



PLANETARIO

— A CIELO ABIERTO —

Proyecto para optar al Título Profesional de Arquitectura

Autora: Claudia Candia A.
Profesor guía: Guillermo Crovari R. — Año 2020

PLANETARIO

— A CIELO ABIERTO —



Memoria de Proyecto de Título
Autora: Claudia Candia A.
Profesor guía: Guillermo Crovari R.
Santiago, Chile, 2020



“Yo le mostraría el cielo del astrónomo, no el del teólogo. Le daría todos los secretos de esas alturas. Y después que hubiera conocido todas las obras; y después que supiera lo que es la Tierra en el espacio, que formara su religión de lo que le dictara su inteligencia, su razón y su alma.” (Mistral, 1905)

ACADÉMICOS CONSULTADOS

Rodrigo Chauriye
Constantino Mawromatis
María Isabel Pavéz

ESPECIALISTAS CONSULTADOS

Sebastián Pérez
Licenciado en Física y Astrofísica, Universidad de Chile
PhD en Astrofísica, Universidad de Oxford

Pedro Sanhueza
Director de la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC)

Antonia Varela
Directora Gerente de la Fundación Starlight



Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional desde que tengo memoria, por alegrarse siempre de mi fortuna y apapacharme en los momentos difíciles. A mis amistades por su cariño y preocupación en este proceso, pese a la distancia. A mi profesor guía por su motivación, y a todas las personas con las que he cruzado camino y me han enseñado a mirar el mundo de nuevas formas.

— CONTENIDOS —

- 11** * **Prefacio**
Planetario a Cielo Abierto
Reflexiones sobre el proceso de Título
- 15** * **Introducción**
Motivaciones
Tema y problema arquitectónico
Objetivos del proyecto
- Capítulo 1 — Marco Teórico**
- 21** * **Cielo Oscuro:**
Derecho de las generaciones futuras
Derecho al Cielo Oscuro
El cielo de los pueblos precolombinos
- 29** * **Chile: ventana al Universo**
Actividad Astronómica en Chile
La divulgación astronómica y el rol de la educación no formal
Los planetarios
- 38** * **Cielo en extinción**
Contaminación lumínica en las ciudades
Zonas Starlight: Reservas de cielo oscuro

43	*	Capítulo 2 — El Lugar Región de Antofagasta Criterios de selección del terreno Caracterización del terreno
55	*	Capítulo 3 — El proyecto Planetario a Cielo Abierto Iluminación Modelo de gestión Proceso Referentes arquitectónicos
73	*	Capítulo 4 — Cierre Reflexiones finales Referencias bibliográficas



— PREFACIO —

Planetario a Cielo Abierto



En el desierto de Atacama el cielo nocturno se muestra en su estado más puro: es posible ver la Vía Láctea desde nuestra ubicación periférica, cúmulos de estrellas, constelaciones, planetas y satélites. En medio de la cordillera de la costa, 75 kilómetros al sur de la ciudad de Antofagasta, se ha erigido una mano de 11 metros de altura que simula tocar las estrellas. Hace alarde de su tamaño frente a la estatura humana, pero sigue siendo ínfima comparada con el territorio que la sostiene. Sobre ella, de día el sol brilla en su máximo esplendor y de noche, la luz de las estrellas la baña en tonos azules a la vista de aislados visitantes extasiados por la belleza que se devela frente a sus ojos.

Planetario a Cielo abierto es una marca permanente bajo un cielo en movimiento, que delimita y crea los bordes de un sitio en disputa con el propósito de construir una reserva de cielo oscuro. En un lugar donde las zonas urbanas y mineras se expanden a gran velocidad, es imperativo hacer presencia y poner límites a esa expansión en virtud de la protección de un paisaje en peligro, que resulta tan vital como la luz del sol. Su objetivo es dar soporte y cobijo a todas las corporalidades en medio del desierto. Dar acceso a las personas, independiente de sus capacidades físicas, a habitar bajo el cielo prístino en medio de un territorio naturalmente hostil, ofreciendo una experiencia conmovedora en interacción directa con el universo. El proyecto es un intento por amalgamar el territorio cósmico con el territorio desértico, y a su vez, lo construido con lo natural, destacando lo inherente y aspirando a converger en unidad.

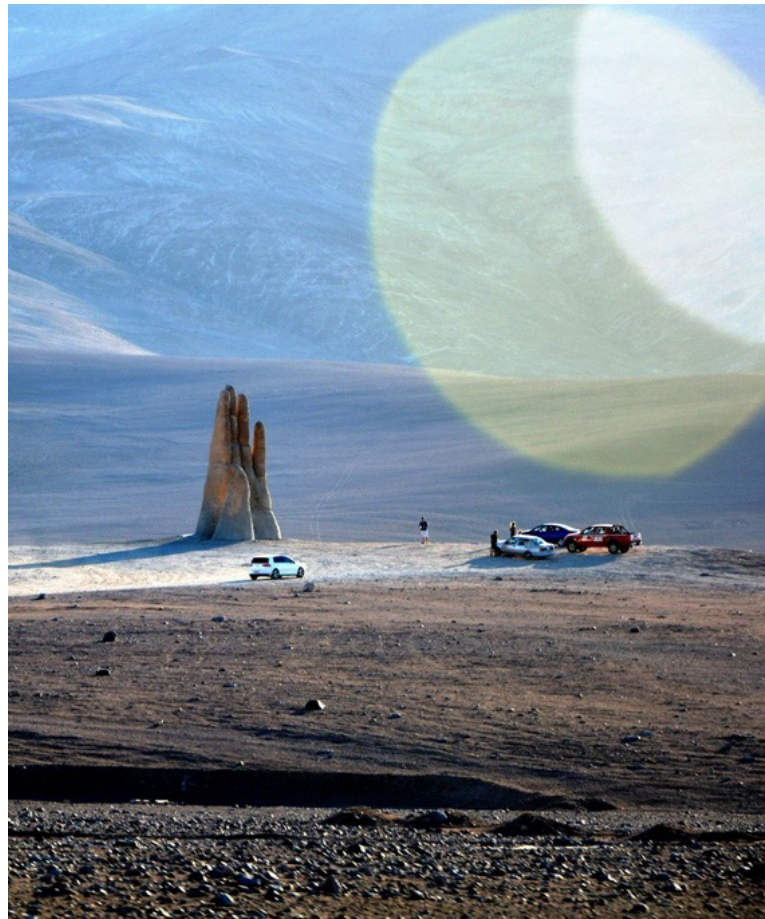


FIG. 01. [Escultura Mano del Desierto de Mario Irarrázabal]

Reflexiones sobre el proceso de Título



Cuando comencé el proceso de Título, después de haber hecho mi seminario de investigación y mi práctica profesional, me preguntaba por qué era necesario pasar por tantos procesos para obtener mi título profesional y qué podría aprender en esta etapa, que hasta ese momento, me parecía solo una demostración de lo aprendido en todos los años de Universidad.

Mientras abordaba el tema que escogí, que se distinguía de los proyectos que había abordado en los talleres que cursé donde la gran mayoría estaban insertos en la ciudad, me sentí muy desafiada por el territorio, entender su escala, las dinámicas y cómo los seres humanos hacemos presencia en lugares inhóspitos. Tardé varios meses en llegar a una estrategia de emplazamiento que tuviera sentido, y que me hiciera sentido. Una sumatoria de estrategias fallidas, hasta poder entender el lugar y jugar con sus propias reglas.

En medio de una corrección del proyecto, un profesor me dijo que en la facultad tendemos a desaprender con el tiempo lo que logramos entender en primer año. La tecnología que tenemos a nuestra disposición (tanto el computador como los diversos programas que utilizamos) nos alejan del dibujo y la exploración espacial. Diseñar en el computador nos atrofia la imaginación, porque las posibilidades se reducen a las operaciones que nos permiten dichos programas. O al menos así me sentí yo. Cuando caí en cuenta de esa situación, el proceso de diseño comenzó a fluir de otra manera, mucho más fluida y errática. Errática en el sentido que cada dibujo o maqueta que no me convencía, me encauzaba en la dirección que

buscaba y no al revés. Entendí también que las referencias (la importancia de conocer las buenas obras de arquitectura, que puedan enriquecer nuestro repertorio mental) pueden también ser esclavizantes cuando las definimos como metas de nuestros procesos y no mera inspiración. Porque querer parecerse a algo nos restringe la posibilidad de ser auténticos y nos obliga a falsear el proceso para llegar a un resultado determinado con anterioridad. Asumir el proceso creativo como exploración, los intentos y errores como elementos esenciales de ese proceso y destruir el pensamiento lineal como única estructura para desarrollar un proyecto, son grandes aprendizajes que adquirí en este tiempo y que atesoro para mi ejercicio profesional. Por último, resolví que el título es la culminación del proceso formativo académico pero que está lejos de representar todo lo que somos capaces de hacer, porque la formación de un arquitecto requiere muchísimos años de ejercicio para alcanzar madurez, y en ese sentido, reconozco y abrazo mi inexperiencia llena de posibilidades.

Finalmente, este documento es el resultado del ordenamiento lógico de un largo y constante ir y venir.



— INTRODUCCIÓN —

Motivaciones



Desde mi ingreso a la universidad, y un poco antes, he tenido acceso a innumerables experiencias y conocimientos que se sentían lejanos desde la cuna donde nací. Mi limitado capital cultural ha sido subsanado paulatinamente, gracias a una curiosidad casi infantil de querer preguntar y entender lo que conozco. En esa misma apertura, especialmente en primer año de arquitectura conociendo nuevos rincones de Santiago, caí en cuenta que la ciudad en la que yo me había movido hasta ese momento no había sido diseñada por arquitectos, y ese hecho en cierta medida, determinaba la belleza a la que (no) había tenido acceso.

Entre todas las convicciones que construí en mi paso por la FAU, sobre la justicia, la equidad y otras tantas, el derecho a la belleza es una de las que me despierta más pasiones. Se trata del desafío de proyectar una belleza que no requiere de análisis ni justificaciones para ser considerada como tal, y que es tan imprescindible como la funcionalidad y la eficiencia. Que debiera existir en cada proyecto independiente de su localización en la ciudad,

porque es elemental para fortalecer el autoestima de las comunidades y sus ganas de vivir y cuidar el lugar desde se desarrollan sus vidas.

Por otro lado, algunos sueños e inquietudes muy tempranas despertaron en mí un interés por entender el universo del que somos parte, el miedo y la fascinación por lo ínfimo de nuestro tamaño tanto en tiempo como en espacio dentro de esta totalidad, me condujeron al gusto por la astronomía y sus hallazgos que no dejan de sorprenderme. Una multiescalaridad tan desproporcionada, que la arquitectura me ha permitido entender con más claridad.

Una mezcla imprecisa de estos dos aspectos decantaron en el tema de título que escogí desarrollar: Construir un espacio para apreciar la belleza inherente de un paisaje del que somos parte hace millones de años y que a veces parecemos ignorar, y el gran desafío de intervenir un sitio que no ha sido alterado considerablemente por la mano humana, una tarea casi primitiva.

Tema y problema arquitectónico



Los cielos de Chile presentan atributos excepcionales para la observación astronómica desde el suelo, dados por las favorables condiciones atmosféricas existentes especialmente en el norte de Chile, y que han sido ratificados por organizaciones como la UNESCO, la ONU y Starlight a través de diversos reconocimientos. Sin embargo, y pese a la importante inversión extranjera en infraestructura astronómica, la difusión de la astronomía es aún incipiente y los equipamientos para desarrollar dicha labor son escasos, y en algunos casos precarios.

Los equipamientos de divulgación astronómica de alta calidad (como Planetario Chile y MIM) así como los futuros proyectos, están emplazados en la Región Metropolitana por ser el lugar donde se concentra la mayor población de nuestro país. No obstante, la Región de Antofagasta es el lugar donde se desarrolla gran parte de la observación científica y existe un mercado astroturístico importante pese a la inexistencia de equipamientos relacionados que permitan involucrar y entusiasmar a las personas de la región en el estudio y la apreciación del universo, así como la puesta en valor y la protección del cielo oscuro.

Un lugar privilegiado para ver el cielo en su estado prístino, se encuentra a 75 kilómetros del núcleo urbano más grande de la región, la ciudad de Antofagasta, y ha sido reconocido como un “destino turístico Starlight”. Esta reserva de cielo oscuro está

próxima a importantes proyectos astronómicos como el Observatorio Paranal (dependiente del European Southern Observatory), y a su vez, a grandes focos de contaminación lumínica como la misma ciudad y el campamento de Minera Escondida (BHP Billiton). En ese lugar existe un flujo constante de tour operadores que ofrecen visitas nocturnas a la escultura de Mario Irarrázabal “La mano del desierto”. Pese al entusiasmo tanto de los operadores como de los visitantes y la vista excepcional del sitio, el lugar no cumple con condiciones mínimas de habitabilidad que propicien una experiencia confortable en medio del desierto y que además, permitan el acceso de personas de grupos etéreos y grados de movilidad diversos.

En concreto, el proyecto presentado más que resolver un problema, encuentra una oportunidad para arquitecturizar el acto de mirar el cielo haciéndolo accesible a través de la intervención del desierto bajo su propia lógica y geometría. Abordando su extensión a través de una marca reconocible en el territorio y utilizando como pie forzado el planetario como tipología que requiere ser desintegrada para adaptarse a las condiciones del paisaje, reemplazando su distintiva cúpula por la bóveda celeste en su naturaleza más pura.



FIG. 02. [Fotomontaje parte de la entrega de Pase de Título]
Elaboración propia.

Objetivos del proyecto



Objetivo general:

— Valorizar el cielo oscuro a través de un equipamiento diseñado especialmente para su apreciación, y a su vez, aportar en el fortalecimiento de la difusión de la astronomía en el norte de Chile.

Objetivos específicos:

— Delimitar y hacer ocupación de un sitio de alto valor paisajístico para consolidar una reserva de cielo oscuro, y protegerlo de actividades que pudieran afectar su condición prístina.

— Construir una experiencia conmovedora de apreciación del firmamento en medio del desierto de Atacama, que sea accesible para personas de diferentes edades y grados de movilidad.

C * 1

MARCO TEÓRICO

“Tal fue el asombro del ser humano ante el espectáculo de las estrellas girando en el espacio, en armónica regularidad, que sus religiones y creencias, el trazado de sus ciudades y la forma de sus templos, los calendarios y las fiestas nacieron inspirados en la belleza del Cosmos y el deseo de ser parte de ella.”

(Laborde, 2019)

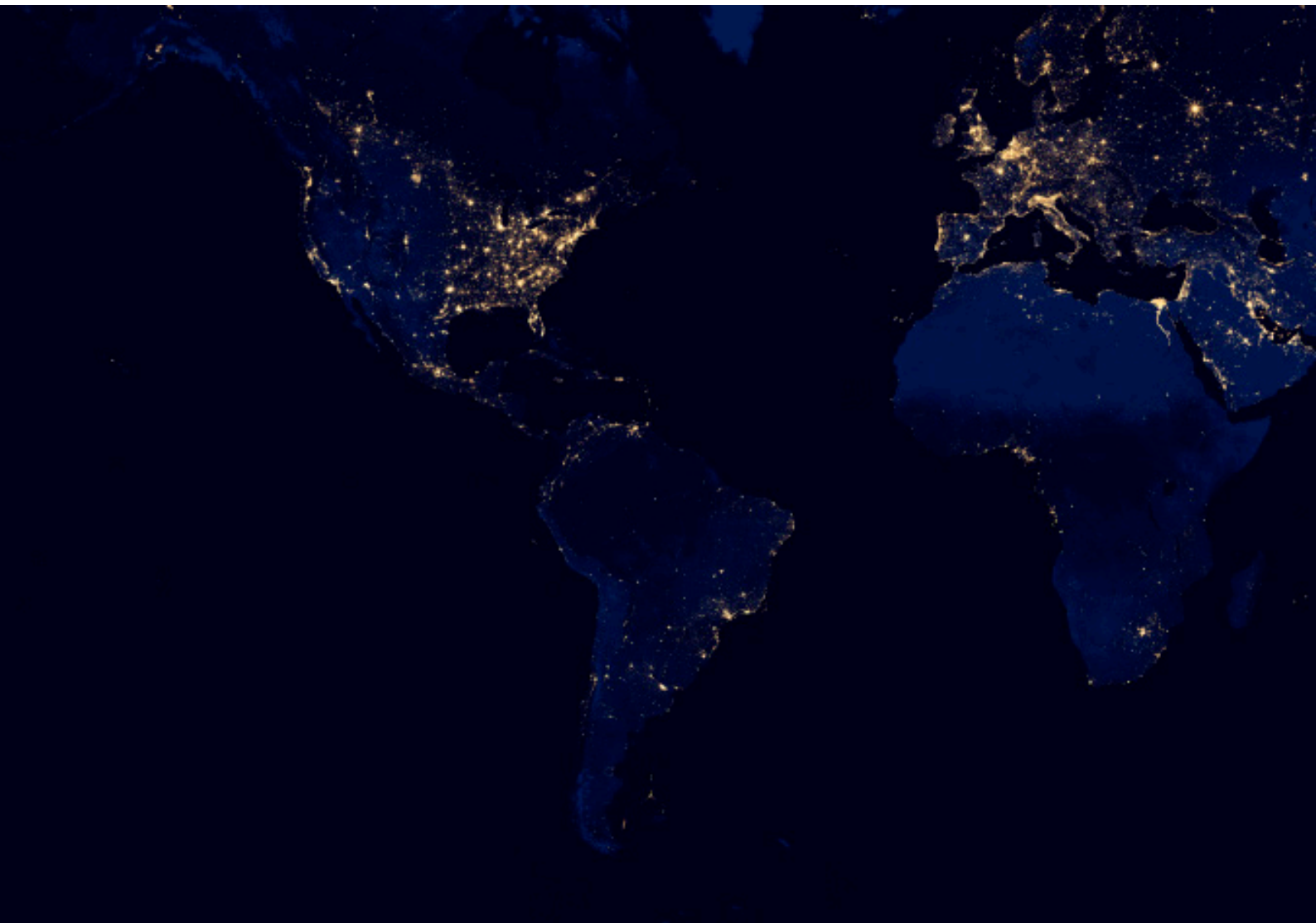


FIG. 03: NightEarth. (s.f.). [Mapa de contaminación lumínica mundial]

Recuperado el 28 de mayo, 2020, de: [https://www.nightearth.com/?@2.881682,35.943921,2z&data=\\$bWZsMmIwZDE=](https://www.nightearth.com/?@2.881682,35.943921,2z&data=$bWZsMmIwZDE=)

Cielo oscuro

— Derecho de las generaciones futuras —



A casi 400 años del telescopio de Galileo y una larga historia de civilizaciones que observaron el firmamento para establecer su visión del mundo, las generaciones actuales estamos hoy desconectadas del cielo y el ritmo que nos marca, pese a los increíbles avances tecnológicos y no por voluntad declarada, sino como efecto colateral de lo que hemos denominado “progreso”.

Hemos dado por sentada la existencia del cielo estrellado, sin darnos cuenta cómo paulatinamente se ha ido deteriorando hasta quedar unos contados destellos de luz sobre la noche de nuestras ciudades. El aumento exponencial de la población urbana en todo el mundo y el consecuente crecimiento de las zonas urbanas, así como la masificación del alumbrado público en poco más de 100 años (al menos en Chile), ha tenido importantes efectos en la degradación del cielo nocturno.

La pérdida del cielo oscuro es una preocupación latente, tanto para la comunidad científica como para los organismos internacionales. Como una forma de alertar y comprometer esfuerzos en miras a la protección de este paisaje universal, en el año 2007 la Conferencia Internacional en Defensa de la Calidad del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas, redactó la Declaración sobre la Defensa del Cielo Nocturno y el Derecho a la Luz de las Estrellas (Declaración de La Palma) donde los representantes de organizaciones como UNESCO, Unión Astronómica Internacional, Organización Mundial de Turismo, entre otras, determinaron que el acceso a un cielo nocturno no contaminado es un derecho inalienable de la Humanidad. El cielo oscuro es una herencia común

que debemos salvaguardar para las generaciones futuras, quienes al igual que nosotros, tienen derecho a una tierra indemne y no contaminada (Declaración de La Palma, 2007).

Esta decisión se funda en la vigencia de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, la Nueva Agenda Urbana y sus objetivos de Desarrollo Sostenible, los convenios de salvaguarda del patrimonio material e inmaterial: cultural, social y ecológico. Además de los diversos acuerdos para combatir el cambio climático. Sumado a la importancia del cielo oscuro en relación al desarrollo de todas las culturas y civilizaciones, así como la contemplación del firmamento en la comprensión de las leyes que gobiernan el universo y los avances científico-tecnológicos de nuestros tiempos.

Hemos perdido la costumbre de mirar el cielo, de asombrarnos con su belleza. Desconocemos la emoción de levantar la cabeza e instantáneamente recordar que habitamos un planeta alrededor de una entre cien millones de estrellas (Zoccali, 2019). Por eso resulta imprescindible que tanto las autoridades políticas como la ciudadanía conozcan la importancia de cuidar el paisaje universal que es el cielo oscuro, para generar y fortalecer planificación y legislación que garantice el desarrollo armónico de las ciudades en relación al territorio en el que tienen lugar, con el objetivo de permitir y proteger la vida de las diferentes especies con las que coexistimos, así como el legado que dejaremos a las generaciones venideras.

El cielo de los pueblos precolombinos

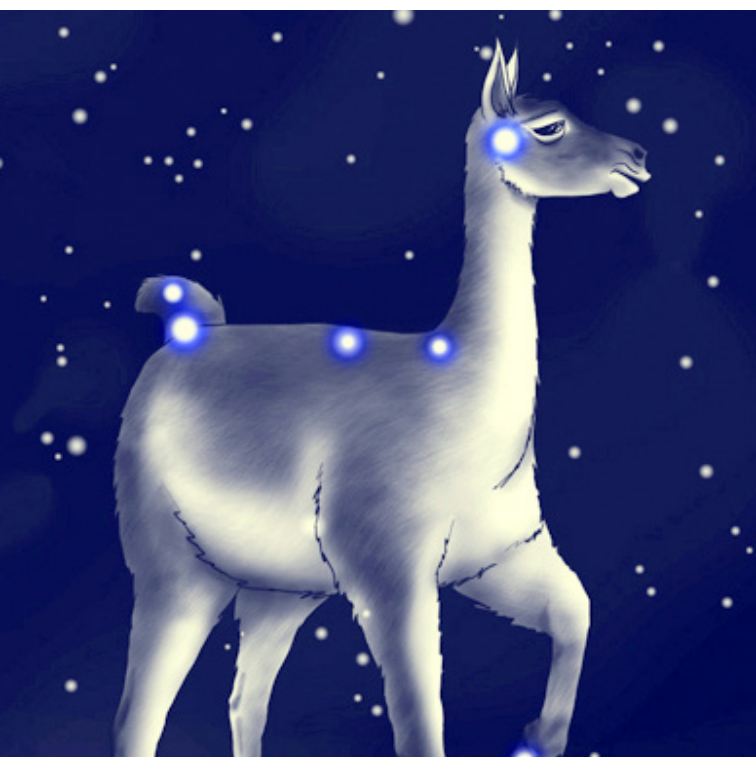


FIG. 04. [Constelaciones occidentales en la perspectiva de la cosmovisión mapuche]. Libro “Wenumapu: astronomía y cosmología mapuche” (2016).

En lo que hoy nombramos Chile, diferentes pueblos circularon y habitaron sus paisajes construyendo modelos particulares del mundo y modos de habitar en concordancia con ellos. Así también, en toda la Tierra, innumerables pueblos y civilizaciones vivieron en sincronía con el movimiento del cielo: El movimiento del cielo es la causa del tiempo (Aquino, 1950). El entendimiento que tuvieron nuestros abuelos sobre los ciclos que produce el movimiento de la Tierra alrededor del Sol y de sí misma, y la construcción de la vida entorno a esos tiempos les permitió vivir en armonía con la tierra y en conexión con lo inmenso. Sin tener la certeza científica de los hechos que experimentaban, agradecieron cada nuevo amanecer, con devoción por el Sol y la Luna, representando la vida terrestres en los elementos celestes, en concordancia con la Ley Hermética: “Lo que es arriba es abajo, lo que es adentro es afuera” (Lloró, 2015). La vía láctea como río, las aglomeraciones de estrellas como cabrillas, los eclipses como la inminente muerte del Sol y la tradición oral construida en la paternidad, maternidad, hermandad y amistad de los elementos celestes, expresiones similares que hacen parte de los principios que rigen la vida en comunidad, el trabajo colectivo, el amor familiar y el romance, entre otras situaciones asombrosas de particular belleza y desconcertante equilibrio (Vilches et al., 2013).

Tanto el pueblo Licán-Antai (Atacameño) como el Mapuche, organizaron sus días y sus vidas en torno al desplazamiento del sol. El reconocimiento de sus ciclos les permitió entender el rol del astro rey en la vida terrestre, de modo que el cultivo del alimento y también las festividades estuvieron

determinadas por él. Las dos fiestas esenciales de estas culturas coinciden con el mismo hecho astronómico: El solsticio de invierno. Este evento corresponde al momento en que la tierra, en su desplazamiento alrededor del sol, se encuentra en el punto de la órbita elíptica más lejano a él, y por la inclinación del eje terrestre, la radiación alcanza con más potencia el trópico de cáncer, dejando al hemisferio sur (trópico de capricornio) en mayor penumbra. En la experiencia humana se traduce en la reducción de las horas de sol y la extensión de las noches, hasta llegar a la noche más larga en junio: Inti Raimi y We tripantu celebran el comienzo del retorno de la luz a nuestro hemisferio, que llega a su plenitud en diciembre en el Solsticio de Verano, iniciando una vez más el retorno al hemisferio norte. Ambos pueblos, Licán-Antai y Mapuche, sin construir modelos abstractos del Universo, evidenciaron este fenómeno a través de la observación de la posición del sol al amanecer: En junio el sol sale al noreste y avanza por la cordillera hacia el sur, hasta salir por el sureste en diciembre. La experiencia y la atención plena en los fenómenos que acompañan y sostienen la vida humana, les permitieron generar importantes conocimientos y sincronías que transmitieron de generación en generación.

Con la llegada de los colonos españoles a este territorio austral, fue impuesta la visión europea privilegiando los descubrimientos científicos por sobre el conocimiento situado, así como la religión católica que considera todo lo diferente como pagano. Aún así, estas cosmovisiones siguen vivas hoy, habiendo experimentado inevitablemente procesos de sincretismo. La colonización nos

condujo a la vida globalizada que llevamos hoy y nos condenó al tiempo mecánico del reloj, que nos recuerda su dominio en cada pantalla negra que tenemos a mano. Fragmentamos el tiempo hasta que cada segundo fuese productivo. Perdimos el pulso vital para seguir el pulso mecánico de un calendario desnaturalizado.

Nuestro modo de vida es muy diferente al de nuestros antepasados. Hemos delegado lo alimentario a las industrias y pese a que a través de nuestros aparatos tecnológicos tenemos acceso a imágenes increíbles del universo, no lo logramos aprehender porque no lo experimentamos. Quizás la empresa de la urbanización del mundo ya no puede detenerse, sin embargo, resulta vital reservar espacios para ver y percibir el universo con todos nuestros sentidos para poder comprender, tal como nuestros ancestros, que somos parte de un todo que nos supera en entendimiento. Y comprendernos interdependientes nos permitiría ver lo insignificante de nuestras diferencias humanas, a la vez entender las grandes repercusiones de nuestra forma de vida contemporáneas, preguntarnos qué mundo queremos heredar a nuestros descendientes, y finalmente, actuar en esa dirección.



FIG. 05: Matta, R. (1996). Mural “Verbo América”. [Fotografía de Andrea Manushevich].
Recuperado de: <https://www.plataformaurbana.cl>



FIG. 06: [Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA)].
Recuperado el 28 de mayo, 2020, de: <https://www.alma-telescope.jp>

Chile: ventana al universo

— Actividad astronómica en Chile —



Chile se ha constituido, a partir de la década del 60, como un paisaje excepcional para la observación astronómica científica, concentrando en el norte del país grandes proyectos astronómicos de carácter internacional. Federico Rutllant, académico de la Universidad de Chile, en su calidad de Director del Observatorio Nacional (OAN) fue quien emprendió una campaña de promoción de los cielos chilenos en EE.UU., logrando la instalación del Observatorio Interamericano Cerro Tololo (CTIO, en inglés) en 1967, mientras en paralelo, el trabajo mancomunado de la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile, allanó la llegada del European Southern Observatory (ESO) al cerro La Silla en 1965 (Clocchiatti, 2019).

A partir del año 2000, organizaciones internacionales comenzaron una exhaustiva búsqueda para definir el mejor lugar para la instalación de los observatorios astronómicos de última generación. Dicha búsqueda, concluyó a través de los estudios realizados, que el norte de Chile es el mejor lugar para las observaciones astronómicas desde el suelo (Vanzi, 2019).

Al día de hoy, Chile concentra un 40% de las capacidades de observación astronómica del planeta, y se estima que al 2025, alcanzará el 70% de dicha capacidad debido a la construcción de nueva infraestructura astronómica: Dos de los tres telescopios gigantes que se construirán en el mundo estarán en Chile. Uno de ellos es el Giant Magellan Telescope (GTM), que será construido en el cerro Las Campanas, en la región de Coquimbo, liderado por el Carnegie Institution of Washington (CIW) en colaboración con un consorcio de universidades

extranjeras, y el otro, será construido en la región de Antofagasta, en el cerro Amazonas, y será el más grande conocido hasta ahora con un espejo de 39 m. de diámetro: el Extremely Large Telescope (ELT) (Rubio, 2019).

Por otro lado, la organización político-administrativa de Chile en base a regiones con administración centralizada, ha generado un desarrollo desigual de los territorios, conformándose las ciudades como una plataforma de crecimiento económico y de acumulación del capital más fértil para una economía de mercado, mientras que la región se constituyó como una dimensión territorial que por su complejidad quedó postergada y subordinada a las estrategias productivas y de explotación de recursos naturales, promovidas desde el estado nacional, ajenas a una visión integral y sustentable que permitiera un desarrollo más armónico y equilibrado (Rehren et. al., 2018). En particular, la región de Antofagasta, que concentra grandes proyectos astronómicos internacionales como ALMA, APEX, Observatorio Paranal, proyecto CCAT, entre otros, se sostiene en base a una economía de extracción cuprífera y la actividad portuaria (OCDE, 2013). Existiendo tensiones importantes entre los campamentos mineros que producen una importante mancha de luz artificial y la actividad astronómica que requiere de los cielos más limpios.

En medio de la crisis climática que experimentamos, donde se ponen en juego elementos tan básicos para la vida como es el agua, se hace urgente reflexionar entorno a la matriz productiva de Chile: su sostenibilidad en el tiempo, sus impactos en el medioambiente y las retribuciones que produce para los habitantes de nuestro país. Con toda la inversión en infraestructura astronómica que hay en Chile resulta inconcebible que no hayan políticas de formación para los recursos humanos que los observatorios requieren. Nuestras ambiciones de país OCDE, “en vías de desarrollo” requiere de acciones concretas para alcanzar esa anhelada meta. La experiencia internacional muestra que una ciudadanía con una base educativa sólida en Ciencias, Tecnología Ingeniería y Matemáticas (STEM) presenta una economía más sólida y más innovadora, esencial para alcanzar altos niveles de desarrollo.

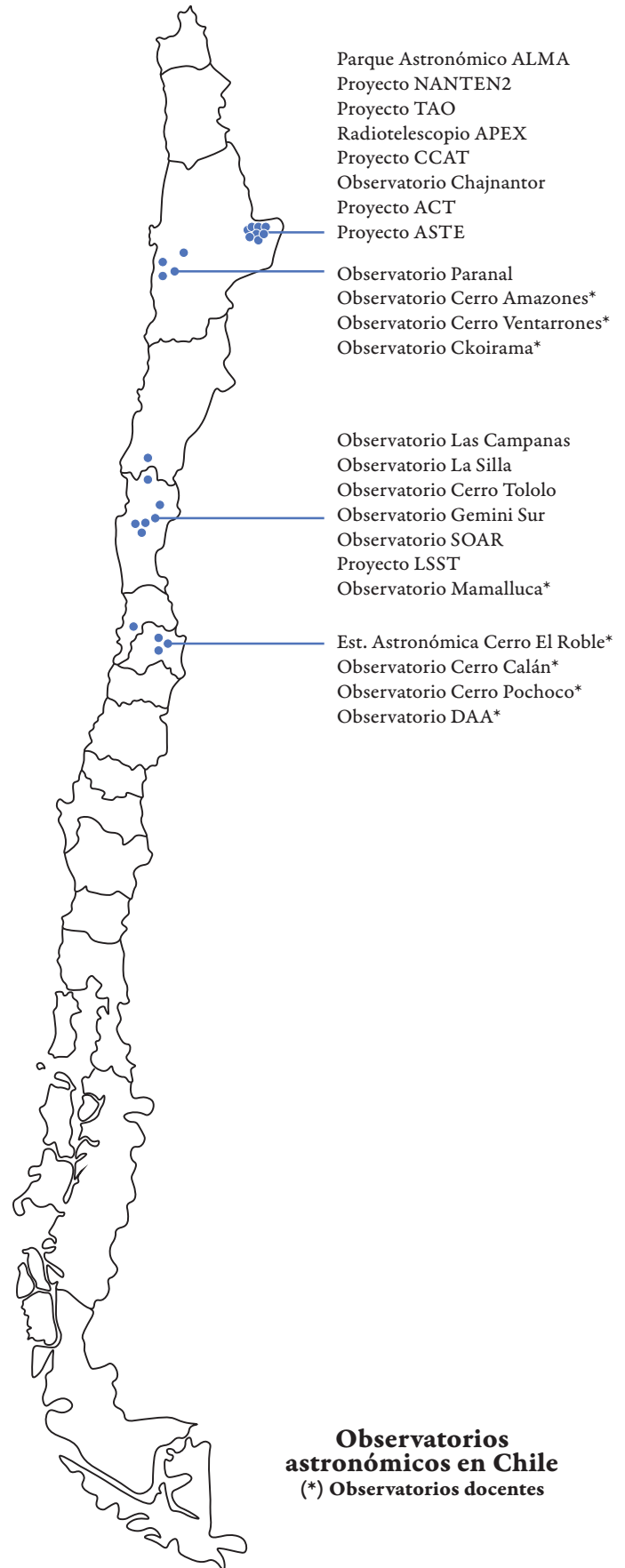
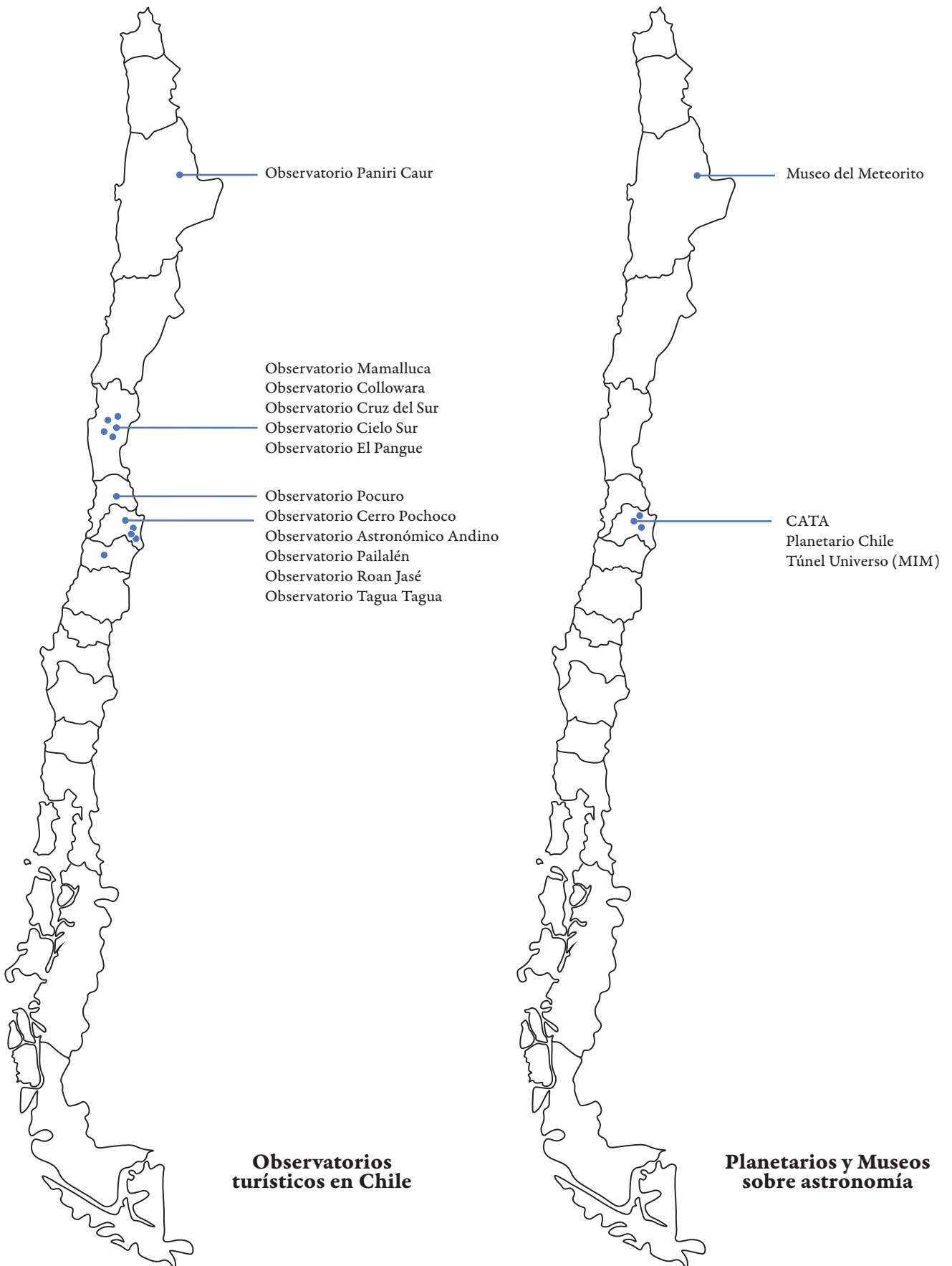


FIG. 07: [Observatorios en Chile].
Elaboración propia.



Telescopios en Chile

FIG. 08. Fuente: M. Rubio. (2019). La revolución del Big Data Cósmico. Revista Universitaria UC n° 154.

Históricos en operación	Tamaño (+)	Región	Año	Costo USD
CTIO	4,0 m	IV	1968	250
La Silla	3,6 m	IV	1970	200
Las Campanas	2,5 m	IV	1970	130
En operación				
Magellan Telescopes	6,5 m (2)•	IV	2000	100
Gemini	8,2 m	IV	2000	300
VLT	8,2 m (4)•	II	1999	900
SOAR	4,0 m	IV	2003	28
APEX*	12 m	II	2005	20
ACT*	6,0 m		2007	40
Mini-TAO	1,0 m	II	2010	20
ALMA*	12 m (66)•	II	2012	1.300
Polarbear*	3,5 m	II	2014	20
En construcción				
CLASS*	1 m (4)•	II	2015	20
SIMONS	3,5 m (3)•	II	2020	40
TAO	6,5 m	II	2022	100
CCAT-p*	6,5 m	II	2021	50
LSST	8,2 m	IV	2022	650
GMT	25 m	IV	2024	1.000
E-ELT	39 m	II	2025	1.500
Proyectados				
CTA	23 m, 12 m, 4 m	II		350
LCT	10 m	II		10

(+) el de mayor tamaño

* radiotelescopios de cada observatorio

* el número indica la cantidad de telescopios

Sin embargo, pese a tener instalada la tecnología más avanzada en nuestro territorio, sin una transferencia efectiva a la sociedad chilena sobre las ventajas que hay en nuestro país para observar el cielo, la importancia de la protección del cielo nocturno y los diferentes hallazgos que se producen en los observatorios astronómicos, es muy difícil avanzar en la dirección del desarrollo y el desincentivo de la economía extractivista. La oportunidad que se presenta para revertir

esta situación requiere de políticas públicas que promuevan y valoren la difusión de la astronomía y generen un escenario de colaboración entre los organismos estatales como el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICITEC), Ministerio de Educación (MINEDUC), Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), los consorcios internacionales que gestionan los observatorios astronómicos, las universidades y las empresas de turismo.

Difusión de la astronomía

— Educación no formal y Astroturismo —



Los observatorios internacionales que hay en Chile, se han instalado en concordancia al Decreto Supremo que establece las disposiciones para su funcionamiento, donde se determina la difusión astronómica como una de sus obligaciones. Por eso, todos los observatorios cuentan con equipos de educación y extensión, denominados EPO, quienes planifican tanto las visitas guiadas a sus instalaciones como actividades en establecimientos educacionales y similares. A través de recorridos reservados con anticipación, cualquier persona adulta (algunos observatorios establecen edad mínima para el ingreso de niños) puede recorrer las instalaciones y telescopios, para tener una pincelada del trabajo que realizan los astrónomos, que está lejos de ser la romántica imagen de una persona recostada bajo las estrellas.

Como experiencia complementaria, los planetarios y museos son esenciales para la divulgación científica por incorporar en su ADN estrategias de educación no formal, e instalarse como aliados estratégicos de la educación escolar, además de permitir a cualquier persona sea cual sea su edad, aprender e interesarse en astronomía, aunque con frecuencia dichos equipamientos están enfocados en la infancia.

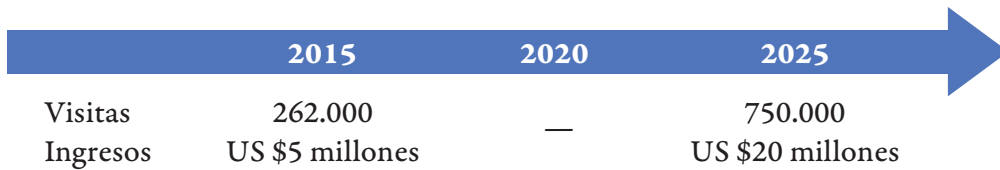
Alcanzando las Estrellas, la cumbre Chileno-Estadounidense de Educación y Difusión de la Astronomía, en su última versión desarrollada en el año 2016, concluyó que la inexistencia de una política nacional de difusión de la astronomía impide el funcionamiento permanente de proyectos afines y la creación de nuevos equipamientos relacionados a la divulgación, y a su vez, establece



FIG. 09: [Astroturismo]. Fuente: NuwaTourism.com

FIG. 10. [Proyecciones de Astroturismo en Chile]

Fuente: Hoja de Ruta para el Astroturismo en Chile 2016 - 2025. Elaboración propia.



la creación de estos nuevos espacios como una prioridad, especialmente en regiones (Aracena et al., 2016). La importancia de estos equipamientos es que permiten un acercamiento lúdico a la ciencia, lo que ayuda a las personas (especialmente en etapas tempranas de desarrollo) a comprender el mundo, conservarlo y disfrutarlo en íntima comunión con todas las expresiones de vida, con la espontánea alegría que despierta el asombro (Calvo, 2012). Además, contribuyen al proceso de alfabetización científica de las sociedades, logrando en el mejor de los casos, despertar las vocaciones científicas de los individuos, junto con ser plataformas estables para la divulgación científica que pueden consolidarse como espacios de entretenimiento cultural y formar parte de la oferta turística de las ciudades o regiones donde se emplazan.

En ese sentido, el astroturismo constituye una gran oportunidad para sensibilizar a la ciudadanía sobre la importancia de la protección de los cielos oscuros, a través de experiencias únicas, memorables y significativas. Una de sus fortalezas es la posibilidad de alcanzar a un público amplio, acercando la astronomía a audiencias más amplias que el nicho de aficionados. Un dato considerable es que un 72,1% de los visitantes de experiencias astronómicas son de nacionalidad chilena, mientras el 27,9% restantes son de nacionalidad extranjera (Estadounidense, brasileña, alemana y británica, principalmente), lo que da cuenta del interés de la sociedad chilena por acercarse a este tema. A su vez, del universo total, sólo 1% declara ser astrónomo profesional, mientras un 10% se dice aficionado a la astronomía y más de un 85% declara no tener ningún acercamiento previo y contar con conocimientos muy básicos (Aracena

Tipo de oferente	Casos	Cantidad de visitas (2014)	Promedio de turistas por oferente	Porcentaje
Observatorios científicos internacionales	5	14.737	2.947	6%
Observatorios científicos nacionales universitarios	5	8.760	1.752	3%
Observatorios turísticos públicos	5	69.000	13.800	26%
Observatorios privados sin fines de lucro	6	16.200	2.700	6%
Observatorios privados con fines de lucro	8	33.000	4.125	13%
Alojamientos con oferta de astroturismo	13	45.980	3.537	18%
Tour operadores	12	20.440	1.703	8%
Planetarios y museos	2	54.500	27.250	21%
Total	56	262.617	4.690	100%

FIG. 11. [Visitas por tipo de oferente astroturístico (2014). Se excluyen visitas escolares.]

Fuente: Alcanzando las estrellas: Cumbre chileno-estadounidense de educación y difusión de la astronomía (2016).

et. al., 2016). Es importante considerar además, que del total de visitas astroturísticas en Chile, los observatorios científicos (tanto internacionales como nacionales) representan menos del 10%, declarando además dificultades para ampliar su capacidad por no contar con infraestructura óptima para recibir turistas. Por lo que el grueso de las visitas se encuentra en los observatorios turísticos (con y sin fines de lucro) y especialmente, en los planetarios y museos.

Pese a las cifras auspiciosas, hay varios desafíos para lograr posicionar a Chile como un destino

astroturístico a nivel internacional, sin embargo, el gran potencial existente despertó el interés del Estado de Chile, que a través de CORFO, financió en 2015 el proyecto “Astroturismo en Chile” con el fin de elaborar una hoja de ruta hacia 2025. En esta, se establece como objetivo clave diseñar experiencias de alta calidad (dado que la oferta existente es precaria en ese sentido) y además, que dichas experiencias sean sustentables, considerando como prioridad el cuidado general de los ecosistemas donde se insertan.

Los planetarios



FIG. 12. [Planetario Luis Enrique Erro (México)]

Posterior a uno de los momentos clave para la física y astronomía moderna, con la formulación de la teoría general de la relatividad por parte de Albert Einstein y el descubrimiento realizado por Edwin Hubble de galaxias más allá de la Vía Láctea, el periodo de entreguerras en Europa se constituyó como el escenario propicio para el surgimiento de los planetarios. La fuerza civilizadora del arte, el diseño y la ciencia fue el combustible para la creación de esta herramienta de educación para públicos masivos.

La experiencia en un planetario supone el acercamiento al universo a través de modelos abstractos del sistema solar, simulaciones de la cúpula celeste a partir de proyecciones y juegos de proporciones para entender la escala del cosmos respecto al cuerpo humano. Todo esto, en edificios de diferente envergadura pero con un denominador común, que es el vuelco de la mirada hacia el espacio interior donde se concreta el aprendizaje, localizados por lo general, en medio de zonas urbanas de grandes metrópolis.

El primer prototipo de planetario surgió en Alemania en 1924, cuando el ingeniero Walther Bauersfeld construyó una cúpula geodésica sobre el tejado de la fábrica de instrumentos ópticos Carl Zeiss, bajo la cual instaló un proyector central con varias lentes, y que denominó *Sternentheater*: Teatro de las estrellas. Posteriormente, en 1929 fue construido el planetario constructivista de Moscú, que pretendía concretar a través de la arquitectura, el espíritu de la Unión Soviética que vió en la ciencia y la educación la clave para un futuro prometedor. Su cúpula parabolóide de hormigón armado se

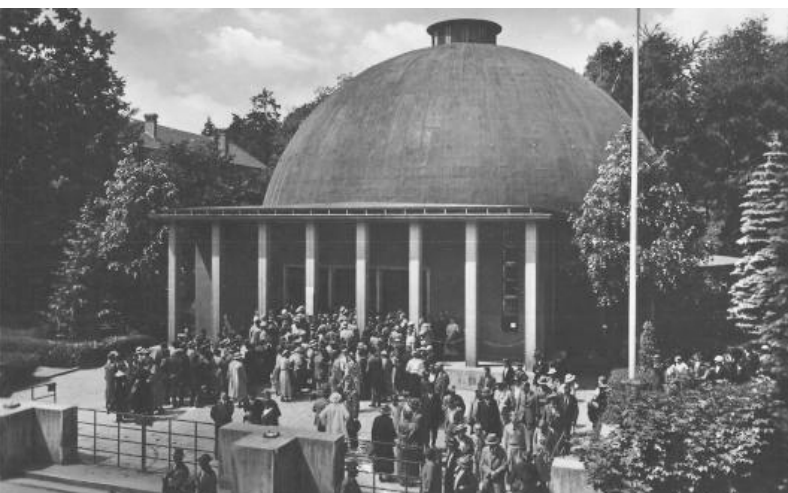


FIG. 13. [Sternentheater (Alemania)]

consideró revolucionaria para la época.

Tras la Segunda Guerra Mundial, con el desarrollo de la carrera espacial durante la Guerra Fría, la rivalidad entre EE.UU y la Unión Soviética se convirtió en una oportunidad para el surgimiento de una nueva ola de planetarios, donde estos edificios jugaron el rol de dispositivos ideológicos que dialogaban fuertemente con la estética de la ciencia ficción (Kukula, 2018), sin duda, esta nueva ola permitió la masificación de esta tipología en todo el mundo.

En Chile, en la década del 60, a partir de la donación de la República Federal Alemana de un proyector estelar Carl Zeiss modelo VI, se comenzó a esbozar el Planetario Chile. Este proyector estelar fue recibido por el presidente Eduardo Frei Montalva quien lo entregó en manos del Ministerio de Educación, institución que una década después, decidió traspasarlo a la entonces Universidad Técnica del Estado (actual Universidad de Santiago). Tuvo que pasar una década más, para que el rector designado de la época, resolviera la construcción del Planetario Chile (también conocido como Planetario de Santiago), que fue diseñado por el arquitecto Óscar Mac Clure Álamo e inaugurado en 1985. Hoy, después de la renovación de su cúpula, es uno de los más modernos de Latinoamérica. Esta tipología de edificio, busca provocar una experiencia espacial a partir de modelos a escala e imágenes inmersivas del universo: el ser humano como cápsula orbitando sin dirección en el espacio ilimitado. Se vale de todas las herramientas tecnológicas

disponibles para construir esta simulación, alcanzando cercanía con el cine y los videojuegos. Resulta una experiencia sumamente atractiva para el público general, siendo el Planetario Chile uno de los espacios astronómicos más visitados del país.

Sin embargo, los cielos de Chile ofrecen la oportunidad única para enfrentarse al universo sin mediación, ni construir ninguna cúpula, generando una experiencia que no requiere conocimiento ni habilidades previas más que la capacidad asombro. Una experiencia que puede prescindir de simulaciones y sofisticados instrumentos para desarrollar una de la más primitivas y pacíficas de las actividades humanas, donde el paisaje se constituye en sí mismo como el soporte de la observación y la bóveda celeste en su estado más prístino, nos permite vivir una experiencia de cercanía e intimidad con el cosmos.



FIG. 14. [Planetario Chile (Chile)]

Cielo en extinción

— Contaminación lumínica en las ciudades —

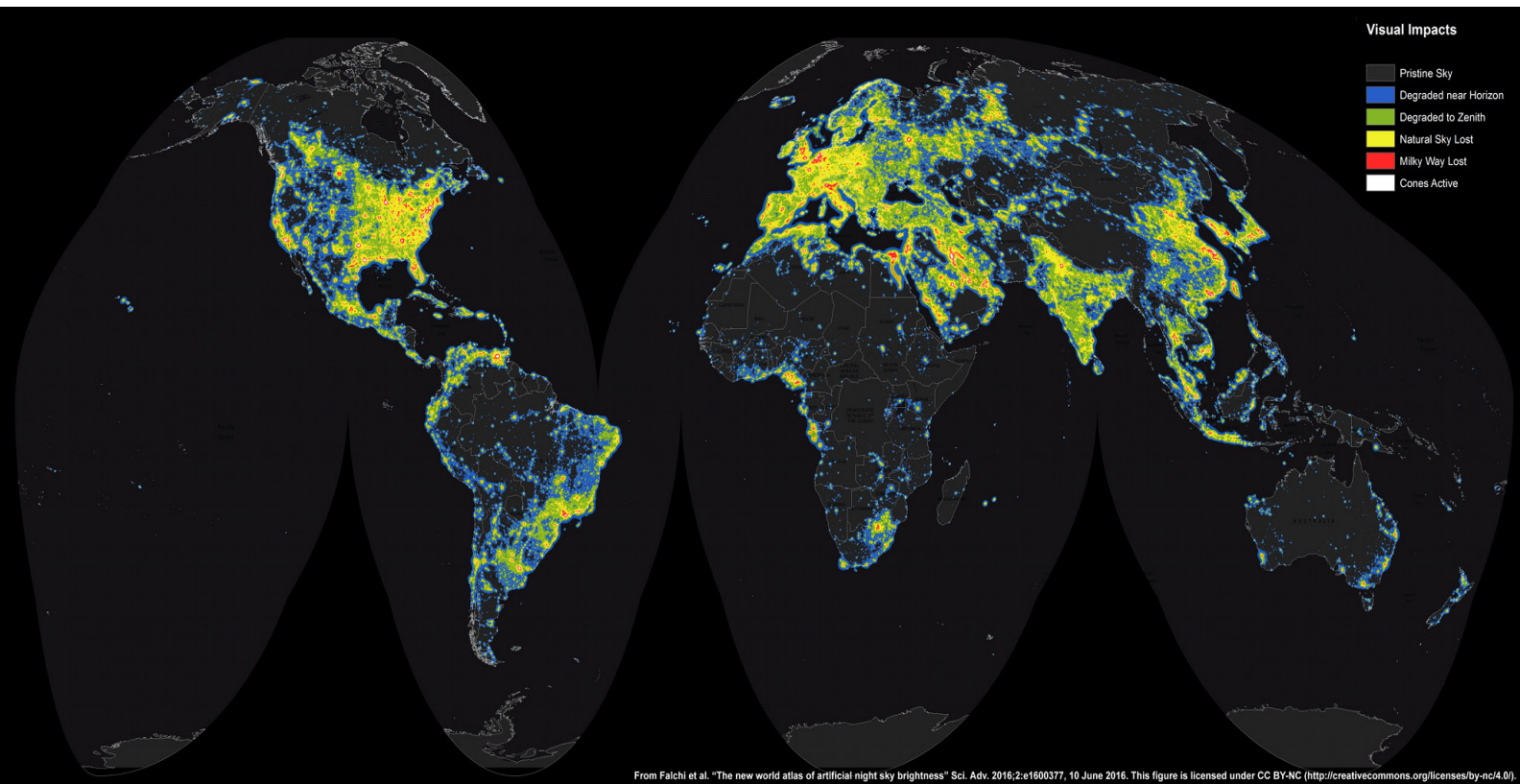


FIG. 15. [Deslumbramiento de las ciudades]
Fuente: Skyandtelescope/IDA

El Nuevo Atlas Mundial del Brillo Artificial del Cielo (originalmente *The World Atlas of the Artificial Brightness*) publicado en 2016, analizó imágenes satelitales de la NASA y mediciones desarrolladas por los investigadores, concluyendo que más del 80% del mundo, y en particular, el 99% de la población Europea y Estadounidense vive bajo cielos contaminados. Además, que la Vía Láctea permanece oculta, por el brillo artificial del cielo, para más de un tercio de la humanidad. La imposibilidad de ver nuestra galaxia o simplemente las estrellas, tiene efectos culturales profundos en la generación actual y además, repercusiones en la vida y supervivencia de otras especies con las que coexistimos, por el impacto de la luz artificial en los ciclos migratorios de las golondrinas de mar, el proceso reproductivo de las tortugas marinas y la vida de las especies nocturnas.

Se estima que al 2050, un 68% de la población mundial vivirá en ciudades. En Latinoamérica esa cifra asciende a 81% (ONU, 2015). El crecimiento exponencial de la población urbana mundial nos plantea el desafío de iluminar las ciudades sin contaminar el cielo nocturno, que puede conseguirse rápidamente si se norma, actualiza y fiscaliza minuciosamente la luminaria de exterior y publicitaria de las ciudades. Sin embargo, mitigar el impacto que tiene el brillo artificial de la luz en los ecosistemas es tarea de largo aliento.

En Chile, desde hace más de dos décadas existe un Decreto Supremo promulgado por el Ministerio de Economía, que regula el uso de luminarias en las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo (D.S. N° 686). Este primer esfuerzo



From Falchi et al. "The new world atlas of artificial night sky brightness" Sci. Adv. 2016;2:e1600377, 10 June 2016. This figure is licensed under CC BY-NC (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

FIG. 16. [Atlas mundial del brillo artificial del cielo]

Fuente: The World Atlas of the Artificial Brightness (2016).

por proteger la oscuridad de los cielos del norte, fue fortalecido en 2014 a través de un nuevo D.S. esta vez, promulgado por el Ministerio de Medio Ambiente (D.S. N° 43) con la urgencia de regular el uso de luminaria LED azul, que fue masificada rápidamente por su bajo costo y alta eficiencia, pero sin considerar sus efectos especialmente nocivos para el ciclo circadiano de los humanos y las demás especies, además de poner en riesgo las condiciones excepcionales necesarias para el trabajo de los observatorios astronómicos. Pese a la existencia de regulación, los cielos del norte siguen siendo amenazados por la mala iluminación, tanto del alumbrado público y publicitario como de los campamentos mineros existentes, debido al desconocimiento de las autoridades sobre las consecuencias desastrosas que tiene y la falta de fiscalización para hacer cumplir la normativa, especialmente, al incorporar o renovar luminaria pública.

La preservación del cielo oscuro es perfectamente compatible con la iluminación de las ciudades y la sensación de seguridad que genera en la población. Consideraciones tan sencillas como limitar la luz azul, iluminar las superficies y evitar la dispersión de luz hacia el cielo, esconder las fuentes lumínicas para evitar el encandilamiento, utilizar iluminación con sensores de movimiento para optimizar su consumo, son medidas básicas y efectivas para reducir el deslumbramiento de las ciudades y recuperar el cielo oscuro, y es urgente que sean tomadas rápidamente para preservar el patrimonio natural que son los cielos de Chile a las futuras generaciones, detener el daño causado a la biodiversidad y garantizar que nuestro país siga siendo el lugar más adecuado para localizar la nueva infraestructura astronómica del mundo.

Zonas Starlight



FIG. 17. [Zona Starlight Mano del Desierto]

Como parte de las diferentes estrategias que la comunidad científica ha elaborado para proteger el cielo oscuro, se encuentra el estudio realizado por el Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO sobre los Sitios Patrimonio de la Astronomía y Arqueoastronomía, que identifica diferentes lugares alrededor del mundo que forman parte del patrimonio astronómico de la humanidad, entre los que se encuentra el norte de Chile. Dichos lugares fueron catalogados como “Ventanas del Universo” y el objetivo es garantizar su protección a nivel gubernamental.

En la misma línea, la Fundación Starlight, nacida al alero del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), es una iniciativa sin fines de lucro cuyo objetivo es proteger y concientizar sobre el valor del cielo estrellado. Con ese propósito, ha elaborado un sistema de certificaciones que garantiza la pureza de los cielos en diferentes destinos turísticos y pretende incentivar la creación de experiencias astroturísticas de alta calidad en esos sitios.

En Chile, existe una Reserva Starlight en la región de Coquimbo donde se encuentra el Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Y además, existen 3 sitios identificados como Destinos Turísticos Starlight en la región de Antofagasta: Pampa Joya en María Elena, Alto Loa en Calama y La Mano del Desierto en Antofagasta. En estos lugares es posible

ver el cielo oscuro en su estado más prístino: ver la Vía Láctea, cúmulos de estrellas, las diferentes constelaciones, estrellas fugaces y cuanto se pueda imaginar.

Estos tres sitios con sus respectivas particularidades, concentran alto potencial para acercar a la población urbana a una experiencia que sensibilice respecto a la belleza e importancia de la preservación del cielo oscuro, para poder establecer un diálogo con el pasado que permita entender la cosmovisión de los pueblos ancestrales que habitaron el mismo territorio, como punto de partida para elaborar una nueva visión de mundo que nos permita armonizar el progreso humano con la conservación de paisajes que son esenciales, y que las generaciones futuras merecen conocer.



FIG. 18. [Reserva y Zonas Starlight en Chile]

C * 2

— EL LUGAR —

“[...] La ciencia se enamoró del cielo de Chile. Un grupo de astrónomos descubrió que las estrellas se podían tocar con la mano en el desierto de Atacama. Envueltos por el polvo estelar, los científicos de todo el mundo construyeron aquí los más grandes telescopios de la Tierra.”

(Guzmán, 2010, documental Nostalgia de la luz)



FIG. 19. [Desierto de Atacama]

Región de Antofagasta



La región de Antofagasta se caracteriza por estar atravesada por el desierto más árido del mundo, donde es posible encontrar gran diversidad de minerales. Con una geografía accidentada que cruza desde el Altiplano al Océano Pacífico y cuyos primeros pobladores se asentaron cerca del año 500 a.C. en la puna Atacameña. Inicialmente bajo la modalidad semi-sedentaria, desarrollaron posteriormente la agricultura, ganadería, metalurgia y complejos sistemas de regadío. Organizaban caravanas se desplazaban desde el altiplano al litoral en busca de diversos elementos para el intercambio, dibujando grandes marcas sobre el desierto para señalar el camino.

Varios siglos después, en 1866 comenzó el poblamiento del litoral, lo que se conoce hoy como Antofagasta, con la instalación de un puerto y la inversión de capitales chilenos y británicos en la extracción minera. Dicha empresa atrajo a poblaciones cercanas e inmigrantes, por lo que la ciudad alcanzó rápidamente los 6.000 habitantes.

La ciudad de Antofagasta, desde entonces, se ha desarrollado entorno a la minería y la actividad portuaria, dado que gran parte de los recursos minerales extraídos están destinados a la exportación. Esta industria extractiva representa 65% del PIB de la región, y ha experimentado una bonanza sostenida desde la crisis del 2008, que está sujeta a las oscilaciones económicas mundiales determinadas por las constantes variaciones en el valor de los recursos transados. El desafío de Antofagasta está en fortalecer y diversificar su economía, además de planificar el crecimiento exponencial de la ciudad y fortalecer la calidad de

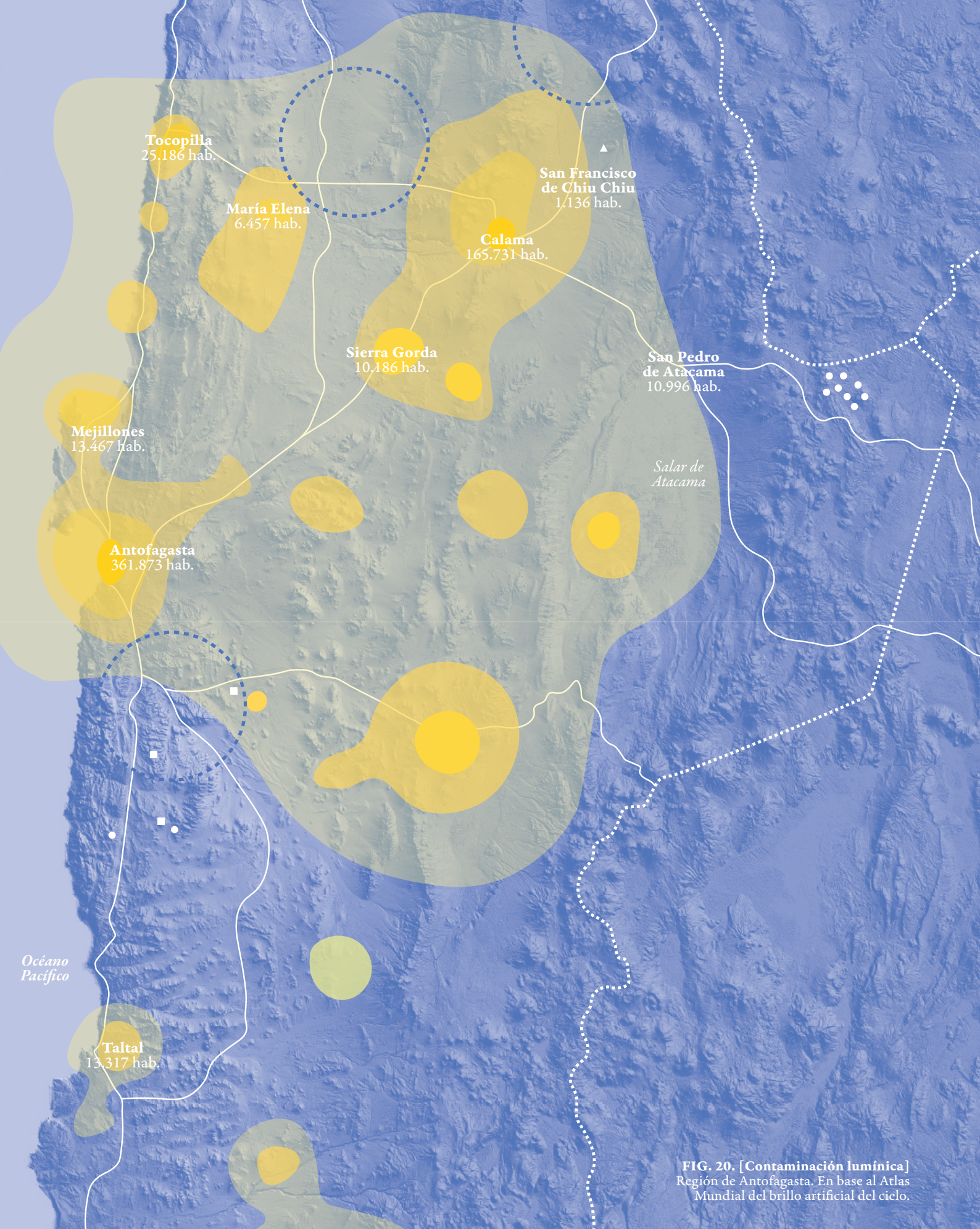


FIG. 20. [Contaminación lumínica] Región de Antofagasta. En base al Atlas Mundial del brillo artificial del cielo.

Actividad astronómica

- Observatorios astronómicos científicos
- Observatorios astronómicos académicos
- △ Observatorios astronómicos turísticos
- ⋯ Zona Starlight

Contaminación lumínica

- Vía láctea perdida
- Cielo natural perdido
- Degradado en el cenit
- Degradado cerca del horizonte
- Cielo prístino

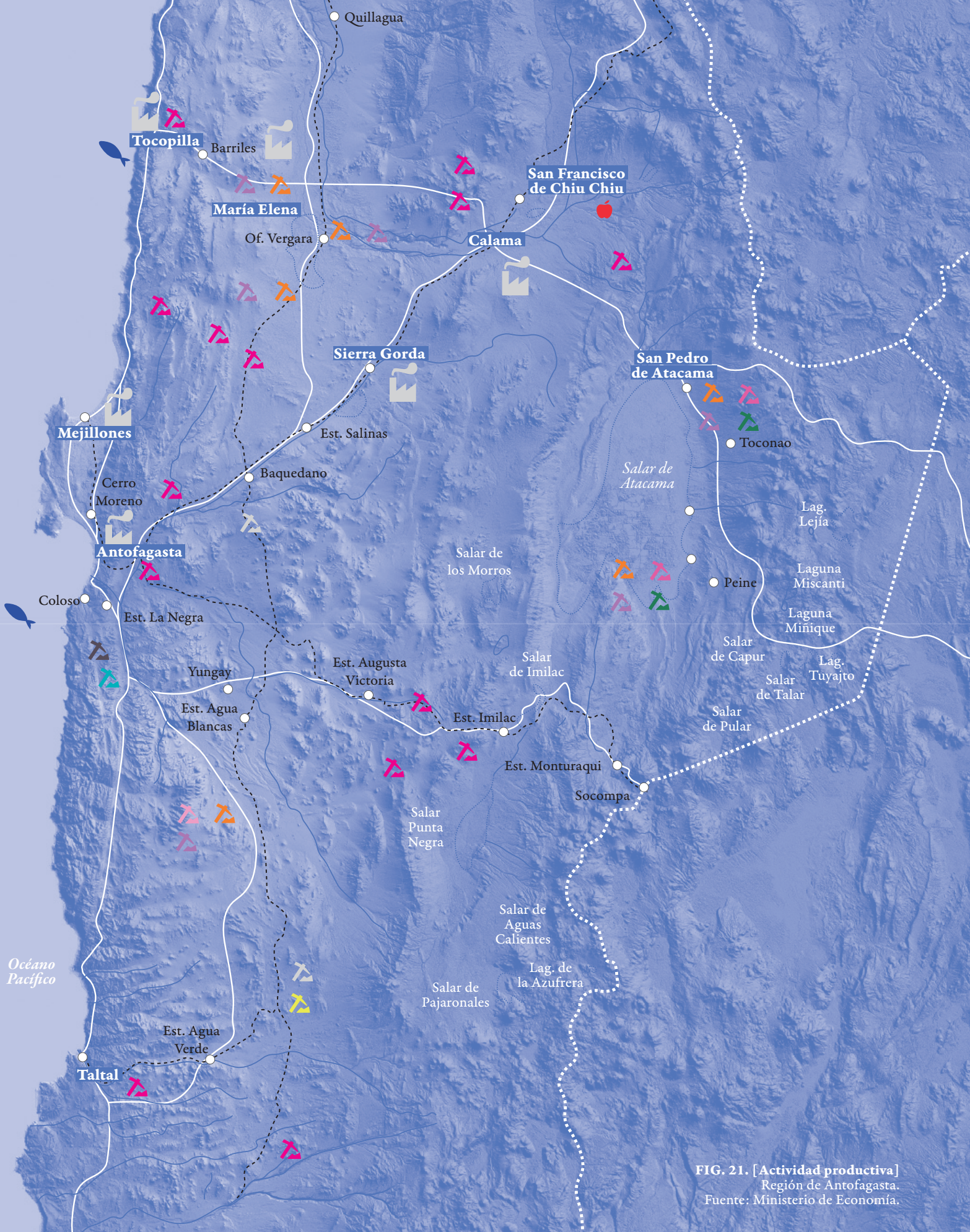


FIG. 21. [Actividad productiva] Región de Antofagasta. Fuente: Ministerio de Economía.

Actividades económicas

- | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|----------|------------|------------|
| — Caminos | ○ Estación de Ferrocarril | ⚒️ Cobre | ⚒️ Yodo | ⚒️ Cemento |
| — Cauces | 🏭 Industria | ⚒️ Oro | ⚒️ Sodio | ⚒️ Litio |
| - - - Salares | 🐟 Pesca | ⚒️ Plata | ⚒️ Potasio | |
| - - - Ferrocarril Chile-Bolivia | 🍏 Frutales | ⚒️ Bórax | ⚒️ Cal | |

Zonas Starlight	Poblado más cercano	Vialidad	Proximidad con observatorio astronómico	Restricciones de intervención
Alto Loa	Chiu Chiu 1.636 hab.	Ruta 21-CH	Si	Reserva Nacional
Pampa Joya	María Elena 6.457 hab.	Ruta 24	No	Solicitud de Bien Nacional Protegido
Mano del Desierto	Antofagasta 361.873 hab.	Ruta 5 Panamericana	Si	No

FIG. 22. [Destinos turísticos Starlight. Cuadro comparativo.]
Elaboración propia.

vida para consolidarse como un lugar para vivir y no sólo como ciudad de paso para los trabajadores mineros (OCDE, 2013).

En la línea de la diversificación económica, la astronomía es una alternativa en tanto posibilidad de consolidar una economía del conocimiento asociada a los observatorios científicos, como el fortalecimiento del turismo en una región de gran riqueza paisajística. El astroturismo como fusión de ambas áreas, cuenta con las certificaciones internacionales que dan cuenta de las fortalezas de la región de Antofagasta en relación al paisaje y especialmente, a la observación del cielo. Sin embargo, existe una fricción entre las economías mencionadas, dado que la actividad minera abarca gran parte de la región y es móvil en el tiempo, en búsqueda de nuevas zonas de extracción. Sus instalaciones, constituidas como pequeñas ciudadelas destinadas a los trabajadores en faena, generan importantes halos de luz artificial debido a la iluminación exterior de los campamentos, que no cumplen la normativa existente para proteger las condiciones de pureza del cielo exigidas para el funcionamiento de los observatorios internacionales.

Pese a todo, el norte de Chile es considerado como el mejor lugar para la observación astronómica desde el suelo y cuenta con tres destinos turísticos Starlight, los cuales son candidatos ideales para la

instalación de un equipamiento como Planetario a Cielo Abierto. La zona de Alto Loa ubicada en la comuna de Calama y próxima a Chiu Chiu es una reserva nacional (área silvestre) resguardada a solicitud de la comunidad quechua de Ollagüe, donde Codelco Norte y SOQUIMICH tienen derechos de extracción minera adquiridos de antaño. Por otro lado, la zona de Pampa Joya perteneciente a la comuna de María Elena coincide con el lugar donde se encuentran los geoglifos de Chug-Chug que constituyen uno de los conjuntos con más figuras en Chile y deW gran repertorio iconográfico, los cuales busca proteger la Fundación Desierto de Atacama a través de la solicitud de reconocimiento como Bien Nacional Protegido y la creación de un Parque Arqueológico en el lugar. Es importante destacar que por encontrarse entre la ciudad de Calama y la comuna de María Elena, este lugar presenta condiciones menos favorables que los otros sitios, ya que la vista nocturna del horizonte se encuentra levemente degradada por el resabio de luz emitida por dichas aglomeraciones urbanas. Por último, la zona de la mano del desierto que pertenece a la comuna de Antofagasta, se encuentra al sur de la ciudad, en la bifurcación de camino Paposo y la Ruta 5. En un área cercana al Observatorio Cerro Paranal y el proyecto en construcción Extremely Large Telescope (ELT) en el Cerro Amazonas. En el sitio existe una escultura con forma de mano de 11 metros de altura, que se ha convertido en un ícono de la ciudad.

Criterios de selección del terreno



Entendiendo la naturaleza del proyecto, donde la pureza del cielo es un requisito fundamental, se determinan las zonas starlight como alternativas ideales para el emplazamiento, considerando sus particularidades y comparando sus potencialidades para elegir el lugar más idóneo. Como resultado, se determina que la zona “La mano del desierto” es el lugar más adecuado para localizar el Planetario a Cielo Abierto. Los criterios para la elección fueron:

— CERCANÍA con el núcleo urbano más grande de la región de Antofagasta, la ciudad homónima, de más de 350.000 habitantes a sólo 75 km. de distancia.

— ACCESIBILIDAD a través de la Ruta 5 Panamericana Arica-La Serena. Ruta que conecta con la ciudad de Antofagasta a través de la Ruta 28 (Av. La Minería), la cual se une a la Ruta 1, que acompaña el borde costero de la ciudad con el nombre de Av. Ejército y constituye un eje estructural de la misma.

— FLEXIBILIDAD del terreno para ser intervenido al no existir ningún bien protegido por el Estado en dicho lugar, a diferencia de las otras zonas analizadas.

— OPORTUNIDAD de consolidar un circuito astronómico, o a lo menos, relaciones de colaboración con los observatorios astronómicos científicos y académicos que se encuentran próximos al sitio.

Caracterización del terreno



— CONDICIONES CLIMÁTICAS —

La región de Antofagasta presenta las unidades de relieve características de Chile (cordillera de la costa, depresión intermedia y cordillera de los Andes) con límites difíciles de identificar compuestos por cordones transversales, cuencas, valles secos, quebradas, cerros, pampas y sierras.

El terreno a intervenir está en medio de la cordillera de la costa, a 1.100 m.s.n.m. donde el clima predominante es el desértico interior. Las características principales de este clima son la baja humedad relativa, que permite mayor transmisibilidad, es decir, mayor porcentaje de luz logra atravesar la atmósfera, la que está permanentemente despejada, generando condiciones excepcionales para la observación del firmamento. Por otro lado, existe una fuerte oscilación térmica y carencia de precipitaciones, las cuales pueden presentarse cada 5 o 7 años (Kapstein, 2015).

La condición climática obliga a pensar un paisajismo basado en elementos pétreos y vegetación de muy bajo requerimiento hídrico, que soporte la fuerte radiación solar y la ausencia de precipitaciones.

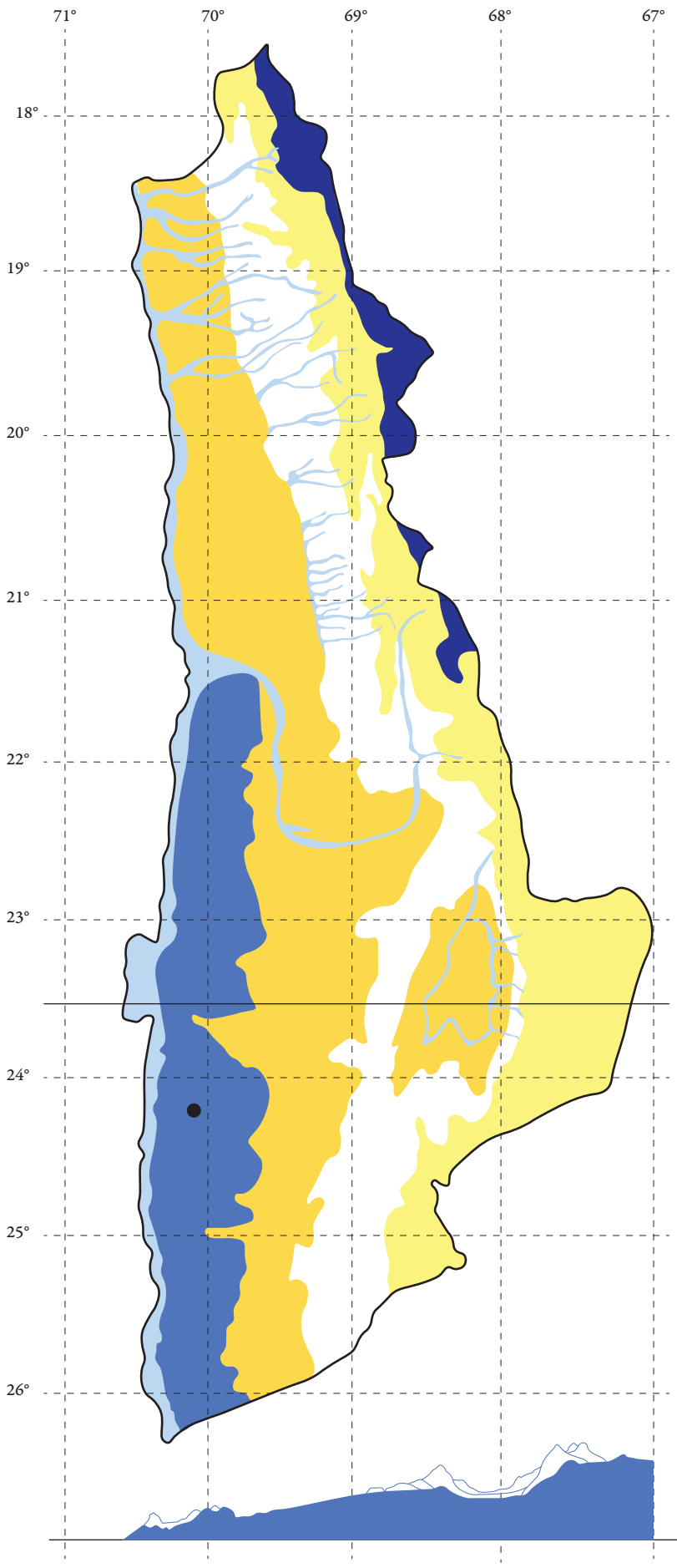


FIG. 23. [Áreas climáticas del Norte Grande de Chile]

Fuente: G. Kapstein (2015). Espacios intermedios.
Ediciones ARQ.

- Sitio
- Cordillera de la costa
- Litoral, valles y quebradas precordilleranas
- Depresión o planicie intermedia desértica
- Precordillera andina y cordillera Domeyko
- Cordillera superior andina
- Altiplano

0 50 km



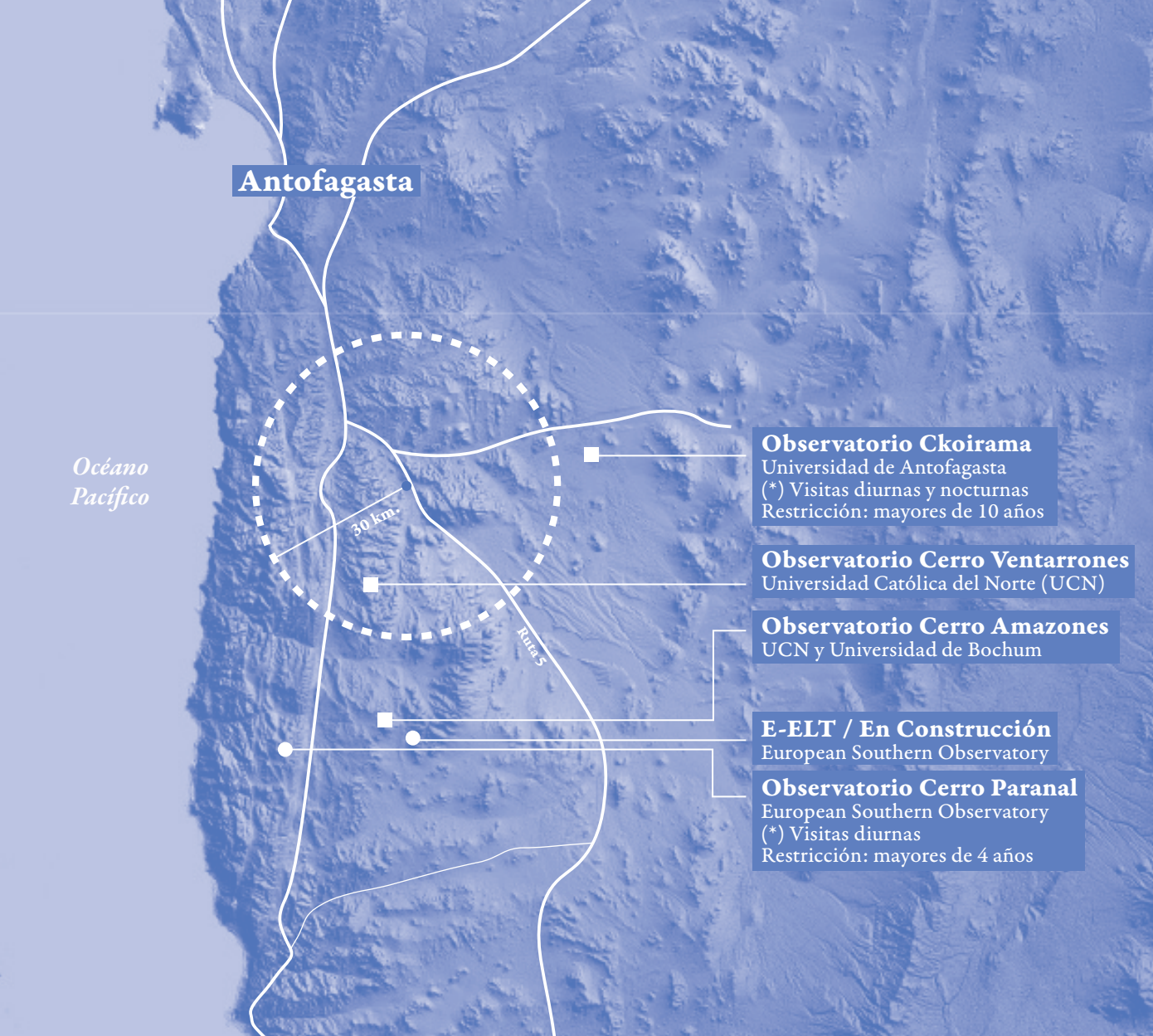


FIG. 24. [Relaciones programáticas]
Elaboración propia.

— RELACIONES PROGRAMÁTICAS Y CONECTIVIDAD —

El sitio se encuentra colindante a la Ruta 5 Panamericana, que conecta al Norte con la ciudad de Antofagasta, donde la Ruta 28 pasa a llamarse Avenida Ejército y conforma un eje longitudinal jerárquico en la trama urbana, que acompaña el borde costero de la ciudad, y por el sur, la ruta conecta en su ramificación con la ciudad de Taltal.

Tan solo 75 kilómetros separan el lugar de la capital regional, manteniendo intacto el radio de influencia de la Zona Starlight (30 km.) y haciendo perfectamente factibles las visitas desde la ciudad de Antofagasta al lugar.

Por otro lado, el sitio se encuentra próximo al complejo administrado por el European Southern Observatory que corresponde al Observatorio

Cerro Paranal y al Extremely Large Telescope que se encuentra actualmente en construcción en el Cerro Amazonas, donde también se encuentra el Observatorio Cerro Amazonas de la Universidad Católica del Norte (UCN) y la universidad alemana de Bochum. También el Cerro Ventarrones que está a cargo de la UCN quienes trabajan en colaboración con el Observatorio Astronómico Nacional de China (NAOC) para desarrollar proyectos en dicho lugar. Y por otro lado, se encuentra el Observatorio Ckoirama perteneciente a la Universidad de Antofagasta, que es el primer observatorio estatal bajo cielos puros. Esta condición de proximidad es una oportunidad para establecer relaciones de colaboración en miras a consolidar un circuito astronómico que una lo técnico con lo sensitivo en relación al estudio del universo.



FIG. 25. [Escultura la Mano del Desierto].

— PREEXISTENCIAS —

La zona starlight Mano del Desierto colinda con la Ruta 5 Panamericana, y en ella se encuentra la escultura de hormigón de 11 metros de altura, del artista chileno Mario Irarrázabal. La figura está ubicada a 400 metros de la carretera, en un terreno fiscal que corresponde a suelo rural sin planificación territorial. Existe una concesión gratuita del terreno a la Corporación PROA Antofagasta, quienes gestionaron la instalación de la escultura en el año 1992 y son responsables de la mantención hasta hoy.

La Mano del Desierto se ha convertido en una figura icónica de la ciudad, por ser una señal de bienvenida en el acceso de la misma, y como consecuencia, se ha instalado como un destino turístico donde tour operadores ofrecen visitas diurnas y nocturnas para conocerla.

El proyecto tendrá que incorporar la escultura como parte de sí, para sumar el valor que esta tiene por sí sola, y además generar condiciones de confort y accesibilidad para los visitantes, respetando su condición unitaria y el diálogo con el desierto y la intemperie.

C * 3

— EL PROYECTO —

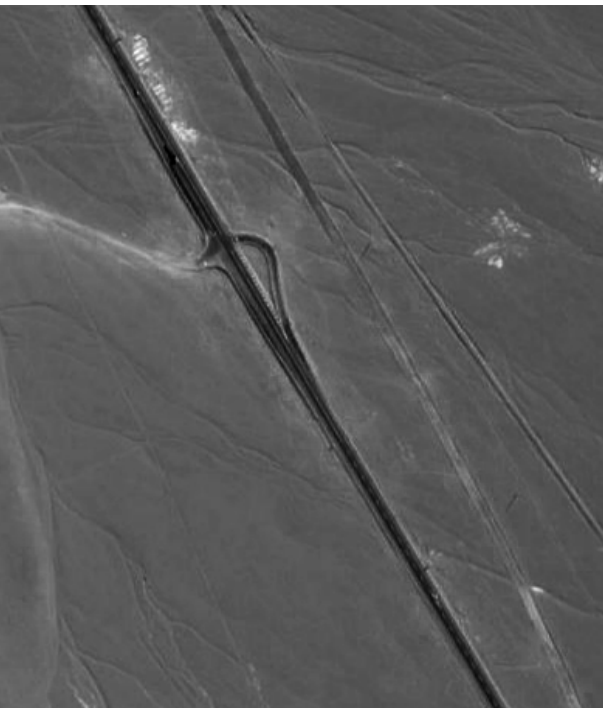
“Nuestros hijos han perdido la costumbre de mirar el cielo, de asombrarse con su belleza. No conocen la emoción de levantar la cabeza e instantáneamente recordar que habitan un planeta alrededor de una entre cien millones de estrellas.”

(Zoccali, 2019)



FIG. 26. [Vista aérea del terreno].

Planetario a Cielo Abierto



Para la experiencia de Planetario a Cielo Abierto existen requerimientos claves tales como el cielo prístino, la oscuridad y el silencio. En el sitio de La Mano del Desierto esas condiciones están presentes. El terreno está en medio de la cordillera de la costa, a 1.100 m.s.n.m. en una zona semiplana que presenta una pendiente sutil que alcanza los 36 m. de altura. Como acercamiento a la morfología del terreno, la primera línea trazada será la voluntad de llegar desde la carretera a la cima, en busca de una vista panorámica.

El primer desafío que presenta el terreno es la estrategia de emplazamiento ¿cómo posicionarse en el desierto sin perderse en la inmensidad? ¿como una gran masa, en vertical, horizontal, fragmentada? Antes de definirlo, es importante visitar la herencia. En Latinoamérica existen aún vestigios de construcciones previas a la colonización española, que dan cuenta de un fuerte vínculo con el paisaje, el cual se trabaja en base a espacios exteriores. Un modelo fundamental, pese a que no presenta espacios habitables, son los geoglifos; La extensión a través de la línea logra abordar grandes escalas manteniendo la sutileza y armonía con el entorno, y la oportunidad que ofrece esa línea es convertirse en muro al tomar espesor y crear interiores al cerrarse en sí mismo.



FIG. 27. [Geoglifo de Raúl Zurita, Chile].



FIG. 28. [Geoglifos de Chug Chug, Chile].

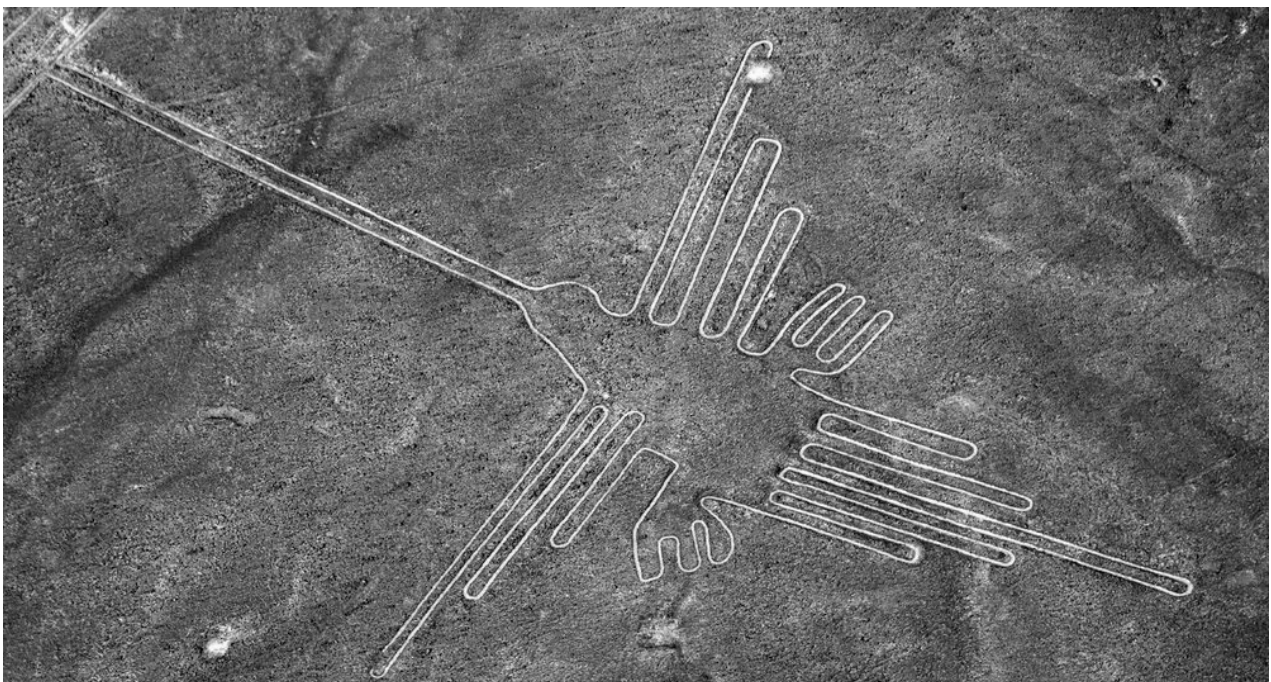


FIG. 29. [Líneas de Nazca, Perú].



FIG. 30. [Cañon del Chaco, México].



FIG. 31. [Paquimé, México].



FIG. 32. [Ruinas de Moray, Perú].

FIG. 33. [Modelo de Roble presentado en el Pase de Título].
Escala 1:2500.



A partir de esa reflexión surge la operatoria que da forma al proyecto. Una línea trazada desde la carretera a la cima, que al tocar el terreno se acopla a la morfología del mismo, tomando alturas y profundidades variadas, así como una sinuosidad propia del relieve. El programa, por consiguiente, se dispone de forma dispersa en el terreno generando núcleos donde el trazado se desarrolla con mayor amplitud. Desde la carretera, donde el programa está relacionado con servicios de ruta y el acceso al Planetario, al adentrarse en el lugar, la luz emitida por los automóviles que recorren la Ruta 5 se va desvaneciendo, propiciando la oscuridad que permitirá observar el firmamento, así también el ruido irá disminuyendo su intensidad y la temperatura bajará con el caer de la noche. El programa se dispone a lo largo

del trazado considerando esas variables, además de las particularidades topográficas que sugieren maneras de utilizar el terreno como es el caso de la plaza de observación, donde la hendidura evoca un anfiteatro que en este caso debe dirigir su atención al cielo.

La resultante del proyecto, será el fortalecimiento de un sitio de observación astronómica a ojo desnudo, propiciando las condiciones de habitabilidad y confort para los visitantes en medio de la noche, además de permitir a personas con diferentes grados de movilidad poder sumergirse en el desierto y vivir una experiencia conmovedora bajo la Vía Láctea, al constituirse un circuito continuo de superficie uniforme y pendientes llanas.

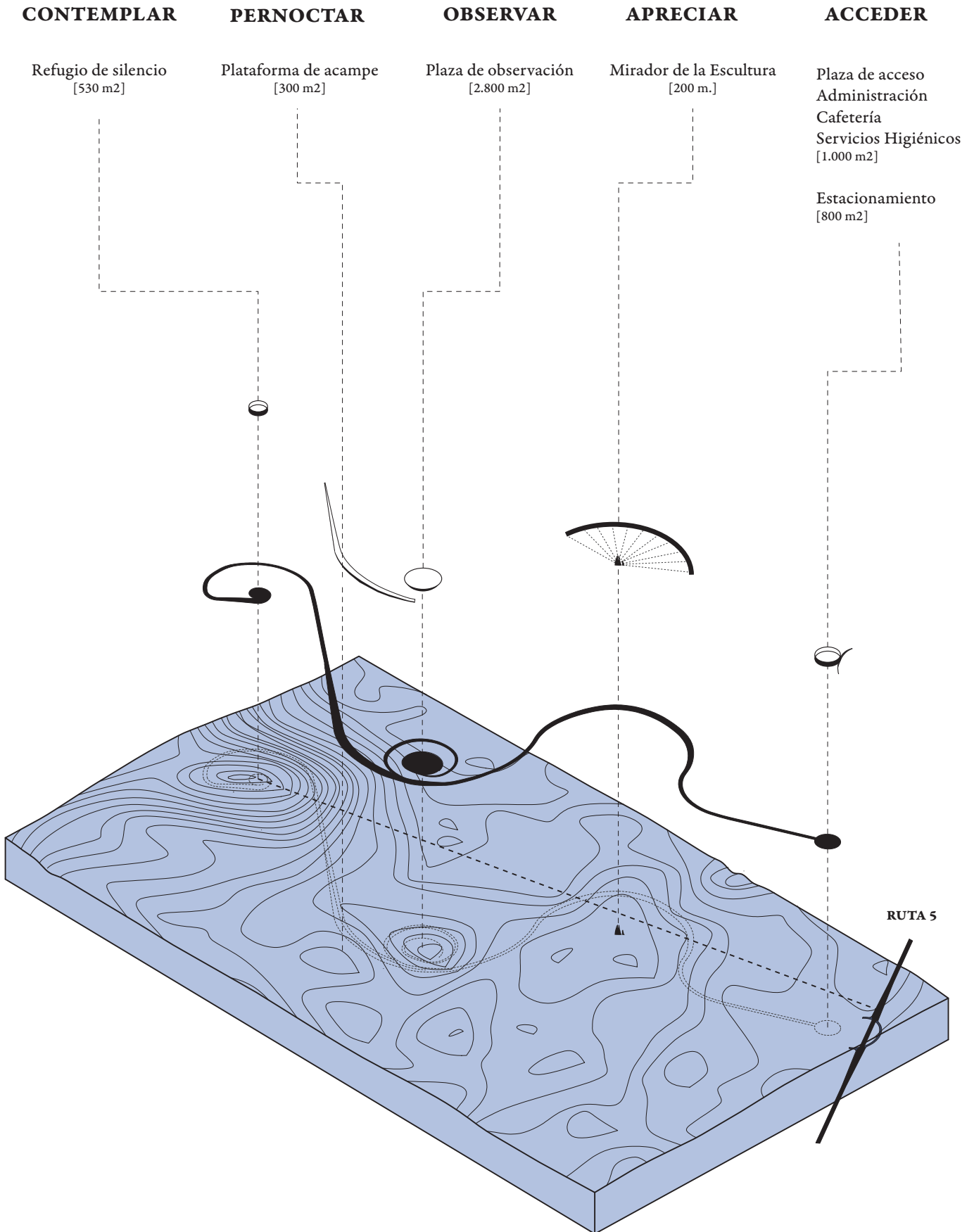


FIG. 34. [Estrategia de emplazamiento].
Axonométrica.

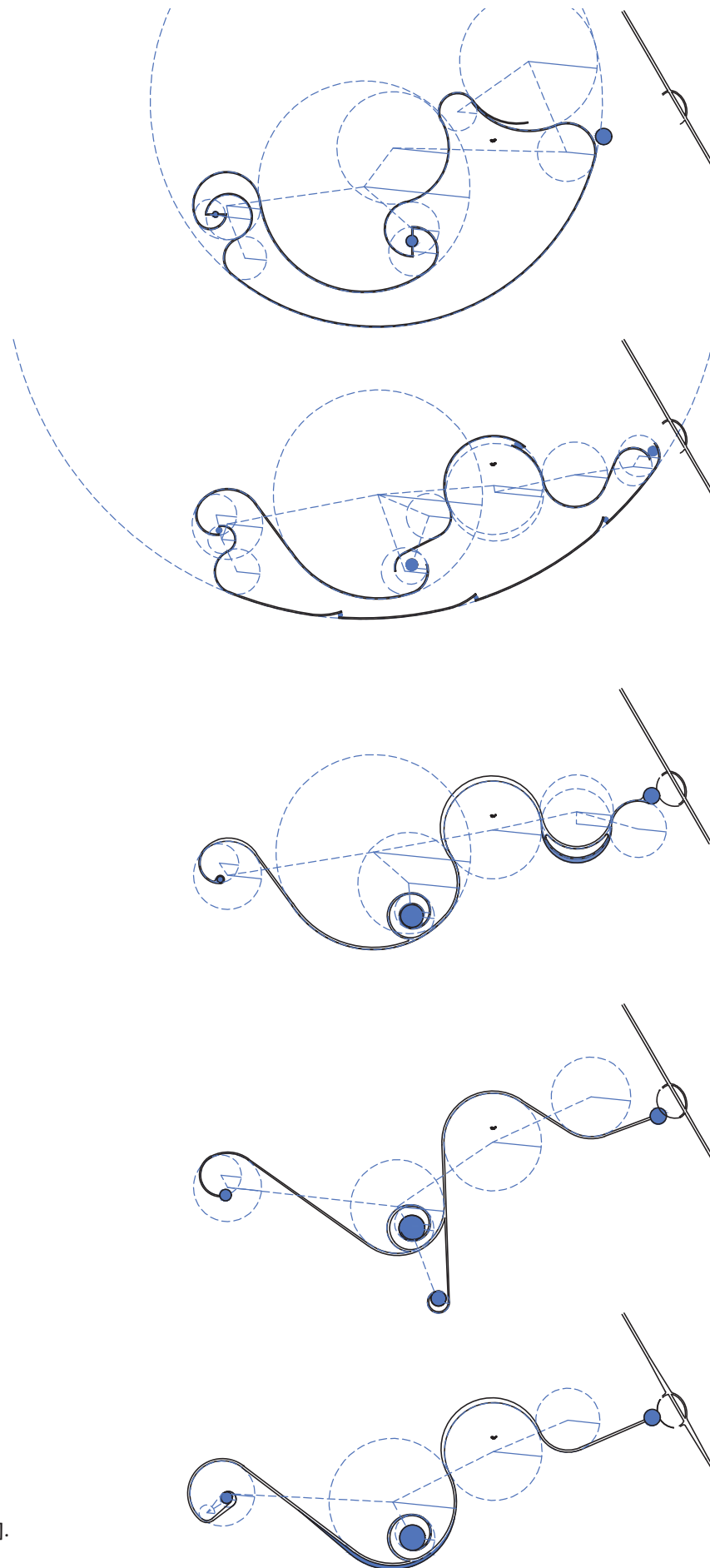


FIG. 35. [Evolución del trazado].

Iluminación



El proyecto, al estar emplazado en una zona Starlight, exige una estrategia de iluminación nocturna que tenga un impacto mínimo en la atmósfera, procurando resguardar y poner en valor la categoría del sitio.

Un resguardo clave es evitar la dispersión de luz hacia la atmósfera. Para ello las fuentes emisoras están siempre dirigidas a las superficies, por lo tanto, la forma de iluminar el circuito es a través de fuentes de luz que se dirigen desde los muros de borde hacia la superficie del piso, de manera tal que el visitante pueda ver donde se posan sus pies sin encandilar su vista, para que pueda percibir con toda claridad las sutiles luces emitidas por las estrellas más distantes, y así, beneficiar la experiencia de observación.

La luz utilizada es cálida, dado que la luz azul (correspondiente a la LED ampliamente utilizada actualmente), al no existir en la naturaleza, tiene impactos nocivos en el ciclo circadiano (reloj biológico) y metabolismo de los seres humanos, así como en las especies nocturnas como insectos, aves o reptiles que pudieran habitar el lugar.

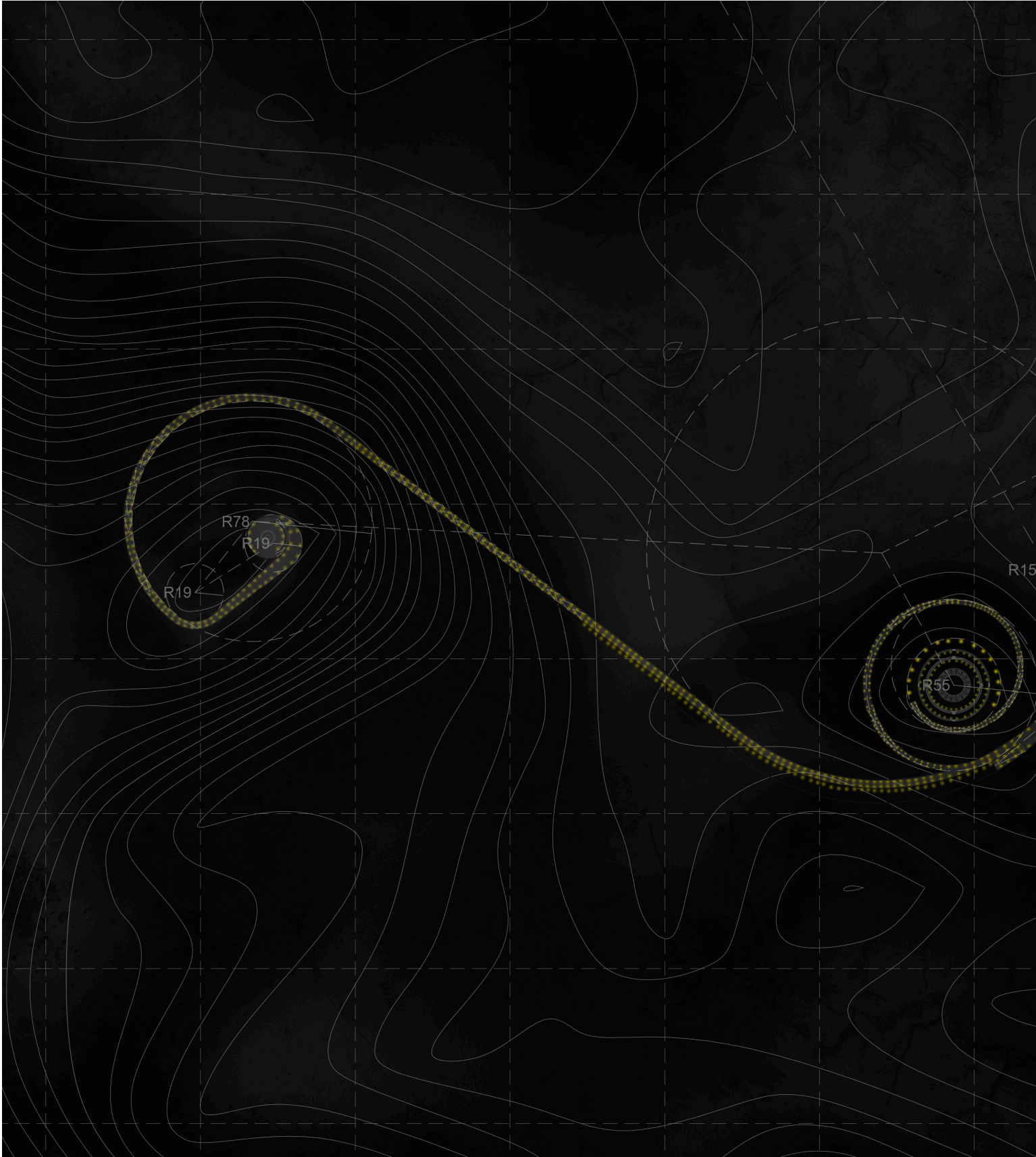
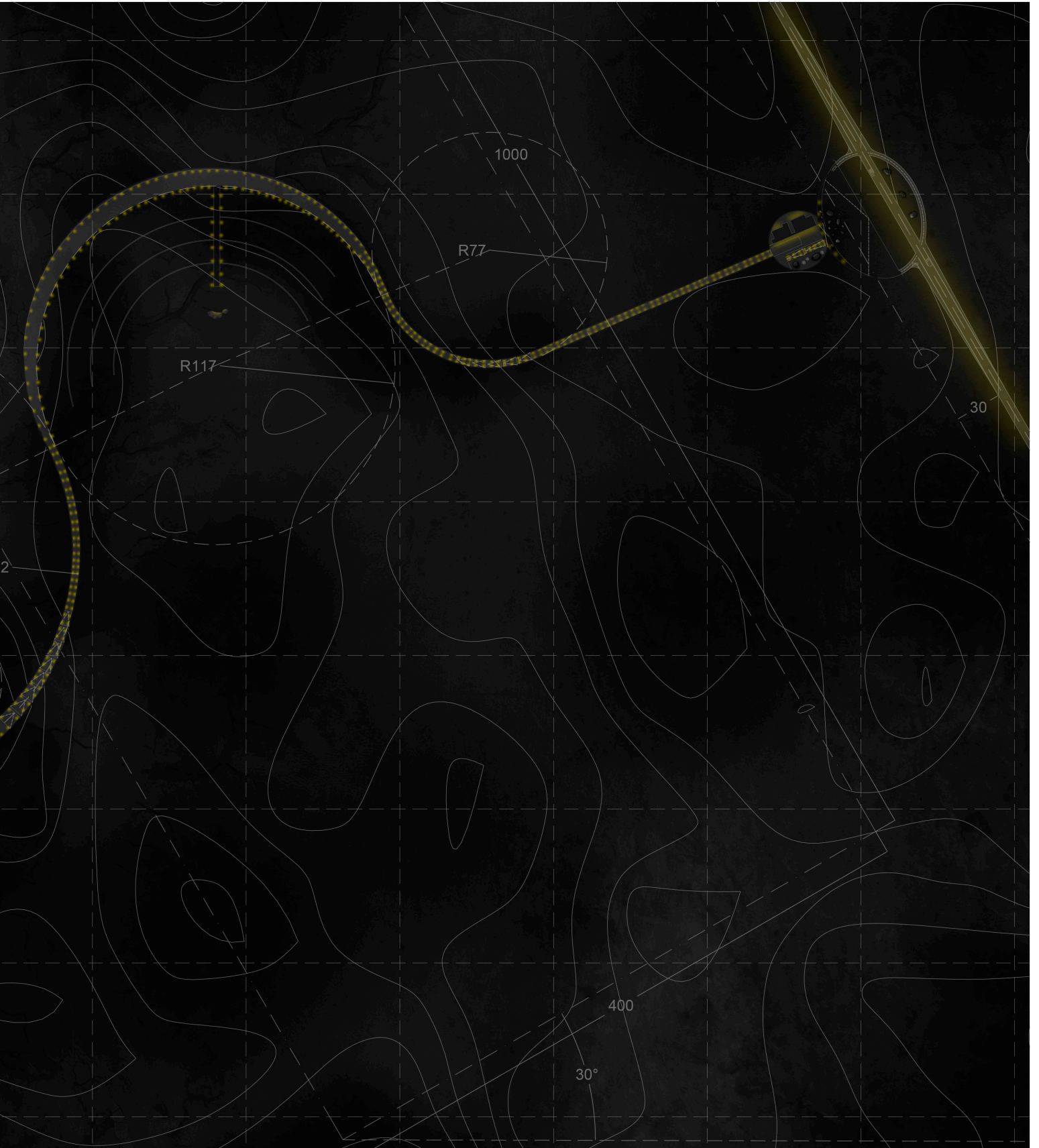


FIG. 36. [Planta general. Visión nocturna].



Modelo de gestión



El objetivo principal del proyecto es aportar en la difusión de las ciencias y la astronomía. Tiene una fuerte vocación pública, ya que busca llegar a un público amplio, de diversas edades y diferentes nacionalidades, con énfasis en los habitantes de la ciudad de Antofagasta. Este objetivo es de interés compartido con el Estado de Chile y las organizaciones intergubernamentales que administran los observatorios científicos internacionales sobre suelo chileno.

El ejemplo de modelo de gestión que otorga el Planetario Chile, dependiente de la Universidad de Santiago es una inspiración para este proyecto, pese a la particularidades de cada cual, ya que el modelo funciona desde 1985 con gran éxito y un trabajo continuado hasta hoy. Este consiste en una fundación sin fines de lucro, que preside el rector de la Universidad y que funciona con una mesa de directores los cuales son académicos e investigadores afines, además de la administración. Estar asociado a la Universidad otorga un respaldo importante al trabajo del Planetario, y a su vez, la fundación permite la autonomía para administrar y gestionar recursos, cuyos excedentes siempre son reinvertidos en el equipamiento, al no existir fines de lucro.

Para el caso de Planetario a Cielo Abierto la idea es financiar la construcción del proyecto a través de una alianza entre la Universidad Católica del

Norte (UCN) y la European Southern Observatory (ESO), quienes tienen un convenio vigente desde 1998 a través del cual ESO aporta fondos al Instituto de Astronomía UCN para investigación y difusión. Además del Estado de Chile, con el cual ESO conforma un comité mixto, que financia diferentes iniciativas relativas a la astronomía. Por último, a nivel local el Gobierno Regional, que financia proyectos de interés público a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional.

A través de un esfuerzo conjunto de estas instituciones (UCN, ESO, Ministerios de Ciencia, Educación [Conicyt], y Economía [Sernatur] y el Gobierno Regional de Antofagasta) el proyecto puede ser ejecutado, para posteriormente, ser administrado por la Fundación Planetario a Cielo Abierto que dependa de la UCN, funcione como parte del convenio UCN-ESO con financiamiento base y recursos generados por concepto de entrada al recinto y arriendo del mismo para eventos privados.

Existen otras alternativas de financiamiento, relacionadas a los fondos de mitigación que ofrecen las empresas mineras que trabajan en el sector, como BHP Billiton, Angloamerican o Antofagasta Minerals. Se descartan por privilegiar el financiamiento de instituciones privadas afines a la astronomía.

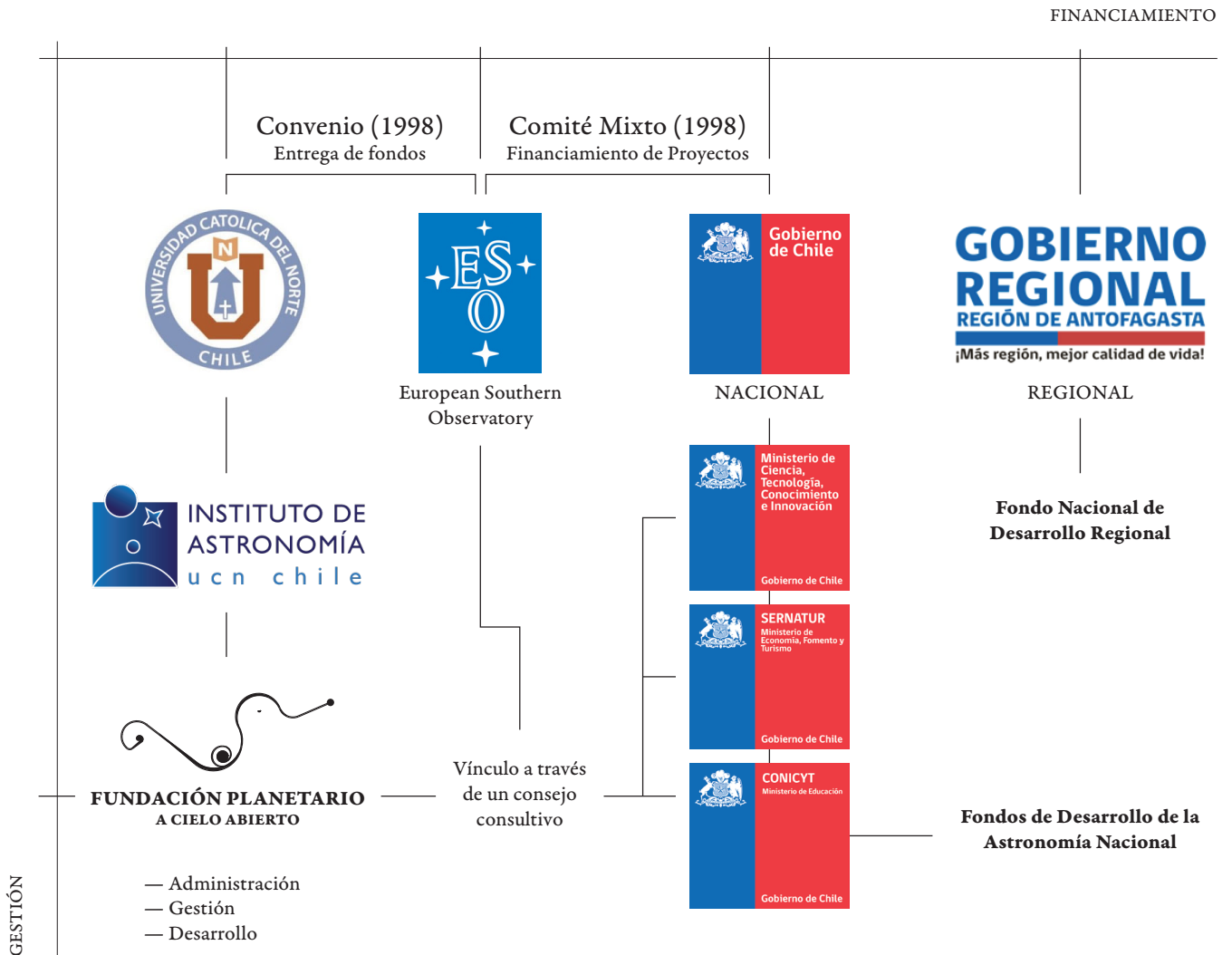
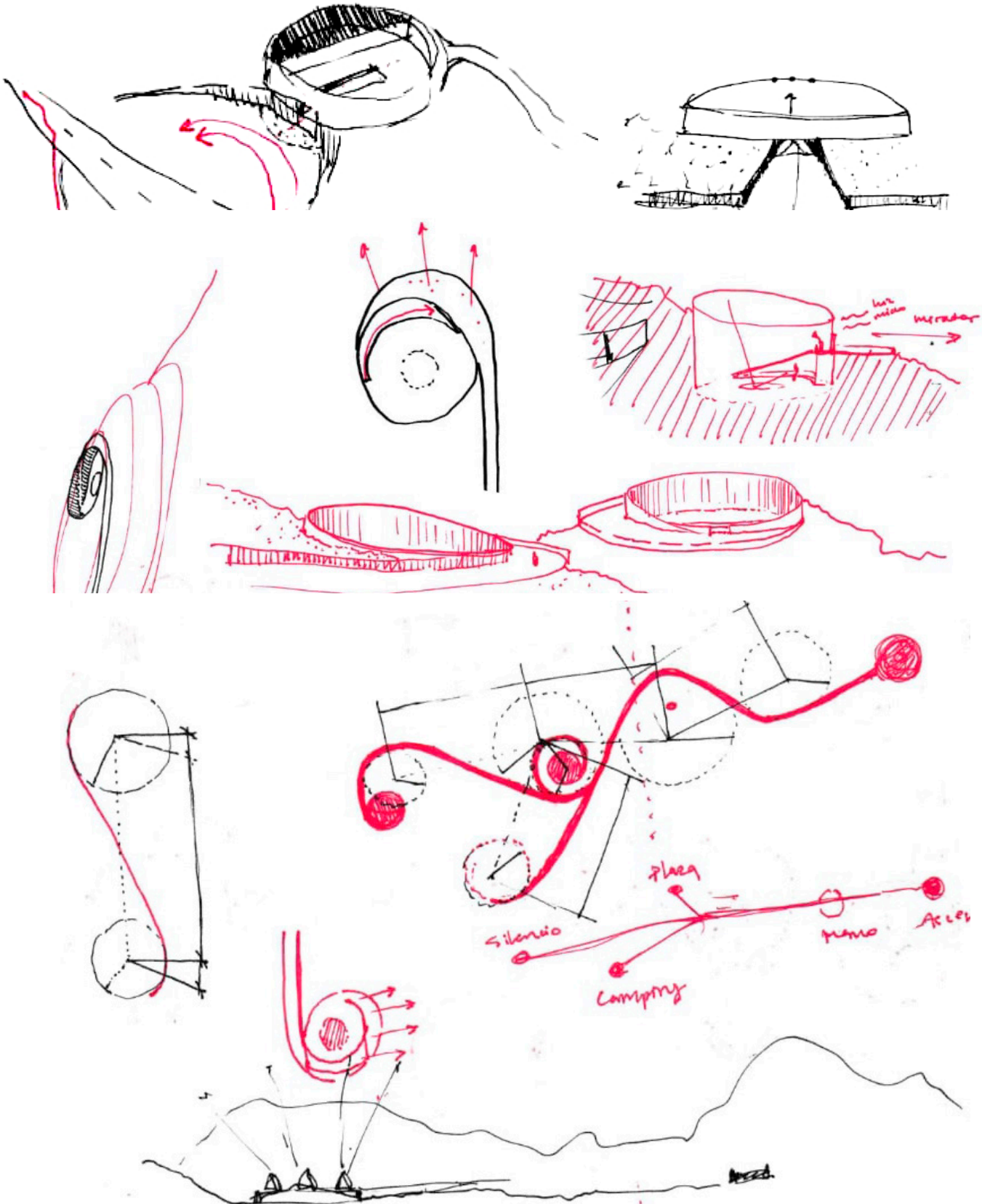
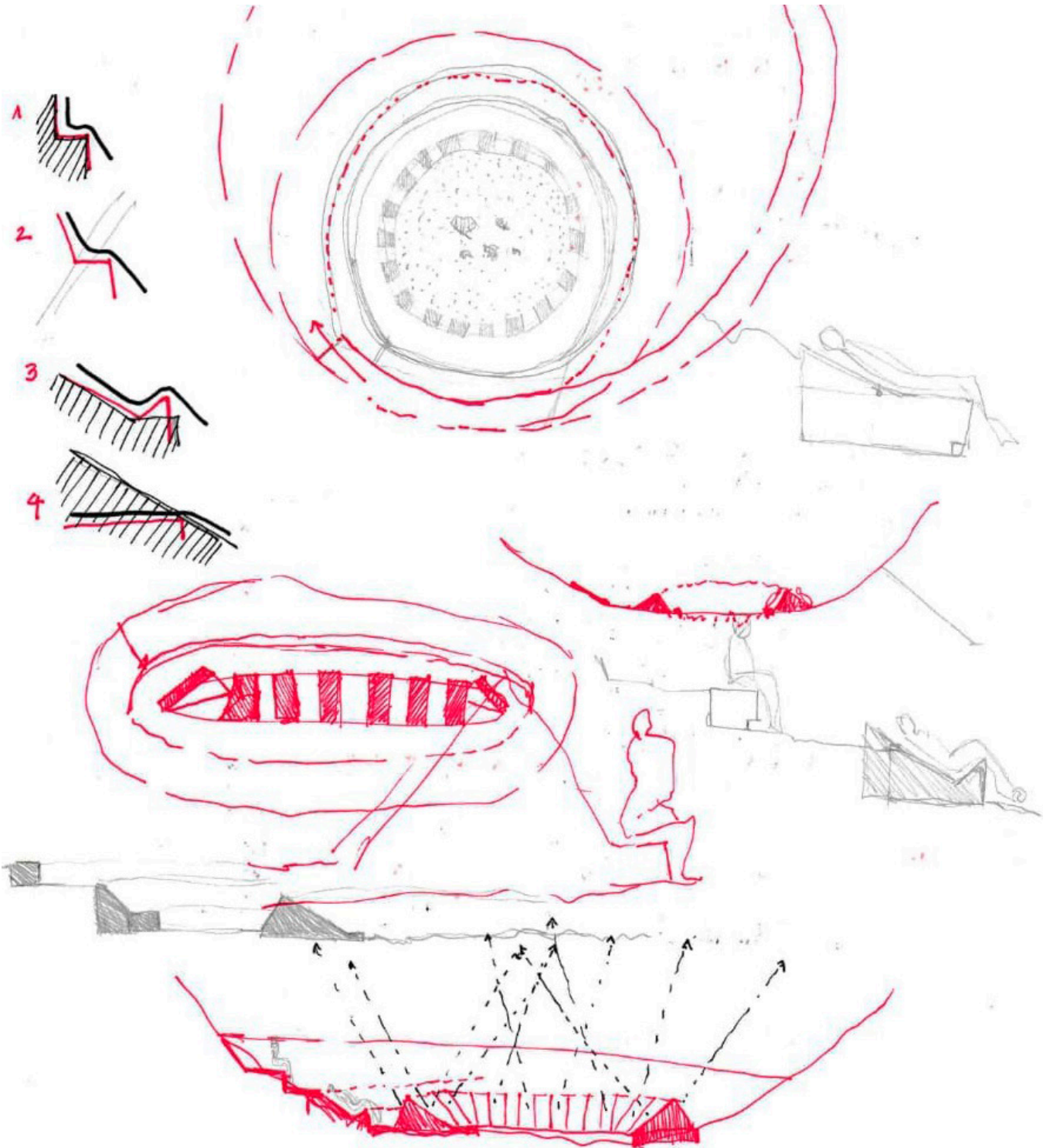
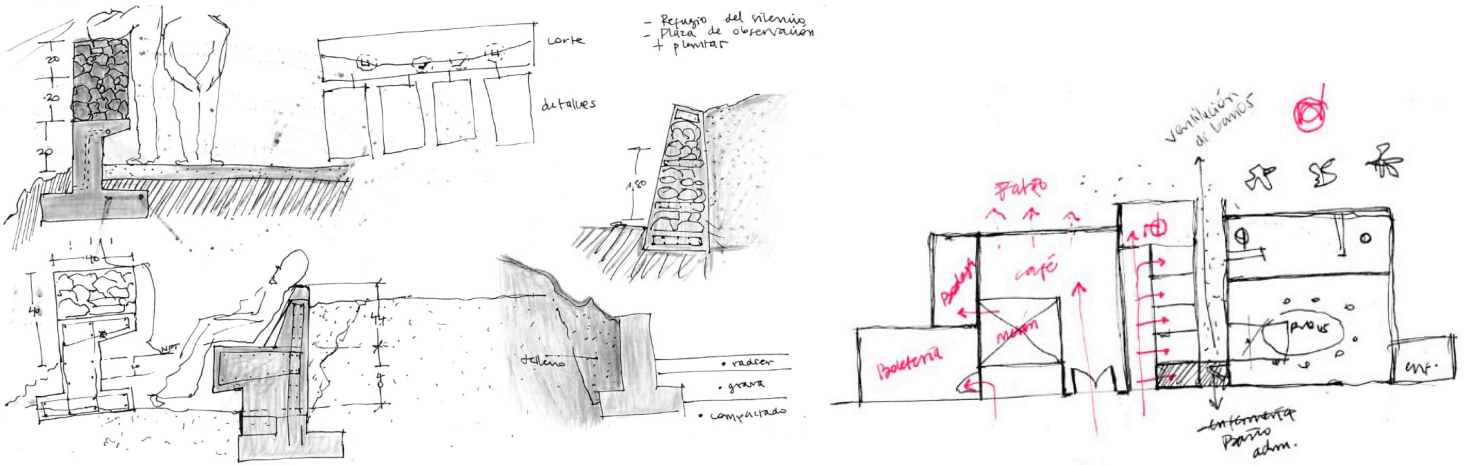


FIG. 37. [Modelo de gestión PCA].

Proceso





Referentes arquitectónicos



FIG. 38. [Casa Wabi, Tadao Ando / México].

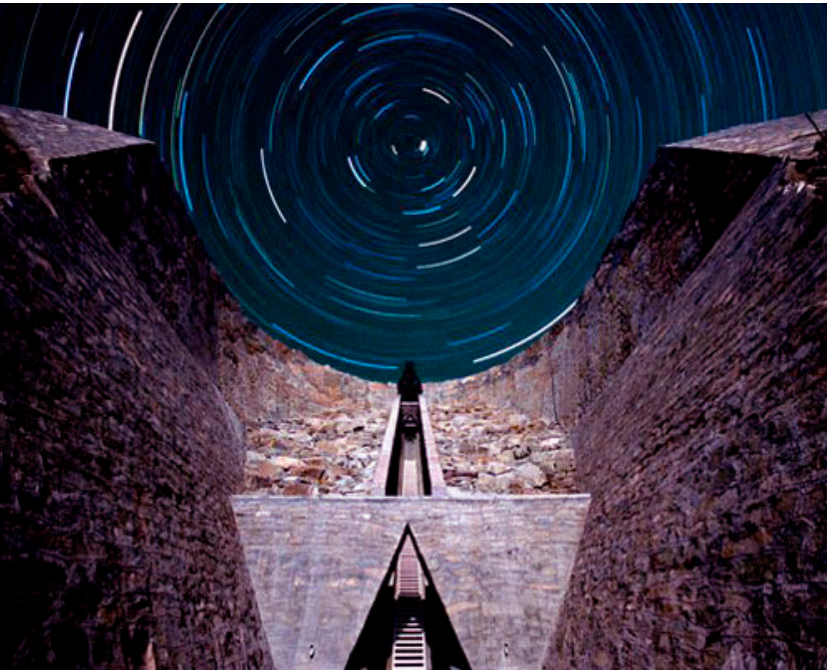


FIG. 39. [Star Axis, Charles Ross / EE.UU].



FIG. 40. [Roden Crater, James Turrell / EE.UU].

C * 4

— CIERRE —

Reflexiones finales



En momentos donde enfrentamos el clímax de una sumatoria de crisis que arrastramos hace décadas como la del modelo económico, crisis de sentido, cambio climático, automatización, agudización de las desigualdades y más, es necesario preguntarme por qué quiero ser arquitecta y que puedo aportar desde este lugar al mundo y a la superación de esos quiebres.

Planetario a Cielo Abierto no es una idea que subsane los problemas sociales más crudos que se presentan hoy, y que se han agudizado con la pandemia, como el hacinamiento, el deterioro del espacio público, la precariedad de los servicios de salud, por poner algunos ejemplos. Sin embargo, se aboca a un tema igual de relevante pero en otra escala, que es el deterioro de los paisajes naturales y las especies que existen en ellos, y que son vitales para nuestra supervivencia en este sistema interdependiente.

Un proyecto que podría ser solo un atractivo turístico, pretende levantar una alerta sobre la urgencia de preservar un paisaje que nos ha acompañado por tantos miles de años que asumimos existe aunque no lo veamos, y que

por efecto de nuestras acciones presentes como sociedades urbanas y globalizadas, posiblemente le negaremos a las generaciones futuras, así como los océanos limpios, los bosques nativos y un número importante de especies, extintas por la acción humana.

Un lugar de cielo prístino existe por sí solo, pero a través de la arquitectura se presenta la oportunidad de masificar y democratizar un espacio restringido solo a quien sea capaz de llegar. La masividad es el canal del mensaje. Hoy como nunca una ciudadanía sensibilizada puede impactar notablemente en la toma de decisiones, donde finalmente se define el futuro de la gran mayoría.

Un planeta destruido no puede ser hogar, inclusive si llegamos a la utopía de la equidad social. Como futura arquitecta quiero actuar por el Buen Vivir, intentando abarcar una visión amplia sobre lo que eso significa, evaluando las repercusiones que tendrán nuestras decisiones sobre las condiciones de vida de quienes nos precederán. En esencia, asumir la responsabilidad de impulsar el mundo en el que quiero vivir, a través de mis acciones y mi quehacer disciplinar,

Referencias bibliográficas



Aquino, T. (1950). El juicio final. Buenos Aires: Club de Lectores.

Aracena, M. et. al. (2016). Alcanzando las estrellas: hallazgos de las Cumbres Chileno-Estadounidense de Educación y Difusión de la Astronomía. Chile, noviembre 2016. Recuperado de: <http://www.eso.org/public/chile/>

Calvo, C. (2012). Del mapa escolar al territorio educativo. La Serena: Editorial Universidad de la Serena.

Clocchiatti, A. (2019). Brillar en el firmamento. *Revista Universitaria PUC* (154). 28-33.

Declaración sobre la Defensa del Cielo Nocturno y el Derecho a la Luz de las Estrellas. (Declaración de la Palma). (2007). Conferencia Internacional en Defensa de la Calidad del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas. Recuperado de: <http://www.fundacionstarlight.org/>

Kapstein, G. (2015). Espacios intermedios. Santiago: Ediciones ARQ.

Kukula, M. (2018). Los planetarios y el nacimiento de la ciencia como espectáculo. Recuperado de: <http://www.investigacionyciencia.es/>

Laborde, M. (2019). El hechizo geométrico. *Revista Universitaria PUC* (154). 46-53.

Lloró, C. (2015). Pensar el cielo. *Provinciana: revista de literatura y pensamiento* (1). 204-212.

Mistral, G. (1905). Bendita mi lengua sea: diario íntimo. Edición de Jaime Quezada.

OCDE. (2013). Estudios territoriales de la OCDE: Antofagasta, Chile. Recuperado de: <http://www.oecd.org/publishing/>

ONU. (2015). Habitat III: conferencia sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible. Recuperado desde: <http://www.UN.org/>

Rubio, M. (2019). La revolución del big data cósmico. *Revista Universitaria PUC* (154). 54-59.

Vanzi, L. (2019). Observatorio hacia el futuro. *Revista Universitaria PUC* (154). 34-39.

Vilches et al. (2013). El universo de nuestros abuelos. Recuperado de: <http://www.almaobservatory.org/>

Zoccali, M. (2019). El cielo estrellado: un patrimonio de la humanidad. *Revista Universitaria PUC* (154). 60-65.

