



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**ASTRONOMÍA ACCESIBLE: RECURSOS Y ACTIVIDADES DE ASTRONOMÍA
PARA LA ENSEÑANZA NO FORMAL**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN EDUCACIÓN EN FÍSICA Y
TÍTULO DE PROFESOR EN FÍSICA CON MENCIÓN EDUCACIÓN EN ASTRONOMÍA.

AUTOR/A/ES: MATÍAS FUENTES
MATÍAS MANRIQUEZ
FRANCISCO VERGARA
PROFESOR/A GUÍA: Dr. CRISTIÁN CORTÉS

SANTIAGO DE CHILE, ENERO 2026



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**ASTRONOMÍA ACCESIBLE: RECURSOS Y ACTIVIDADES DE ASTRONOMÍA
PARA LA ENSEÑANZA NO FORMAL**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN EDUCACIÓN EN FÍSICA Y
TÍTULO DE PROFESOR EN FÍSICA CON MENCIÓN EDUCACIÓN EN ASTRONOMÍA.

AUTOR/A/ES: MATÍAS FUENTES
MATÍAS MANRIQUEZ
FRANCISCO VERGARA
PROFESOR/A GUÍA: Dr. CRISTIÁN CORTÉS

SANTIAGO DE CHILE, ENERO 2026

UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Informe de Aprobación

TESINA Y EXAMEN DE TÍTULO

Se informa a la Dirección del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas que la Tesina y Examen de Título presentados por los candidatos

MATIAS FUENTES

MATIAS MANRIQUEZ

FRANCISCO VERGARA

Ha sido aprobada por la comisión informante de Tesina y Examen de Título como requisito para optar al Grado de LicenciadOs en Educación en Física y Título de profesor de Física, mención en Educación en Astronomía, en el Examen de Defensa de Tesina rendido el día de de 2025.

.....
Profesora Guía Tesina

.....
Profesor Informante Tesina

Dedicatoria.

A las generaciones que llenarán nuestras aulas: este esfuerzo es para ustedes. Son la inspiración que nos motiva a abrazar la profesión docente con todas sus complejidades. Elegimos este camino, con sus dulces victorias y sus amargos desafíos, con la convicción de que cada esfuerzo vale la pena.

Agradecimientos:

Agradecimiento Matías Vicente Fuentes Leiva

Agradezco a mi familia que escuchaba lo emocionado que estaba con las 'ñoñerías' que contaba a medida que estudiaba; especialmente a mi hermana, con quien compartí largas conversaciones de este tipo, las cuales sin su visión no hubiera podido llegar tan lejos. A mis amigos, sin los cuales no sé qué hubiera sido de mi etapa universitaria (ni me gustaría saberlo); entre ellos destacar a Diego, Matías y Francisco, estos dos últimos mis compañeros en este trabajo. También a Santiago, mi mejor amigo, hermano y el mejor consejero que la vida me ha regalado. Le agradezco a Matías Fernandez por ser mi inspiración en la vida y a toda la música que me acompañó durante estos años. Finalmente, le agradezco a Kúpán, mi perro fiel, quien fue mi principal soporte en la pandemia y momentos de frustración, siempre irrumpiendo en mi pieza cuando el cansancio o el desánimo me ganaban.

Agradecimiento, Matías Eduardo Manríquez Ibáñez.

A mi compañera incondicional desde la media. Gracias por acompañarme durante todo mi proceso, por crecer y caminar juntos pese a las dificultades.

A mis grandes amistades forjadas en la salita de física, en los pastos junto a una cerveza fría, un cigarro o un desayuno compartido, también en las pizarras de la salita estudiando y apoyándonos en cada proceso. Gracias por ser parte de este camino, por las risas y también por los momentos difíciles.

A mi yo del pasado, por tener la valentía de cambiar su rumbo pese a que todo estaba en su contra, agradecer a ese joven estudiante de ingeniería que se atrevió a saltar de aquella falsa seguridad de una carrera “rentable”, dar ese salto no fue fácil.

La elección de ser profe no fue solo vocacional, sino que fue una decisión política. En una sociedad neoliberal que nos entrena para competir, producir y consumir y que valora un título más por cuánto dinero genera que por cuánto bien hace, elegir ser profesor es un acto de rebeldía. Como nos enseñó Freire, la educación es la práctica de la libertad; y enseñar a otros a mirar las estrellas, en un mundo que nos obliga a mirar el suelo, es nuestra forma de resistir y luchar por una sociedad más despierta.

Unanse al baile de los que sobran.

Agradecimiento Francisco Javier Vergara Contreras:

Agradezco a quienes me acompañaron en este camino. A mis padres, por su apoyo constante, su confianza y por darme la oportunidad de convertirme en un profesional. A mis hermanos, que a su manera me daban ánimos para seguir esforzándome. A mis mascotas, que me acompañaron en silencio cada noche de estudio. A mis abuelos, que me acompañan al momento de escribir estas últimas páginas. A mis compañeros, por darme una mano más de una vez en estos años de estudio y hacer todo más llevadero. A esos profesores que más que hacer una clase supieron inspirarme para continuar en esta carrera. A mis alumnos, por recordarme sin saberlo, el porque elegí este camino. Y por último a mi mismo, porque quien sabe mejor que nadie todo lo que hubo que pasar para llegar hasta acá soy yo.

Gracias totales.

Tabla de contenido

Resumen	3
Abstract	4
Capítulo I: Planteamiento del Problema	5
1.1 Contexto Astronómico Chileno y la Paradoja de la Apropiación Social	5
1.2 La Problemática en el Sistema Educativo Formal	6
1.3 El Observatorio Astronómico UMCE	6
1.4 El Rol Catalizador de la Educación No Formal y la Crisis Sanitaria	8
1.5 Formulación del Problema y Justificación de la Propuesta	9
Capítulo II: Objetivos de la Investigación	9
2.1 Pregunta de Investigación	9
2.2 Objetivo General	10
2.2.1 Objetivos específicos	10
2.2.2 Hipótesis	10
Capítulo III: Marco Teórico	12
3.1 El Contexto de Aprendizaje: Educación No Formal y Aprendizaje Situado	12
3.2 Fundamentos Didácticos de la Propuesta	13
3.2.1 Didáctica Específica de la Astronomía	13
3.2.2 Vinculación Curricular y Grandes Ideas de la Astronomía	14
3.3 Mediación Tecnológica y Diseño de la Experiencia	14
Capítulo IV: Marco Metodológico	16
4.1 Enfoque y Diseño de la Investigación	16
4.2 Contexto y Participantes	16
4.2.1 El Contexto de Estudio: Observatorio UMCE	16
4.2.2 Participantes y Usuarios Objetivos	17
4.3 Fases del Proyecto	18
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información	20
4.4.1 Instrumentos para la fase diagnóstica	20
4.4.2 Instrumentos para la fase de diseño	23
4.4.3 Pauta de validación por juicio de expertos	25
4.5 Técnicas de análisis de la información	28
4.5.1 Análisis del diagnóstico institucional	28
4.5.2 Análisis de la validación por juicio expertos	29
4.6 Consideraciones Éticas	29
Capítulo V: Presentación de Resultados y Discusión	32

5.1 Resultados de la Fase 1: Diagnóstico del Contexto No Formal	32
5.1.1 Identidad Educativa y Rol del Mediador	32
5.1.2 Brechas de Continuidad y Desafíos Estructurales	33
5.2 Resultados de la Fase 2: Presentación de la Propuesta "Astronomía Accesible"	33
5.2.1 Arquitectura Web y Microaprendizaje	33
5.2.2 Articulación Situada (Códigos QR)	36
5.2.3 Recursos Didácticos Complementarios e Integrales	38
5.2.4 Estrategia de Articulación Didáctica (Modelo Híbrido)	39
5.3 Resultados de la Fase 3: Validación por Juicio de Expertos	40
5.3.1 Idoneidad y Pertinencia Didáctica	40
5.3.2 Frecuencia de Uso y Flexibilidad	42
5.3.3 Proyección y Colaboración	43
Capítulo VI: Conclusiones y Proyecciones	44
6.1 Conclusiones Generales	44
6.2 Conclusiones respecto a los Objetivos Específicos	45
6.3 Limitaciones del Estudio	46
6.4 Proyecciones	46
Referencias Bibliográficas.	48
Anexos	52

Resumen

La presente investigación aborda la enseñanza de la astronomía en contextos no formales, identificando la necesidad de fortalecer la mediación educativa en el Observatorio Astronómico de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. El objetivo principal fue generar una propuesta pedagógica híbrida que articula recursos didácticos y tecnológicos para transformar la visita tradicional en una experiencia de aprendizaje activo. Bajo un enfoque cualitativo y utilizando la metodología de Investigación Basada en Diseño, se desarrolló la plataforma "Astronomía Accesible". Esta intervención integra estrategias de *M-Learning*, microaprendizaje y el Diseño Universal para el Aprendizaje, vinculando instrumentos físicos con contenidos digitales mediante códigos QR. La propuesta fue validada por un panel de pares expertos, cuyos resultados arrojaron una valoración de pertinencia del 90%, destacando la flexibilidad del recurso para actividades educativas puntuales. Se concluye que la articulación de tecnologías accesibles y fundamentos didácticos sólidos permite modernizar la educación no formal, proyectando al Observatorio Astronómico UMCE como un futuro centro de práctica profesional e innovación docente.

Palabras Clave: Educación no formal, Astronomía, Investigación Basada en Diseño, M-Learning, Diseño Universal para el Aprendizaje

Abstract

The present research addresses astronomy teaching in non-formal contexts, identifying the need to strengthen educational mediation at the Observatory of the Metropolitan University of Educational Sciences . The main objective was to generate a hybrid pedagogical proposal articulating didactic and technological resources to transform the traditional visit into an active learning experience. Under a qualitative approach and using Design-Based Research methodology, the "Astronomía Accesible" platform was developed. This intervention integrates M-Learning strategies, microlearning, and Universal Design for Learning, linking physical instruments with digital content through QR codes. The proposal was validated by a panel of expert peers, whose results showed a 90% pertinence rating, highlighting the resource's flexibility for specific educational activities. It is concluded that the articulation of accessible technologies and solid didactic foundations allows for the modernization of non-formal education, projecting the Observatory as a future center for professional practice and teaching innovation.

Keywords: Non-formal education, Astronomy, Design-Based Research, M-Learning, Universal Design for Learning.

Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1 Contexto Astronómico Chileno y la Paradoja de la Apropiación Social

Chile se ha consolidado en las últimas décadas como un referente mundial en la investigación astronómica. Gracias a sus condiciones geográficas y atmosféricas privilegiadas, el país alberga una infraestructura de observación terrestre de primer nivel. Según proyecciones del Ministerio de Ciencia y datos de la Sociedad Chilena de Astronomía (SOCHIAS), se estima que para la próxima década el país concentrará aproximadamente el 70% de la capacidad de observación astronómica mundial instalada (Ministerio de ciencias, 2021). Esta posición de liderazgo representa una inversión sustancial en capital científico y tecnológico, generando una ingente cantidad de conocimiento de frontera (García-Huidobro, 2018). Esta situación ofrece una oportunidad educativa inigualable para la sociedad chilena.

Sin embargo, esta ventaja estratégica presenta una notoria paradoja de la apropiación social: existe una profunda desconexión entre el desarrollo astronómico de vanguardia y la comprensión o el acceso a dicho conocimiento por parte de la ciudadanía. Diversos estudios sobre percepción pública de la ciencia muestran que, aunque haya una valoración positiva del conocimiento científico, gran parte de la población desconoce cómo se producen y desarrollan las distintas disciplinas como la astronomía (Polino y Castelfranchi, 2019). Esta brecha entre la producción de conocimiento científico y la cultura ciudadana limita el impacto social de la inversión realizada, desaprovecha una fuente de identidad nacional y dificulta la formación de pensamiento crítico en temas científico-tecnológicos (González-Triana, 2025). Esta paradoja no es meramente un déficit de información, sino una carencia estructural en la formación de una ciudadanía científica. Según la II Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología (CONICYT, 2019), aunque existe un alto interés y valoración por la astronomía en la población chilena, más del **70% de los encuestados declara sentirse "poco o nada informado"** sobre temas científicos. Esto evidencia que, mientras los grandes consorcios generan conocimiento de frontera desde suelo chileno, existe una brecha significativa de acceso que impide que el ciudadano promedio perciba los observatorios como parte de su patrimonio cultural y territorial.

1.2 La Problemática en el Sistema Educativo Formal

En el sistema educativo formal chileno, la astronomía suele quedar relegada a las últimas unidades del año escolar en la asignatura de física. Esta ubicación temporal, sumada a la presión por cubrir el currículum, frecuentemente resulta en una revisión superficial de los contenidos, impidiendo el desarrollo de un aprendizaje profundo y significativo. Frecuentemente, la enseñanza se limita a un modelo de transmisión de información enciclopédica, privilegiando la memorización de datos y definiciones por sobre la experiencia directa con el cielo.

Esta aproximación desconectada del entorno natural se ve directamente agravada por la escasa consolidación de la Didáctica de la Astronomía como disciplina en la formación inicial docente en nuestro país. Investigaciones recientes en el contexto nacional evidencian esta brecha estructural: un estudio sobre las mallas curriculares de las carreras conducentes al título de profesor de enseñanza media en Física revela que apenas un 7,69% de la muestra de universidades chilenas imparte un curso específico de didáctica de la astronomía, y en el resto no se incluye este eje directamente en sus programas formales. Como consecuencia directa de esta carencia formativa, el 80% de los profesores en formación participantes en estudios de caso indica no haber recibido instrucción didáctica en astronomía, señalando además no sentirse completamente capacitados para impartir clases de estas unidades (Muñoz Arriagada, 2025). Esta falta de preparación y de confianza en el manejo de conceptos astrofísicos lleva a los docentes a depender excesivamente del texto escolar y a evitar metodologías activas como la indagación. Así, se perpetúa un modelo de enseñanza abstracto que impide a los estudiantes desarrollar una comprensión profunda de los fenómenos celestes, contribuyendo a una visión deformada y lejana de esta ciencia en Chile.

Como consecuencia directa de estas carencias en la formación docente y la persistencia del modelo enciclopédico, los estudiantes desarrollan y mantienen concepciones alternativas profundamente arraigadas que funcionan como obstáculos para el aprendizaje científico. Investigaciones enfocadas en estudiantes de octavo básico y cuarto medio de la Región Metropolitana evidencian que el paso por la educación formal no logra erradicar estas ideas. A modo de ejemplo, un 46,3% de los estudiantes de cuarto medio aún cree que las estaciones del

año se producen exclusivamente por la variación de la distancia entre la Tierra y el Sol, y un 65% asume que durante un eclipse solar la Luna se encuentra en fase llena (Rabanales Loyola & Vanegas-Ortega, 2021).

Esta persistencia de marcos conceptuales alejados del conocimiento científico actual demuestra la urgencia de intervenir desde espacios complementarios. Es aquí donde la educación no formal, y en particular propuestas híbridas como las del Observatorio UMCE, adquieren un rol fundamental para generar el choque cognitivo necesario que permita a los visitantes reestructurar sus aprendizajes, mitigando las carencias del sistema formal.

1.3 El Observatorio Astronómico UMCE

El escenario de investigación e implementación de la propuesta es el Observatorio del Departamento de Física de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE). Esta dependencia se encuentra ubicada físicamente en el Campus Macul, específicamente en la terraza superior del edificio de la Facultad de Ciencias Básicas.

Infraestructura y Equipamiento El Observatorio cuenta con una infraestructura híbrida diseñada para la docencia y la investigación. Sus instalaciones incluyen una cúpula principal y una terraza de observación abierta, equipadas con una diversidad instrumental que abarca telescopios refractores, reflectores, Dobson, catadióptricos y digitales. Cabe destacar que todo el equipamiento posee adaptaciones para realizar observación solar segura.

Adicionalmente, el recinto dispone de una Sala de Control climatizada, la cual integra:

- Un sistema de monitoreo multipantalla para la visualización del cielo nocturno en diferentes latitudes de Chile.
- Una estación de espectrografía para el análisis de la luz.
- Un laboratorio de fabricación digital con impresoras 3D.
- Infraestructura para el manejo remoto, compuesta por computadores de escritorio, notebooks y microcomputadores (Raspberry Pi) integrados en las monturas de los telescopios, permitiendo su operación a distancia.

Dinámica Educativa y Vinculación con el Medio El Observatorio funciona bajo un modelo dual de "Laboratorio Docente" y "Centro de Divulgación":

1. **Formación Académica:** Es el espacio curricular para las asignaturas de la Mención en Astronomía, así como sede de talleres, diplomados para docentes externos y actividades prácticas de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Básicas (prácticas intermedias y profesionales).
2. **Extensión y Vinculación:** Mantiene una agenda activa de visitas guiadas para establecimientos educacionales de enseñanza básica y media. Estas actividades incluyen observaciones solares y nocturnas vinculadas a efemérides científicas (Día de la Astronomía, Día del Asteroide, Solsticios) y eventos culturales masivos como la "Noche de Museos".

El Recurso Humano y la Situación Pre-Intervención La mediación educativa es realizada principalmente por estudiantes de la Mención en Astronomía en formación, apoyados por docentes voluntarios.

Antes de la implementación de la presente propuesta ("Astronomía Accesible"), el modelo de visita carecía de soporte digital. No existía una página web ni material gráfico complementario; la dinámica se limitaba exclusivamente a la explicación oral del guía y a la observación directa por ocular, lo que genera tiempos muertos (filas de espera) donde los visitantes carecían de estímulos educativos, limitando el potencial pedagógico de la experiencia.

1.4 El Rol Catalizador de la Educación No Formal y la Crisis Sanitaria

En este escenario de déficit, los espacios de educación no formal (ENF), como museos, planetarios y, fundamentalmente, los observatorios pedagógicos, adquieren un rol crucial como agentes educativos clave. El Observatorio Astronómico UMCE (OA-UMCE) se encuentra en una posición estratégica, no solo para la divulgación al público general, sino también para la formación práctica de futuros profesores de Ciencias Básicas, quienes serán los agentes multiplicadores de una enseñanza de la astronomía renovada en el futuro.

La necesidad de esta tesina se vio catalizada por la crisis sanitaria global iniciada en 2020. El cierre de observatorios al público presencial obligó a una reinversión acelerada en estrategias de divulgación digital (Berríos-Riquelme et al., 2021). Este período de contingencia demostró la capacidad de las instituciones científicas para migrar contenidos a plataformas digitales, ofreciendo observaciones en vivo, charlas y recursos virtuales (Malaver-Mendoza et al., 2021).

La principal lección de este proceso es que el futuro de la educación no formal en astronomía parece ser híbrido. La experiencia presencial en el observatorio sigue siendo insustituible para generar asombro y una conexión emocional directa con el cosmos, pero los recursos digitales han demostrado ser herramientas invaluable para:

- Preparar la Visita (Pre-visita): Ofrecer material contextual a través de una página web para que los visitantes lleguen al observatorio con conocimientos previos.
- Extender el Aprendizaje (Post-visita): Proveer recursos y actividades adicionales para que el interés generado durante la visita pueda profundizarse en el tiempo.

En este ecosistema, el OA-UMCE posee una identidad distintiva: no es solo un centro de divulgación, es un laboratorio de formación docente. Su misión trasciende la mera observación recreativa; debe modelar las buenas prácticas pedagógicas que los futuros profesores replicarán en sus aulas. Por tanto, si la educación moderna exige competencias digitales y modelos híbridos, el Observatorio debe ser pionero en implementar estas tecnologías, no solo para atender al público, sino para alfabetizar digitalmente a los profesores en formación.

1.5 Formulación del Problema y Justificación de la Propuesta

A pesar de la infraestructura científica de Chile, la enseñanza de la astronomía enfrenta barreras de accesibilidad y metodología tanto en el contexto formal como en el no formal. La limitación del modelo expositivo tradicional en el OA-UMCE desaprovecha su potencial para generar aprendizaje significativo y para formar a futuros educadores con herramientas didácticas innovadoras.

La presente tesina aborda esta problemática de la brecha entre ciencia de élite y educación popular, planteando la necesidad de crear un puente digital y pedagógico entre el potencial educativo del OA-UMCE y sus usuarios.

Se propone la generación de una propuesta pedagógica, materializada en una página web, que articule recursos didácticos, tecnológicos y pedagógicos para la enseñanza de la astronomía en este contexto no formal. El fin último de esta intervención es ofrecer un repositorio de actividades y recursos prácticos, validados y alineados con el currículum, que brinden soporte tanto a los profesores (en formación y en ejercicio) como al público general, facilitando una comprensión más activa, significativa y accesible del cosmos. Esta propuesta se justifica por su potencial para superar las limitaciones metodológicas y geográficas actuales, haciendo de la astronomía en Chile un patrimonio realmente abierto a la ciudadanía.

Capítulo II: Objetivos de la Investigación

2.1 Pregunta de Investigación

¿De qué manera la articulación de recursos didácticos y tecnológicos, integrados en una propuesta de mediación híbrida, fortalece el aprendizaje significativo y la valoración de la astronomía en los visitantes del OA-UMCE?

2.2 Objetivo General

Generar una propuesta didáctico-tecnológica para la enseñanza de la astronomía en el OA-UMCE, con el fin de contribuir al fomento de la cultura astronómica y la apropiación social de la ciencia en el contexto educativo no formal.

2.2.1 Objetivos específicos.

1. Identificar brechas y oportunidades de innovación didáctica en las estrategias de enseñanza utilizadas actualmente en contextos de educación no formal, tales como observatorios y museos.
2. Diseñar una propuesta pedagógica para el OA-UMCE que articule recursos didácticos, tecnológicos y disciplinares, orientada a promover un aprendizaje autónomo y significativo en los visitantes.
3. Validar la pertinencia didáctica, la calidad disciplinar y la usabilidad de la propuesta diseñada, mediante el juicio de pares expertos en enseñanza de la astronomía y educación no formal.

2.2.2 Hipótesis

La articulación de recursos didácticos basados en la indagación y la Naturaleza de la Ciencia (NdC), integrados con herramientas tecnológicas y principios del Aprendizaje Situado, permitirá superar las limitaciones del modelo expositivo tradicional. Se sostiene que esta propuesta híbrida, materializada bajo los criterios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), fortalecerá significativamente la autonomía, la accesibilidad y la apropiación conceptual de la astronomía en los visitantes del contexto no formal del OA-UMCE.

Capítulo III: Marco Teórico

Para sustentar el diseño de la propuesta pedagógica, este capítulo articula un conjunto de teorías y modelos que explican cómo ocurre el aprendizaje en entornos no formales. El análisis se centra en cómo este proceso puede ser potenciado mediante una didáctica específica de la astronomía y una mediación tecnológica situada.

3.1 El Contexto de Aprendizaje: Educación No Formal y Aprendizaje Situado

Esta investigación se sitúa en un escenario que desborda los límites del aula tradicional: el OA-UMCE. Este entorno se comprende aquí como un espacio de ENF, cuyo foco reside en la divulgación y la alfabetización científica. A diferencia de la rigidez curricular de la educación formal o del carácter espontáneo de la informal, la particularidad esencial de la ENF es su flexibilidad y adaptabilidad a los distintos contextos sociales (Chacón-Ortiz, 2015).

El OA-UMCE aprovecha un elemento clave: la participación voluntaria. Los espacios de ciencia no formales, como museos, planetarios y observatorios, se configuran como entornos de libre elección del aprendizaje, en los que las personas deciden de manera autónoma cómo y en que interactuar, siendo el interés y motivación personal, los principales motores del aprendizaje (Álvarez, 2021). Paralelamente estos espacios cumplen una función social relevante al favorecer procesos de apropiación del conocimiento científico y fortaleciendo la relación entre ciencia y sociedad, lo que contribuye al desarrollo de capacidades para una participación social informada en contextos socio-científicos (Álvarez, 2021).

El pilar teórico que articula la práctica pedagógica en este contexto es el aprendizaje situado. Basándonos en Cid-García y Marcillo (2023), se postula que el aprendizaje y el conocimiento son inseparables del contexto donde se producen; no son una adquisición abstracta, sino una práctica social. En el OA-UMCE, los participantes no aprenden sobre astronomía de forma descontextualizada, sino que aprenden haciendo astronomía, involucrándose en prácticas auténticas de observación y análisis.

3.2 Fundamentos Didácticos de la Propuesta

Esta sección aborda el "qué" y el "cómo" de la intervención pedagógica, justificando las decisiones de diseño desde la didáctica específica de las ciencias experimentales.

3.2.1 Didáctica Específica de la Astronomía

Enseñar astronomía, y particularmente la física óptica que la sustenta, conlleva un desafío cognitivo mayor debido a la inmensidad de las escalas espaciales y al alto nivel de abstracción de sus fenómenos, pues estudios revelan que en la enseñanza y aprendizaje de la astronomía se muestran las dificultades que tienen los estudiantes para relacionar información teórica con lo que experimentan en el mundo que los rodea (Karaseur, 2021). Al respecto, Espinoza (2007) sostiene que la didáctica de la astronomía requiere un tratamiento diferenciado que permita modelar el espacio y el tiempo, facilitando así una aproximación progresiva a estos conceptos complejos. Para hacer frente a este desafío, la propuesta se cimenta sobre tres pilares didácticos fundamentales:

Trabajo con Ideas Previas (Cambio Conceptual): "Tal como señala la literatura especializada en didáctica de la astronomía, los estudiantes no llegan al observatorio como una 'tabla rasa'. Diversos estudios han demostrado que los individuos construyen modelos mentales alternativos y concepciones previas sobre el cosmos a partir de su experiencia cotidiana (Blanco-Chamorro, 2023). Estas concepciones, que abarcan fenómenos como la forma de la Tierra o el ciclo día-noche, suelen estar fuertemente arraigadas y resultan ser altamente resistentes al cambio conceptual tradicional. Como advierte González-Triana (2025), pasar por alto estas concepciones impide lograr un aprendizaje profundo y una verdadera alfabetización científica. Por esta razón, la propuesta busca deliberadamente sacar a la luz estas ideas intuitivas. El objetivo es provocar un conflicto cognitivo que, mediante la contrastación de evidencias, permita al estudiante reestructurar su pensamiento hacia modelos científicos más sólidos.

Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (NdC): La alfabetización científica actual no puede limitarse a enseñar la ciencia como un conjunto de verdades acabadas; debe presentarse

como una actividad humana, dinámica y en construcción (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016). Este enfoque se alinea con exitosas experiencias internacionales en didáctica de la astronomía. Proyectos como el *National Schools' Observatory* (NSO) en el Reino Unido y el programa *Global Hands-On Universe* (GHOU) en Estados Unidos y Europa, han demostrado el impacto positivo de involucrar a los estudiantes en el uso de telescopios robóticos y bases de datos reales para acercarlos al auténtico quehacer científico (Gómez y Fitzgerald, 2017). Siguiendo esta línea, y adaptándolo a nuestro contexto local, los recursos del OA-UMCE no muestran el telescopio simplemente como un "objeto" técnico. Se busca modelar la práctica científica real —desde la calibración y recolección de luz hasta el manejo de datos— para evidenciar cómo se construye efectivamente el conocimiento astronómico.

Alfabetización Visual y Pensamiento Espacial: La astronomía exige una alta capacidad visoespacial para alternar entre la perspectiva del observador (topocéntrica) y la realidad física del espacio (cosmocéntrica). Al respecto, Pérez Miguel (2017) sostiene que la experimentación es una estrategia didáctica fundamental para desarrollar la abstracción y el pensamiento simbólico, permitiendo a los estudiantes superar la barrera de lo concreto. En sintonía con esto, la plataforma web integra simulaciones y apoyos visuales que funcionan como un andamiaje cognitivo, facilitando la visualización de fenómenos que escapan a la percepción directa.

3.2.2 Vinculación Curricular y Grandes Ideas de la Astronomía

Para asegurar su pertinencia, la propuesta dialoga directamente con las Bases Curriculares nacionales (MINEDUC, 2019), específicamente con los Objetivos de Aprendizaje (OA) de Física relativos a la óptica y la investigación astronómica, específicamente los CN1M OA 11 y CN1M OA 16 en Primero medio y los referentes sobre cosmovisión y leyes de Kepler y gravitación universal de Newton como lo son el CN2M OA 13 y CN2M OA 14 en Segundo medio. Sin embargo en la enseñanza tradicional, estos objetivos suelen abordarse de forma descontextualizada o cortada. Esta fragmentación del conocimiento provoca que el estudiante perciba la astronomía como un listado de datos aislados, para evitar esto se ha integrado el marco de las Grandes Ideas de la Astronomía Sin embargo en la enseñanza tradicional, estos

objetivos suelen abordarse de forma descontextualizada o cortada. Esta fragmentación del conocimiento provoca que el estudiante perciba la astronomía como un listado de datos aislados, para evitar esto se ha integrado el marco de las Grandes Ideas de la Astronomía lejos de funcionar como una simple clasificación temática, las Grandes Ideas juegan un rol arquitectónico en la propuesta: actúan como el hilo conductor que da sentido a la experiencia educativa. El marco de las Grandes Ideas de la Astronomía se concibe explícitamente como una propuesta para la alfabetización en astronomía, orientada a organizar el conocimiento en torno a ideas fundamentales que permiten comprender los fenómenos astronómicos de manera integrada, evitando su presentación fragmentada o aislada (Retrê et al., 2020). En este sentido, estas ideas no operan como un índice de contenidos, sino como estructuras conceptuales que orientan la selección, conexión y jerarquización de los conceptos, favoreciendo una comprensión sistémica del Universo. De este modo, funcionan como un marco epistemológico que permite al usuario interpretar cada fenómeno no como un hecho independiente, sino como parte de una estructura global coherente del universo.

3.3 Mediación Tecnológica y Diseño de la Experiencia

Definir el "cómo" se accede al conocimiento en un entorno físico es tan crítico como definir el contenido mismo. En esta propuesta, la tecnología deja de ser un mero accesorio administrativo para convertirse en el andamiaje estructural que permite transformar una visita pasiva en una experiencia híbrida y autónoma. Esta decisión no es azarosa; responde directamente a la urgencia, detectada en el diagnóstico, de emancipar al visitante de la dependencia exclusiva del guía presencial (Berríos-Riquelme et al., 2021). A continuación, se argumenta cómo la simbiosis entre las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) y el Diseño Universal para el Aprendizaje configura una intervención pedagógicamente robusta.

El aprendizaje Móvil (M-Learning) se entiende como la utilización educativa de dispositivos móviles para facilitar la interacción y el acceso a contenidos de aprendizaje tanto dentro como fuera del aula, promoviendo procesos formativos que trascienden los límites espacio-temporales de la educación tradicional (Chiappe-Laverde & Paz-Balanta, 2021). Al capitalizar el dispositivo personal del visitante —un recurso que ya posee y domina— se

derriban barreras de entrada tecnológicas. Sin embargo, el dispositivo por sí solo es inerte; requiere un anclaje al mundo físico. Es aquí donde los Códigos QR operan tácticamente como nodos de conexión situados. Su función es vincular la teoría con la práctica de manera inmediata: la información se despliega justo cuando el usuario tiene el instrumento frente a sus ojos. Como bien señala García-Huidobro (2018), esto permite que la tecnología actúe como una extensión de la mirada científica, entregando la información precisa sin interrumpir la inmersión en el entorno real.

Ahora bien, en un contexto de educación no formal caracterizado por visitas breves, la gestión de la atención es vital. Por ello, hemos descartado los textos académicos extensos en favor de una estrategia de Microaprendizaje. Fragmentar el conocimiento en "cápsulas" breves y focalizadas permite gestionar la carga cognitiva del visitante, evitando la fatiga mental (Bravo Quezada, 2025). Esta modularidad otorga al usuario el control total de su recorrido, validando los principios del Conectivismo (Siemens, 2005): el aprendizaje moderno depende de la habilidad del sujeto para navegar y conectar nodos de información según su propio interés.

Finalmente, ninguna de estas innovaciones tendría valor ético si no garantizaran el acceso equitativo. La propuesta se rige por el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), no como una lista de verificación técnica, sino como una filosofía de inclusión. Entendiendo que la variabilidad de los visitantes es la norma, la plataforma diversifica deliberadamente los formatos de entrega. Se rompe la hegemonía del texto escrito integrando apoyos audiovisuales para quienes procesan mejor visualmente, y se ofrecen múltiples vías de participación que van desde la navegación digital autónoma hasta la manipulación física de los instrumentos (Alba Pastor, 2019).

En definitiva, la integración de estas herramientas trasciende el afán tecnocrático. Se trata de una búsqueda de justicia educativa: al digitalizar la mediación y diversificar los accesos, democratizamos el conocimiento astronómico, permitiendo que cualquier persona pueda construir una experiencia significativa sin depender de la disponibilidad limitada de un experto humano.

Capítulo IV: Marco Metodológico

4.1 Enfoque y Diseño de la Investigación

La presente investigación se adscribe a un paradigma cualitativo, dado que su propósito es comprender en profundidad las dinámicas de enseñanza-aprendizaje en un contexto específico y situado, como lo es el OA-UMCE.

Dentro de este enfoque, el diseño metodológico adoptado es la Investigación Basada en Diseño (IBD) (Design-Based Research). Según Wang y Hannafin (2005), la IBD se define como "una metodología sistemática pero flexible destinada a mejorar las prácticas educativas a través del análisis iterativo, el diseño, el desarrollo y la implementación, basados en la colaboración entre investigadores y profesionales en entornos del mundo real" (p. 6).

A diferencia de la investigación experimental tradicional, la IBD se caracteriza por ser pragmática y orientada a prácticas reales. Su objetivo es abordar y resolver problemas educativos complejos mediante la creación de intervenciones fundamentadas teóricamente, que se implementan, analizan y reformulan reiterativamente en contextos reales para comprender y mejorar las prácticas educativas (Coicaud, 2021). En el contexto de este estudio, dicha intervención se materializa en el diseño y articulación de la plataforma web "Astronomía Accesible", abordando el primer ciclo del proceso metodológico: diagnóstico, diseño del prototipo y validación inicial.

4.2 Contexto y Participantes

La IBD exige una caracterización precisa del entorno natural donde se implementará la intervención pedagógica. A continuación, se describe el escenario físico-institucional y los actores involucrados en el ecosistema educativo del estudio.

4.2.1 El Contexto de Estudio: Observatorio UMCE

El contexto de la investigación es el OA-UMCE. Esta dependencia no se define meramente como una instalación técnica de observación astronómica, sino que se conceptualiza institucionalmente como un **laboratorio docente y un centro de vinculación con el medio**.

Su existencia se justifica a través de un doble propósito educativo que articula la misión de la universidad:

- **Centro de Práctica Docente:** Funciona como un espacio de formación profesional para los estudiantes de la Facultad de Ciencias Básicas (FCB). En este entorno, los futuros docentes transitan desde la teoría hacia la práctica, enfrentándose a desafíos pedagógicos reales fuera del aula tradicional.
- **Espacio de Divulgación Científica:** Opera como una plataforma de educación no formal abierta a la comunidad escolar y al público general, democratizando el acceso al conocimiento astronómico y fomentando la cultura científica en la ciudadanía.

4.2.2 Participantes y Usuarios Objetivos

Dada la naturaleza dual del OA-UMCE, la propuesta pedagógica está dirigida a dos grupos de usuarios objetivos claramente diferenciados, cuyas interacciones definen la dinámica educativa del recinto:

A. Estudiantes de Pedagogía en Física (Monitores/Mediadores) Este grupo está compuesto por los estudiantes del Departamento de Física de la UMCE que utilizan el observatorio como centro de práctica. Su rol es activo y fundamental: actúan como mediadores entre el conocimiento científico y el público visitante. Para ellos, el OA-UMCE es una instancia crítica de formación inicial docente donde desarrollan competencias profesionales clave, tales como:

- **Manejo de Grupos:** Gestión de dinámicas de aprendizaje con audiencias heterogéneas en un ambiente no formal.

- **Transposición Didáctica:** Adaptación de contenidos complejos de física y astronomía a un lenguaje accesible.
- **Uso de Instrumentación:** Dominio técnico de los equipos de observación.

B. Comunidades Escolares y Público General Visitante Este grupo abarca a los estudiantes de enseñanza básica y media, así como a sus profesores acompañantes, que asisten al Observatorio en el marco de salidas pedagógicas. Asimismo, incluye a la comunidad local vecina y a estudiantes de instituciones de educación superior aledañas al eje Macul-Grecia (tales como la Universidad de Chile y UTEM), quienes participan de la oferta de educación no formal de forma vivencial y voluntaria.

4.3 Fases del Proyecto

En coherencia con el diseño metodológico adoptado, el desarrollo de la investigación se estructura en tres fases operativas secuenciales. Cada una de estas etapas responde directamente a los objetivos específicos planteados, permitiendo transitar desde la indagación teórica y contextual hacia la construcción y validación de la propuesta pedagógica.

Fase 1: Diagnóstico y Fundamentación del Contexto No Formal

Esta fase inicial tiene un carácter exploratorio y descriptivo. Su propósito es establecer una línea base sobre el estado actual de la enseñanza de la astronomía en Chile, identificando tanto las prácticas exitosas como las carencias metodológicas que justifican la intervención.

Las acciones principales de esta fase son:

- **Revisión Bibliográfica Especializada:** Se profundiza en el análisis documental sobre modelos educativos en espacios no formales (museos, planetarios y observatorios), así como en estrategias de didáctica de la astronomía y el uso de TICs post-pandemia. Esto permite construir el marco teórico que sustenta la propuesta.

- **Sondeo Diagnóstico a Instituciones:** Para complementar la teoría con datos empíricos, se aplica un cuestionario digital breve a encargados de educación de diversos centros de divulgación astronómica en el país. Este instrumento indaga sobre sus estrategias didácticas predominantes, el uso de tecnologías y las medidas de accesibilidad DUA implementadas. El objetivo es detectar brechas, como la falta de continuidad en el aprendizaje (pre y post visita) o la predominancia de modelos meramente expositivos.

Fase 2: Diseño y Articulación de la Propuesta "Astronomía Accesible"

Esta fase constituye el núcleo constructivo de la investigación, correspondiente a la etapa de "diseño y desarrollo" propia de la IBD. Aquí se materializa la articulación de los recursos didácticos, tecnológicos y pedagógicos.

El procedimiento se lleva a cabo mediante los siguientes pasos:

1. **Recopilación y Selección de Contenidos:** La base didáctica de la propuesta se obtiene de las planificaciones y recursos desarrollados en los portafolios de práctica profesional de los investigadores. Se realizó una curaduría de este material, seleccionando aquellas actividades que poseen mayor pertinencia curricular y potencial para el entorno del OA-UMCE.
2. **Adaptación Didáctica y Curricular:** Los contenidos seleccionados se reestructuraron bajo los pilares del Marco Teórico.
 - Se alinean con las Grandes Ideas de la Astronomía (GIA) para asegurar la cohesión conceptual.
 - Se transforman de explicaciones teóricas a desafíos de indagación, promoviendo la actividad del estudiante.
 - Se diseñan considerando el Modelo de Cambio Conceptual para abordar ideas previas frecuentes.

3. **Implementación Tecnológica y Diseño Universal:** Se procedió al montaje de la plataforma web piloto.

- La información se segmenta en cápsulas de microaprendizaje (breves y focalizadas).
- Se generan los códigos QR que vinculan los instrumentos físicos del observatorio con el contenido digital.
- Se aplican los principios del DUA, asegurando múltiples formas de representación (texto, imagen, vídeo) y una navegación intuitiva que derriba barreras de acceso a la información.

Fase 3: Validación por Juicio de Expertos

La fase final se centra en la evaluación de la calidad y pertinencia de la propuesta diseñada antes de su implementación masiva. Dado el carácter de proyecto piloto, se utiliza la técnica de Juicio de Expertos.

Las acciones de esta etapa son:

- **Selección del Panel de Expertos:** Se convoca a un grupo de profesionales con trayectoria en áreas clave: didáctica de la física/astronomía, docencia escolar y divulgación científica. Este grupo incluye tanto a académicos universitarios como a profesores de aula que son potenciales usuarios del recurso.
- **Diseño y Aplicación del Instrumento de Validación:** Diseño y Aplicación del Instrumento de Validación: Se elabora y envía un cuestionario de validación (ver Anexo 2) que permite a los expertos explorar el sitio web y entregar sus apreciaciones y sugerencias en torno a aspectos fundamentales del diseño: la calidad de la información científica, la usabilidad tecnológica de la plataforma, la pertinencia didáctica para el contexto escolar y la accesibilidad. Este instrumento, de carácter más abierto, buscó recopilar retroalimentación cualitativa para la mejora continua del prototipo.

- **Análisis de Retroalimentación:** Se recopilan y sistematizan las valoraciones y comentarios cualitativos de los expertos. Esta información permite determinar si la propuesta cumple con el objetivo de fortalecer la enseñanza y define las directrices para futuras mejoras del recurso.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos y ejecutar las fases anteriormente descritas, esta investigación utiliza un conjunto de técnicas e instrumentos de recolección de datos, cada uno diferenciado según la fase del estudio.

4.4.1 Instrumentos para la fase diagnóstica

Para indagar sobre los procesos de enseñanza - aprendizaje en contextos no formales se utilizó la encuesta como técnica principal de recolección de datos. Esta se puede definir como una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos del que se pretende explorar, describir predecir y/o explicar una serie de características (Casas Anguita et al., 2003).

Dado el carácter exploratorio de esta fase diagnóstica, y la necesidad de conocer en profundidad las estrategias pedagógicas de diversas instituciones, se optó por un diseño basado principalmente en preguntas abiertas, este uso es indispensable cuando se trata de explorar y profundizar un tema poco conocido, a diferencia de las preguntas cerradas, esta modalidad no obliga a escoger entre un conjunto fijo de alternativas, permitiendo la recolección de “información espontánea” que incluye opiniones, explicaciones y justificaciones detalladas (Rincón Gomez, 2014). Esto es vital para evitar sesgar la información con respuestas preestablecidas, y obtener una mayor variedad de respuestas, enriqueciendo el informe con las distintas perspectivas de los encuestados, ya que esto servirá para estructurar y poner los pies en la tierra para la instalación de un futuro observatorio

astronómico pedagógico. Si bien un instrumento de naturaleza mixta o cuantitativa habría permitido un mayor volumen de recolección de datos estructurados, en esta fase se prioriza el enfoque cualitativo mediante preguntas abiertas. Esta elección se fundamenta en el carácter exploratorio y fundacional del proyecto. Al tratarse de los primeros pasos para la instalación y articulación de un futuro observatorio astronómico pedagógico, el objetivo central no era medir frecuencias masivas, sino capturar la profundidad, los matices y la riqueza de las valoraciones de los participantes (Hernández-Sampieri et al., 2014). Las respuestas abiertas entregaron la flexibilidad necesaria para 'poner los pies en la tierra', identificando necesidades reales y sentando las bases estructurales que orientarán las futuras implementaciones masivas del observatorio.

- **Instrumento:** Encuesta de recopilación de información sobre estrategias didácticas en la astronomía no formal. El instrumento es el cuestionario, entendido como el documento que recoge de forma organizada los indicadores de las variables implicadas.

Para asegurar que el diagnóstico sea integral y responda a los objetivos de investigación, se ha estructurado el cuestionario en torno a ejes temáticos que permiten desglosar la realidad de la educación no formal. Esta organización facilita el análisis de las instituciones, sus metodologías aplicadas y procesos de formación.

La figura 1 detalla lo correspondiente a las dimensiones de análisis, ítems diseñados y el propósito específico de cada una de estas.

Dimensión de Análisis	Ítems del Cuestionario	Propósito en la Tesis
I. Identidad y Propuesta de Valor	1 y 2	Determinar los factores de atracción y la misión educativa que hacen sostenible la oferta de divulgación.
II. Modelos y Estrategias Didácticas	3	Identificar los enfoques pedagógicos y las metodologías activas transferibles al OA-UMCE.
III. El Mediador y su Formación	4	Conocer el proceso de capacitación del equipo humano para diseñar el plan formativo de los estudiantes de Pedagogía en Física.
IV. Gestión, Evaluación y Mejora Continua	5, 6 y 7	Recopilar los desafíos y las innovaciones, aportando un diagnóstico de viabilidad y mejora para la propuesta.

Figura 1. Estructura y dimensiones del cuestionario de diagnóstico institucional para la astronomía no formal. Elaboración propia.

Esta tabla asegura que el diagnóstico no se limite a una descripción superficial, sino que proporcione la base empírica necesaria para justificar el diseño de la plataforma en la siguiente fase de la investigación.

4.4.2 Instrumentos para la fase de diseño

Para materializar el segundo objetivo específico, se empleó un diseño de Recursos Didácticos Digitales. Esta fase operativa corresponde a la etapa de “Diseño y Articulación” descrita anteriormente en el Marco Metodológico, donde se transforman los lineamientos teóricos en productos educativos concretos.

A diferencia de la fase anterior que buscaba recopilar información, esta etapa implica la creación de nuevo material adaptado a las características del aprendizaje no formal y mediado por tecnologías. Para ello, se utilizan instrumentos de diseño específicos para cada tipo de recurso:

A. Para la creación del Entorno Web: La página web, alojada en Google Sites, no se concibe como un repositorio estático, sino como una herramienta de M-Learning. Su estructura se diseñó para funcionar como el eje articulador entre las visitas presenciales y el contenido digital adicional.

- **Instrumento:** Página web. Se diseñó una arquitectura que organiza los contenidos bajo los principios del DUA. Este instrumento dispone de múltiples formas de representación como texto, video o imágenes, junto con una navegación intuitiva para usuarios no expertos en las tecnologías.

B. Para la creación de Cápsulas Audiovisuales: La producción de videos educativos se fundamenta en la estrategia de Microaprendizajes, la cual se define como una perspectiva de aprendizaje orientado a la fragmentación de contenidos didácticos, de duración corta, para poder visualizar en cualquier momento y lugar (Salinas & Marín, 2014), asimismo los formatos audiovisuales disponibles cumplen con esta condición, pues tienen corta duración, y están disponibles en cualquier momento para su reproducción. El microlearning permite focalizar la atención y minimizar la carga cognitiva del estudiante, facilitando la retención de información mediante segmentos dosificados (García-Mendoza & Corral-Joza, 2021).

- **Instrumento:** Guión Técnico-Pedagógico de cápsulas. Cada video tiene una estructura que define:

- i. **Objetivo de aprendizaje:** Vinculado a los distintos ámbitos de la práctica astronómica (telescopios, cuerpos celestes, eventos astronómicos, etc.).
- ii. **Narrativa:** Explicación del concepto adaptando el contenido al nivel necesario.
- iii. **Elemento visual:** Definición de las imágenes de apoyo, o demostraciones prácticas con los instrumentos del observatorio.

C. Para la creación de Material Didáctico Complementario: El diseño de guías de trabajo se fundamenta en la necesidad de estructurar la visita al observatorio para ir más allá de sólo una contemplación pasiva. Para que una salida de campo sea una experiencia de aprendizaje significativa y no sólo lúdica, debe estar mediada por actividades didácticas estructuradas (Aguilera, 2018). Estas guías actúan como el instrumento articulador que permite al estudiante focalizar su atención, recolectar evidencias y conectar sus conocimientos previos con lo observado en la visita.

- **Instrumento:** Diseño de actividades para salidas educativas. Este diseño establece que cada guía o actividad debe cumplir con una secuencia funcional que garantice el aprovechamiento didáctico de la visita
 - i. **Actividades de preparación:** Incluye apartados introductorios diseñados para activar las ideas previas y explicar el objetivo de la visita.
 - ii. **Actividades de interacción:** Se diseña en base al objetivo de la visita, para obligar al visitante a interactuar con los instrumentos o el entorno, transformando al estudiante de un espectador pasivo a un sujeto activo en la recolección de datos.
 - iii. **Actividades de cierre:** Se proponen tareas de cierre que invitan a la síntesis y a la consulta de los recursos digitales disponibles, permitiendo

consolidar lo observado y facilitar la transferencia del conocimiento al contexto escolar o cotidiano

El diseño de cada recurso sigue un flujo de trabajo que parte de la identificación del objetivo de la visita. Posteriormente, se redacta el contenido de la guía siguiendo la secuencia lógica (antes, durante y después) y se vincula con la plataforma digital y su contenido visual, usando códigos QR.

Cabe destacar que la propuesta de articulación didáctica presentada (ver Anexo 4) no pretende constituirse como un material complementario exhaustivo o definitivo. En coherencia con la primera fase de la Metodología de Investigación Basada en Diseño (IBD), este documento opera como un prototipo funcional o 'prueba de concepto'. En la IBD, el diseño inicial de recursos para la enseñanza de las ciencias no busca ser un producto final inmediato, sino una primera iteración teórica que forzosamente debe ser implementada, analizada y ajustada en un contexto de aula real (Guisasola, Ametller y Zuza, 2021). Por lo tanto, su objetivo en esta etapa es ejemplificar el engranaje inicial entre el currículum formal y los recursos del Observatorio UMCE, sentando las bases estructurales para que, en futuros ciclos iterativos, este material sea desarrollado en su totalidad y validado empíricamente con los estudiantes.

4.4.3 Pauta de validación por juicio de expertos:

Para dar cumplimiento al Objetivo Específico 3, referido a la validación de la propuesta, se diseñó un instrumento dirigido a pares expertos. En el contexto de esta investigación, se define como "par experto" a docentes de física, ciencias naturales y educadores no formales, quienes poseen la experiencia práctica para juzgar la utilidad y aplicabilidad de los recursos diseñados.

El instrumento es un cuestionario mixto que combina preguntas de selección múltiple, escalas de valoración y preguntas abiertas. Su propósito es validar si la propuesta web "Astronomía Accesible" responde a las necesidades reales del aula y del contexto no formal.

El juicio de expertos es la técnica por excelencia que se usa para establecer la validez de contenido de un instrumento o propuesta. Su uso se justifica en la necesidad de someter el

instrumentos la valoración crítica de especialistas en la materia para verificar su claridad y coherencia antes de su implementación (González et al., 2021)

Para asegurar una evaluación exhaustiva, el cuestionario se ha estructurado en torno a cuatro dimensiones estratégicas que permiten recoger tanto el perfil técnico del evaluador como su percepción sobre la utilidad práctica del recurso. Esta organización facilita la sistematización de las respuestas y la posterior triangulación de los datos para la mejora del prototipo.

La figura 2 muestra los detalles de la validación, especificando los objetivos de cada ítem y las preguntas diseñadas para medir la pertinencia y usabilidad de la plataforma.

Dimensión	Objetivo Específico del Ítem	N.º	Pregunta
1. Caracterización del Perfil del Validador	Contextualizar la experiencia previa del docente para ponderar sus respuestas según su trayectoria.	1	¿Ha trabajado previamente temas de astronomía en su institución educativa u organización?
		2	En ese caso, ¿qué nivel(es) educativo(s) ha atendido?

2. Necesidades y Preferencias de Recursos <i>(Validación de la Articulación)</i>	Confirmar la alineación entre los formatos propuestos (web, cápsulas) y la necesidad real docente.	3	¿Qué tipo de recurso del Observatorio sería más útil para su práctica educativa?
		7	¿Qué temáticas astronómicas le gustaría que cubrieran los recursos del Observatorio UMCE?
		8	¿Qué formato de recurso considera más accesible o práctico para usted?
3. Contexto de Implementación y Barreras	Validar el planteamiento del problema y evaluar la frecuencia de uso potencial.	4	¿Con qué frecuencia considera que podría utilizar estos recursos con sus estudiantes o participantes?
		5	¿Qué tan importante considera que es integrar contenidos de astronomía en la formación científica de sus estudiantes?
		6	¿Cuáles cree que son las principales barreras para implementar actividades de astronomía en su contexto educativo?

4. Proyección y Retroalimentación del Piloto	Recoger opiniones cualitativas sobre el sitio web y evaluar vinculación futura.	9	¿Estaría interesado/a en colaborar con el Observatorio UMCE en actividades de divulgación o docencia astronómica?
		10	Comentarios o sugerencias adicionales para mejorar los recursos de la página web piloto.

Figura 2. Estructura pauta de validación por juicio de expertos. Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior el instrumento no solo busca validar la calidad científica del contenido, sino que también identificar las posibles barreras de implementación dentro del aula. Los resultados derivados de esta pauta permitirán determinar si la propuesta cumple con el objetivo de fortalecer la enseñanza y definir las directrices para futuras iteraciones del recurso.

4.5 Técnicas de análisis de la información

En coherencia con el diseño de IBD, el presente estudio adoptó una estrategia de análisis **mixta** (cuali-cuantitativa). Si bien la investigación posee un fuerte enfoque en lo cualitativo en las etapas de diagnóstico y construcción, la fase de validación sí necesita integrar métodos cuantitativos para medir con precisión el consenso de expertos.

Esta combinación de metodologías permite fortalecer los hallazgos mediante una **triangulación de datos**, utilizando la interpretación de los textos, así como la estadística descriptiva de los valores obtenidos.

El procedimiento de análisis se diferencia según la fase del proyecto:

4.5.1 Análisis del diagnóstico institucional

Para procesar las respuestas narrativas provenientes del Cuestionario de Diagnóstico (Google Forms), se aplica un procedimiento de **codificación inductiva**. El objetivo es caracterizar el estado del arte de la educación no formal a partir de las experiencias declaradas por las instituciones.

El flujo de análisis consta de tres etapas:

1. **Reducción de Datos:** Se realizó una lectura flotante de todas las respuestas para obtener una visión general, seguida de una segmentación del texto en "unidades de significado" (frases o párrafos que contienen una idea central sobre metodologías, desafíos o innovaciones).
2. **Codificación Abierta:** A cada unidad de significado se le asignó un código o etiqueta que resume su contenido (ej. "Falta de capacitación", "Uso de Apps", "Aprendizaje pasivo").
3. **Categorización:** Los códigos se agruparon en categorías mayores que permiten explicar la realidad observada. Se busca identificar **patrones de coincidencia** (prácticas que se repiten en varias instituciones) y **puntos de tensión** (problemas comunes no resueltos). Estos hallazgos constituyen la base empírica que justifica las decisiones de diseño de la propuesta "Astronomía Accesible".

4.5.2 Análisis de la validación por juicio expertos

Dado que el instrumento de validación fue diseñado con una estructura mixta, el procesamiento de los datos integra métodos cuantitativos y cualitativos para asegurar la robustez de los resultados. Por un lado un análisis descriptivo para los ítems cerrados, calculando tendencias de aprobación sobre usabilidad y calidad científica. Por el otro un análisis de contenido en los comentarios, los cuales fueron triangulados con la teoría para detectar oportunidades y realizar los ajustes finales al prototipo.

Finalmente se realiza una **triangulación de datos**, combinando los comentarios de la fase de diagnóstico institucional con los puntajes de la fase de validación por juicio de expertos para implementar las correcciones precisas en el diseño final de la plataforma web y las guías didácticas.

4.6 Consideraciones Éticas

Esta investigación se compromete irrestrictamente con los principios éticos que rigen la labor científica en ciencias sociales. Para garantizar la integridad del proceso, nos hemos basado en los criterios de rigor y respeto a la dignidad humana propuestos por Hernández et al. (2018).

En respuesta a la necesidad de minimizar el daño todas las respuestas serán anónimas y utilizadas exclusivamente con fines académicos, específicamente en la redacción del trabajo investigativo *Astronomía accesible: recursos y actividades de astronomía para la enseñanza no formal*; es fundamental aclarar que, en este contexto educativo, la prevención de riesgos no se refiere a peligros físicos, sino a la protección del bienestar psicológico y la privacidad de los participantes. Esto implica diseñar la intervención evitando cualquier situación que genere estrés, ansiedad por desempeño o fatiga cognitiva innecesaria en los estudiantes y visitantes. Asimismo, se cautela que la recolección de datos no resulte invasiva ni exponga información sensible que pudiera perjudicar su imagen personal.

Bajo esta misma lógica, se respeta la autonomía, entendiendo la participación como un acto completamente voluntario donde cada sujeto tiene el derecho explícito de aceptar o rechazar ser parte del estudio sin sufrir consecuencias negativas. Este compromiso se vincula directamente con la protección de la privacidad y confidencialidad, asegurando el anonimato en el tratamiento de la información. Finalmente, se garantiza el principio de justicia y equidad, velando por que ningún participante sea discriminado en el acceso a los recursos educativos ni favorecido arbitrariamente por sobre el resto (Hernández et al., 2018).

Capítulo V: Presentación de Resultados y Discusión

El presente capítulo sistematiza y expone los hallazgos derivados de la implementación del diseño metodológico de la investigación. La presentación de los resultados se organiza siguiendo la lógica secuencial de la Investigación Basada en Diseño (IBD): en primera instancia, se detallan los hallazgos del diagnóstico sobre el ecosistema de educación no formal (Fase 1); posteriormente, se describe técnica y didácticamente la propuesta "Astronomía Accesible" como producto de intervención (Fase 2); y finalmente, se exponen los resultados de la validación realizada por el panel de expertos (Fase 3), integrando el análisis estadístico y cualitativo.

El análisis integral de esta información permite evaluar la pertinencia de la hipótesis de trabajo y responder a la interrogante sobre cómo la articulación tecnológica y pedagógica puede fortalecer el aprendizaje situado en el OA-UMCE.

5.1 Resultados de la Fase 1: Diagnóstico del Contexto No Formal

En cumplimiento del Objetivo Específico 1, se presentan los hallazgos derivados de la indagación cualitativa realizada a actores clave del ecosistema de divulgación astronómica en la zona central de Chile. La muestra efectiva abarcó tres modelos de gestión diferenciados: el Observatorio Manuel Foster (perfil universitario/patrimonial), el MUCYTEC (perfil público/educativo) y la Fundación Astromanía (perfil privado/itinerante).

5.1.1 Identidad Educativa y Rol del Mediador

Un primer hallazgo significativo es que las instituciones consultadas definieron su misión trascendiendo lo meramente turístico. El Observatorio Foster, por ejemplo, enfatiza su carácter de "observatorio histórico único en Chile" orientado a la "educación científica, cultural e histórica". Por su parte, instituciones educativas como MUCYTEC/Pocuro buscaron

explícitamente "complementar lo aprendido en el aula" , mientras que Fundación Astromanía se define desde la acción de generar un "encuentro entre la sociedad y las ciencias".

Esto confirma que los observatorios son percibidos como extensiones no formales del sistema escolar, validando la necesidad de contar con recursos didácticos alineados curricularmente.

Respecto a la ejecución, se detectó un patrón crítico para el caso de la UMCE: la mediación depende en gran medida de estudiantes en formación. El Observatorio Foster indicó explícitamente que sus guías son "parte de las licenciaturas de física y astronomía". Si bien esto aporta valor formativo, también introduce heterogeneidad en la visita. Como advierte el Observatorio Pocuro, es crucial una inducción teórica previa "para que no sea una manipulación compulsiva sin sentido" de los instrumentos. Este hallazgo justifica plenamente la implementación de un soporte digital estandarizado (guías estructuradas) que sirva de andamiaje al monitor novato.

5.1.2 Brechas de Continuidad y Desafíos Estructurales

El punto crítico detectado es la dependencia de la "presencialidad del momento". Las instituciones reportan el uso de evaluaciones de satisfacción básicas (ej. encuestas en redes sociales o QR en el Foster), pero no se evidencian estrategias robustas de educación asincrónica (post-visita) que permitan la continuidad del aprendizaje.

Asimismo, el análisis revela que la sostenibilidad financiera es la principal barrera. Instituciones como el Observatorio Pocuro son enfáticas al señalar la "precariedad presupuestal" y la dependencia administrativa, lo que impide realizar innovaciones tecnológicas sostenidas. Sin embargo, existen esfuerzos de inclusión notables, como la incorporación de "modelos 3D y sonido" reportada por el Observatorio Foster. Estos antecedentes validan la pertinencia de la solución propuesta en esta tesis (Web + QR): una alternativa de bajo costo y alto impacto didáctico.

5.2 Resultados de la Fase 2: Presentación de la Propuesta "Astronomía Accesible"

Respondiendo al Objetivo Específico 2, el resultado central de esta fase es la materialización de la plataforma web "Astronomía Accesible", articulando recursos didácticos y tecnológicos.

5.2.1 Arquitectura Web y Microaprendizaje

Se diseñó un sitio responsivo alojado en Google Sites, estructurado no como una enciclopedia lineal, sino como un repositorio de microaprendizaje. La navegación se organizó siguiendo la lógica de las "Grandes Ideas de la Astronomía", permitiendo que el usuario acceda a nodos de información temáticos de manera flexible.

En la figura 3 vemos el inicio de la página web. Desde aquí es posible recorrer las distintas pestañas disponibles en la página web.



Figura 3. Inicio página web. Captura de pantalla del sitio web. Elaboración propia

La pestaña *Quiénes somos* (figura 4) da una introducción al espacio y proyecto que es el OA-UMCE, la cual es motivado e impulsado por los estudiantes de la mención de astronomía, en conjunto con los docentes, Gracias a esta colaboración, se propuso reabrir este espacio

como una instancia formativa integral. Nuestro objetivo compartido es aprender y democratizar el conocimiento astronómico.



Figura 4. Sección Quienes somos. Presentación del proyecto. Captura de pantalla del sitio web.

La pestaña *Actividades* (figura 5) publica los eventos que genera el espacio, las cuales se irán anunciando a medida que avance el año, ya sean actividades de divulgación científica para la comunidad como lo son el Día de la Astronomía, Día del asteroide, etc.

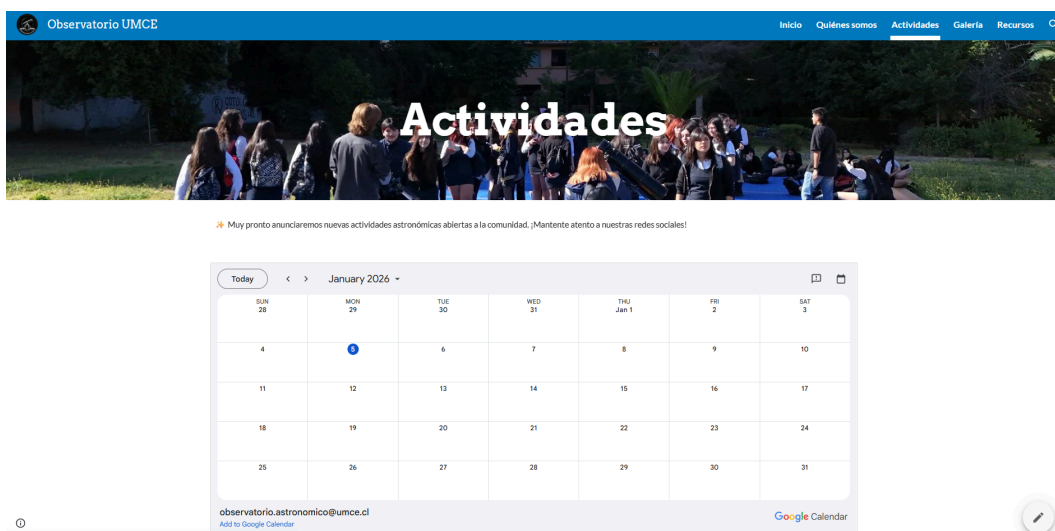


Figura 5. Sección Actividades. Calendario de actividades del Observatorio. Captura de pantalla del sitio web.

La pestaña *Galería* (figura 6) muestra fotos de distintos eventos en los cuales ha participado el OA-UMCE; y la pestaña *Recursos* (figura 7) la cual tiene todos los recursos dispuestos en la plataforma.



Figura 6. Sección Galería de Actividades. Captura de pantalla del sitio web. Elaboración propia.



Figura 7. Apartado de recursos. Acceso a cápsulas, fichas técnicas y guías de trabajo. Captura de pantalla del sitio web. Elaboración propia.



Figura 8. Pie de página. Red social (Instagram), correo electrónico y formulario de contacto. Captura de pantalla del sitio web. Elaboración propia.

Para lograr la comunicación directa con el OA-UMCE, está disponible un formulario de inscripción de visita en el pie de página (figura 8). Además los enlaces a redes sociales (instagram), la dirección y el correo electrónico.

5.2.2 Articulación Situada (Códigos QR)

Para concretar la estrategia de aprendizaje situado, se instalaron códigos QR en los instrumentos del observatorio, como por ejemplo el telescopio *Meade LX200*. Estos códigos fueron generados a través de la plataforma *QRCode Monkey* y están configurados para enlazar directamente a las fichas y cápsulas educativas alojadas en la página web.

En cuanto a la validación del contenido, la información desplegada se elaboró usando los datos técnicos de los manuales de fabricantes. De esta forma, el QR funciona como un puente cognitivo *in situ* permitiendo que el visitante acceda a una explicación técnica en el momento en que la necesita.



Figura 9. QRs de telescopios. Página web visitada desde un celular. Elaboración propia.



Figura 10. QRs de telescopios. Página web visitada desde un celular. Elaboración propia.

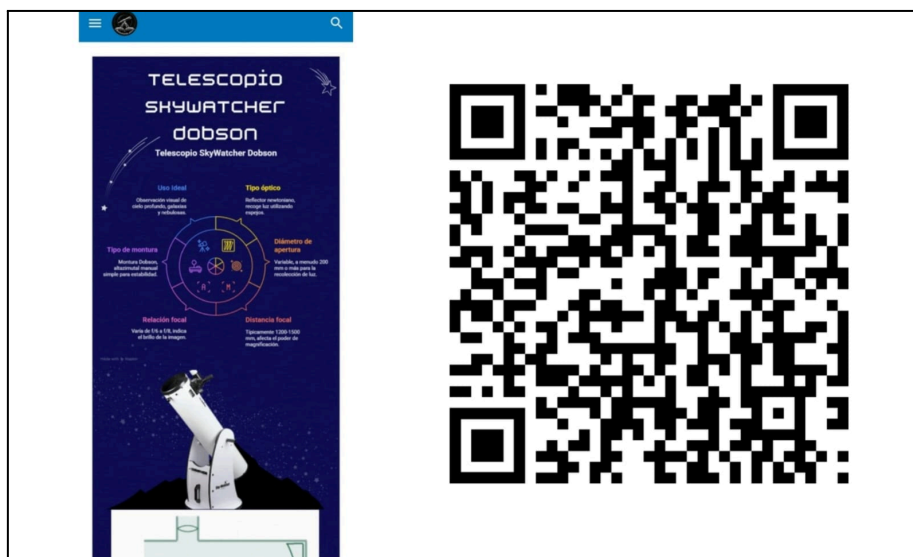


Figura 11. QRs de telescopios. Página web visitada desde un celular. Elaboración propia.

Durante la visita, se utilizan los códigos QR instalados en los diferentes equipos ópticos del OA-UMCE, tal como se muestran en las figuras 9, 10 y 11. Estos códigos redirigen al visitante directo a la página web, donde se visualizan el funcionamiento óptico y las características técnicas de cada instrumento.

5.2.3 Recursos Didácticos Complementarios e Integrales

Para enriquecer la experiencia educativa más allá de la observación directa, la propuesta integra recursos físicos y digitales diseñados para todo tipo de público. Como material central, se incorpora el "**Librillo de Astronomía**", un recurso didáctico que contiene actividades prácticas y explicaciones conceptuales adaptables a distintos niveles cognitivos, permitiendo que tanto escolares como visitantes generales comprendan fenómenos celestes antes o después de la visita.

En el ámbito digital, el rol de las cápsulas audiovisuales se ha definido específicamente como **tutoriales de instrucción técnica**. Estos videos breves tienen por objetivo explicar de manera clara y visual cómo se montan y utilizan los telescopios, habilitando al usuario para interactuar con los instrumentos de forma segura y autónoma.

Complementariamente, la articulación mediante **códigos QR** ofrece un acceso directo a las fichas técnicas de cada instrumento. Al escanearlos, el visitante no solo accede a datos generales, sino a una explicación detallada sobre la **óptica geométrica** específica de ese telescopio, comprendiendo cómo sus lentes o espejos forman la imagen. De este modo, el conjunto de actividades y recursos no se restringe exclusivamente a la Educación Media, sino que está diseñado para ser transversal, facilitando la alfabetización científica de cualquier visitante interesado en la astronomía.

5.2.4 Estrategia de Articulación Didáctica (Modelo Híbrido)

Para maximizar el uso de los recursos del OA-UMCE, se propone una secuencia didáctica que entrelaza el material concreto (Librillo de Astronomía) con la mediación tecnológica (Plataforma y QR). Este diseño permite transformar la visita en una experiencia escalonada, cuya flexibilidad la hace apta tanto para grupos de Educación Básica como de Media.

La intervención se estructura en cuatro momentos claves que aseguran la comprensión antes de la experiencia práctica:

Momento 1: Contextualización y Recorrido El grupo curso es recibido en la terraza del Observatorio. En lugar de pasar directamente a los equipos, se realiza un recorrido inicial por la infraestructura (cúpula y sala de control) y se presentan en las pantallas las imágenes obtenidas con los instrumentos del observatorio. El objetivo es situar a los estudiantes en un entorno científico profesional, bajando la ansiedad inicial y estableciendo las normas de seguridad del recinto.

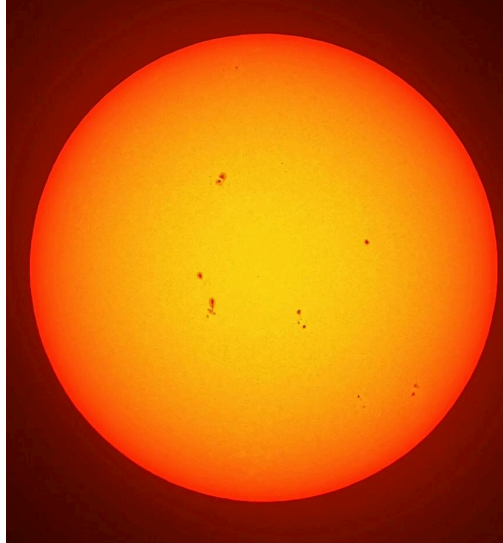


Figura 12: Manchas solares captadas con los instrumentos del observatorio. Elaboración propia.

Momento 2: Activación Teórica (Librillo de Astronomía) Antes de interactuar con los telescopios, los estudiantes trabajan en grupos utilizando las actividades propuestas en el *Librillo de Astronomía*. Dependiendo del nivel educativo, el docente / practicante selecciona una actividad práctica *in situ* (por ejemplo, modelar las fases lunares o trabajar escalas del Sistema Solar). Esta etapa es crítica: nivela los conocimientos teóricos del grupo y asegura que todos entiendan el fenómeno astronómico antes de intentar observar, evitando la frustración común de "mirar sin saber qué buscar".

Momento 3: Habilitación Técnica (Cápsulas y QR) Con la teoría clara, los estudiantes se acercan a los instrumentos, pero la instrucción es no observar todavía. Primero, un líder de grupo utiliza sus dispositivos móviles para escanear los códigos QR adheridos a los equipos (como el *Celestron Nexstar* o *Dobson*). Esto despliega las cápsulas audiovisuales y las fichas técnicas que explican **cómo funciona la óptica del telescopio** (espejos, lentes) y **cómo manipularlo**. De este modo, la tecnología actúa como un filtro de seguridad: los estudiantes aprenden el manejo correcto viendo el video, lo que protege los equipos y les da autonomía.

Momento 4: Observación Astronómica. Finalmente, habiendo comprendido la teoría (Librillo) y la técnica (QR), los estudiantes proceden a la observación directa por el ocular. La experiencia se cierra con una puesta en común donde relaciona lo observado con la actividad

del librito, logrando un aprendizaje que conecta la manipulación concreta con la abstracción científica.

Si las condiciones climáticas impiden las observaciones la actividad puede centrarse en el uso de la plataforma web para simular observaciones o profundizar en los contenidos del librito disponible en el sitio web.

5.3 Resultados de la Fase 3: Validación por Juicio de Expertos

Para dar cumplimiento al Objetivo Específico 3, la propuesta fue sometida a la evaluación de un panel de 10 expertos del ámbito educativo y científico.

5.3.1 Idoneidad y Pertinencia Didáctica

Los datos de caracterización indican que el 70% de los validadores posee experiencia previa trabajando temas de astronomía en sus instituciones, mientras que un 30% se aproxima a la temática por primera vez. Esto otorga una alta validez ecológica a sus críticas, pues provienen de la práctica real.

El gráfico de la figura 13, muestra la opinión de los encuestados respecto a la consideración de los contenidos de astronomía en la formación científica.

En una escala del 1 al 5, ¿qué tan importante considera que es integrar contenidos de astronomía en la formación científica de sus estudiantes?

10 respuestas

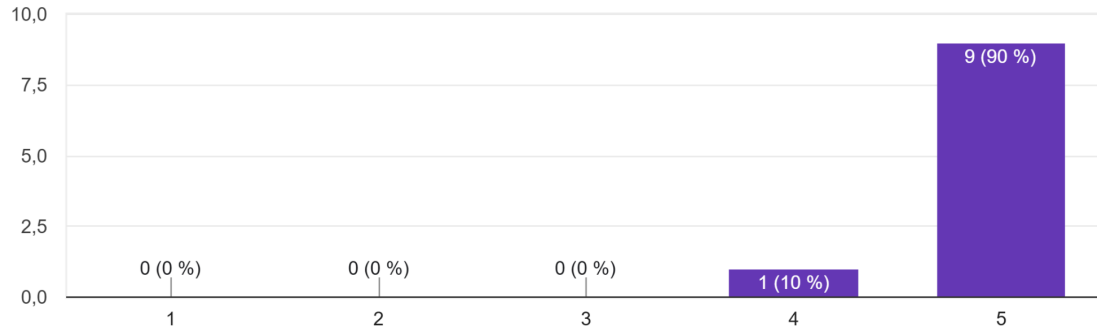


Figura 13. Gráfico creado en base a las respuestas del formulario “Evaluación entre pares” que refleja la opinión de los encuestados. Elaboración propia.

En cuanto a la valoración de la propuesta, el consenso fue contundente: el 90% de los expertos calificó con la nota máxima (5/5) la importancia de integrar estos contenidos en la formación científica, obteniendo un promedio de valoración de 4.9/5.0.+

Más allá de la valoración cuantitativa, los expertos destacaron cualitativamente la pertinencia del recurso para el contexto educativo. En la sección de comentarios abiertos del instrumento de validación, uno de los docentes evaluadores señaló:

“Es un aporte valioso, porque el equipo de trabajo maneja el lenguaje didáctico y eso facilita mucho el fin educativo”.

Otro experto reforzó esta idea indicando que el material está *“bien diseñado, en formato y contenido entendible y de fácil acceso a todo el público”*. Estas apreciaciones confirman que la propuesta no solo cumple con el rigor científico, sino que se percibe como una herramienta pedagógica adaptada y aplicable en el aula real.

5.3.2 Frecuencia de Uso y Flexibilidad

Uno de los hallazgos más reveladores surgió al consultar por la frecuencia de uso proyectada. El 50% de los docentes indicó que utilizaría el recurso en "Actividades puntuales / proyectos especiales", frente a un 20% que lo usaría como unidad regular, un 20% ocasionalmente y solo un 10% mensualmente.

Este dato es fundamental para el diseño: valida la decisión de optar por el Microaprendizaje y la modularidad. Los docentes no buscan reemplazar sus clases con un curso extenso ("libro de texto"), sino que requieren herramientas ágiles y específicas para momentos clave de su enseñanza ("actividades puntuales").

El gráfico de la figura 13, muestra la opinión de los encuestados respecto a la consideración de utilizar la página web.

¿Con qué frecuencia considera que podría utilizar estos recursos con sus estudiantes o participantes?
10 respuestas

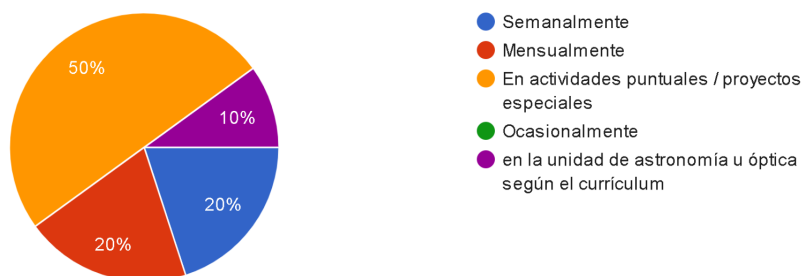


Figura 14. Gráfico creado en base a las respuestas del formulario "Evaluación entre pares" que refleja la opinión de los encuestados. Elaboración propia.

5.3.3 Proyección y Colaboración

Finalmente, respecto a la vinculación con el medio, un 60% manifestó interés explícito ("Sí") en colaborar futuramente con el OA-UMCE, y un 40% lo consideró posible ("Tal vez"). Es destacable que la negativa fue nula (0%).

El gráfico de la imagen 15, muestra la orientación de los pares evaluadores de la página web a participar en futuras actividades del OA-UMCE.

¿Estaría interesado/a en colaborar con el Observatorio UMCE en actividades de divulgación o docencia astronómica?

10 respuestas

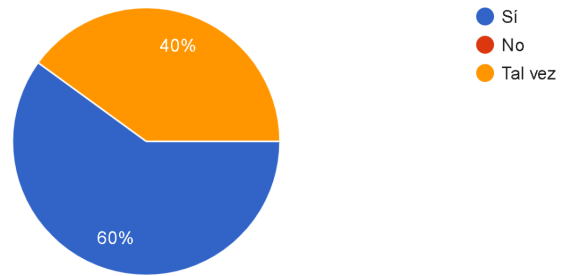


Figura 15. Gráfico creado en base a las respuestas del formulario "Evaluación entre pares" que refleja la opinión de los encuestados. Elaboración propia.

Capítulo VI: Conclusiones y Proyecciones

La presente investigación tuvo como propósito central generar una propuesta pedagógica que, mediante la articulación estratégica de recursos didácticos y tecnológicos, fortaleciera la enseñanza de la astronomía en el contexto no formal del OA-UMCE. Tras completar las fases de diagnóstico, diseño y validación experta bajo el modelo de Investigación Basada en Diseño (IBD), es posible establecer las siguientes conclusiones fundamentadas.

6.1 Conclusiones Generales

Se concluye que la implementación de un modelo híbrido, sustentado en una plataforma web y mediado por códigos QR, constituye una solución efectiva, pertinente y teóricamente sólida para modernizar la experiencia educativa en el OA-UMCE.

La investigación demostró que la tecnología no debe concebirse como un fin en sí misma, sino como una herramienta de mediación cognitiva. Al alinear los recursos digitales con el enfoque de Aprendizaje Situado (Díaz Barriga, 2003), la propuesta logró transformar el dispositivo móvil del visitante en un "puente" entre la observación física y la conceptualización teórica. Esto permite superar la limitación tradicional de la visita guiada episódica y contemplativa, avanzando hacia una experiencia de aprendizaje continuo y autónomo, respondiendo así a los desafíos de la educación híbrida post-pandemia identificados en el diagnóstico inicial (Berríos-Riquelme et al., 2021). También demuestra que es posible diseñar recursos que atiendan a los distintos tipos y ritmos de aprendizaje, transformando el OA-UMCE en un espacio inclusivo que no toma en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes o visitantes.

Asimismo, la validación positiva por parte de los expertos confirma que la propuesta "Astronomía Accesible" logra cubrir la brecha detectada entre la "ciencia de frontera" y la ciudadanía, actuando como un andamiaje didáctico que facilita la apropiación social del conocimiento astronómico en Chile (García-Huidobro, 2018).

Finalmente, se concluye que la estrategia de articulación didáctica diseñada, que integra el material concreto del librito con la mediación digital de los códigos QR, demostró ser altamente valorada por el panel de expertos. Si bien la reducción efectiva de los 'tiempos muertos' es una proyección basada en el diseño y no una validación empírica en campo, los resultados del juicio de pares confirma que el diseño didáctico apunta en la dirección correcta. La propuesta logra sistematizar la visita, transformando la espera en una instancia de aprendizaje activo y ofreciendo al OA-UMCE un método de trabajo coherente para futuras implementaciones.

6.2 Conclusiones respecto a los Objetivos Específicos

Respecto al Objetivo Específico 1 (Investigar el proceso de enseñanza en contextos no formales): El diagnóstico institucional permitió establecer que, si bien los observatorios chilenos poseen un capital humano valioso, enfrentan una brecha crítica en infraestructura digital debido a limitaciones presupuestarias. Se concluye que el modelo predominante sigue siendo la "visita guiada presencial", la cual, aunque motivante, carece de mecanismos sistemáticos para extender el aprendizaje fuera del recinto. Estos hallazgos coinciden con lo expuesto por Russo et al. (2008), validando la necesidad urgente de dotar al mediador humano de herramientas asincrónicas (pre y post visita) para garantizar un aprendizaje profundo y duradero.

Respecto al Objetivo Específico 2 (Articular recursos didácticos, tecnológicos y pedagógicos): Se logró diseñar una arquitectura de recursos coherente con los principios de la psicología cognitiva y la didáctica específica. La adopción del Microaprendizaje (cápsulas breves) demostró ser la estrategia adecuada para gestionar la Carga Cognitiva en un entorno rico en estímulos visuales, evitando la saturación del visitante (Sweller, 2020). Del mismo modo, la integración transversal del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) garantiza que el acceso al conocimiento no esté restringido por barreras de entrada, cumpliendo con los principios éticos de inclusión educativa (CAST, 2018).

Respecto al Objetivo Específico 3 orientado a validar la propuesta diseñada, es preciso reconocer los alcances y limitaciones metodológicas de los resultados obtenidos. Si bien el instrumento de recolección logró capturar impresiones iniciales del panel de expertos, se evidenció una gran heterogeneidad en la profundidad con la que los evaluadores interactuaron con el material. Esto derivó en que la retroalimentación obtenida fuera, en ciertos aspectos, superficial para evaluar exhaustivamente la pertinencia didáctica, la calidad disciplinar y la usabilidad de la propuesta.

Esta validación, de carácter predominantemente teórica e inicial, se llevó a cabo mediante un instrumento online de preguntas abiertas. Si bien esta modalidad permitió recopilar las percepciones cualitativas de los expertos, su naturaleza remota y asincrónica dejó el nivel de exploración sujeto a la disponibilidad de tiempo y la navegación autónoma de cada evaluador. Esto explica por qué componentes clave del prototipo, como la revisión exhaustiva de la plataforma web o el análisis de la propuesta de articulación didáctica (Anexo 4), presentaron vacíos en las respuestas de algunos participantes. Esta variabilidad en la profundidad del análisis es una limitación inherente al uso de instrumentos a distancia no supervisados.

Por consiguiente, y en estricto apego a la Metodología de Investigación Basada en Diseño (IBD), se concluye que este objetivo se cumple en la medida que logra cerrar el primer ciclo iterativo de diseño. La propuesta se establece hoy formalmente como un prototipo funcional en fase temprana. La superación de las limitaciones del instrumento actual (transitando hacia pautas de evaluación estructuradas) y la validación empírica del material didáctico, quedan establecidas como la proyección inmediata y necesaria para la segunda fase de este proyecto.

6.3 Limitaciones del Estudio

En cuanto a las limitaciones y alcances del estudio, es imperativo señalar que la validación de la propuesta alcanzó un nivel de profundidad exploratorio e inicial. Esta característica, que en un primer análisis podría interpretarse como una revisión superficial de los componentes de la plataforma y del material de articulación didáctica, es en realidad estrictamente coherente con la primera etapa de la Metodología de Investigación Basada en Diseño (IBD). Al encontrarnos

en una fase temprana del proyecto, el objetivo central de este ciclo inicial fue el levantamiento del diseño y la creación de un prototipo funcional (prueba de concepto). En esta fase embrionaria, la validación se realizó mediante instrumentos asincrónicos a distancia con pares expertos, lo que limitó la inmersión exhaustiva en los recursos. Por lo tanto, esta falta de profundidad no representa una falla estructural de la propuesta, sino el límite natural de la primera iteración teórica de la IBD. La validación empírica y la calibración fina de la usabilidad y pertinencia didáctica son procesos que pertenecen intrínsecamente a la fase de implementación directa, marcando el inicio del segundo ciclo de investigación.

6.4 Proyecciones

La propuesta "Astronomía Accesible" no se concibe como un producto acabado, sino como la base fundacional para la innovación pedagógica en el OA-UMCE. A partir de este estudio, se plantean las siguientes proyecciones estratégicas:

- 1. Consolidación como Centro de Práctica para la Mención en Astronomía:** Una proyección institucional clave es la formalización del OA-UMCE como un Centro de Práctica Profesional oficial para los estudiantes de la Facultad de Ciencias Básicas, específicamente aquellos de la mención en Astronomía. Esta propuesta web sienta las bases tecnológicas para dicho fin, al proveer un modelo de intervención estandarizado que los profesores en formación pueden utilizar, analizar y perfeccionar. De este modo, el Observatorio trasciende su rol de divulgación para transformarse en un laboratorio de Formación Inicial Docente, donde los futuros profesores desarrollan competencias reales de mediación científica.

- 2. Fortalecimiento de la Educación No Formal (ENF):** Se proyecta posicionar al Observatorio como un referente en ENF, validando este espacio como un entorno de aprendizaje legítimo y complementario a la escuela. La plataforma diseñada permite sistematizar la experiencia educativa fuera del aula, ofreciendo evidencia de que la ENF, cuando está mediada tecnológicamente, puede alcanzar niveles de rigor y profundidad conceptual equivalentes a la educación formal. A su vez, esto permitirá estrechar la vinculación territorial del recinto, democratizando el acceso a la ciencia para las juntas de vecinos y el polo universitario del sector.

- 3. Expansión hacia la Astronomía Cultural:** Actualmente, la propuesta cubre contenidos fundamentales de física y astronomía observacional. Se proyecta la incorporación futura de una línea de "Etnoastronomía", integrando cápsulas sobre las cosmovisiones de los pueblos originarios de Chile. Esto enriquecería la propuesta con una perspectiva intercultural y patrimonial, respondiendo a un enfoque más holístico de la educación científica.

- 4. Implementación y Medición de Impacto:** Finalmente, la proyección inmediata es ejecutar la fase de implementación con grupos escolares reales. Se sugiere aplicar instrumentos pre y post test para medir objetivamente la ganancia de aprendizaje conceptual y actitudinal, cerrando así el ciclo evaluativo de la IBD y proporcionando datos empíricos para la mejora continua del recurso.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo-Díaz, J. A., y García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-16. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02
- Aguilera Morales, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103
- Alba Pastor, C. (2019). *Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA): Un modelo para la práctica docente inclusiva*. Ediciones Morata.
- Álvarez, M. P., Lemkow-Tovias, G., Eugenio-Gozalbo, M., y Martín-García, J. (2021). Espacios de ciencia inclusivos de libre elección: Fundamentación teórica e implicaciones para su diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 2103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2103
- Blanco-Chamorro, M. S., Varela-Losada, M., Lorenzo-Rial, M., & Pérez-Rodríguez, U. (2023). Review of Educational Research in Astronomy in Early Childhood and Primary Education from 2009 to 2019. *Acta Scientiae*, 25(6), 118-156. <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/6814>
- Berrios-Riquelme, J., Arancibia, M., y Goya, A. (2021). Transformación digital en la divulgación científica: El caso de los museos chilenos durante la pandemia. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (30), e15. <https://doi.org/10.24215/18509959.30.e15>
- Bravo Quezada, J. H. (2025). *Microlearning como estrategia de apoyo al modelo de aprendizaje de las instituciones educativas de enseñanza media* [Trabajo de titulación de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. [Microlearning](#)

[como estrategia de apoyo al modelo de aprendizaje de las instituciones educativas de enseñanza media](#)

Camino, N. (2011). La Didáctica de la Astronomía como campo de investigación e innovación educativas. En Actas del I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA). Rio de Janeiro, Brasil.
https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2011_Palestra_Camino.pdf

Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., y Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527-538. [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8)

CAST. (2018). *Pautas sobre el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) (Versión 2.2)*. https://www.educadua.es/doc/dua/CAST-Pautas_2_0-Alba-y-otros-Actualizado%20versio%C%81n-2018.pdf

Chacón-Ortiz, M. (2015). El proceso de evaluación en educación no formal: Un camino para su construcción. *Revista Electrónica Educare*, 19(2), 21-35.
<https://doi.org/10.15359/ree.19-2.2>

Chiappe-Laverde, A., y Paz-Balanta, G. A. (2021). M-learning: Conectando la enseñanza y el aprendizaje dentro y fuera de la escuela. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 14, e25025. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m14.mlct>

Cid-García, M., y Marcillo, C. (2023). El aprendizaje situado como estrategia didáctica en la enseñanza de la astronomía. *Revista de Enseñanza de la Física*, 35(1), 23-34.

Coicaud, S. (2021). La Investigación Basada en Diseño para propuestas de formación virtual. *Revista Locus Digital*, 2(1). <https://doi.org/10.54312/2.1.5>

CONICYT. (2019). *II Encuesta Nacional de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en Chile*. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.
https://www.conicyt.cl/wp-content/uploads/2014/07/EPSCYT-2018-GENERO-10_12_2019_V F002.pdf

Díaz Barriga Arceo, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(2), 1-13. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/85>

Espinoza, J. (2007). *Didáctica de la Astronomía: una aplicación del modelo enseñanza-aprendizaje como investigación*. Ediciones UMCE.

García-Huidobro, S. (2018). *Astronomía en Chile: Oportunidades para la apropiación social de la ciencia* [Tesis de magister, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152345>

García-Mendoza, D., y Corral-Joza, K. (2021). El microaprendizaje y su aporte en la habilidad de concentración en estudiantes de bachillerato. *Revista Cognosis*, 6(4), 163-176. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.04.002>

Gomez, E. L., & Fitzgerald, M. T. (2017). Robotic telescopes in education. *Astronomical Review*, 13(1), 28-68. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21672857.2017.1303264>

Gómez, W. A. R. (2014). Preguntas abiertas en encuestas ¿cómo realizar su análisis?. *Comunicaciones En Estadística*, 7(2). <https://doi.org/10.15332/s2027-3355.2014.0002.02>

González Torres, A. (2021). Validación por juicio de expertos de un instrumento de evaluación para evidencias de aprendizaje conceptual. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.960>

González-Triana, Y. R. (2025). *Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria* [Tesis de doctorado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás. [Didáctica astronomía para alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria](https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152345)

Guisasola, J., Ametller, J., y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6a ed.). McGraw-Hill.

https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Hernández Sampieri, R., y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. [samplerilasrutas.pdf](#)

Malaver Mendoza, M. (2021). Divulgación científica y educación en tiempos de COVID-19. *Revista Científica de Educación*, 10(2), 45-58.

Ministerio de Ciencia. (2021). *Ministerio de Ciencia presenta comisión asesora para potenciar la astronomía en Chile*.

<https://www.minciencia.gob.cl/noticias/ministerio-de-ciencia-presenta-comision-asesora-para-potenciar-la-astronomia-en-chile/>

Ministerio de Educación (MINEDUC). (2019). *Bases curriculares 3° y 4° medio*. Unidad de Currículum y Evaluación. [Bases Curriculares 3° y 4° medio](#).

Muñoz Arriagada, M. I. (2025). Conocimiento pedagógico del contenido en astronomía: ¿La gran deuda de la formación de los y las docentes de física en Chile? [Seminario para optar al título de Profesora de Educación Media en Física, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/209011>

Pérez Miguel, E. (2017). Experimentar en Primaria: una propuesta para la didáctica de la astronomía. *Tabanque: Revista Pedagógica*, (30), 115-136. [Experimentar en primaria: Una propuesta para la didáctica de la astronomía - Dialnet](#)

Polino, C., y Castelfranchi, Y. (2019). *Percepción pública de la ciencia en Iberoamérica*. *Revista CTS*, 14(42), 115–136. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7411624>

Rabanales Loyola, F., & Vanegas-Ortega, C. (2021). Concepciones alternativas sobre astronomía en estudiantes de educación básica y media de la Región Metropolitana de Chile. *Estudios Pedagógicos*, 47(2), 247–268 . <https://doi.org/10.4067/S0718-07052021000200247>

Retrê, M., et al. (2020). *Big Ideas in Astronomy: A Proposed Definition of Astronomy Literacy*. International Astronomical Union (IAU). [Big Ideas V2.0 ES.pdf](#)

Russo, P., Santaguida, S., y Giliberti, L. (2008). The motivational impact of astronomical observations in non-formal contexts. *Journal of Science Communication*, 7(1), A02. <https://doi.org/10.22323/2.07010202>

Salinas, J., y Marín, V. I. (2014). Pasado, presente y futuro del microlearning como estrategia para el desarrollo profesional. *Campus Virtuales*, 3(2), 46-61. [maqueta campus virtuales](#)

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3-10. [Jan05_01](#)

Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>

Wang, F., y Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>

Anexos

Anexo 1.

Formulario “Recoleccion de informacion” y respuestas

[Anexo 1 Formulario de recopilación de información y respuestas](#)

Anexo 2.

Formulario “Evaluacion entre pares” y respuestas

[Anexo 2 Formulario Formulario “Evaluacion entre pares” y respuestas](#)

Anexo 3.

[Anexo 3 Formulario Inscripción Visita Observatorio UMCE](#)

Anexo 4.

[Anexo 4 Articulación Didáctica](#)

Anexo 5.

Página web del observatorio UMCE

[Pagina Web Observatorio UMCE](#)



Figura 15. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección de inicio. Elaboración propia.



Figura 16. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección de inicio. Elaboración propia.



Figura 17. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección “¿Quiénes somos?”. Elaboración propia.

Instalaciones del Observatorio



Figura 18. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección “¿Quiénes somos?”, instalaciones del Observatorio. Elaboración propia.

Nuestro pilar fundamental es la formación inicial docente. Este observatorio funciona como un centro de prácticas profesionales donde los futuros profesores de física perfeccionan sus habilidades especializándose en la enseñanza de la astronomía.

A través de este proyecto, nuestros estudiantes en práctica no solo aprenden a operar telescopios, sino que desarrollan metodologías activas para enseñar ciencia a la comunidad escolar y al público general.



Observatorio Las Campanas, Región de Coquimbo

Figura 19. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección “¿Quiénes somos?”. Elaboración propia.

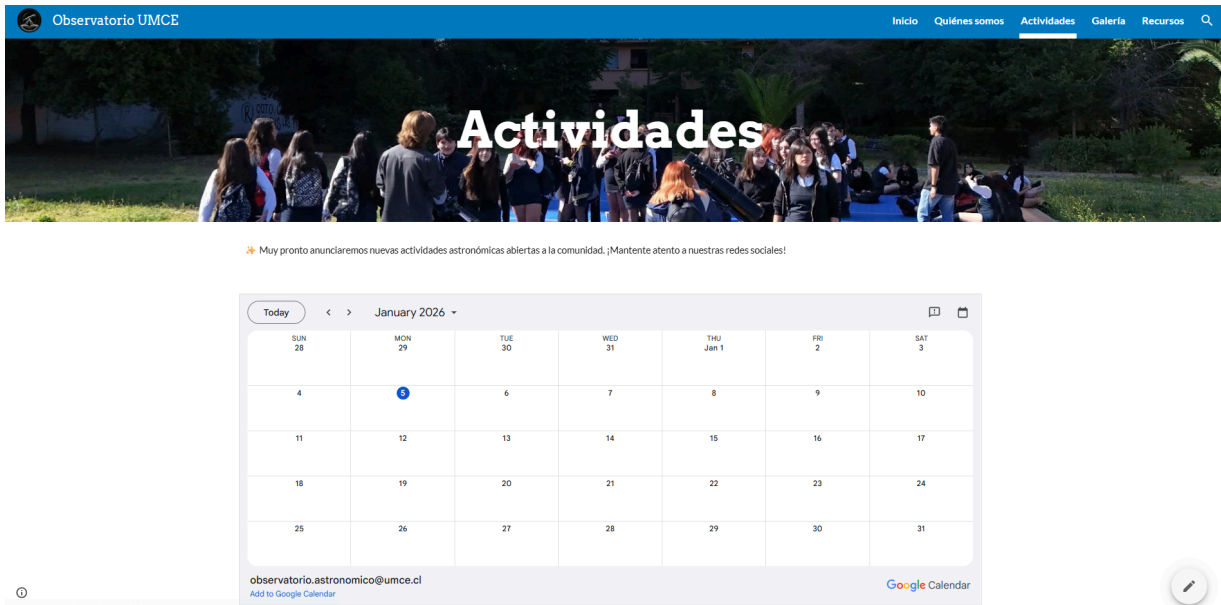


Figura 20. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Actividades. Elaboración propia.



Figura 21. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Galería de Actividades, donde se recapitula los eventos en los que ha participado el equipo del observatorio UMCE. Elaboración propia.

Día del Asteroide - 28 de Junio 2025

Como observatorio estuvimos presentes en el Día del Asteroide, coordinado por el Instituto milenio de Astrofísica MAS. El Día del Asteroide se celebra cada 30 de Junio para conmemorar el impacto de Tunguska, ocurrido en 1908 en Siberia, el evento más grande registrado relacionado con un asteroide en la historia reciente. Esta fecha busca generar conciencia sobre la importancia de estudiar estos cuerpos celestes, comprender su comportamiento y promover la cooperación internacional para desarrollar estrategias de defensa planetaria. Es una oportunidad para acercar la ciudadanía al conocimiento astronómico y destacar el papel de la ciencia en la protección de nuestro planeta.



Figura 22. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Galerías de Actividades, Día del Asteroide. Elaboración propia.

Día del Sol - 23 y 24 de Junio

El Día del Sol fue una instancia educativa en la que el Observatorio Astronómico UMCE, junto a estudiantes de la carrera de Pedagogía en Física, ofreció charlas y actividades didácticas sobre nuestro astro. Durante la jornada se realizaron observaciones solares seguras con telescopios equipados con filtros especiales, permitiendo al público conocer de cerca fenómenos como las manchas solares y la importancia del Sol para la vida en la Tierra.



Figura 23. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Galería de Actividades, Día del Sol. Elaboración propia.

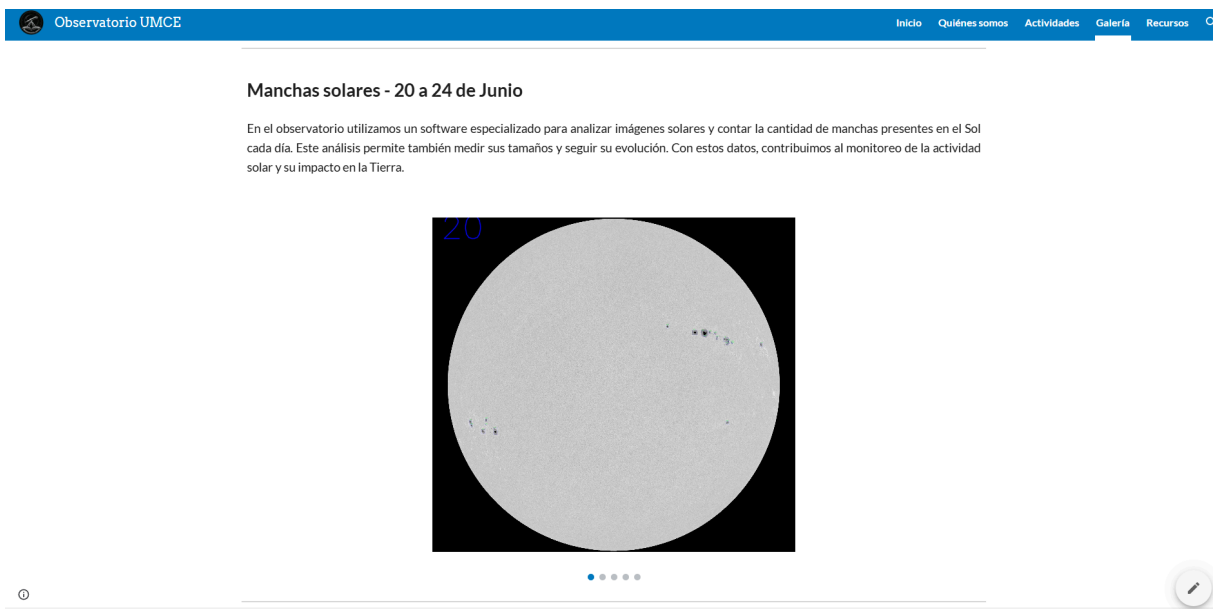


Figura 24. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Galería de Actividades, manchas solares observadas entre los días 20 a 24 de junio. Elaboración propia.



Figura 25. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos. Elaboración propia.



Telescopios

Figura 26. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos, apartado de cápsulas. Elaboración propia.

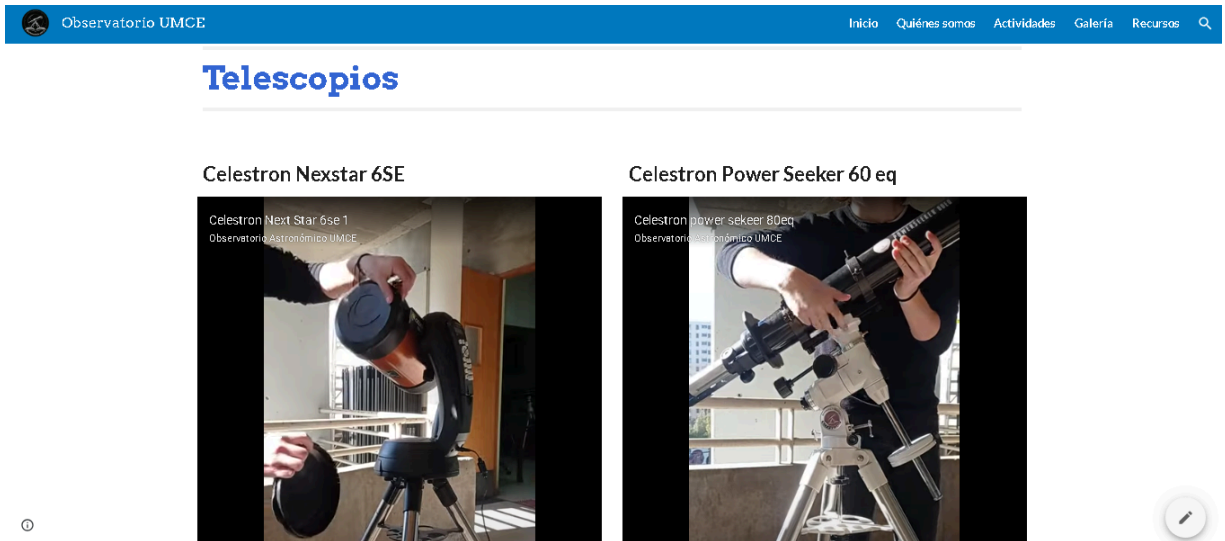


Figura 27. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos, cápsulas de video tutoriales para el montaje de telescopios. Elaboración propia



Figura 28. Elaboración propia. Captura de pantalla cápsula de video tutorial para montaje de telescopio Celestron Nexstar 6SE. Elaboración propia.

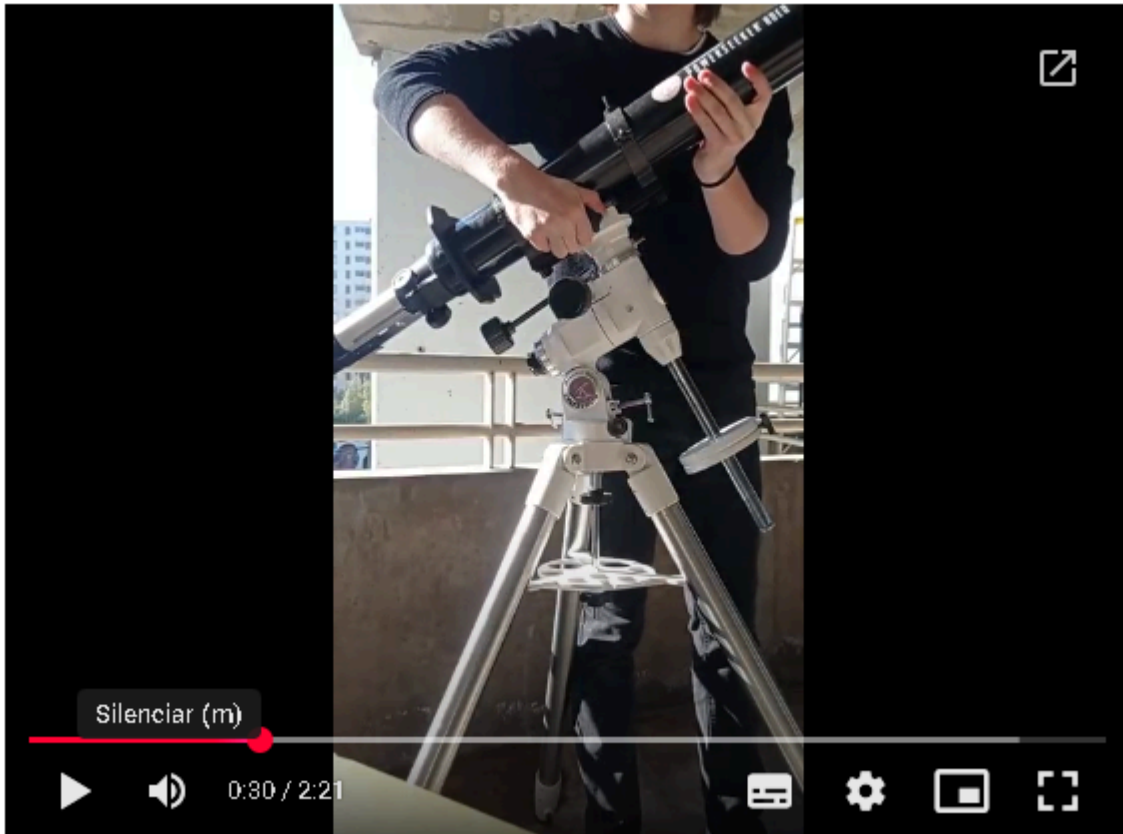


Figura 29. Elaboración propia. Captura de pantalla cápsula de video tutorial para montaje de telescopio Celestron Powerseeker 80 eq. Elaboración propia.



Figura 30. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos, apartado de fichas de los equipos del observatorio. Elaboración propia.

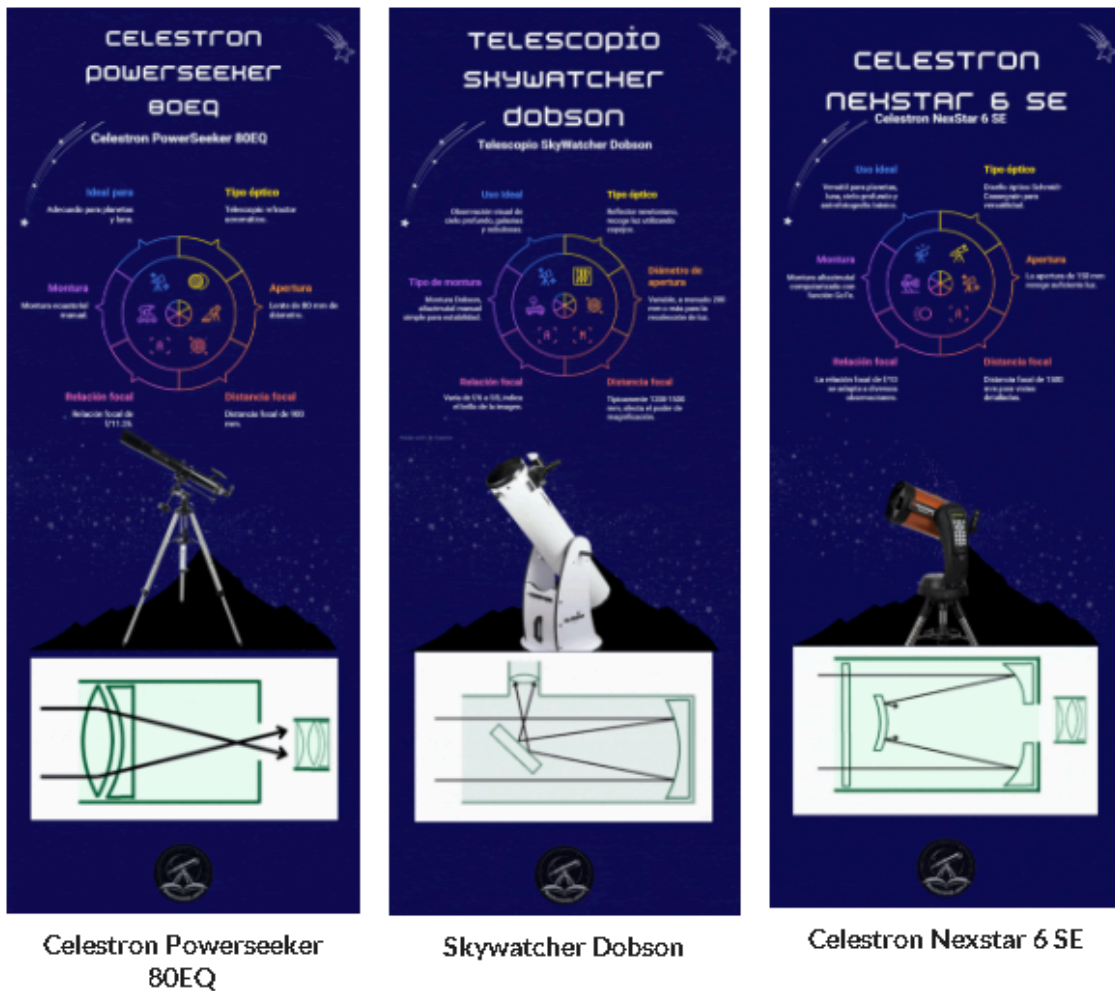


Figura 31. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos, apartado de fichas de los equipos del observatorio. Telescopios Celestron Powerseeker 80 eq, Skywatcher Dobson y Celestron Nexstar 6 SE. Elaboración propia.

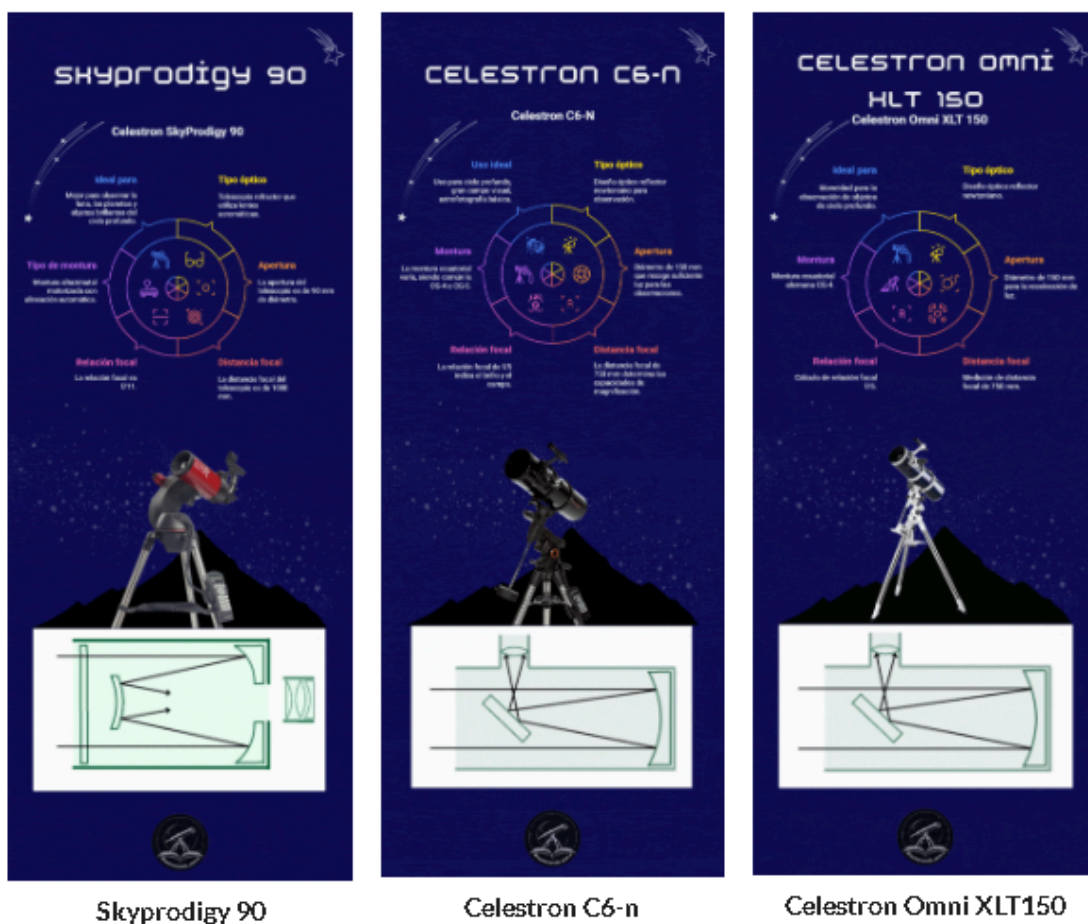


Figura 32. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos, apartado de fichas de los equipos del observatorio. Telescopios SkyProdigy 90, Celestron C6-n y Celestron Omni XLT 150. Elaboración propia.



Figura 33. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos, apartado de guías de trabajo para la enseñanza de la astronomía. Elaboración propia.



Figura 34. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos, apartado guías de trabajo. Curso de Astronomía del Sistema Sol-Tierra-Luna del Departamento de Física UMCE, liderado por la académica y astrónoma Lara Rodríguez. Elaboración propia.

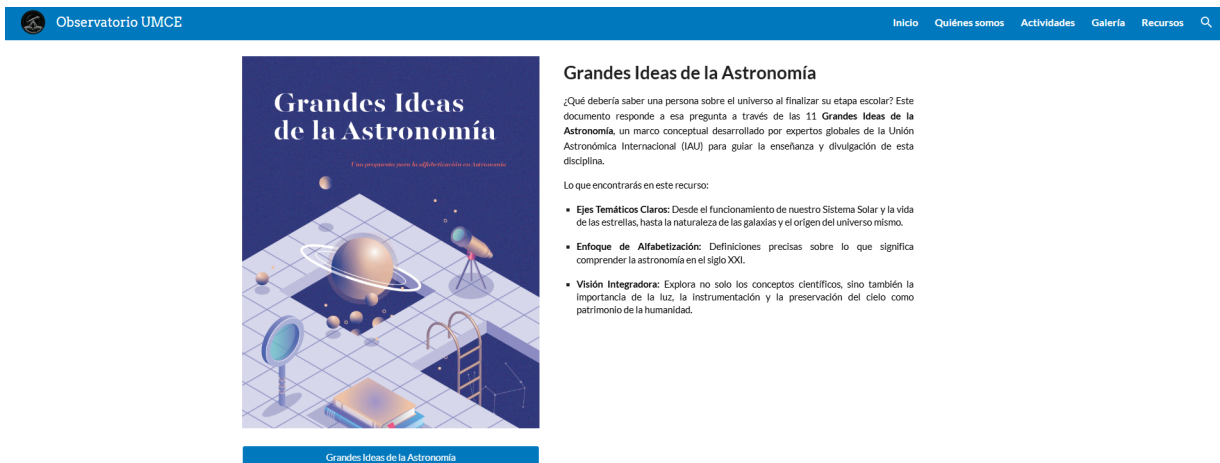


Figura 35. Captura de pantalla del sitio web del observatorio. Sección Recursos pedagógicos, apartado guías de trabajo. Documento Grandes ideas de la Astronomía, un marco conceptual desarrollado por expertos globales de la Unión Astronómica Internacional (IAU) para guiar la enseñanza y divulgación de esta disciplina. Elaboración propia.