UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES VINCULADAS CON LA PROFESIÓN

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

"Análisis de la viabilidad del polen de matorral costero bajo condiciones simuladas de Marte"

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Ana Belen Cruz Ortega

MatrículaMatricula: 2193069995

ASESORES:

Dra. Patricia Guadalupe Núñez Pérez (Céd. Prof. 2962350)
Laboratorio de Astrobiología, Instituto de Astronomía, UNAM

Dra. Gabriela Vázquez Silva (No. Eco. 30288)
Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, UAM

Ciudad de México **Septiembre, 2025**

Resumen

El presente estudio se centró en evaluar la viabilidad del polen de distintas especies del matorral costero bajo condiciones extremas simuladas de Marte, con el propósito de comprender la capacidad de adaptación de las plantas frente a ambientes adversos y su posible relevancia para la astrobiología. La investigación surge del interés por explorar cómo organismos terrestres podrían responder a entornos extraplanetarios y de generar conocimiento aplicable a la conservación de ecosistemas frágiles, al manejo de la biodiversidad y al desarrollo de estrategias biotecnológicas en situaciones de estrés ambiental.

Se recolectaron muestras de polen de especies representativas, incluyendo *Encelia californica, Pinus sp.* y *Oxalis sp.,* y se evaluó su germinación mediante pruebas in vitro, sometiéndolas a radiación ultravioleta tipo C que simula las condiciones presentes en la superficie de Marte. Los resultados mostraron diferencias claras entre especies: *Encelia californica* exhibió la mayor resistencia a la radiación, lo que sugiere la presencia de mecanismos protectores eficaces. *Pinus sp*. mostró alta sensibilidad, indicando que su viabilidad depende de condiciones ambientales más dóciles, mientras que *Oxalis sp*. presentó respuestas intermedias, posiblemente asociadas a ajustes metabólicos que incrementan la producción de antioxidantes y otros compuestos protectores frente al estrés oxidativo.

Estos hallazgos demuestran que la capacidad de supervivencia del polen depende de factores morfológicos, fisiológicos y metabólicos propios de cada especie, reflejando estrategias adaptativas frente a condiciones extremas. Además, la investigación aporta información valiosa para la astrobiología experimental, así como las primeras bases para futuras aplicaciones en conservación y agricultura bajo estrés ambiental y exploración espacial, siendo este un factor crítico para la resistencia de organismos a radiación y otras condiciones adversas.

El desarrollo de este trabajo también permitió integrar conocimientos teóricos y prácticos en botánica, ecología y astrobiología, fortaleciendo habilidades de análisis crítico, comunicación científica y reflexión sobre la interacción entre los organismos y entornos extremos, tanto terrestres como extraterrestres.

Palabras clave: Polen, viabilidad, matorral costero, Marte y radiación.

Índice

1 Introducción 3
2 Lugar donde se realizó el Servicio Social 5
3 Marco Institucional. 5
4 Objetivos del proyecto de investigación 7
5 Metodología 8
5.1 Simulación de condiciones Marcianas 8
5.1.1 Diseño y construcción del entorno de simulación: 8
5.2 Recolección y preparación del material botánico 8
5.2.1 Selección de especies: 8
5.2.2 Preparación de muestras: 8
5.3 Observación y análisis de anteras y polen 8
5.3.1 Observación de morfología: 8
5.3.2 Preparación de muestras para microscopía: 8
5.4 Extracción y observación de polen 8
5.4.1 Extracción de polen: 8
5.4.2 Tinciones y observación microscópica: 8
5.4.3 Cálculo del tamaño del polen: 9
5.5 Germinación *in vitro* de polen 9
5.5.1 Preparación de soluciones de sacarosa: 9
5.5.2 Proceso de germinación: 9
5.6 Análisis de datos y comparación 9
5.6.1 Registro de resultados: 9
5.6.2 Evaluación de resistencia y adaptabilidad: 9
5.7 Elaboración de informe 9
6 Actividades realizadas 10
7 Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios. 35
8 Referencias bibliográficas 37
9 Anexos 40

1 Introducción

La astrobiología surge en 1941 como una nueva disciplina científica orientada a buscar respuestas sobre el origen de la vida en la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo. De esta manera, la astrobiología se encarga del estudio del origen, la evolución, la distribución y el futuro de la vida en el universo (Valencia-Meza *et al.,* 2022). Debido a su enfoque interdisciplinario la astrobiología integra conocimientos de campos como la astronomía, biología, química y geología, entre otros, formando así un esfuerzo colectivo para comprender el fenómeno de la vida (De Mol, 2023).

Las principales líneas de investigación abarcan distintos niveles: desde lo cosmológico hasta lo microbiológico. En el ámbito astronómico, se estudian la formación de estrellas y sistemas planetarios, y la determinación de zonas habitables a nivel galáctico. A nivel planetario, se investigan condiciones fisicoquímicas para la vida, presencia de agua líquida y características atmosféricas. Mientras que, para el enfoque biológico, se explora la vida en ambientes extremos terrestres como análogos de otros mundos, así como el origen, evolución y adaptabilidad de la vida. También se incluyen teorías como la panspermia, que plantea la posibilidad de que la vida haya emergido en cuerpos celestes (De Mol, 2023; Chon-Torres, 2015; Vinogradoff *et. al.,* s.f.).

Aunque la paleopalinología y la astrobiología se desarrollan en contextos diferentes uno terrestre y otro extraplanetario, ambas tienen interés por rastrear la historia de la vida y su capacidad de adaptación frente a condiciones cambiantes. La paleopalinología aporta una perspectiva desde el registro fósiles terrestres como de esporas, polen, algas y hongos preservados en sedimentos. Esta disciplina permite identificar taxones vegetales antiguos, reconstruir comunidades del pasado y entender la evolución climática de regiones específicas. A través del análisis microscópico de estos restos biológicos, se pueden obtener valiosas inferencias sobre los cambios ambientales que ha experimentado la Tierra a lo largo del tiempo (Montoya *et. al*., 2009; Ruiz *et. al*., 2009; Canul-Montañes & Treviño-Carreón, 2015).

Por su parte, la astrobiología ha centrado gran parte de su atención en Marte, considerado uno de los candidatos más prometedores para albergar vida de acuerdo con su pasado. Desde finales del siglo XIX se han realizado observaciones astronómicas orientadas a evaluar su potencial de habitabilidad (Amils & Molina Sevilla, 2024). El análisis del meteorito ALH84001 en 1996 reveló estructuras que podrían ser indicios de vida microbiana marciana primitiva (Ramírez & Terrazas, 2006), mientras que misiones recientes como Mars 2020 y ExoMars han caracterizado una atmósfera delgada, rica en CO_2 (95%) y con trazas de H_2O, O_2, CO y otros gases (García, 2020), así

como la presencia de ciclos acoplados de dióxido de carbono, agua y polvo, y temperaturas medias de -55 °C (Vázquez-Martínez, 2008).

En este contexto, el matorral costero se presenta como un ecosistema clave ubicado en regiones áridas cercanas al mar, este ecosistema alberga especies vegetales altamente adaptadas a la escasez de agua, alta radiación solar y suelos pobres en nutrientes. Entre las especies predominantes se encuentran arbustos esclerófilos, malacófilos-caducifolios, geófitas, herbáceas, y algunas especies aromáticas (Palafox, 2016). Entre las especies representativas se encuentran agaves como *Agave shawii*, arbustos como *Ambrosia chenopodiifolia* y *Hazardia rosarica*, suculentas como *Euphorbia misera* y *Dudleya spp.*, así como diversas cactáceas como *Stenocereus gummosus* y *Opuntia spp.* Unos pocos árboles deciduos, *Aesculus parryi, Fraxinus parryi, y Prunus fremontii* (Hervías-Parejo *et. al*., 2021; González-Abraham *et. al.,* 2010).

Basándose en las condiciones marcianas y las características de dicho ecosistema, el estudio tiene como propósito principal recrear un ambiente que simule estas condiciones planetarias. A través de este enfoque, se busca llevar a cabo experimentos para analizar la respuesta del polen del matorral costero ante condiciones extremas, proporcionando datos valiosos sobre su viabilidad en condiciones marcianas.

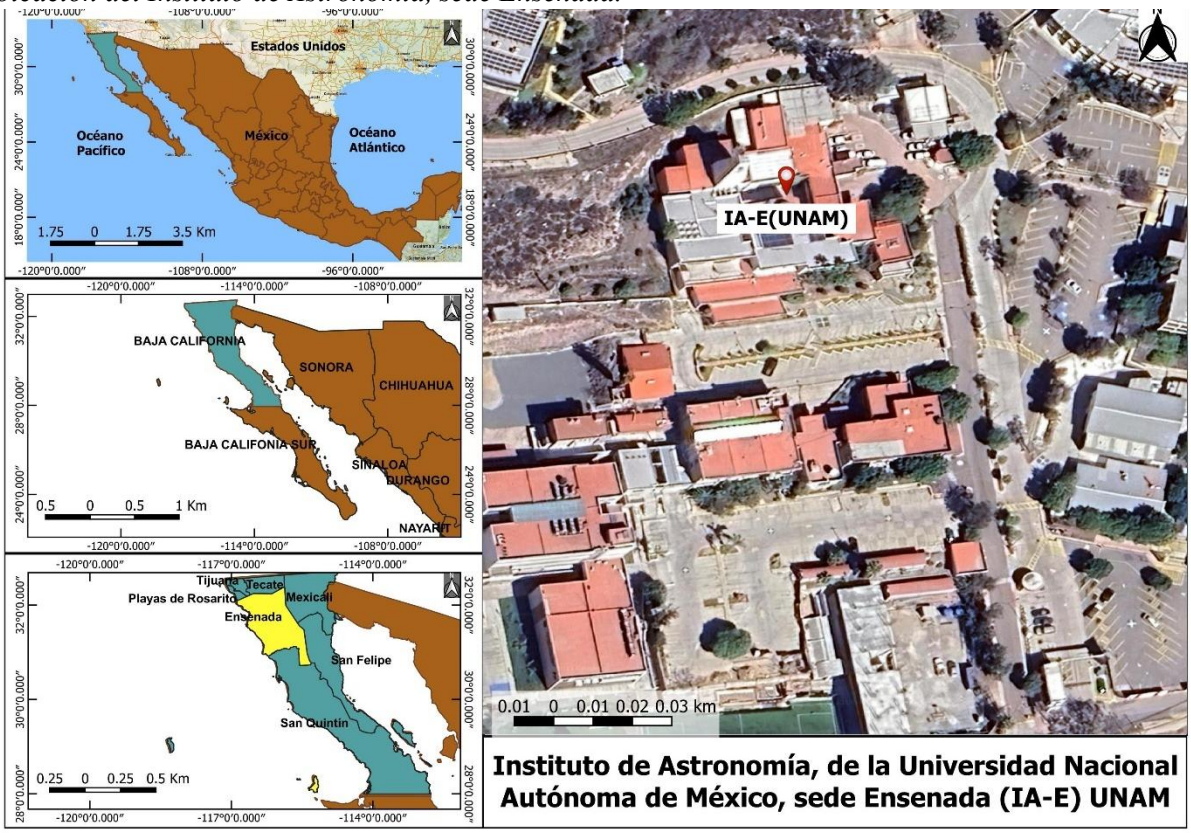
Existen diversos métodos para estudiar la viabilidad del polen, los cuales son cruciales para medir la fertilidad masculina y su impacto en los procesos reproductivos (González–Abraham *et. al.*, 2010). Uno de estos métodos es la tinción con colorantes nucleares, que permite evaluar la actividad enzimática de la membrana, así como la integridad y color del núcleo en los granos de polen. Así como, las pruebas de germinación in vitro que permiten analizar cómo las condiciones externas afectan la germinación y el posterior desarrollo del polen. Esta técnica utiliza un medio de cultivo para evaluar pequeñas cantidades de polen, permitiendo observar al microscopio el porcentaje de granos de polen que desarrollan el tubo polínico después de un período determinado (Araméndiz-Tatis *et. al.,* 2012). Esta última metodología es la que se aplicará en el presente estudio para evaluar la viabilidad del polen bajo condiciones controladas.

2 Lugar donde se realizó el Servicio Social

El servicio social fue desarrollo en el Laboratorio de Astrobiología del Instituto de Astronomía, de la Universidad Nacional Autónoma de México, sede Ensenada. Carr. Tijuana-Ensenada Km.103, Zona Playitas, 22860 Ensenada, B.C. con coordenadas 31.8688 N, 116.6659 O, Mapa 1.

Mapa 1

Ubicación del Instituto de Astronomía, sede Ensenada.



3 Marco Institucional. Misión, visión y objetivos de la institución. Compromiso social

Misión

La misión del Instituto de Astronomía (IA) es impulsar el desarrollo de la astrofísica en México a través de la realización de investigación original e innovadora con impacto internacional, el diseño y construcción de instrumentación astronómica con tecnología de punta, así como la formación de recursos humanos con estándares mundiales y la divulgación científica de excelencia.

El IA-UNAM desarrolla investigación de punta tanto en astrofísica observacional como teórica. En la investigación observacional se utilizan tanto recursos del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir (OAN-SPM), Baja California, como telescopios en otras partes del mundo o a bordo de misiones espaciales, así como repositorios de sus datos a manera de observatorios virtuales. En particular se tiene acceso al Gran Telescopio de Canarias, el telescopio óptico/infrarrojo más grande del mundo, gracias a un programa de desarrollo de instrumentación. Diversos proyectos internacionales construyen telescopios en el OAN-SPM con beneficio para la comunidad astronómica nacional. La investigación teórica hace uso de infraestructura de supercómputo tanto la desarrollada en el IA mismo, la DGTIC-UNAM, como en centros de supercómputo en otras instituciones nacionales o internacionales.

Visión

Mantener una posición de liderazgo nacional e internacional en investigación de frontera en astrofísica, el desarrollo de instrumentación astronómica con tecnología de punta, y generar proyectos de gran envergadura que pongan a nuestros observatorios dentro del marco competitivo internacional, en beneficio del desarrollo científico y tecnológico del país.

Objetivos

Realizar investigación y generar conocimientos nuevos en los campos de astrofísica estelar, planetaria, galáctica, extragaláctica, medio interestelar e intergaláctico, cosmología, altas energías; y otros campos afines, así como el desarrollo de la instrumentación astronómica y de nuevas tecnologías.

Formar recursos humanos de alta calidad con estándares internacionales impartiendo cursos, dirigiendo tesis e incorporándose a proyectos de investigación, en colaboración con institutos y facultades afines de la Universidad Nacional Autónoma de México y de otras instituciones educativas y científicas nacionales e internacionales.

Operar y mantener en óptimas condiciones el Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, BC., y en Tonantzintla, Puebla; así como generar proyectos de gran envergadura que sitúen a nuestros observatorios dentro del marco competitivo internacional.

Conformar una red de instituciones nacionales que elaboren un Plan Nacional de Desarrollo de la Astronomía.

Llevar a cabo la difusión y divulgación de la astronomía en particular, y de la ciencia en general.

Aporte a la sociedad

a) Conservación y ecología: Comprender cómo las plantas responden a condiciones extremas puede ayudar en esfuerzos de conservación y restauración de ecosistemas frágiles o degradados en la Tierra.

b) Innovaciones en biotecnología y agricultura: Los hallazgos pueden inspirar nuevas técnicas y tecnologías para mejorar la resistencia de las plantas a condiciones extremas, beneficiando la agricultura en regiones terrestres con climas adversos.

c) Avance en la exploración espacial: Este estudio puede contribuir al conocimiento sobre la posibilidad de cultivar plantas en condiciones marcianas, lo cual es crucial para futuras misiones espaciales y la eventual colonización de Marte.

4 Objetivos del proyecto de investigación

Objetivo general

Evaluar la viabilidad del polen de matorral costero bajo condiciones simuladas de Marte para determinar su potencial de crecimiento y resistencia en un entorno extraterrestre.

Objetivos específicos

-Simular condiciones Marcianas: Crear un entorno controlado que replique las condiciones climáticas, atmosféricas y del suelo de Marte para llevar a cabo los experimentos.

-Medir la viabilidad del polen: Evaluar la capacidad de germinación y crecimiento del polen de matorral costero en las condiciones simuladas, utilizando diferentes métodos de cultivo y análisis microscópicos.

-Comparar con condiciones Terrestres: Realizar un estudio comparativo de la viabilidad del polen en condiciones terrestres normales y en las condiciones simuladas de Marte para identificar diferencias y posibles adaptaciones.

5 Metodología

5.1 Simulación de condiciones Marcianas

5.1.1 Diseño y construcción del entorno de simulación:

Crear una cámara de simulación que imite las condiciones atmosféricas, de temperatura y presión de Marte.

5.2 Recolección y preparación del material botánico

5.2.1 Selección de especies:

Seleccionar flores frescas de matorral costero que sean representativas del ecosistema de estudio.

5.2.2 Preparación de muestras:

Obtener anteras y colocarlas papel estraza preservarlas antes del experimento.

Para el experimento, utilizar flores que no estén completamente maduras para asegurar la integridad del polen.

5.3 Observación y análisis de anteras y polen

5.3.1 Observación de morfología:

Utilizar microscopios ópticos y de disección para estudiar la morfología de los estambres y anteras.

Realizar esquemas detallados de las estructuras observadas.

5.3.2 Preparación de muestras para microscopía:

Colocar anteras en portaobjetos sin añadir ninguna sustancia y cubrir con cubreobjetos.

Observar al microscopio y registrar las observaciones.

5.4 Extracción y observación de polen

5.4.1 Extracción de polen:

Extraer polen de flores frescas usando pinzas, aguja o pincel bajo lupa o microscopio estereoscópico.

Colocar el polen en cubreobjetos sin ninguna sustancia adicional y observarlo al microscopio.

5.4.2 Tinciones y observación microscópica:

Realizar observaciones de polen en seco y luego aplicar tinciones con lugol o fucsina básica.

Observar las características de la pared del grano de polen, tamaño y aperturas.

5.4.3 Cálculo del tamaño del polen:

Utilizar el ocular micrométrico del microscopio para medir el tamaño de los granos de polen.

Convertir las medidas según las divisiones del ocular a diferentes aumentos (25 micras a 40x, 10 micras a 100x, 2.5 micras a 400x).

5.5 Germinación *in vitro* de polen

5.5.1 Preparación de soluciones de sacarosa:

Preparar soluciones de sacarosa al 5%, 10% y 15% para usar en la germinación de polen, que se agregara al medio de cultivo de germinación.

5.5.2 Proceso de germinación:

Germinar los granos de polen en tubos de ensayo con las diferentes concentraciones de sacarosa.

Colocar 2 ml de solución en cada tubo y observar el desarrollo del tubo polínico.

5.6 Análisis de datos y comparación

5.6.1 Registro de resultados:

Documentar todas las observaciones y resultados de las pruebas de germinación y tinción.

Realizar un análisis comparativo de la viabilidad del polen en condiciones simuladas de Marte y en condiciones terrestres.

5.6.2 Evaluación de resistencia y adaptabilidad:

Analizar la respuesta fisiológica del polen bajo condiciones marcianas.

5.7 Elaboración de informe

Redactar un informe final detallado con los hallazgos del estudio, incluyendo gráficos, tablas y fotografías de las observaciones microscópicas.

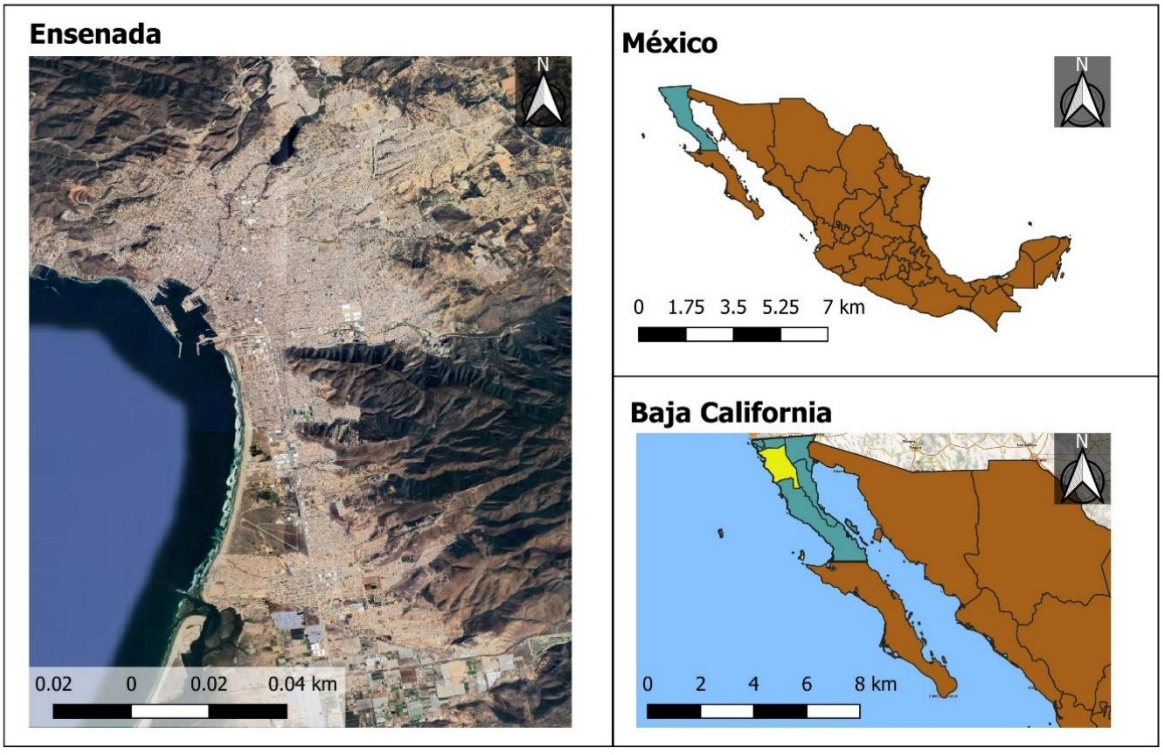
6 Actividades realizadas

Area de estudio

El matorral costero constituye uno de los ecosistemas presentes en la ciudad de Ensenada, localizada en el noroeste de Baja California, entre las coordenadas 31° 51′ 00″ de latitud norte y 116° 37′ 30″ de longitud oeste. Con una superficie de 71,609.26 km². Ensenada se posiciona como uno de los municipios con mayor extensión territorial en México. La región se caracteriza por un clima seco de tipo mediterráneo, con veranos prolongados, cálidos y escasamente lluviosos, mientras que los inviernos presentan temperaturas más bajas, mayor humedad y lluvias moderadas. La temperatura media anual oscila entre los 12 y los 18 °C. Conforme a la clasificación climática de Köppen, este clima corresponde al tipo BSk, el cual es representativo de zonas de estepa fría con condiciones semiáridas (Alfaro-Germán, 2017; COPLADEM, 2003; DGAOHM, s.f; Climate Data).

Mapa 2

Ubicación geográfica del área de estudio en el municipio de Ensenada, Baja California.



Matorral costero

A lo largo del litoral del Pacífico, el matorral costero se presenta de forma fragmentada y cumple un papel transicional entre la vegetación desértica y el chaparral, este tipo de vegetación se distribuye desde el nivel del mar hasta elevaciones que oscilan entre los 400 y 600 metros, ocupando principalmente colinas costeras y las estribaciones inferiores de los sistemas montañosos. Estando influenciado por factores climáticos como las neblinas costeras y los vientos marinos. Se presenta en regiones con clima seco, particularmente del tipo seco mediterráneo templado y muy seco, incluyendo subtipos muy secos y muy secos semicálidos. La precipitación anual oscila entre 250-380 mm, principalmente durante la temporada invernal. La vegetación dominante está compuesta por especies con hojas en forma de roseta, como los agaves; arbustos inermes y espinosos; además de diversas cactáceas que prosperan en suelos de origen heterogéneo (Alfaro Germán, 2017; COPLADEM, 2003; INEGI, 2001; González-Abraham *et. al*., 2010).

Mapa 3

Clasificación ecológica en Ensenada, B.C.

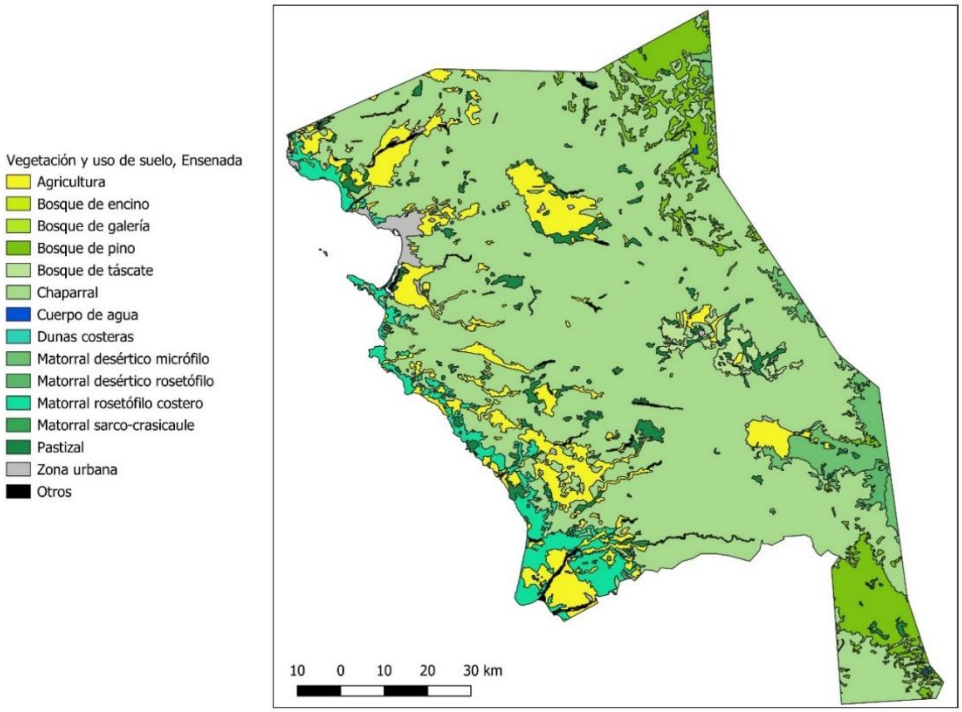
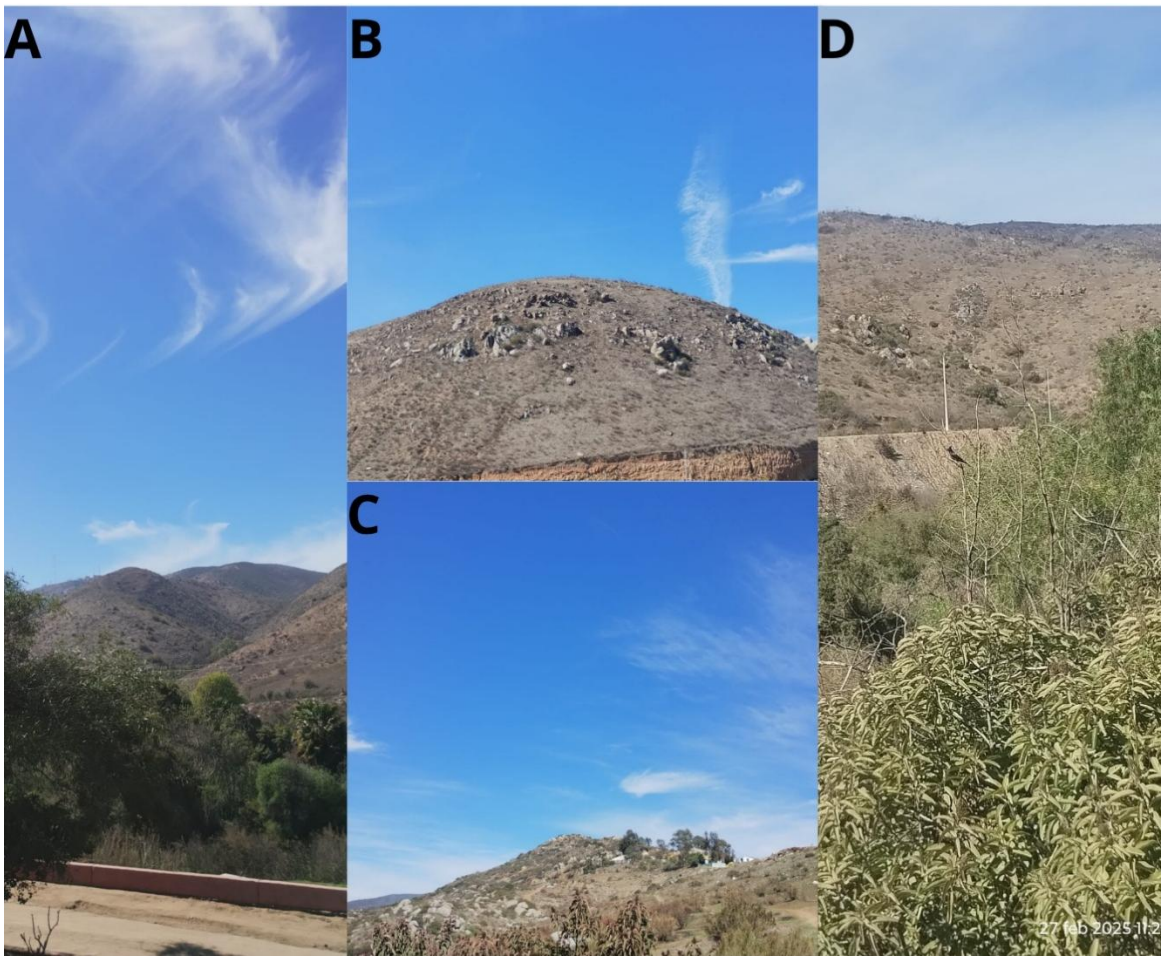


Imagen 1

Paisaje de matorral costero en el Cañón de Doña Petra, Ensenada Baja California.



Medios de cultivos

Los medios de cultivo son una mezcla diseñada para crear las condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de microorganismos en ambientes controlados. Compuestos por nutrientes esenciales, factores de crecimiento y otros componentes que satisfacen las necesidades específicas de cada tipo de microorganismo (Universidad de Granadas, 2009).

El método propuesto por Brewbaker y de Kwak se utiliza para la germinación in vitro del polen, ya que permite realizar estimaciones precisas de la fertilidad. Esta técnica imita el desarrollo del tubo polínico en los tejidos estilares, debido a que el medio de cultivo empleado reproduce la composición del mucílago presente en el estigma (Martínez Pacheco, 2018).

Redición ultravioleta

La radiación es un fenómeno mediante el cual la energía se transfiere en forma de ondas electromagnéticas o partículas de un lugar a otro. Desde el punto de vista físico, se distinguen dos tipos principales: la ionizante, que posee suficiente energía para ionizar átomos, es decir, arrancar electrones y modificar la estructura de la materia irradiada; y la no ionizante, que no cuenta con la energía necesaria para romper enlaces atómicos y, por lo tanto, no provoca ionización en el medio que atraviesa (Consejo de Seguridad Nuclear; Miranda, 2019).

Dentro del espectro de la radiación no ionizante se encuentra la energía solar, que constituye la principal fuente de luz y energía para la Tierra, siendo un factor clave en la aparición y evolución de la vida, asi como en el balance de los ecosistemas .Entre sus principales funciones se encuentran la regulación de la temperatura global, la activación del ciclo hidrológico mediante la evaporación del agua y la fotosíntesis, proceso en el que las plantas, como productores primarios, transforman la energía solar en energía química, sosteniendo las cadenas tróficas. Además, garantiza la disponibilidad de luz durante gran parte del día regulando los ritmos biológicos de los organismos (Montero-Torres, 2022; Biodiversidad Mexicana, 2022).

Entre los distintos componentes de la radiación solar se encuentra la radiación ultravioleta (UV), una de las más energéticas que alcanza la superficie terrestre. Esta se clasifica en tres tipos: UV-A (315–400 nm), que llega con mayor intensidad; UV-B (280–315 nm), que es filtrada parcialmente por la atmósfera; y UV-C (100–280 nm), la cual es absorbida en su totalidad por la capa de ozono (Morales & López-Nevot, 2006; Moumen et al., 2025; Soledispa, 2010).

En el ámbito vegetal las radiaciones UV-A y UV-B contribuyen principalmente a regular procesos como el crecimiento orientado hacia la luz (fototropismo) y el desarrollo estructural de las plantas (morfogénesis) mientras que la UV-B y UV-C participan en la inducción de metabolitos secundarios en los tejidos vegetales vinculados con mecanismos de defensa. Debido a su elevada energía y corta longitud de onda, la radiación UV-C se emplea con fines germicidas, principalmente para la eliminación de microorganismos, sin embargo también puede ocasionar daños fisiológicos en las plantas (Gąstoł & Błaszczyk, 2024).

El impacto de la radiación desempeña un papel fundamental en la reproducción de las angiospermas, dado que afecta de manera diferencial a los gametos femeninos y masculinos. Los óvulos permanecen protegidos dentro del ovario, lo que los aísla de la radiación solar directa y de condiciones ambientales extremas, mientras que los granos de polen quedan expuestos tras la

apertura de las anteras, enfrentándose a la luz ultravioleta y a otros factores ambientales hasta que el tubo polínico alcanza el estigma (Cun *et. al*., 2024).

Campo

Colecta de muestras

Material para la colección de las flores

- Bolsas de papel
- Tijeras
- Plumón para etiquetado de muestras
- GPS
- Celular o camara fotografica

Durante el trabajo de campo se recolectaron 32 ejemplares de flores (Tabla 3), dentro de las instalaciones del IA-E UNAM, el CICESE, la UABC, la colonia Chapultepec y en el Cañón de Doña Petra. Las cuales fueron identificadas mediante las aplicaciones móviles PictureThis y Naturalista, lo que permitió un registro inicial de las especies observadas.

Mapa 4

Localización de los sitios de muestreo en Chapultepec y Cañón de Doña Petra, Ensenada, Baja California.



Nota: La imagen muestra la ubicación de dos áreas urbanas y periurbanas en el municipio de Ensenada, Baja California: Chapultepec (izquierda) y Cañón de Doña Petra (derecha). En ambos sitios se realizaron salidas de campo para la recolección plantas , las cuales fueron utilizadas en el presente estudio. Los puntos rojos indican los lugares específicos donde se efectuaron los muestreos.

Imagen 2

Recolección botánica en campo.



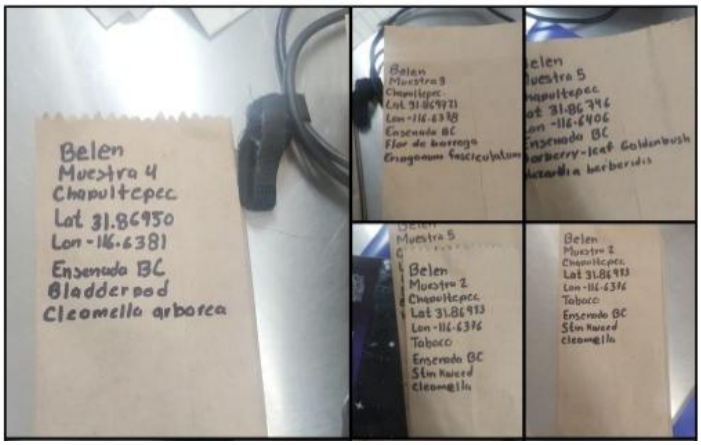
Identificación

Una vez recolectada la muestra esta fueron identificada y posteriormente guardadas dentro de las bolsas de papel con el fin de que se mantuvieran lo más frescas posibles y absorbiendo la mayor cantidad de humedad. Y etiquetadas con los siguientes datos.

Imagen 3

Identificación de muestras.

- Nombre del recolector
- Nombre de común
- Nombre científico
- Numero de muestra
- Fecha
- Coordenadas
- Lugar de recolección



Procedimiento en laboratorio

Extracción

Materiales para la extracción

- Cajas Petri
- Portaobjetos cóncavo
- Portaobjetos
- Pinzas
- Esteroscopio
- Tubo de ensayo
- Agua destilada
- Alcohol
- Pipeta Pasteur de vidrio o micropipeta
- Centrifugadora
- Gradillas

Para la extracción de polen se utilizaron diferentes métodos, con el fin de obtener la mayor cantidad de granos posible. En el primer método, se usaron pinzas y un estereoscopio para retirar los granos de polen de las flores frescas y depositarlo en el portaobjetos.

Imagen 4

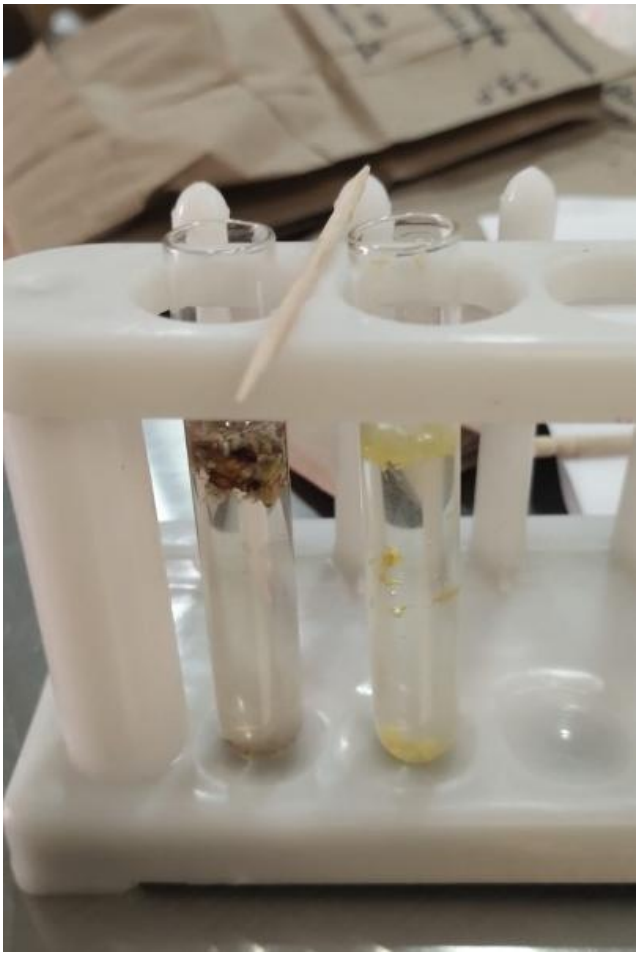
Extracción de granos de polen.



En el caso de las flores secas, el procedimiento consistió en hidratar las anteras con agua destilada en un tubo de ensayo, dejándolas reposar durante 10 minutos. Posteriormente, con ayuda de una pipeta, se tomó una gota del fondo del tubo para obtener los granos de polen y depositarlos en el portaobjetos. En su defecto, la muestra de agua se centrifugó a 3000 rpm durante 2 minutos con el mismo objetivo.

Imagen 5

Hidratación de anteras de flores secas para extracción de los granos de polen.



Este procedimiento se repitió tres veces para cada una de las flores. Una vez extraído el polen, a cada muestra se le colocó un medio de cultivo diferente para continuar con el análisis.

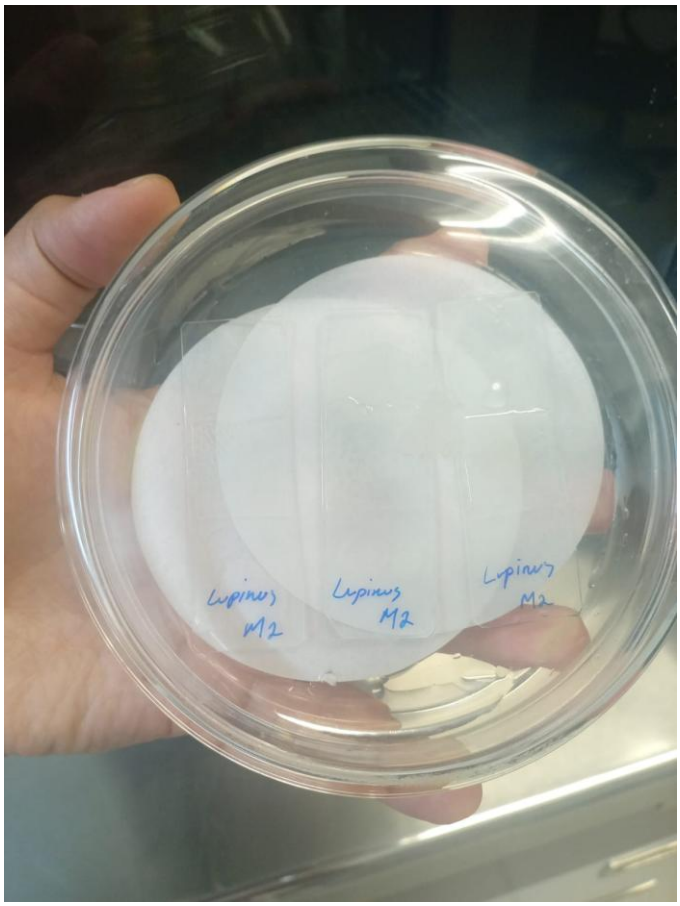
Materiales para el análisis

- Muestra de polen
- Medios de cultivo
- Pipetas
- Cajas Petri
- Papel filtro
- Agua destilada
- Incubadora
- Termómetro
- Microscopio óptico
- Cubreobjetos
- Esmalte
- Espátula
- Franela
- Agua
- Clínex

Para la primera muestra, con ayuda de una pipeta, se colocó un medio de gelatina con nutrientes, que debía estar en estado líquido, por lo que fue necesario calentarlo previamente, una vez teniendo la muestra esta es puesta dentro de la caja petri la cual contará con un papel filtro húmedo, y posteriormente esta será incubada bajo condiciones controladas, registrando los siguientes datos: fecha, temperatura, hora y número de muestra. Después de 24 horas, fueron monitoreadas mediante un microscopio óptico durante varios días.

Imagen 6

Preparación de polen en medios nutritivos



En las otras dos muestras, el polen se procesó con medios diferentes los cuales debían estar en estado líquido, por lo que fue necesario calentarlo previamente la gelatina con glicerina, y la gelatina con glicerina y safranina. Ambos cultivos fueron depositados en cada muestras y cubiertas con un cubreobjetos, dejándolas secar para luego retirar el exceso de gelatina con ayuda de una franela húmeda y una espátula y posteriormente fueron selladas con esmalte y así poder ser etiquetas.

- Nombre del recolector
- Nombre de común
- Nombre científico
- Numero de muestra
- Lugar de recolección

Imagen 7

Muestras fijadas.



Nota: Las muestras transparentes contienen gelatina con glicerina, mientras que las muestras teñidas de rojo contienen gelatina con glicerina y safranina.

Preparación de cultivos

Materiales y reactivos para medio de cultivo

- Matraz Erlenmeyer de 50 ml
- Probetas de 100ml
- Vaso precipitado de 100ml
- Balanza
- Cuchara o espátula
- Plancha y mosca
- Gelatina
- Agar bacteriológico

- Agua destilada
- Sacarosa (C12H22O11)
- Ácido bórico (H_3BO_3)
- Nitrato de potasio (KNO_3, NOP)
- Nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$)
- Sulfato de manganese ($MgSO_4$)
- Glicerina
- Safranina

Imagen 8

Reactivos: Gelatina, Sacarosa (C12H22O11), Ácido bórico (H_3BO_3), Nitrato de potasio (KNO3, NOP), Nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$), Sulfato de manganese ($MgSO_4$).



Medio de gelatina con nutrientes: En un matraz Erlenmeyer se colocaron 50 ml de agua destilada, posteriormente se pesaron 3gr gelatina y 20 gr sacarosa, con ayuda de una plancha fueron mezcladas con agua destilada en un vaso de precipitado llevándolos a una temperatura de 60°C a 100 revoluciones por minuto (RPM), una vez teniendo una mezcla homogénea se le agregan 0.005 gr de ácido bórico, nitrato de potasio, nitrato de calcio y sulfato de magnesio mezclando nueva mente durante algunos minutos.

Se realizo un segundo medio de cultivo en un matraz Erlenmeyer se colocaron 100 ml de agua destilada, posteriormente se pesaron 2 gr de agar bacteriológico, mezclados con ayuda de una plancha llevándose a una temperatura de 60°C a 100 revoluciones por minuto (RPM), posteriormente fueron agregados 20 gr sacarosa una vez teniendo una mezcla homogénea se le agregan 0.005 gr de ácido bórico, nitrato de potasio, nitrato de calcio y sulfato de magnesio mezclando nueva mente durante algunos minutos. Esto con el fin de ver cuál de los dos medios de cultivos era el mejor para la germinación de los granos de polen.

Medio gelatina con glicerina: En un matraz Erlenmeyer se colocaron 42 ml de agua destilada la cual se pasó a un vaso de precipitado mezclándolo con 50ml glicerina, 7gr gelatina a una temperatura de 60°C a 50 revoluciones por minuto (RPM), al tener una mezcla homogénea, esta fue dividida en 2 a una de las mezclas se le agregan de 1 a 3 gotitas de safranina.

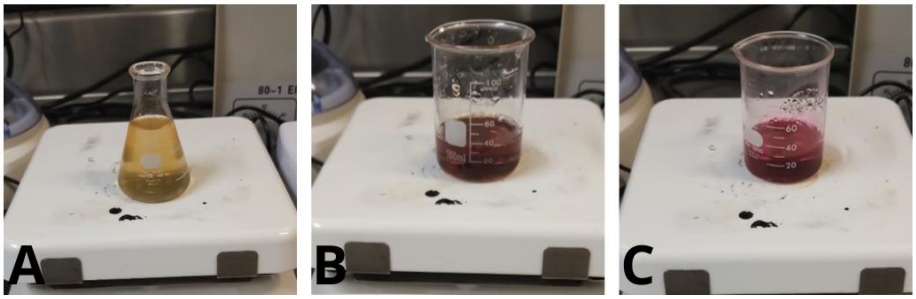
Imagen 9

Preparación de medio de cultivos



Imagen 10

Medios de cultivo



Nota: A) gelatinas mas nutrientes, B) gelatina mas glicerina. C) gelatina mas glicerina y safranina

Monitoreo de muestras

Tras 24 horas de incubación, las muestras fueron monitoreadas para evaluar el desarrollo del tubo polínico mediante observación microscópica. Esta evaluación permitió identificar el grado de germinación y crecimiento del tubo polínico de las distintas especies, como se muestra en la Imagen 12.

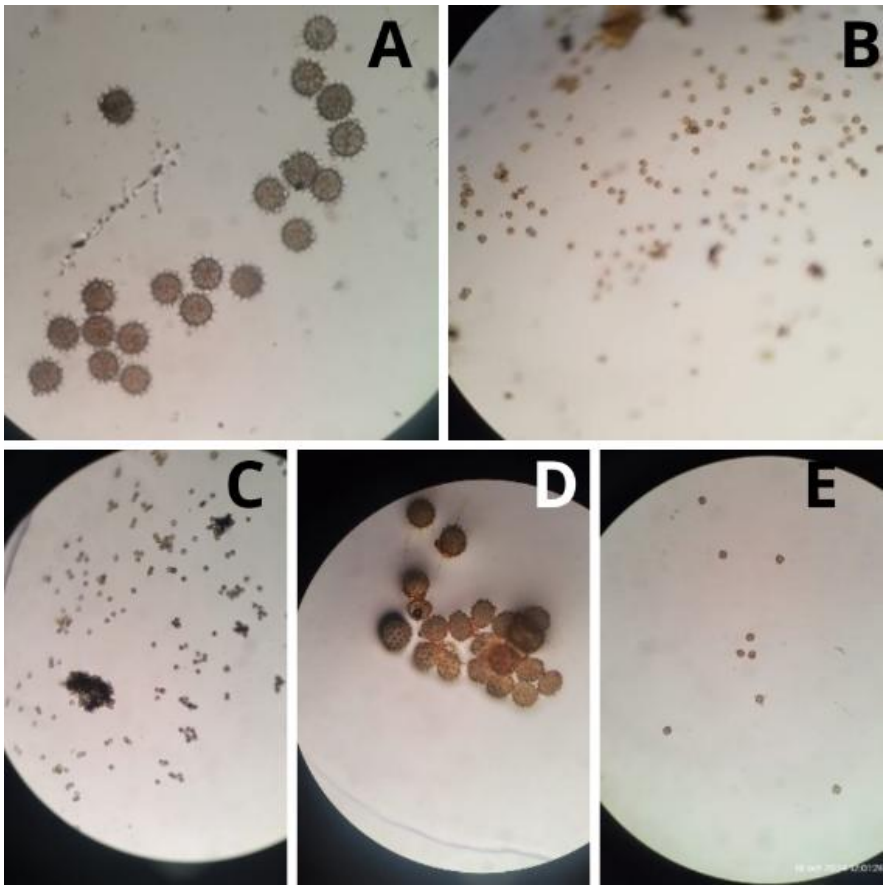
Imagen 11

Monitoreo de muestras



Imagen 12 .

A) Hibiscus tiliaceus, B) Hazardia berberidis, C) Faucaria tigrina, D) Nerium oleander y E) Cylindroputia arbuscula.



Evaluación del porcentaje de germinación

Posteriormente, se realizaron pruebas experimentales con el fin de conocer el porcentaje de germinación del polen de algunas especies. Para ello, se utilizó un microscopio con el cual se llevó a cabo el conteo tanto del total de granos de polen presentes como de aquellos que habían germinado. Esta información permitió obtener un valor representativo del porcentaje de germinación en cada caso como se muestra en la Tabla 1 y 4 facilitando así el análisis comparativo entre las muestras.

Tabla 1

Porcentaje de germinación in vitro de granos de polen.

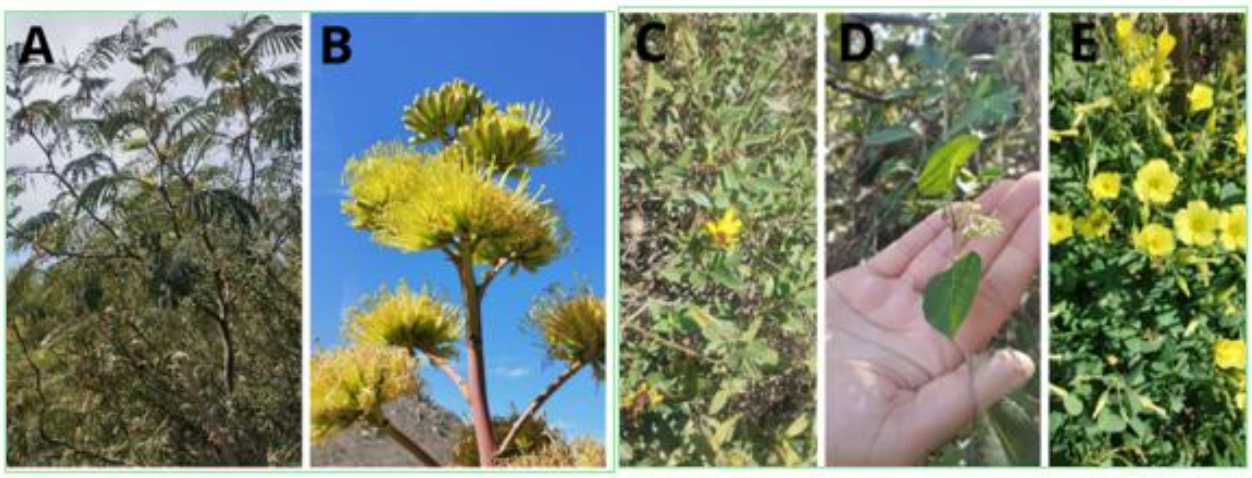
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	CAVIDADES	PORCENTAJE DE GERMINACION
Cylindroputia arbuscula	Choya arbusto		45.50
Cylindroputia arbuscula	Choya arbusto	A	55.64
		B	51.94
Hazardia berberidis	Barberry-leaf Goldenbush	A	99.64
		B	100.00
Carpobrotus chilensis	Doca de chile		77.74
Hazardia berberidis	Barberry-leaf Goldenbush		62.94
Cylindroputia arbuscula	Choya arbusto	A	71.58
		B	*74.90*

Procedimiento para la evaluación del efecto de la radiación en la germinación del polen

De acuerdo con los objetivos planteados en el presente estudio, se seleccionaron especies nativas del matorral costero, entre las cuales se encuentran *Agave shawi*, *Encelia californica*, *Paraserianthes lophantha, Fraxium perryi, Oxalis* sp. y *Pinus* sp.

Imagen 13

A) Paraserianthes lophantha, B) Agave shawi, C) Encelia californica, D) Fraxium perryi, E) Oxalis sp.



Radiación

Una vez seleccionadas las muestras, se procedió a extraer el polen utilizando los distintos métodos previamente descritos. Posteriormente, las muestras fueron expuestas a radiación ultravioleta (UV) de tipo C en una cámara especializada, con una intensidad de 1,95 J/cm² durante 5 minutos marcianos, equivalentes a 142 segundos Terrestres de acuerdo a la Tabla 5.

Imagen 14

Aplicación de radiación UV-C sobre muestras polen.



Medidas de seguridad durante la exposición UV-C

Para llevar a cabo la exposición a la radiación UV-C, fue necesario aplicar medidas de seguridad adecuadas, utilizando equipo de protección personal que incluyó guantes de nitrilo, gafas especiales con filtro UV y bata de laboratorio, con el fin de evitar cualquier contacto directo o exposición a la radiación.

Incubación

Una vez expuestas las muestras, se procedió a incubarlas en un medio de cultivo con nutrientes. Las muestras fueron incubadas en condiciones controladas con una temperatura de 33 °C como se muestra en la Tabla 6, durante un periodo aproximadamente de 20 horas, tiempo suficiente para permitir la germinación, manteniendo una humedad adecuada para evitar la desecación de las muestras.

Imagen 15

Incubadora de laboratorio, empleada para el cultivo de muestras biológicas



Análisis

Transcurridas las 20 horas de incubación, las muestras fueron examinadas cuidadosamente para evaluar la viabilidad del polen tras la exposición a la radiación ultravioleta UV-C. Para ello, se utilizó un microscopio óptico permitiendo la observación detallada de los granos. Posteriormente se realizó un conteo manual del total de los granos, así como los que estaban germinados.

Resultados

Los resultados mostraron que las especies evaluadas respondieron de manera variable a la exposición con una radiación de 1.95 J/cm². *Encelia californica* registró el mayor índice de germinación, alcanzando un 81.39% en la cavidad A y un 43.37% en la cavidad B, lo que indica una notable tolerancia a la radiación. Por otro lado, *Oxalis sp.* presentó porcentajes de germinación moderados, con un 52.98% en la cavidad A y 51.00% en la cavidad B. Mientras *Pinus sp*. mostró la menor viabilidad germinativa, con un 12.10% y 19.77% en las cavidades A y B, respectivamente, reflejando una alta sensibilidad al estrés radiactivo como se muestra en la Tabla 2 y 7.

Tabla 2

Porcentaje de germinación in vitro del polen radiado.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	CAVIDADES	PORCENTAJE
Encelia californica	California brittlebush	A	81.39
		B	43.37
Oxalis sp.	Oxalis	A	52.98
		B	51.00
Pinus sp	Pino	A	12.10
		B	19.77

De acuerdo con los índices de geminación de *Oxalis sp*. en el presente estudio y estudios previos con *Oxalis corniculata* llevados a cabo por Sakauchi y colaboradores en 2021, donde la exposición a una baja dosis de radiación provocó ajustes metabólicos caracterizados por la disminución de azúcares y ácidos grasos, así como un incremento de compuestos antioxidantes. Estos cambios metabolómicos podrían contribuir a la protección del polen frente a daños oxidativos, permitiendo que *Oxalis* mantenga su viabilidad bajo condiciones extremas. Por lo tanto, los resultados sugieren que la resistencia del polen a la radiación puede estar mediada por la activación de mecanismos antioxidantes y la reorganización de sus reservas metabólicas.

Los indices de viavilidad de *Pinus sp*. mostraron alta sensibilidad frente a la radiación. Este patrón concuerda con los estudios de Kukarskih y colaboradores (2021), quienes documentaron que la exposición aguda a radiación ionizante tras el accidente de Kyshtym en la EURT redujo significativamente el crecimiento radial de *Pinus sylvestris* durante los primeros años posteriores al evento. Aunque la exposición crónica posterior tuvo efectos limitados, la alta radiosensibilidad inicial de los pinos, comparable al efecto de sequías extremas, sugiere que su polen también podría ser vulnerable al estrés oxidativo inducido por radiación.

Además, Seddon y colaboradores 2021 indicaron que factores poblacionales y la química del polen modulan la respuesta de *Pinus* a la radiación UV-B, lo que refuerza la idea de que la vulnerabilidad reproductiva es generalmente alta en esta especie. Por lo tanto, la baja viabilidad del polen de *Pinus sp.* observada en nuestro estudio probablemente refleja tanto la limitada capacidad de adaptación metabólica frente al daño oxidativo como la sensibilidad inherente de la especie a condiciones ambientales extremas.

Las adaptaciones morfológicas y fisiológicas de las hojas de *Encelia* a ambientes áridos y con alta radiación solar, descritas por Ehleringer 1985 permiten comprender la resistencia de su polen a la radiación UV. Las diferencias en pubescencia foliar y la exposición directa a la radiación parecen influir en la viabilidad del polen, lo que sugiere que estas especies han desarrollado estrategias complementarias para proteger su reproducción frente a condiciones ambientales extremas.

De acuerdo con los resultados presentados, se observa que la germinación de los granos de polen depende de las características morfológicas, fisiológicas y metabólicas específicas de cada especie, lo que determina su supervivencia reproductiva en ambientes extremos. Esto constituye un indicador valioso para la astrobiología, ya que permite evaluar el comportamiento del polen tanto en entornos extraterrestres como en condiciones extremas de la Tierra, generando conocimiento fundamental sobre la adaptabilidad del polen y sentando bases para aplicaciones en conservación ambiental y biotecnología vegetal.

Actividades complementarias en el laboratorio durante el Servicio

Parte de mi servicio en el laboratorio consistió con la participación en actividades de divulgación científica, así como la integración a cursos. Estas experiencias contribuyeron significativamente a mi desarrollo académico, permitiéndome profundizar dentro del campo de la comunicación científica en la astrobiología.

Divulgación científica

Como parte del compromiso de laboratorio de Astrobiología con la educación y la comunicación pública de la ciencia, se participa activamente en diversas actividades de divulgación científica las cuales permiten una cercanía a las investigaciones llevadas a cabo dentro del laboratorio al público general. Estas iniciativas no solo transmiten conocimiento, sino que también buscan inspirar y despertar la curiosidad científica en personas de todas las edades. Durante el segundo semestre del 2024, tuve la oportunidad de colaborar en dos eventos clave que promovieron estos objetivos: la *Noche de la Ciencia*, la *Noche de las Estrellas* y recorridos *guiados* en el Instituto de Astronomía, más específicamente en el laboratorio de astrobiología, Además, en el primer semestre de 2025, brindé apoyo en las grabaciones educativas realizadas en el laboratorio de astrobiología, estas grabaciones formaron parte de los recursos digitales diseñados para complementar las clases en línea de la asignatura optativa *Introducción a la Astrobiología.*

La "*Noche de la Ciencia"*, se llevó a cabo el 5 de octubre del 2024, en las instalaciones del Instituto de Astronomía, dicha actividad es organizada por la UABC, UNAM y CICESE, siendo un evento abierto al público, donde se reúnen diversas actividades interactivas para difundir el trabajo científico de los distintos laboratorios. En esta ocasión, colaboré en la organización del evento y en la elaboración de materiales didácticos diseñados para facilitar la comprensión de conceptos científicos complejos. Mi participación se centró en la presentación sobre "*Tapetes Microbianos: Pasaporte al pasado de la Tierra y de otros planetas"* en la cual se abordó su origen en la historia de la Tierra, su evolución y su rol como posibles análogos de vida en ambientes extraterrestres, como lo es Marte. Se utilizó material visual y muestras representativas para ilustrar cómo estos ecosistemas antiguos siguen siendo clave para entender el desarrollo de la vida en ambientes extremos. La actividad atrajo la atención de estudiantes, familias y docentes, generando preguntas y conversaciones en torno a la posibilidad de vida fuera de nuestro planeta.

Imagen 16

Stand y exposición," Noche de la Ciencia" en el Laboratorio de Astrobiologia



El 9 de noviembre se llevó a cabo la "*Noche de las Estrellas"*, realizada en el CEART Ensenada, un evento de gran alcance que combina astronomía, arte y ciencia. En esta jornada, se participó con el tema *"Tardígrados y Marie Curie: Explorando los límites de la radiación"*. Esta presentación integró dos perspectivas: por un lado, la figura histórica de Marie Curie como pionera en el estudio de la radiactividad, y por otro, los tardígrados como organismos modelo por su asombrosa resistencia a la radiación ionizante. Explicamos cómo su fisiología permite que sobrevivan en condiciones extremas como el vacío del espacio o altos niveles de radiación, lo que los convierte en un recurso valioso en investigaciones astrobiológicas. El enfoque interdisciplinario de esta charla permitió atraer a públicos diversos, desde niños, jóvenes, estudiantes hasta adultos interesados en los vínculos entre ciencia e historia, y despertó un notable interés por la biología espacial. Llevándose a cabo actividades como juegos y material didáctico para los niños hasta la observación de los tardígrados a través del microscopio.

Imagen 17

Stand del Laboratorio de Astrobiología en el evento "Noche de las Estrellas".



Además de estos eventos, también participé en los *recorridos guiados* realizados en el Instituto de Astronomía, con énfasis en la visita al laboratorio de Astrobiología. Durante estos recorridos, se ofreció una introducción general al trabajo del Instituto, seguida de una visita al laboratorio, donde se destacaron los tipos de organismos con los que se trabaja, los experimentos en curso, y su importancia para entender cómo podría sobrevivir la vida en condiciones extremas como las de Marte, Europa o Encélado. Se hizo hincapié en la importancia de la astrobiología como un campo emergente que une ciencias tradicionales para abordar preguntas fundamentales sobre la vida en el cosmos. Estas visitas ofrecieron a estudiantes y visitantes la oportunidad de interactuar directamente con el entorno de investigación, promoviendo un diálogo abierto y estimulante entre ciencia y sociedad.

En conjunto, estas actividades de divulgación no solo contribuyeron a compartir el trabajo realizado en el laboratorio de Astrobiología, sino que también permitieron establecer un contacto directo con el público, fortaleciendo el interés por la ciencia, promoviendo el pensamiento crítico, resaltando el papel de la investigación científica en la comprensión del universo.

Cursos

El laboratorio de Astrobiología no solo se dedica a la investigación sobre la vida en ambientes extremos, sino que está profundamente comprometido con la formación académica de quienes se integran al equipo ya que promueve activamente la participación de los estudiantes en todas las etapas del proceso científico. Estas experiencias incluyeron la participación en el curso optativo a nivel licenciatura "*Introducción a la Astrobiología",* seminarios de discusión científica *"journal"* y talleres de divulgación científica "*Kit básico de divulgación de la ciencia*".

El curso *Introducción a la Astrobiología*, es una asignatura optativa dentro del plan de estudios de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), la cual es impartida por el Dr. Roberto Vázquez Meza y la Dra. Patricia Guadalupe Núñez Pérez.

Este curso tiene una duración de 6 meses llevándose a cabo los sábados dentro del Instituto de Astronomía de la UNAM con un horario de 8:00 am a 14:00 pm. Las horas del curso son divididas en dos sesiones teóricas y prácticas. En la parte teórica se abordaron temas fundamentales como el origen del universo, materia y las condiciones necesarias para la habitabilidad planetaria entre otros temas la cual es impartida por el Dr. Roberto Vázquez, posteriormente se abordan temas como la aparición de la vida en la Tierra, la evolución biológica, la diversidad de los organismos extremófilos, a cargo de la Dra. Patricia Núñez.

En la parte práctica, se realizaron actividades experimentales en el laboratorio de astrobiología. También elaboramos reportes en equipo, basados en los contenidos vistos en clase. Además, como parte de la evaluación, se aplican exámenes que refuerzan los conocimientos adquiridos**.**

Otra de las actividades complementarias en las que participé fue el *Journal*, una dinámica semanal dirigida por el Dr. Roberto Vázquez Meza, y las Dras. Patricia Guadalupe Núñez Pérez y Manet Estefanía Peña Salinas. Esta actividad tiene una duración de una a dos horas, que consiste en la presentación y discusión crítica de artículos científicos con un enfoque interdisciplinario. En cada sesión, los estudiantes exponen dos artículos: uno centrado en temas de física y otro relacionado con biología.

El objetivo es promover el análisis crítico, la reflexión académica y el diálogo entre disciplinas, aspectos fundamentales en el campo de la astrobiología.

Durante mi participación, presenté el artículo titulado *"Evaluación del efecto de la rotación del clinostato sobre la germinación del polen y desarrollo de tubos como herramienta para la selección de plantas en el espacio"*. Este estudio aborda cómo la microgravedad simulada influye en los procesos biológicos de las plantas, subrayando su relevancia en la selección de especies vegetales con potencial para sobrevivir en entornos espaciales, particularmente en misiones de larga duración.

El 20 de noviembre, la Dra. Manet Estefanía Peña Salinas ofreció el curso *"Kit básico de divulgación de la ciencia"* en el que se nos proporcionaron diversas herramientas para la creación de materiales enfocados en la divulgación científica. Entre los productos que aprendimos a desarrollar se incluyen artículos, infografías, videos, podcasts y conferencias. El enfoque principal del curso fue entender cómo adaptar la información científica según el tipo de público al que se dirige, con el fin de hacerla más clara, atractiva y fácil de comprender. Durante la sesión, se destacó la importancia de hacer que temas complejos sean accesibles y comprensibles para personas fuera del ámbito académico. Como parte de lo aprendido, actualmente se está trabajando en la elaboración de un artículo de divulgación científica titulado *"Polen viajero ¿Un mensajero entre mundos?"* el cual se espera su publicación en la Gaceta de la UNAM, Ensenada.

Apoyo de grabación

Otra de las actividades en las que participé fue el apoyo en las grabaciones realizadas en el laboratorio de astrobiología, destinadas a la creación de contenido audiovisual para los cursos en línea de la asignatura optativa *Introducción a la Astrobiología*. Estas grabaciones formaron parte de una estrategia educativa para reforzar el aprendizaje teórico mediante la presentación de procedimientos experimentales, demostraciones prácticas y explicaciones de conceptos clave del curso.

Mi colaboración incluyó la asistencia en la preparación del material experimental, supervisión del encuadre de las tomas, y verificación de que las condiciones del laboratorio fueran adecuadas para el registro**,** así como la presentación del material utilizado.

Imagen 18

Apoyo en grabaciones



7 Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios.

La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) se caracteriza por formar profesionales altamente capacitados, con conocimientos actualizados y habilidades críticas que les permiten enfrentar y resolver problemas complejos de forma innovadora y sustentable. Su modelo educativo se fundamenta en una sólida formación ética, impulsando el compromiso con la justicia, la integridad y la responsabilidad social. Asimismo, promueve una vocación humanista que alienta a sus egresados a contribuir activamente al desarrollo humano, la equidad y el bienestar colectivo. Con esta visión, la UAM no solo busca formar expertos en sus disciplinas, sino también agentes de cambio capaces de transformar su entorno con creatividad, liderazgo y conciencia social.

En particular, la Unidad Xochimilco al contar con un sistema modular se distingue por formar biólogos críticos y creativos, capaces de diseñar y evaluar estrategias para el manejo de los recursos naturales bióticos desde una perspectiva interdisciplinaria, apoyados en metodologías propias de las ciencias biológicas. Su plan de estudios se estructura en cinco dimensiones formativas: una base teórica centrada en la ecología; una perspectiva epistemológica que estimula el análisis científico y metodológico de la realidad; una formación científica que integra conocimientos, habilidades y valores propios de la disciplina; una preparación técnico-metodológica orientada a diagnosticar, evaluar y proponer soluciones para la gestión de los recursos naturales; y una dimensión crítico-social que fomenta el compromiso ético con el medio ambiente y la comprensión de su interacción con las actividades humanas.

Estas dimensiones sustentan la misión de formar profesionistas capaces de incidir en la conservación y restauración de los ecosistemas, consolidando a la UAM-X como un referente nacional e internacional en biología aplicada.

Las actividades desarrolladas durante mi estancia en el Laboratorio de Astrobiología del Instituto de Astronomía de la UNAM se vinculan directamente con los objetivos formativos de la licenciatura de biología en la UAM-X. El proyecto *"Análisis de la viabilidad del polen de matorral costero bajo condiciones simuladas de Marte"* me permitió aplicar conocimientos teóricos en ecología, fisiología vegetal y astrobiología, fortaleciendo así la dimensión teórica del plan de estudios a través de una experiencia de investigación situada en un contexto científico interdisciplinario y de frontera.

Desde la perspectiva epistemológica, el trabajo propició la reflexión crítica sobre los límites del conocimiento biológico y su aplicación en escenarios extraplanetarios. La participación en seminarios académicos, la revisión de literatura especializada y la discusión de artículos científicos enriquecieron mi capacidad de análisis, promoviendo un pensamiento riguroso e integrado.

En cuanto a la dimensión científica y técnico-metodológica, el proyecto involucró diversas actividades clave como la recolección botánica, la preparación de medios de cultivo, la extracción y germinación in vitro de polen, y la exposición de las muestras a radiación ultravioleta tipo C en un entorno que simula las condiciones marcianas. Estas prácticas fortalecieron habilidades esenciales en el manejo de técnicas de laboratorio, microscopía y análisis cuantitativo de datos biológicos, consolidando mi formación como bióloga con competencias aplicadas.

La dimensión crítico-social se manifestó en mi participación en actividades de divulgación científica, donde pude compartir los hallazgos del proyecto con distintos públicos y contribuir a la promoción del pensamiento científico, la conciencia ambiental y el interés por la investigación. Asimismo, la exploración de la viabilidad biológica en condiciones extremas permite establecer paralelismos con desafíos actuales en la conservación de ecosistemas terrestres y el desarrollo de soluciones frente al cambio climático.

En conjunto, estas experiencias integraron de manera coherente los principios del plan de estudios, fortaleciendo mi formación como profesional con capacidades para la investigación, el manejo sustentable de los recursos naturales y la comunicación científica. El Servicio Social se convirtió así en un espacio de aplicación práctica, reflexión crítica y compromiso social, en congruencia con el perfil de egreso promovido por la UAM-X.

8 Referencias bibliográficas

Alfaro Germán, M. A. (2017). *Efectos de la urbanización en la composición y estructura de la comunidad de aves en la ciudad de Ensenada, Baja California, México: sugerencias de manejo [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California]. Repositorio Institucional UABC.* . https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/cc5041e5-2d67-4a5f-a5e6-010346d8f1fb/content.

Amils , R., & Molina Sevilla, P. (2024). Marte en la Tierra:en busca de análogos marcianos. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias Astrobiologia, 75*(2), 8-15.

Araméndiz-Tatis, H., Cardona Ayala, C., & Lugo Torres, E. A. (2012). Germinación del Polen de Berenjena (Solanum melongena L.) en Condiciones in vitro. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 65*(2), 6637-6643.

Biodiversidad Mexicana. (2022). *Procesos ecológicos.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Obtenido de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose

C O P L A D E M. (2003). *Monografía de Ensenada.* Obtenido de https://coplademensenada.gob.mx/planesyprogramas/docs/Monografia-de-Ensenada.pdf

Canul-Montañes, M., & Treviño-Carreón, J. (2015). El Paleopalinológico: Hacia un trabajo de prospección. *Desde El Herbario CICY*(7), 86-90.

Chon-Torres, O. A. (2015). HISTORIA Y NATURALEZA DISCIPLINAR DE LA ASTROBIOLOGÍA. *Desafíos , 4*(1), 29-35.

Climate Data. (s.f.). *Clima Ensenada (México).* Obtenido de https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/baja-california/ensenada-1321/

Consejo de Seguridad Nuclear. (s.f.). *Usos de radiación.* Obtenido de https://www.csn.es/usos-de-las-radiaciones

Cun, S., Zhang, C., Chen , J., Qian, L., Sun , H., & Song, B. (2024). Effects of UV-B radiation on pollen germination and tube growth: A global meta-analysis. *Science of The Total Environment, 915*, 170097.

De Mol, M. L. (2023). Astrobiology in space:A comprehensive look at the solar system. *Life, 13*(3), 675.

Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrogr. (s.f.). *DATOS GENERALES DEL PUERTO. ENSENADA, B.C.* Obtenido de https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioEnsenada.pdf

Ehleringer, J. (1985,). Comparative microclimatology and plant responses in Encelia species from contrasting habitats. *Journal of Arid Environments, 8*(1), 45-56.

García, M. J. (2020). *ANÁLISIS DE UN PERFIL AERODINÁMICO PARA GENERAR SUSTENTACIÓN EN LA ATMÓSFERA DE MARTE.* [TESIS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA], UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

Gąstoł, M., & Błaszczyk , U. (2024). Effect of Magnetic Field and UV-C Radiation on Postharvest Fruit Properties. *Agriculture, 14*(7), 1167.

González–Abraham, C., Garcillán, P., & Ezcurra, E. (2010). Ecorregiones de la península de Baja California: Una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*(87), 69-82.

Hervías-Parejo, S., Colom, P., Beltrán, R., Serra, P., Traveset, A., Pons, S., & Mesquida, V. (2021). *BIODIVERSIDAD Y CONTRIBUCIÓN DE LOS INSECTOS POLINIZADORES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS DE MENORCA.*

Instituto Nacional de Estadística y Geografía . (2001). *Síntesis de Información geográfica del estado de Baja California.* Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223854/702825223854_8.pdf

Kukarskih, V. V., Modorov, M. V., Devi, N. M., Mikhailovskaya, L. N., Shimalina, N. S., & Pozolotina, V. N. (2021). Radial growth of Pinus sylvestris in the East Ural Radioactive Trace (EURT): Climate and ionizing radiation. *Science of The Total Environment, 781*, 146827.

Martínez Pacheco, J. (2018). GERMINACIÓN in vitro DEL POLEN DE TABACO. *Cultivos Tropicales, 39*(1), 102-107.

Miranda, F. L. (2019). Radiación para la investigación cientifica en el Centro Nuclear de México. *Saberes, Revista de historia de las ciencias y las humanidades, 2*(5), 47-65.

Montero-Torres, J. (2022). Relación de la radiación solar con la producción de plantas: agroproductivas. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 9*(1), 48-62.

Montoya, E., Rull, V., Nogué, S., & Díaz, W. A. (2009). Paleoecología del Holoceno en la Gran Sabana, SE Venezuela: Análisis preliminar de polen y microcarbones en la Laguna Encantada. *Collectanea Botanica, 28*, 5-79.

Morales, C., & López-Nevot, M. A. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología (Barcelona), 29*(7), 25-32.

Moumen, A., Kalvani , P. R., Mattei, F., Foti, G., Parisini, A., Mosca, R., . . . Fornari, R. (2025). Self-powered NiO/κ-Ga2O3 heterojunction photodiode for fast broadband ultraviolet (UV) radiation detection. *Optical Materials, 165*(117125).

Palafox, F. d. (2016). *EL MATORRAL COSTERO DE BAJA CALIFORNIA: UN ACERCAMIENTO A LA PROBLEMÁTICA PARA SU CONSERVACIÓN Retos y Oportunidades.* [TESIS DE MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DEL AMBIENTE], CICESE.

Ramírez, S., & Terrazas, H. (2006). Astrobiología, una nueva disciplina científica. *Inventio, la genésis de la cultura universitaria en Morelos, 2*(3), 45-54.

Ruiz, M., Gómez, C., Gil, M. J., Paula , A., & Ruiz Zapata, A. M. (2009). EL POLEN FÓSIL EN LA RECONSTRUCCIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL PASADO: UNA EXPERIENCIA DIDÁCTICA EN EL AULA. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 17*(1), 66-76.

Sakauchi, K., Taira, W., & Otaki, J. M. (2021). Metabolomic Response of the Creeping Wood Sorrel Oxalis corniculata to Low-Dose Radiation Exposure from Fukushima's Contaminated Soil. *Life, 11*(9), 990.

Seddon, A. W., Festi, D., Nieuwkerk, M., Gya, R., Hamre, B., Krüger, L. C., . . . Robson, T. M. (2021). Pollen-chemistry variations along elevation gradients and their implications for a proxy for UV-B radiation in the plant-fossil record. *Journal of Ecology, 109*(8), 3060-3073.

Soledispa, K. C. (2010). Radiación Ultravioleta y sus efectos en la salud. *Revista Ciencia Unemi, 3*(4), 26-33.

Universidad de Granada. (2009). *PREPARACION DE MEDIOS DE CULTIVO.* Obtenido de https://www.ugr.es/~cjl/medios%20de%20cultivo.pdf

Valencia Meza, S. A., & Ortiz Alegria, A. (2022). El desarrollo de la Astrobiología como ciencia. *Epistemus (Sonora), 16*(33), 33-38.

Vázquez-Martínez, L. (2008). LA GRAN AVENTURA DE LA EXPLORACIÓN DE MARTE. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 102*(1), 273-283.

Vinogradoff, V., García, B., & Ros, R. M. (s.f.). Astrobiología: origen y evolución de la vida. *Publicaciones de NASE*, (págs. 253-271).

9 Anexos

Tabla 3

Especies vegetales empleadas como modelos biológicos en el estudio.

ID	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
1	*Hibiscus tiliaceus*	Hibisco maritimo
2	*Faucaria tigrina*	Boca de tigre
3	*Plumbago auricalata*	Jazmin azul
4	*Cylindroputia arbuscula*	Choya arbusto
5	*Malephora rocea*	Mesen cobrizo
6	*Datura wrightii*	Trompeta del diablo
7	*Carpobrotus edulis*	Uña de león
8	*Carpobrotus chilensis*	Doca de chile
9	*Datura wrightii*	Toloache sagrado
10	*Nerium oleander*	Adelfa
11	*Baccharis sarothroides*	Romerillo
12	*Strelitzia reginae*	Ave de paraíso
13	*Taraxacum officinale*	Diente de león
14	*Cleomella arborea arborea*	Cleomella arborea
15	*Eriogonum fasciculatum*	Flor de borrego
16	*Hazardia berberidis*	Barberry-leaf Goldenbush
17	*Acmispon watsonii*	Tréboles de Pradera
18	*Salsola*	Cardos rusos
19	*Nicotiana glauca*	Tabaquillo sudamericano
20	*Foeniculum vulgare*	Hinojo
21	*Encelia californica*	California brittlebush
22	*Marah macrocarpa*	Chilicothe
23	*Pseudognaphalium obtusifolium*	Gordolobo
24	*Rhus integrifolia*	Saladito
25	*Bahiopsis laciniata*	Tornleaf Goldeneye
26	*Oxalis sp.*	Oxalis
27	*Paraserianthes lophantha*	Albicia Amarilla
28	*Sambucus cerulea*	Saúco azul
29	*Malacothamnus fasciculatus*	Malva de chaparral
30	*Fraxium perryi*	Fresno de chaparral
31	*Agave shawi*	Agave de la costa
32	*Pinus sp*	Pino

Tabla 4

Análisis cuantitativo de germinación in vitro de granos de polen.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	CAVIDADES	NUMERO TOTAL	GERNINACION	PORCENTAJE
Cylindroputia arbuscula	Choya arbusto		923	420	45.50
Cylindroputia arbuscula	Choya arbusto	A	807	449	55.64
		B	593	308	51.94
Hazardia berberidis	Barberry-leaf Goldenbush	A	1374	1369	99.64
		B	361	361	100.00
Carpobrotus chilensis	Doca de chile		2300	1788	77.74
Hazardia berberidis	Barberry-leaf Goldenbush		1136	715	62.94
Cylindroputia arbuscula	Choya arbusto	A	285	204	71.58
		B	239	179	74.90

Nota: Se presenta los resultados del porcentaje de germinación in vitro de granos de polen en tres especies vegetales: *Cylindropuntia arbuscula, Hazardia berberidis* y *Carpobrotus chilensis*, donde se muestra una variación considerable entre especies. *Hazardia berberidis* presentó los valores más altos de germinación, alcanzando hasta un 100% en la cavidad B, mientras que *Cylindropuntia arbuscula* mostró porcentajes más bajos, con un mínimo del 45.50%. Por otro lado, *Carpobrotus chilensis* registró un valor intermedio del 77.74%.

Tabla 5

Conversión de tiempo de exposición marciano a tiempo terrestre y energía acumulada.

Tiempo Marciano (min)	Energía total recibida (J/cm^2)	Tiempo en la Tierra (seg)
1	0.39	28.5
5	1.95	142
10	3.94	285
20	7.88	568

Nota: Se presentan los valores obtenidos para distintos periodos de exposición simulados bajo condiciones marcianas, con su equivalencia en segundos terrestres y la energía total acumulada en J/cm^2.

Tabla 6

Especies nativas del matorral costero seleccionadas para el estudio.

ID	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	TEMPERATURA
1	*Agave shawi*	Agave de la costa	33 °C
2	*Encelia californica*	California brittlebush	33 °C
3	*Paraserianthes lophantha*	Albicia Amarilla	33 °C
4	*Fraxium perryi*	Fresno de chaparral	33 °C
5	*Oxalis* sp.	Oxalis	33 °C
6	*Pinus* sp	Pino	33 °C

Tabla 7

Análisis cuantitativo de germinación in vitro de granos de polen expuestos a radiación.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	CAVIDADES	NUMERO TOTAL	GERNINACION	PORCENTAJE
Agave shawi	Agave de la costa	A	1844		
		B	2537		
Encelia californica	California brittlebush	A	591	481	81.39
		B	1049	455	43.37
Oxalis sp.	Oxalis	A	570	302	67.26
		B	449	229	51.00
Pinus sp	Pino	A	3852	466	12.10
		B	2119	419	19.77

Reconocimiento por participación en actividades de divulgación científica

Imagen 19

Noche de la Ciencia



Imagen 20

Noche de las Estrellas



El Instituto de Astronomía de la UNAM otorga el presente reconocimiento a:

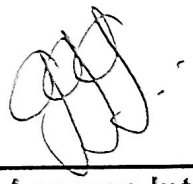
Ana Belen Cruz Ortega

por su valiosa participación en la Noche de las Estrellas 2024

Ensenada, Baja California, a 9 de noviembre de 2024

Dr. Yair Emmanuel Krongold Herrera
Director

Visto bueno



Asesora Interna
Dra. Gabriela Vázquez Silva
Profesora-Investigadora
(No. Eco. 30288)
Laboratorio de Limnobiología y
Acuicultura, UAM X



Asesora Externa
Dra. Patricia Guadalupe Núñez Pérez
(Céd. Prof. 2962350)
Laboratorio de Astrobiología, Instituto de
Astronomía, UNAM