tierra durante el Bombardeo Intenso Tardío (Schaefer, 2007). Para ese entonces, los colores en la Tierra eran muy distintos al azul profundo que predomina en el presente.

Este eón finaliza cuando ocurre una verdadera revolución planetaria: la aparición del Oxígeno en la atmósfera; molécula resultante de la presencia de organismos fotosintéticos.

De la primigenia bola de fuego que era nuestro planeta en el eón Hádico a la Tierra del eón Arcaico tuvieron que transcurrir apenas 800 millones de años para que se dieran las condiciones que -según nuestro conocimiento actual- desencadenarían un evento único y sin precedente hasta ahora en otro lugar del Universo: el surgimiento de la vida.



Árbol filogenético de la vida y sus tres dominios taxonómicos
Fuente: Elaboración Propia

El Ancestro Común Universal

En biología, cada grupo de organismos o taxones se clasifican científicamente en niveles jerárquicos, considerando semejanzas o proximidades filogenéticas, siendo los niveles taxonómicos superiores aquellos en los que los miembros tienen menos similitudes entre ellos, mientras que en los taxones inferiores ocurre de manera las similitudes son mayores (Soltis, 2003). Las categorías taxonómicas que predominan hoy en día son: Dominio > Reino > Filo o División > Clase > Orden > Familia > Género > Especie.

Los dominios de la vida terrestre son 3: Bacteria, Arquea y Eucariote, los cuales tienen en común ciertas características del cual se podría desprender que descienden de un ancestro común. Esta forma de vida ancestral hipotética se denomina LUCA: *Last Universal Common Ancestor*. Si bien no se tiene registro fósil que compruebe la existencia de este ancestro hipotético, la ciencia ha logrado deducir ciertos datos acerca de LUCA gracias a la reconstrucción de proteínas primordiales a partir de la gran base de datos genéticos de todos los dominios de la vida (Poole, 2009).

La información que se tiene respecto a LUCA es incompleta, sin embargo, se estima que este posiblemente pudo tratarse de un organismo anaeróbico, que consigue su energía a partir de hidrógeno, y que producto de su metabolismo habría producido metano. Por otra parte, a partir de las proteínas primordiales identificadas, se piensa que LUCA pudo estar adaptado a un ambiente hidrotermal, posiblemente en fuentes submarinas donde brotan aguas calientes cargadas de minerales (Weiss et al., 2016).

Se desconoce el tiempo en el que LUCA aparece en la historia de la Tierra, sin embargo, dado los registros actuales, este debería situarse tentativamente después de la aparición de los primeros organismos, y antes de que arqueos y bacterias se separaran en dos dominios. Vale decir entre 3500 a 3800 millones de años (Glansdorff, 2008).



Estromatolitos de Laguna de los Cisnes, Tierra del Fuego.

Fuente: Elaboración Propia

Estromatolitos y los primeros organismos

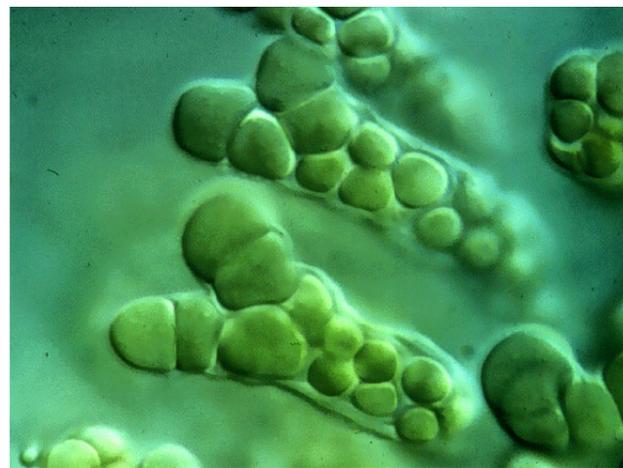
Para realizar estudios sobre las formas de vida del pasado se utilizan principalmente restos fósiles. En general, estos corresponden a partes duras como huesos, conchas, dientes, etc.

Al tratarse de las primeras formas de vida en la Tierra, su investigación se dificulta puesto que los primeros organismos son unicelulares, los cuales carecen de partes duras. Sin embargo, a principios del siglo XX, Ernst Kalkowsky propone el término “Stromatolith” y “Stromatoid” para referirse a las estructuras laminadas reportadas décadas antes, y sugiere que su origen es orgánico, dando paso a una serie de investigadores posteriores que determinarían que los estromatolitos están compuestos de bacterias fotosintéticas fosilizadas y que guardarían relación con las primeras formas de vida en la Tierra.

De acuerdo con el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, los estromatolitos son “estructuras organo-sedimentarias laminadas (típicamente de CaCO_3) que crecen adheridas al sustrato y emergen verticalmente del mismo, produciendo estructuras de gran variedad morfológica, volumétrica y biogeográfica”. Su formación se debe a la presencia de poblaciones microbianas como las cianobacterias fotosintéticas, que facilitan la precipitación de carbonatos (Black, 1933).

Los estromatolitos actuales pueden estar conformados además por microflora que pueden incluir algas, hongos, crustáceos, insectos, esporas, polen, fragmentos y sedimentos de todo tipo que logran quedar incrustadas dentro de la estructura (Beraldi, s. f.).

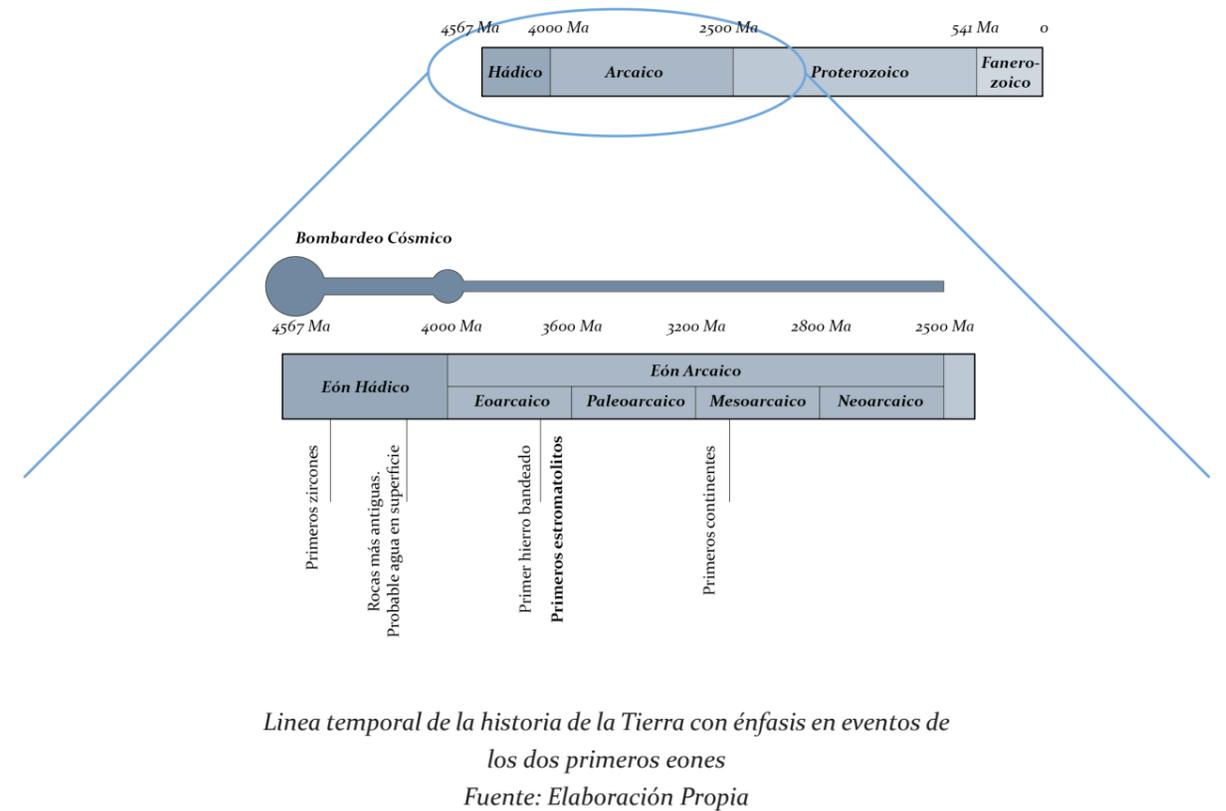
Las superficies de estas estructuras son generalmente rugosas y porosas. Su formación puede producirse a través de diferentes mecanismos, siendo los más comunes la adherencia de sedimento a la membrana celular de las bacterias, favorecido por la presencia de una cápsula externa mucilaginosa que ayuda a la adherencia de partículas sedimentarias. El otro mecanismo es la precipitación de minerales como resultado de la actividad metabólica normal de microorganismos (fotosíntesis y respiración celular), el cual altera el ambiente acuático circundante y puede favorecer la precipitación de algunos compuestos inorgánicos como el carbonato de calcio; este proceso es un tipo de biomineralización pasiva. (Benavente, 2014).



Entophysalis Cyanophyceae, consideradas una de las primeras formas de vida primitiva.
Fuente: University of New Hampshire



Estructuras estromatolíticas presentes en la Laguna de los Cisnes, Tierra del Fuego.
Fuente: Elaboración propia



Los estromatolitos más antiguos conocidos se hallaron en Groenlandia y tienen una data de 3700 millones de años, vale decir, en el Arcaico, a unos 800 millones de años después de la formación de la Tierra (Nutman, 2016).

Durante el transcurso del tiempo, los estromatolitos se volvieron más diversos. A mediados del Arcaico, estos formaron los primeros arrecifes. En ambientes marinos costeros, donde no habían fuentes calientes ni aportación de arena ni arcilla tendían a ser mucho más diversos y abundantes; mientras que en aguas profundas se reducían considerablemente (Allwood et al., 2009).

El hecho de que la formación de estromatolitos ocurra generalmente en aguas someras, es decir, de baja

profundidad, es indicativo de que las bacterias que los formaron aprovechaban la luz del sol como fuente de energía. Experimentos con estromatolitos actuales relacionan su distribución espacial con la duración del ciclo de actividad de las bacterias: para un período de actividad prolongado se requiere un mayor espaciamiento con el objetivo de que estas obtengan suficientes nutrientes del agua y luz.

En la actualidad, los estromatolitos se encuentran sólo en algunas zonas específicas, como Shark Bay en Australia; Cayos de Exuma, Bahamas; fuentes hidrotermales de Yellowstone, USA; Lagoa Salgada, Brasil; Cuatro Ciénagas, México; Laguna Socompa, Argentina; Salar de Llamara, Tarapacá Chile; Laguna de los Cisnes, Tierra del Fuego, Chile.



Estromatolitos en Cayos Exuma, Bahamas
Fuente: flickr



Estromatolitos en Shark Bay, Australia
Fuente: australiascoralcoast



Estromatolitos Cuatro Ciénegas, Mexico
Fuente: wordpress



Estromatolitos Lagoa Salgada, Brasil
Fuente: wordpress



Estromatolitos Salar de Llamara, Chile
Fuente: iquiquevision



Estromatolitos Laguna Socompa, Argentina
Fuente: iquiquevision

Los estromatolitos son sistemas ecológicos complejos que brindan variada información sobre el ecosistema en el que se originaron. Estas estructuras son consideradas por el registro geológico como parte de las estructuras sedimentarias biogénicas, vale decir, cuyo factor originario es de tipo biológico; se han registrado en diversos ambientes, por lo que brindan relevante información sobre las variables ambientales que controlan su formación (Benavente,2014).

El estudio de los estromatolitos permite conocer las condiciones paleoambientales, químicas y paleohidrológicas del microambiente que habitan (Weiner,2003). Además, al contener una cantidad importante

de diversidad de microorganismos aporta información sobre datos paleoecológicos (Lamond,2003). El estudio del presente es fundamental a la hora de comprender el pasado y el futuro. En esa línea, estas extrañas formaciones bacterianas podría incrementar de manera significativa el conocimiento de la vida en condiciones extremas y por consiguiente ofrecer una plataforma de posibilidades para la exploración de vida extraterrestre. (Solari,2011)

Estromatolitos de Laguna de los Cisnes, Tierra del Fuego.
Fuente: Elaboración Propia



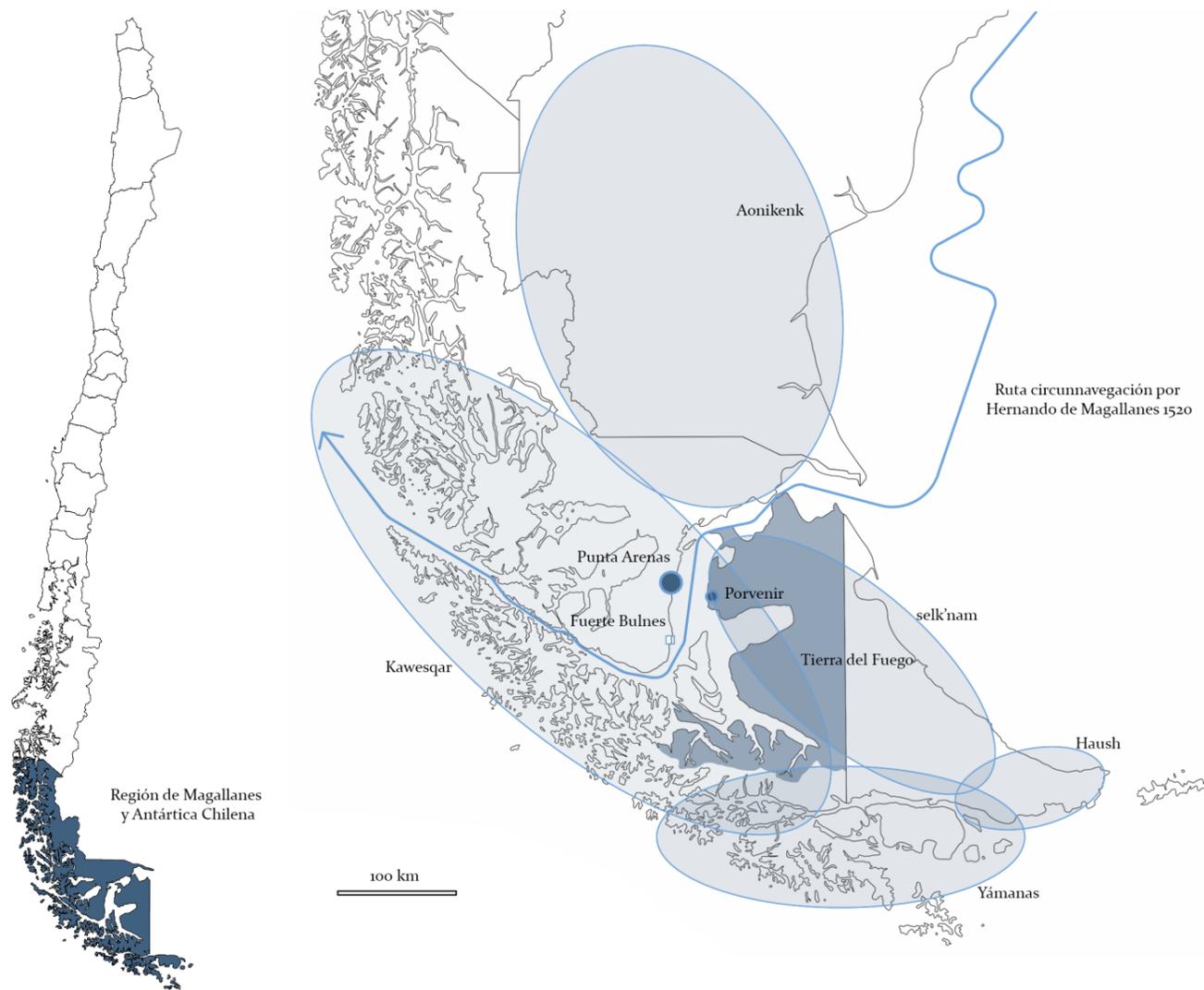


CAPÍTULO III

El Lugar

Región Subantártica de Magallanes: Laboratorio Natural

*Imagen Satelital de la región de Magallanes
y Antártica Chilena
Fuente: NASA*



Contextualización Región de Magallanes y Antártica Chilena
Fuente: Elaboración propia

La región de Magallanes y la Antártica Chilena se encuentra ubicada en el extremo sur del territorio nacional. La superficie perteneciente al continente sudamericano está comprendida entre los 48°36' y 56°30' de latitud sur y entre los meridianos 66°25' y 75°40' de longitud oeste, representando un 17,5% de la superficie nacional. Según el Censo del año 2017, su población es de 166.533 habitantes, alcanzando una densidad de 1,26 habitantes por kilómetro cuadrado.

Esta región de Chile presenta características particulares en cuanto a su relieve. Está conformada por un gran número de archipiélagos, islas, canales, penínsulas y fiordos, que le otorgan una situación topográfica irregular en torno a un eje en dirección nortesureste. La Cordillera de la Costa y la depresión intermedia, características del resto del territorio nacional, desaparecen en la Península del Taitao y en las profundidades del Golfo de Penas, respectivamente (BCN, s.f.).



Glaciar Vergara. Parque Nacional Alberto de Agostini.
Autor: Susana Chauriye A. / Fuente: Fundación Glaciares Chilenos

Cuaternario

El período Cuaternario es la división del tiempo geológico en el cual nos encontramos en la actualidad y que comenzó hace 2,7 millones de años, la Tierra ha sufrido recurrentes variaciones de temperaturas globales. Durante este período se han producido cuatro glaciaciones principales: Glaciación de Günz (comienza hace 1,1 millones de años), Glaciación de Mindel (580.000 años), Glaciación de Riss (200.000 años) y Glaciación de Würm o popularmente conocida como Edad de Hielo (110.000 años).

Durante la última glaciación -la Glaciación de Würm- un gran manto de hielo cubrió la región de Magallanes, el cual comenzó su retroceso hace unos 18.000 años. Esto habría permitido que se diera paso al poblamiento del territorio por parte de la vegetación y la fauna bajo condiciones frías y húmedas. Por otra parte, el aumento del nivel del mar y de las temperaturas globales dieron paso a la conexión entre el océano Pacífico y el océano Atlántico a través del estrecho de Magallanes hace unos 9.500 años (Mansilla et al., 2020)

Clima

Según información recopilada en el Atlas Agroclimático de Chile, la región de Magallanes y Antártica Chilena se puede subdividir en distritos agroclimáticos, los cuales representan áreas del territorio climáticamente uniformes, para ello, se consideran datos como temperatura, precipitación, humedad del aire, radiación solar, entre otros, en función de factores que influyen en el comportamiento de estas, tales como la latitud, altitud, factores topográficos locales. Para el interés de esta memoria de título se analizan los datos correspondientes al denominado *distrito 12-4: Punta Arenas* el cual incluye localidades como Caleta Rosario, Casas Viejas, Concordia, El Arroyo, Puerto Curtze, Puerto Eugenia, Puerto Natales, Puerto Percy, Punta Arenas, San Eduardo, San Luis, Villa Río Verde y Porvenir.

Este distrito, cuya superficie territorial aproximada es de 16.643 kilómetros cuadrados, posee una altitud media aproximada de 78 msnm. Su tipificación climática corresponde a *Estepa fría con régimen de humedad sub húmedo húmedo*.

La temperatura de esta zona varía entre 15,7°C (máxima de enero) y -1,4°C (mínimo de Julio). Durante el año, se registran en promedio 137 heladas (temperatura por debajo de los 0°C) y la precipitación media anual es de 444 mm.

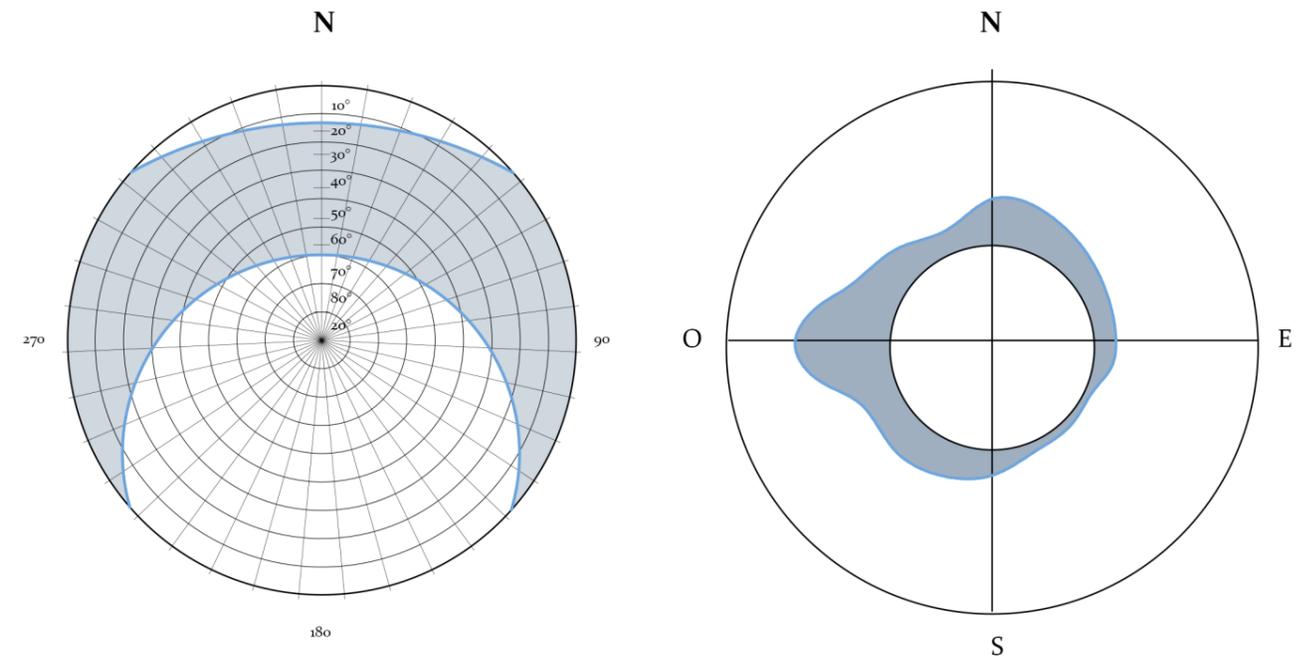
Por otra parte, los vientos predominantes en esta zona provienen desde el Oeste, el cual entre, otras razones, se genera producto de estar inscritos dentro de la Célula de Ferrel (entre los 30° y los 60° de latitud), franja del planeta donde el aire es cercano a la superficie y fluye hacia los polos y hacia el este.



Nothofagus pumilio marcado por el viento
Autor: Elisa Gomez / Fuente: fotocommunity

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp Max (°C)	15,7	14,9	12,7	9,8	6,8	4,7	3,9	4,2	6,2	9,1	12,3	14,8
Temp Min (°C)	6,7	6,2	4,7	2,6	0,6	-0,9	-1,4	-0,9	0,2	2,3	4,4	6,1
Temp Med (°C)	10,7	10,1	8,3	5,9	3,6	1,8	1,2	1,6	3,1	5,4	8	10
Precipitación (mm)	45	40	49	49	36	27	27	36	36	36	31	31
Heladas (T<0°C)	0,4	0,7	3,1	9,2	17,9	22,9	25,5	23,6	18,8	11	3,6	0,8

Tabla con variables climáticas para el distrito agroclimático de Punta Arenas
Autor: Elaboración propia / Fuente: Atlas Agroclimático de Chile



Carta Solar, Punta Arenas. Días cortos en invierno, días extensos en verano
Autor: Elaboración propia / Fuente: windfinder

Rosa de los vientos: predominantemente Oeste
Autor: Elaboración propia / Fuente: windfinder

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤

Dirección de vientos predominantes por mes
Autor: Elaboración propia / Fuente: windfinder



Isla Grande de Tierra del Fuego desde el Estrecho de Magallanes.

Fuente: Elaboración propia

Tierra del Fuego

En 1520, la expedición a cargo de Hernando de Magallanes divisó humo de los fuegos encendidos en la costa situada inmediatamente al sur del estrecho recién descubierto. Motivo por el cual, recibió el nombre de Tierra de los Fuegos.

Tierra del Fuego es la frontera más austral del continente americano. Se ubica entre los océanos Pacífico y Atlántico, separada del continente por el Estrecho de Magallanes. Es considerada la isla más grande de América del Sur con una superficie de 47.992 kilómetros cuadrados.

Administrativamente es compartida entre Chile (29.484,7 km²) y Argentina (18.507,3 km²), a los cuales corresponde la parte occidental y oriental respectivamente.

La capital de la provincia de Tierra del Fuego es la ciudad de Porvenir, surgida por la fiebre del oro de finales del siglo XIX. Según registros del último censo del INE 2017, posee 6.801 habitantes, convirtiéndose en la ciudad más grande de la provincia.

Selk'nam: los habitantes del fin del mundo

Los primeros habitantes de la región de Magallanes datan de hace aproximadamente 10.000 años antes del presente, ocupando la zona de Pali Aike, Última Esperanza, para luego cruzar hacia el norte de Tierra del Fuego, gracias a que durante este período, a fines del Pleistoceno (2,59 millones de años a 11.700 a. C.) la isla aún se encontraba unida al continente. Estos grupos se caracterizaban por ser cazadores-recolectores nómadas, los cuales cazaban principalmente guanaco, caballo nativo y eventualmente el milodón (Massone-Morello, 2020). Producto del inicio de la etapa interglaciaria, y con ello el inicio del derretimiento de los hielos que cubrían esta zona, ocurre la apertura del estrecho de Magallanes hace 8.400 años, provocando la insularidad de Tierra del Fuego.

Los Selk'nam se distribuían a lo largo del territorio en dos grandes grupos: los selk'nam del norte que ocupaban la parte septentrional de la isla entre el estrecho de Magallanes y el río Grande; y los selk'nam del sur, en la zona boscosa más allá del río. Estos se relacionaban con los yámana, pueblo canoero que habitaban las islas australes a través de la costa al sur de la Isla Grande; en la costa noroccidental lo hacían con los grupos kawésqar, mientras que en el extremo sur oriental, entablaban relación con los haush.



Mujeres Selk'nam

Fuente: Museo Chileno de Arte Precolombino

Sus ropas eran confeccionadas a base de piel de guanaco, las cuales eran usadas con el pelaje hacia el exterior, además de una especie de mocasines y un tocado triangular de la misma materialidad que portaban los cazadores.

Para guarecerse de las inclemencias del tiempo, estos construían paravientos con varas de madera y cubiertas por pieles de guanacos, o bien, tapeadas con ramas de arbustos, matorrales o champas. Por otra parte, también estos construían con troncos de árboles sus chozas de forma cónica, las cuales eran cubiertas de forma parcial por champas de pasto y tierra.

Un elemento esencial para la vida de los selk'nam era el fuego, dada las condiciones climáticas que predominan en esta zona. Este estaba presente en reuniones cotidianas, ceremonias y celebraciones. Al fuego también se lo vincula con aspectos simbólicos como la seremonia del Hain, dedicada a la

iniciación de los jóvenes del grupo (los kloketen). En él, los jóvenes selk'nam pasaban por diferentes pruebas para luego formar parte de los cazadores adultos.

Para 1880 se estimaba la población selk'nam entre 4000 y 1500 personas. En el territorio chileno, dado el auge de la explotación del oro, a partir de 1881 comienza una serie de ocupaciones en el lado septentrional de la isla, terrenos ocupados hasta ese entonces por los selk'nam.

Las persecuciones y matanzas de este pueblo, sumado a las deportaciones y huidas hacia las misiones salesianas, junto con el contagio de enfermedades desconocidas hasta ese entonces, terminaron por diezmar su población en unas cuantas décadas.



Ruca Selk'nam en invierno

Fuente: Museo Chileno de Arte Precolombino

Colonización en Tierra del Fuego

En diversas partes del mundo la búsqueda de oro ha sido uno de los principales motivos para el arribo de personas que buscan hacer fortuna, en Tierra del Fuego esto ocurrió durante fines del siglo XIX.

La exploración realizada por Ramon Serrano Montaner en 1879 en Tierra del Fuego fue clave para encontrar manifestaciones auríferas en algunos rios de la parte septentrional de la isla. A partir de 1881, comienzan a llegar los primeros buscadores de oro venidos mayoritariamente de la zona central de Chile para instalarse en las vertientes que fluyen por la sierra Boquerón, en la zona noroccidental de bahía Inútil (Martinic, 1931).

Para 1898 ya se contaba con 134 faenas, las cuales rendían 98 kilos de oro en la temporada de extracción. Lo extraído llegaba a la ciudad de Punta Arenas, desde donde se comerciaba el metal a la zona central de Chile, Montevideo o a Europa. Durante este período se contaban entre 200 y 300 mineros entre los diferentes asentamientos auríferos (Martinic, 1931).

Para 1902, la extracción de oro se industrializa con la llegada de compañías inglesas. Las noticias sobre la bonanza

de la extracción de oro en esta zona, produjeron un proceso migratorio mayormente de países europeos, así como también de chilenos de la isla de Chiloé. Entre los europeos, estos eran mayormente comunidades de croatas procedentes de la isla de Brac (Saldívar, 2020), seguidos de franceses, alemanes, suizos, británicos y españoles. Un número significativo de inmigrantes se asentaron tanto en la ciudad de Punta Arenas como en Porvenir, generando un aumento demográfico significativo que es evidenciable hoy en día en los apellidos de las familias que habitan esta parte del territorio chileno.

Por otra parte, el proceso colonizador de Tierra del Fuego alentó a empresarios para establecer la explotación de esta zona con ganado ovino, por lo cual, durante décadas el estado chileno entregó a modo de concesiones vastos terrenos para esta actividad, generando (al igual que el caso de la explotación aurífera) puestos para los nuevos habitantes de este territorio. Vestigios de esta última actividad industrial son las estancias magallánicas.

En la actualidad la extracción de oro continúa pero a menor escala, empleando herramientas y habilidades tradicionales.



~ Faena en Río Oro. ~
Draga en el Río Oro, Tierra del Fuego 1906
Fuente: memoriachilena



Estancia San Gregorio
Fuente: Consejo de Monumentos Nacionales



Laguna de los Cisnes, Tierra del Fuego

Fuente: Elaboración propia

Laguna de los Cisnes

Hubicada a 6 kilómetros al norte de Porvenir, en la provincia de Tierra del Fuego, Región de Magallanes y Antártica Chilena, se encuentra la Laguna de los Cisnes. Su ribera está poblada por estromatolitos: estructuras líticas de origen biológico compuestas de bacterias fotosintéticas que se relacionan con los orígenes de la vida en la Tierra. Estos representan una importante oportunidad de investigación para la ciencia nacional y internacional.

Actualmente los islotes de la laguna cuentan con la declaratoria de Monumento Natural (13 de octubre de 1982) con el objetivo de resguardar y conservar la fauna avícola que habitan y nidifican estos islotes, cubriendo una superficie de 25,3 ha.

La Laguna de los Cisnes está ubicada geográficamente en el paralelo 53° 15' de latitud Sur y en el meridiano 70° 22' de longitud Oeste a nivel del mar.

El conjunto de lagunas al que pertenece la Laguna de los Cisnes, se formaron durante el retroceso de la última glaciación (Jory et al., 1974).

Lagunas como esta, considerada hipersalina y de baja profundidad (a diferencia de los lagos de agua dulce que suelen ser profundos), en la zona austral son consideradas especiales o atípicas, ya que las condiciones para el mantenimiento de la salmuera se dan principalmente en áreas tropicales y subtropicales (Fuentes, 2017).

Originalmente estaba conformada por siete islotes al interior de la laguna; actualmente por efectos de la disminución del nivel del lago estos islotes se fueron fusionando, conformando una sola gran península. Esto ha traído como consecuencia el acceso de zorros, perros, y ganado

que han ahuyentado a las aves que utilizaban esta zona como área de descanso, alimentación y nidificación. Entre las aves presentes en el lugar, las que se estiman en más de 50 especies, se pueden encontrar el Cisne de cuello negro, Bandurria común, Skúa, Gaviota Dominicana, Cormoranes, Caiquenes, Pato que tru volador, Cisne coscoroba, Flamenco chileno entre otros (Jory et al., 1974).

Un estudio reciente sobre los microbialitos presentes en la Laguna de los Cisnes, determinó que estos están compuestos principalmente de monohidrocalcita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), un mineral raramente encontrado en ambientes naturales. Así como también, al igual que en otras zonas, se encontraron presencia de algas, cianobacterias y diatomeas (Zaytseva et al., 2021).





*Análisis del agua de la Laguna de los Cisnes
Fuente: Elaboración propia*

CAPÍTULO IV

La Propuesta

Centro de Investigación y Asistencia Técnica Antropoceno

Planteamiento

Teniendo en consideración los antecedentes recabados y expuesto anteriormente, se plantea la implementación de un centro de investigación y de apoyo técnico con el objeto de optimizar el proceso científico de la experiencia, entregando un espacio de trabajo para la comunidad científica nacional e internacional que recurra a esta área de alto valor para biosfera, teniendo en consideración que la dificultad en el proceso está marcada principalmente por las difíciles condiciones climáticas predominantes.

Si bien existe la posibilidad de proyectar bajo un abanico amplio de posturas de cómo afrontar la obra arquitectónica ante a un espacio rotuntamente valioso desde el punto de vista del paisaje, este autor considera pertinente la necesidad de lograr conectar el espíritu del lugar con la obra, de la manera en que dos ondas se superponen de forma constructiva. En esta línea, la obra arquitectónica se enmarcará bajo la visión y el trabajo desarrollado por la corriente del arte contemporáneo del Land Art, el cual puede ser considerado como un híbrido entre arquitectura del paisaje y escultura, para lograr amalgamar, de esta manera, las ideas de un imaginario intrínseco del auto, sumado a la vivencia empírica de haber contemplado el lugar donde se proyectará, y finalmente el haber entendido el significado de este a través de la investigación y análisis teórico. En otras palabras, la decantación entre la ciencia y el arte, la frontera entre lo empírico y lo perceptivo: la arquitectura.

Destino

Las áreas de relevancia para biosfera son “sitios de apoyo a la ciencia al servicio de la sostenibilidad”, en ese sentido la Laguna de los Cisnes representa una oportunidad única para el desarrollo y entendimiento científico, aportando al conocimiento y al debate actual.

El proyecto se define como un centro de investigación científica y de apoyo técnico como respaldo de el proceso empírico que se debe llevar a cabo en este sitio.

Usuario

Comunidad científica:

El proyecto busca entregar las condiciones necesarias para el desarrollo de actividades propias de la actividad científica, para ello, se dispondrá de la infraestructura acorde a sus requerimientos tales como zona de hospedaje, laboratorios, espacios de trabajo, zona de monitorio ambiental.

Sociedad

El proyecto espera vincular a la sociedad a través del conocimiento científico y del entendimiento sobre el valor y relevancia de espacios como Laguna de los Cisnes; aportando a Tierra del Fuego con la consolidación de un nuevo polo de interés turístico.

Programa

I. Administración

Estacionamiento
Recepción
Hall acceso

II. Zona Servicios

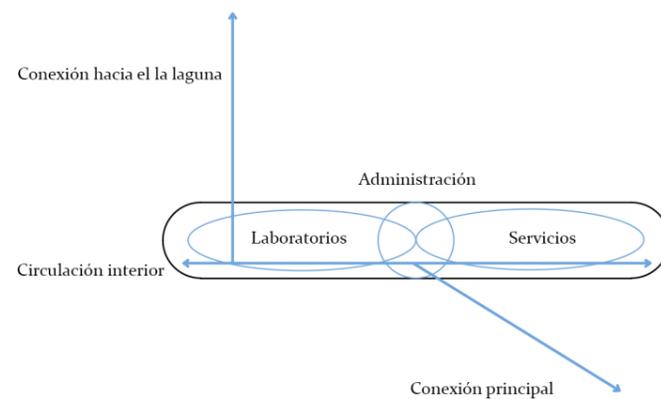
Dormitorios
Estar
Kitchenette
Bodega
Sala multiuso
SSHH

II. Laboratorios

Laboratorio seco
Laboratorio húmedo
Laboratorio húmedo con control de temperatura
Cámara de control de temperatura
Bodega
Espacios de luz natural
Estación meteorológica
Sala de reuniones

Estrategias de Diseño

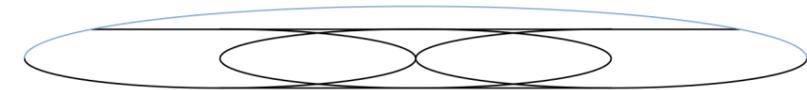
El proyecto se configura a través de la optimización organizacional del programa en planta, buscando la necesaria racionalización acorde a la compatibilidad entre estos. Se considera su distribución inscrito en un único volumen, respondiendo desde la obra arquitectónica a las condiciones climáticas imperantes.



Volumen Horizontal predominancia O-E



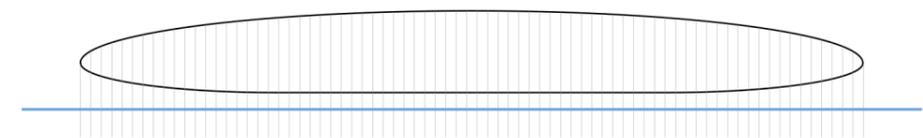
Reconocimiento de tres instancias programáticas



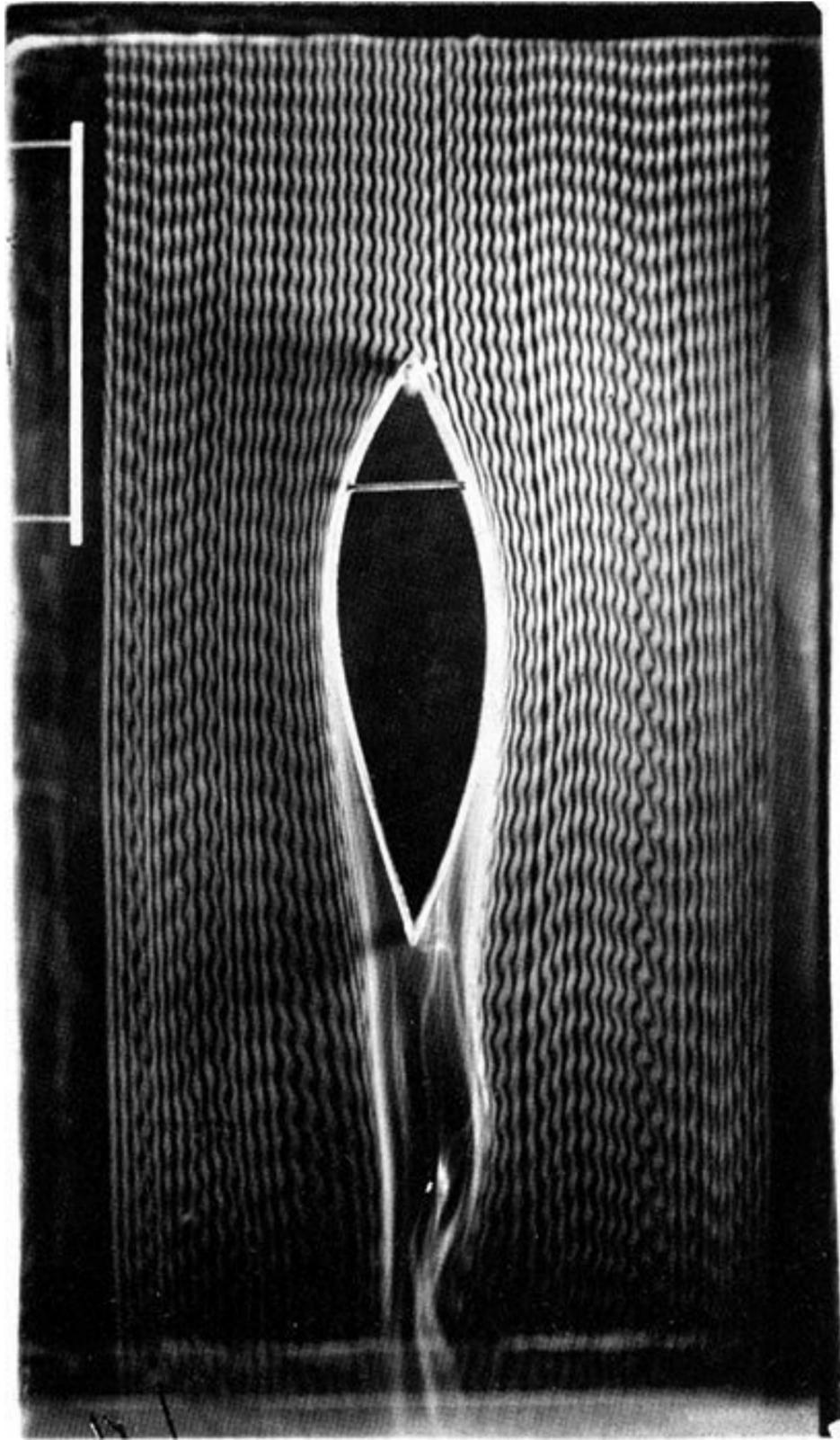
Geometría y factor viento



Relación de la obra y el paisaje



Relación estructura y contexto



Movimiento del Aire
Étienne-Jules Marey, 1901



Imagen Objetivo CIAT Holoceno



CAPÍTULO V

Bibliografía

ZÚÑIGA-REINOSO, ALVARO, MUÑOZ-ESCOBAR, CHRISTIAN, & E. HERNÁNDEZ, CRISTIÁN. (2013). Patrones y causas de estructuración geográfica latitudinal de los oribátidos (Acari: Oribatida) en Patagonia y Antártica. *Revista chilena de historia natural*, 86(3), 279-290. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2013000300005>

Cabrera Silva, Sergio. (2019). Cambio global: una mirada desde la biología. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 35(1), 9-14. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482019000100009>

Black, M. (1933). The algal sedimentation of Andros Island Bahamas. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 22: 165-192.

Benavente, Cecilia Andrea. (2014). Microbialitas lacustres de secuencias triásicas de Argentina. (Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.). Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n5553_Benavente

ROBERT E. LAMOND, LEIF TAPANILA. (2003). Embedment Cavities in Lacustrine Stromatolites: Evidence of Animal Interactions from Cenozoic Carbonates in U.S.A. and Kenya. *PALAIOS*; 18 (4-5): 445-453.

Solari Corvalan. (2010). Paleo-Termometría y Evolución del Sistema Hidrológico del Parque Nacional Torres del Paine, Patagonia. Universidad de Chile.

Finkbeiner, A. (2014) Astronomy: Planets in chaos. *Nature* 511, 22-24.

Cloud, P. (1972). A working model of the primitive Earth. *American Journal of Science*, 272(6), 537-548.

Frías, J. M. (2013). Fundamentos conceptuales y didácticos: El origen de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 139-145.

Abramov, O. y Mojzsis, S.J., 2009. Microbial habitability of the Hadean Earth during the late heavy bombardment. *Nature*, 459, 419-422.

Schaefer, L. y Fegley, B., 2007. Outgassing of ordinary chondritic material and some of its implications for the chemistry of asteroids, planets, and satellites. *Icarus*, 186 (2), 462-483.

Nutman, A.P., Bennett, V.C., Friend, C.R.L., Van Kranendonk, M.J. y Chivas, A.R., 2016. Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures. *Nature*, 537, 535-538

Allwood, A.C., Grotzinger, J.P., Knoll, A.H., Burch, I.W., Anderson, M.S., Coleman, M.L. y Kanik, I., 2009. Controls on development and diversity of Early Archean stromatolites. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (24), 9548-9555.

Poole, A., 2009. Mi nombre es LUCA – El último ancestro universal común.

Weiss, M.C., Sousa, F.L., Mrnjavac, N., Neukirchen, S., Roettger, M., Nelson-Sathi, S. y Martin, W.F., 2016. The physiology and habitat of the last universal common ancestor. *Nature Microbiology*, 1, 16116.

Glansdorff, N., Xu, Y. y Labedan, B., 2008. The Last Universal Common Ancestor: emergence, constitution and genetic legacy of an elusive forerunner. *Biology Direct*, 3, 29.

Martinic. (1973). Panorama de la colonización en Tierra del Fuego entre 1881 y 1900 (Vol. 4). ANS. INST. PAT.

Martinic. (1975). Origen y evolución de la inmigración extranjera en la colonia de Magallanes entre 1870 y 1890. ANS. INST. PAT.

Fuentes, Norika, & Gajardo, Gonzalo. (2017). A glimpse to Laguna de los Cisnes, a field laboratory and natural monument in the Chilean Patagonia. *Latin american journal of aquatic research*, 45(2), 491-495

Zaytseva, L. V., Samylina, O. S., & Prokin, A. A. (2021, febrero). Formation of Monohydrocalcite in the Microbialites from Laguna de Los Cisnes (Isla Grande de Tierra Del Fuego, Chile). *Environmental Sciences Proceedings*, 2. <https://doi.org/10.3390/iecms2021-09340>