

# SISAL, YUCATÁN:

Hacia una ciudad  
sustentable y resiliente

**Dr. José Luis Fernández Zayas**

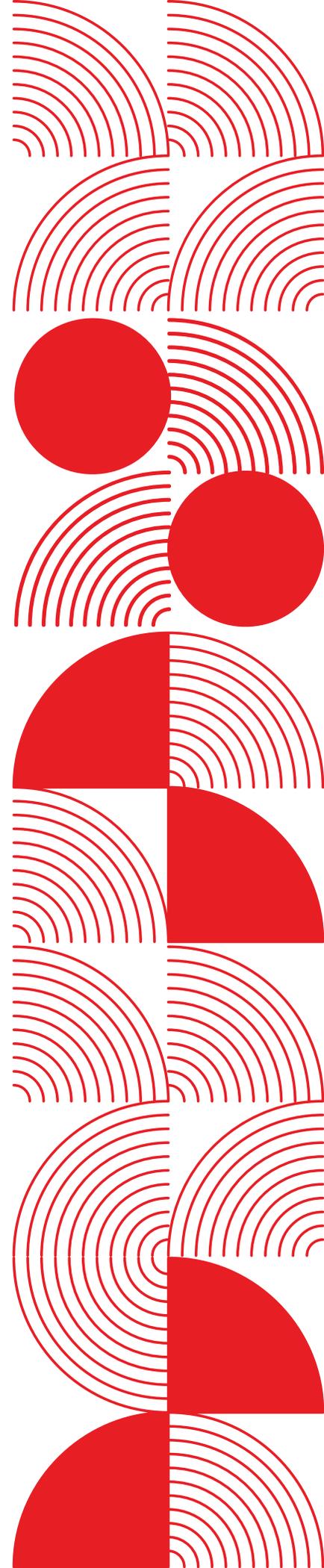
Instituto de Ingeniería, UNAM

Líder del proyecto

**Dr. Paulo Salles Afonso de Almeida**

Instituto de Ingeniería, UNAM

Coordinador General del proyecto





# DOS SIGLOS DE HISTORIA

Sisal es una pequeña localidad costera en el noroeste de la península de Yucatán, con cerca de 2,000 habitantes. La presencia de pobladores se remonta a la época prehispánica y alcanza su auge en el siglo XIX como el principal puerto comercial de la región, destacando la exportación de fibras de henequén, tabaco y algodón hacia Europa. Los edificios históricos como la residencia donde se localiza la estatua del Monifato, la ex aduana marítima y el fuerte de Santiago reflejan la importancia de su pasado.

Después de ser un centro de intercambio de mercancías, Sisal tuvo una vocación de pesca, viéndose beneficiado por la construcción del puerto de abrigo en 1985 y la instalación de la granja camaronícola *Industrias PECIS* (1996-2005), la cual empleaba a un número importante de la población. Así mismo, en las últimas décadas se ha incrementado el turismo local familiar y más recientemente el ecoturismo.

Por otro lado, Sisal destaca por una particular tradición religiosa asociada a la cultura pesquera: “Peregrinación del Cristo Negro”, la cual se realiza desde 1962 en el mes de agosto, con la participación de la mayoría de la población local y visitantes externos. Se tiene registrado que la imagen de “El señor de Sisal” se encontró flotando en la costa en 1915. Después de la peregrinación, el Cristo se aloja en Hunucmá.

Tomar en consideración el interés e importancia de la pesca y las creencias que giran en torno a ella, así como otros usos y costumbres, es fundamental para proponer un proyecto de desarrollo sustentable que sea pertinente para los pobladores de Sisal y sus tomadores de decisión.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) comenzó su presencia en Sisal en 2004. En la actualidad, cuenta con técnicos, profesores e investigadores de la Facultad de Ciencias, la Facultad de Química y el Instituto de Ingeniería, así como estudiantes de licenciatura y posgrado. Esto ha significado la presencia de recintos educativos que van desde nivel preescolar hasta posgrados.

En 2020 Sisal fue nombrado Pueblo Mágico por parte de la Secretaría de Turismo, denominación que se le confiere a localidades emblemáticas para el país gracias a sus símbolos, leyendas, arquitectura o contexto histórico.



Actualmente, el auge económico de la Península de Yucatán, así como la consecuente presión inmobiliaria y turística, generan la imperante e improrrogable necesidad de promover y financiar propuestas de desarrollo, como la presente, que articulen el aprovechamiento sustentable de los recursos locales y prácticas de conservación en armonía con el frágil entorno socio-ambiental de la costa Yucateca.





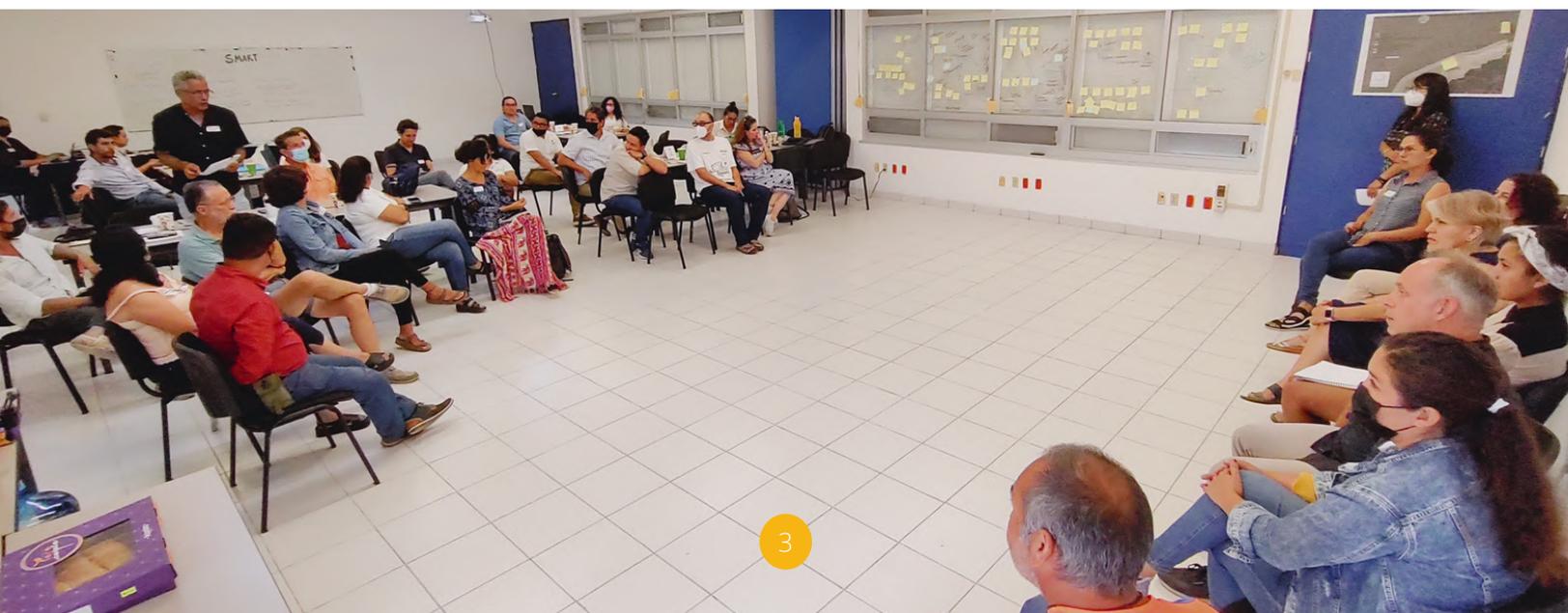
## OBJETIVO

El objetivo general de este proyecto es generar conocimiento aplicado y proponer soluciones concretas, por medio de una serie de estudios, varios inter- y transdisciplinarios, asociados con desarrollos tecnológicos, diseños de prototipos, diseños de ordenamiento urbano costero para lograr a) un desarrollo y aprovechamiento sustentables, b) una mejor y más resiliente calidad ambiental del socio-ecosistema de Sisal, c) una mejor calidad de vida de la comunidad y d) mejorar la experiencia turística para los visitantes. La meta final es que Sisal sirva como ejemplo para desarrollos urbanos costeros a nivel regional y nacional.

El proyecto es impulsado por la UNAM y actualmente está conformado por 22 subproyectos, en los cuales participan académicos de ocho entidades de la UNAM y otras universidades nacionales e internacionales, Gobierno Estatal y Municipal, iniciativa privada, fundaciones y asociaciones de la sociedad civil, así como diversos actores locales (cooperativas pesqueras y turísticas) y profesionistas independientes.

Cada uno de los subproyectos se encuentran agrupados en cuatro grandes temas:

- 1) Calidad del ambiente
- 2) Riesgo
- 3) Actividades económicas
- 4) Bienestar





## Calidad del ambiente

CA-1 Energía sustentable

CA-2 Gestión de residuos sólidos urbanos en la secundaria de Sisal a través de la producción de setas comestibles para generar economía circular y disminuir impacto ambiental

CA-3 Evaluación del abastecimiento y saneamiento del agua

CA-4 Sistemas de alerta temprana a salinización e inundaciones de origen terrestre

CA-5 Ciencia ciudadana, importancia de los ecosistemas costeros en la mitigación del cambio climático

CA-6 Soluciones basadas en la naturaleza para incrementar la resiliencia del socio-ecosistema

## Riesgo

Ri-1 Surgencias costeras y Florecimientos Algales Nocivos en la Península de Yucatán

Ri-2 Análisis dinámico de vulnerabilidad y riesgo a erosión e inundación de origen marino

Ri-3 Cuantificando los impactos ambientales y sociales de bajo el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida: hacia una comunidad costera inteligente

## Actividades económicas

AE-1 Análisis del valor económico y capitales de la pesca comercial y turismo como línea base para determinar patrones de cambio y respuesta a procesos y fenómenos naturales y antrópicos

AE-2 Diseño e implementación de una Zona de Refugio Pesquero como medida para la conservación y recuperación de la pesca ribereña

AE-3 Aprovechamiento de los descartes de la pesca: hacia un uso sustentable de los recursos pesqueros

AE-4 La acuicultura: Una forma de reducir las presiones en torno a los socio-ecosistemas de la costa

## Bienestar

Bi-1 Identificación de oportunidades de mejora del ordenamiento urbano y la sostenibilidad

Bi-2 Diseño bioclimático y sustentable de edificios

Bi-3 Vehículos energéticamente eficientes

Bi-4 Evaluación participativa y consensuada de impacto y sustentabilidad

Bi-5 Diseño e implementación de un programa ambiental para la conservación y restauración de la vegetación costera nativa del socio-ecosistema

Bi-6 Paisaje costero sustentable: una visión integrada del paisaje costero como prueba piloto para el manejo sustentable de ecosistemas dunares

Bi-7 Kuxtal: hacia una comunidad agroecológica

Bi-8 Diseño y propuesta de manejo de pequeños embarcaderos, miradores, puentes y senderos interpretativos en caminos y sitios estratégicos por usos y costumbres de los guías locales

Bi-9 Comunicación social del proyecto Ciudades inteligentes

A continuación, se presenta un breve resumen de los subproyectos, muchos de los cuales serán implementados por primera vez en Sisal, por lo que parte de los objetivos y resultados están enfocados a sentar las bases técnicas y metodológicas, diseño de prototipos, pruebas piloto o versiones alfa de aplicaciones para dispositivos móviles. Su desarrollo pleno y a mayor escala dependerá de contar con fondos complementarios que permitan su desarrollo a mediano y largo plazo.

# CALIDAD DEL AMBIENTE

## CA-1. Energía sustentable

**Responsable: Dr. David Morillón Gálvez**

El objetivo es buscar que la comunidad camine hacia la sustentabilidad energética, como base para la construcción de una ciudad inteligente con bienestar. La actual matriz energética tiene su base en el uso de energías no renovables, lo cual impacta el ambiente de forma negativa. Con un manejo inteligente de la demanda y la oferta energética se puede encaminar a toda la comunidad hacia la sustentabilidad energética. Para iniciar este proceso se tomarán dos acciones concretas: realizar un diagnóstico o auditoría energética en Sisal y a partir de ello definir estrategias para la sustentabilidad energética de la región, con medidas para el ahorro de energía y el uso de las energías renovables.

## CA-2. Gestión de residuos sólidos urbanos en la secundaria de Sisal a través de la producción de setas comestible para generar economía circular y disminuir impacto ambiental

**Responsables: Dra. Flor Elisa del Rosario Árcega Cabrera y Dr. José López González**

Los residuos sólidos urbanos en la comunidad de Sisal están siendo sub aprovechados, por lo que requieren de alternativas de manejo que incluyan la generación de economía circular. Proponemos alcanzar esto con un proyecto piloto a pequeña escala que involucra a profesores y estudiantes de la secundaria técnica número 97, con sede en Sisal. Para ello, se implementará la instalación de cultivos de setas comestibles a través de los residuos orgánicos generados en Sisal. Se generará un “Manual de manejo de residuos sólidos urbanos orgánicos para cultivo de setas comestibles” para que los aprendizajes y resultados puedan ser compartidos y repetidos en otras instalaciones que presenten condiciones similares de la región.

## CA-3. Evaluación del abastecimiento y saneamiento del agua

**Responsable: Dr. José López González y Dra. Flor Elisa del Rosario Árcega Cabrera**

La contaminación del manto acuífero presenta un grave problema de salud en la Península de Yucatán, el cual concentra más del 30% del agua nacional. Se evaluarán las condiciones de disponibilidad, distribución y saneamiento de agua en Sisal con el fin de proponer un plan de mejora que responda a las necesidades de la comunidad. El resultado será un programa de acciones para el saneamiento integral de las aguas residuales en Sisal, y un proyecto de saneamiento modular para las aguas residuales domésticas mediante la implementación de un sistema piloto.





#### CA-4. Sistemas de alerta temprana a salinización e inundaciones de origen terrestre

**Responsable: Dr. Roger Benito Pacheco Castro**

La medición de variables ambientales permite un monitoreo de los cambios atmosféricos pero muchas veces su significado solo se refleja en documentos técnicos. Con las mediciones históricas, el establecimiento de una red de monitoreo, de una estación de monitoreo con telemetría y de un prototipo de estación de monitoreo de presión y salinidad con telemetría, se implementará un programa piloto de sistemas de alerta temprana en lo referente a la salinización e inundaciones por el incremento del manto freático. Se planea que este programa, a mediano plazo, pueda reflejarse en el desarrollo de una aplicación de alerta temprana para visualización en dispositivos móviles sobre el potencial riesgo a inundaciones de origen terrestre, el cual pretendemos sirva como indicador de cambio para los tomadores de decisiones.



#### CA-5. Ciencia ciudadana, importancia de los ecosistemas costeros en la mitigación del cambio climático

**Responsable: Dr. Bernardo Figueroa Espinoza**

La participación de la ciudadanía en la generación del conocimiento permite que se involucren en proyectos, creando y fortaleciendo sinergias entre los ciudadanos y la academia. Se realizará una caracterización del papel de los ecosistemas conectados en la microcuenca de Sisal, en su capacidad de sumidero de carbono como solución natural, a través del monitoreo de intercambio de materia y energía, el cual involucrará a la ciudadanía en la recopilación sistematizada de datos. Además de divulgar su importancia en la mitigación del cambio climático y conservación del ambiente entre los participantes y habitantes de Sisal, se generará una Tarjeta de Reporte preliminar para comunicar el estado de salud ambiental y el valor económico del turismo y los servicios ambientales entre los tomadores de decisiones y otros potenciales usuarios para promover el uso de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).



## CA-6. Soluciones basadas en la naturaleza para incrementar la resiliencia del socio-ecosistema

**Responsable: Dr. Paulo Salles Afonso de Almeida**

El socio-ecosistema de Sisal está compuesto por varios elementos como la ciénega, los humedales, los manglares, la isla barrera, el acuífero y los petenes, el puerto y el poblado mismo, todos íntimamente ligados. Con el fin de incrementar la resiliencia, la calidad ambiental y eventualmente la calidad de vida de pobladores y visitantes, es fundamental conocer las interacciones entre dichos elementos y sus respuestas a impactos y variabilidades climáticas, lo cual permitirá diseñar e implementar experimentalmente alternativas de adecuaciones de dichas interacciones, en particular en el sistema playa-puerto-ciénega-manglar. En este subproyecto se analizarán escenarios, diseñarán e implementarán SbN encaminadas a aumentar la resiliencia hidrológica, social y ecológica en Sisal a través de a) un diagnóstico del sistema playa-puerto-ciénega-manglar; b) evaluar la resiliencia del socio-ecosistema ante perturbaciones naturales y antropogénicas (flujos de agua y variables fisicoquímicas; aportes de agua dulce, otros) y c) evaluar con modelos numéricos e implementaciones experimentales alternativas que permitan incrementar la resiliencia y la calidad ambiental de la ciénega, así como la navegabilidad del canal del puerto. Con ello, se podrán generar recomendaciones y propuestas de implementación de SbN para el mejoramiento de la hidrología y calidad del agua en la ciénega, base para el correcto desarrollo de los ecosistemas tanto en Sisal como en la región.





# RIESGO

## Ri-1. Surgencias costeras y Florecimientos Algales Nocivos en la Península de Yucatán

**Responsable: Dr. Jorge Alejandro Kurczyn Robledo**



Los Florecimientos Algales Nocivos (FANs) no son un fenómeno nuevo, pero se ha registrado un incremento en su frecuencia como consecuencia del cambio climático y de aporte de aguas residuales al mar, aumentando la cantidad de materia orgánica disponible en el ambiente y promoviendo un crecimiento en las poblaciones de ciertas especies, como las algas. Algunas de ellas son una amenaza ecológica, económica y de riesgo para la salud, ya que generan toxinas que pueden dañar a muchos organismos acuáticos (como peces, crustáceos y moluscos) y poner en riesgo a los humanos (a través de los productos de consumo humano). Se sabe que muchos FANs están asociados a eventos de surgencia peninsulares, por lo que es importante analizar estos últimos. Esto permitirá la generación de una herramienta para monitoreo y detección temprana de los FANs en la costa de Yucatán.

## Ri-2. Análisis dinámico de vulnerabilidad y riesgo a erosión e inundación de origen marino

**Responsable: Dr. Alec Torres Freyermuth**



Las inundaciones y la erosión de playas son amenazas relevantes para las poblaciones de comunidades costeras asentadas en islas de barrera. Las inundaciones pueden ser de origen terrestre (subproyecto CA-4) y de origen marino, por lo que conocer su origen se vuelve fundamental para establecer las medidas de mitigación. Por otro lado, el retroceso de la línea de costa puede estar asociado al impacto de tormentas, el déficit de arena, o la presencia de infraestructura costera. Se desarrollará e implementará una herramienta para evaluar de manera dinámica el riesgo de inundación y erosión en la playa de Sisal, a partir de mediciones *in situ* y de percepción remota (imágenes de satélite y altimetría). Dichas mediciones permitirán diseñar soluciones puntuales para la mitigación de erosión en la zona costera de Sisal y, en conjunto con otros subproyectos, un mejor manejo hidrológico del sistema puerto-humedal-ciénega, el cual permita generar mapas dinámicos e interactivos de vulnerabilidad y riesgo, los cuales, a su vez, sirvan como herramienta para implementar una planificación integral del problema.

### **Ri-3. Cuantificando los impactos ambientales y sociales de Sisal bajo el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida: hacia una comunidad costera inteligente**

**Responsable: Dra. Leonor Patricia Güereca Hernández**

El análisis del ciclo de vida es una herramienta que puede usarse para evaluar los impactos ambientales. Estas evaluaciones pueden ayudar a determinar el impacto del consumo y la producción sostenibles, así como los efectos de la contaminación del agua y el aire. La metodología a proponer busca identificar si Sisal transita hacia la resiliencia y la sustentabilidad de una forma segura e inclusiva. Para ello se hará una evaluación de los impactos ambientales y sociales generados por la pesca, el buceo, el turismo y la acuicultura. Posteriormente se les podrá dar recomendaciones de mejoras. Uno de los componentes fundamentales del Análisis de Ciclo de Vida es el cálculo de los impactos en la categoría de cambio climático, lo que comúnmente conocemos como Huella de Carbono y que constituirá una evaluación de los efectos que cada actividad productiva y de servicios del Sisal actual y del Sisal inteligente, tendrá sobre el clima.



# ACTIVIDADES ECONÓMICAS

## AE-1. Análisis del valor económico y capitales de la pesca comercial y turismo como línea base para determinar patrones de cambio y respuesta a procesos y fenómenos naturales y antrópicos

**Responsable: Dra. Laura Elena Vidal Hernández y Dra. Diana de Yta Castillo**

La presencia de empleos es un elemento indispensable para el bienestar humano; reconocer en qué actividades las personas desarrollan conocimientos, capacidades, habilidades y capitales es indispensable para el diseño de políticas públicas justas y equitativas. De manera específica, las comunidades costeras están particularmente expuestas a cambios intensos de origen natural y a procesos de desarrollo acelerado, por lo cual es indispensable que todo proyecto incluya criterios sociales y económicos para construir la resiliencia costera. El crecimiento económico desordenado de una comunidad puede favorecer la presencia de empleos informales, inestabilidad económica y flexibilidad laboral. Para promover un desarrollo sustentable es necesario reconocer las preferencias y capitales ya existentes en los actores productivos de una sociedad, identificar qué se pierde o se gana cuando se promueven iniciativas descontextualizadas de la realidad local o hay impacto de fenómenos naturales. El estudio y establecimiento de indicadores de valor económico y su socialización a través de una Tarjeta de Reporte preliminar permitirán analizar el valor económico y los capitales de la pesca y el turismo.

## AE-2. Diseño e implementación de una Zona de Refugio Pesquero como medida para la conservación y recuperación de la pesca ribereña

**Responsable: Dr. Jorge Alberto López Rocha**

Las Zonas de Refugio Pesquero (ZRP) se consideran como una estrategia de conservación de especies pesqueras. Entre sus principales objetivos está el reducir la mortalidad por pesca, aumento de larvas y de tallas de especies comerciales y recuperación de la cadena trófica y del hábitat, entre otras. Este tipo de zonas se encuentran debidamente definidas y establecidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (Art. 4). Con este fin, se pretende diseñar y desarrollar un Estudio Técnico Justificativo y Plan de Manejo con la propuesta de establecer una ZRP frente a la costa de Sisal, como medida de conservación del hábitat y procesos biológicos, lo que permitirá mantener y recuperar la abundancia de especies de interés comercial para la pesca ribereña de la región. Este esfuerzo se complementará con la generación de carteles, trípticos y material audiovisual de información de la ZRP para promover esta herramienta de manejo entre los pescadores de la región.



### **AE-3. Aprovechamiento de los descartes de la pesca: hacia un uso sustentable de los recursos pesqueros**

**Responsable: Dr. Pedro Pablo Gallardo Espinosa**

Una segunda alternativa de manejo de los residuos sólidos generados en Sisal es el aprovechamiento y transformación de los descartes de la pesca ribereña. En la actualidad, tanto el pescado como otros productos del mar son limpiados en la embarcación y tirados al mar, o limpiados en el puerto de abrigo y dejados flotando alrededor de las embarcaciones, lo cual fomenta el establecimiento de fauna feral y un potencial foco de infección, sin mencionar el aspecto y el olor poco agradable para el turismo. Se propone desarrollar estrategias e implementar procesos prácticos para el aprovechamiento y transformación de los descartes de la pesca a productos de valor agregado (como harinas de pescado y ensilados), útiles para la acuicultura y otras actividades económicas (cultivos agrícolas de traspatio y agroecología) como el uso de biofertilizantes a través de talleres de capacitación a las comunidades costeras para desarrollar sistemas de producción de chile habanero. Los resultados serán compartidos a través de la elaboración de un "Manual de uso de ensilados de desechos de pescado como biofertilizante e ingrediente en alimentos acuícolas".

### **AE-4. La acuicultura: Una forma de reducir las presiones en torno a los socio-ecosistemas de la costa**

**Responsable: Dr. Carlos Rosas Vázquez**

La maricultura y acuicultura son sin duda actividades que impulsan el crecimiento económico. Aunque en la actualidad la maricultura no existe en la Península de Yucatán, por sus características oceanográficas y biológicas la región marina de los estados de Yucatán y Campeche tienen potencial para el desarrollo de esta actividad. Este subproyecto está diseñado para desarrollar sistemas innovadores de producción acuícola, sustentables y amigables con el ambiente. Para lograrlo se ha propuesto trabajar con los habitantes de las comunidades costeras en ejercicios de co-construcción de proyectos de cultivo, los cuales serán base para el mejoramiento en su calidad de vida, al mismo tiempo que alcanzan las certificaciones como sistemas de producción sustentables. En este sentido se ha propuesto implementar un sistema integral de transferencia tecnológica, capacitación e investigación que articule a la academia, la sociedad y al gobierno local y regional en la generación de las capacidades suficientes del sector social para la puesta en marcha de proyectos sustentables como el cultivo de diversas especies marinas. Estas acciones serán dirigidas principalmente a los sectores más vulnerables de la sociedad con el doble objetivo de mitigar la pobreza al tiempo que se reducen las presiones sobre los recursos marinos. Finalmente, las metas serán las de mejorar la economía de la comunidad y coadyuvar a la conservación de los recursos naturales de la zona.





# BIENESTAR

## Bi-1. Identificación de oportunidades de mejora del ordenamiento urbano y la sostenibilidad

**Responsable: Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas**

Con el fin de hacer recomendaciones que mejoren el ordenamiento urbano y contribuyan a la sostenibilidad de Sisal en su desarrollo como Pueblo Mágico, se identificará: a) el déficit del equipamiento existente en los subsistemas de educación, cultura, recreación, deporte, salud, asistencia social, administración pública, comercio y abasto; b) la cobertura de los servicios urbanos de agua potable, drenaje y recolección de basura; y c) las necesidades y deficiencias del transporte de pasajeros y carga. También se revisará el Programa de Desarrollo urbano (PDU) así como el Reglamento de Construcción o los Requerimientos para la Licencia de Construcción, con el fin de hacer recomendaciones sobre la normativa de construcción para un urbanismo coherente. Además, se identificarán las condiciones del clima urbano para proponer medidas de mitigación del problema, las áreas de aprovechamiento para la producción de energías renovables, y las zonas para infraestructura de aprovechamiento de agua pluvial. Con el desarrollo de cartografía y recomendaciones sobre equipamiento, servicios urbanos, transporte, urbanismo y clima urbano se pretende dar los primeros pasos para el establecimiento de un Programa de Ordenamiento Urbano para Sisal.



## Bi-2. Diseño bioclimático y sustentable de edificios

**Responsable: Dr. David Morillón Gálvez**

Edificio bioclimático es un término que se refiere a la práctica de diseñar edificaciones de acuerdo con las características climáticas. Se centra en la protección y confort térmico de los ocupantes ante las influencias negativas (calor, frío, lluvia) y en la eficiencia energética, con un análisis climático para determinar las condiciones térmicas en la zona y luego determinar cómo diseñar o realizar las adecuaciones de los edificios existentes. Para desarrollar una vivienda energéticamente eficiente, es necesario obtener información de los sistemas, entorno-ambiente, usuario y tecnológico y realizar un diagnóstico del bioclima, para definir las estrategias y recomendaciones para la adecuación y diseño bioclimático de los edificios. Una vez establecidas, se selecciona un prototipo de vivienda en Sisal para realizar la adecuación y lograr la vivienda energéticamente eficiente y térmicamente confortable.



### Bi-3. Vehículos eléctricos sustentables

**Responsable: Dr. Germán Jorge Carmona Paredes**

La movilidad sostenible es una tendencia creciente en las ciudades de todo el mundo. La idea es reemplazar los vehículos con combustible fósil con opciones de eficiencia energética, como automóviles eléctricos. No solo es una medida amigable con el ambiente, sino que también puede ser económicamente viable. Así mismo, los planes de movilidad sostenible son importantes para asegurarse de que los sistemas de transporte más sostenibles se pongan en práctica, así como la planeación de rutas eficientes. Con base en los requerimientos de los habitantes de Sisal, se propone el diseño, desarrollo y prueba de un prototipo de vehículo eléctrico tipo triciclo y/o mototaxi y/o cuatrimoto y de una estación de carga, fundamental para aumentar las distancias recorridas. A mediano plazo se pretende estudiar la movilidad y necesidad actual para establecer las bases técnicas para desarrollar una flota de prueba con rutas establecidas.

### Bi-4. Evaluación participativa y consensuada de impacto y sustentabilidad (EPCIS)

**Responsable: Dra. Karla Graciela Cedano Villavicencio**

La evaluación participativa y consensuada es un proceso para evaluar el impacto de una intervención y su sustentabilidad, ya sea con datos cualitativos o cuantitativos. La co-producción de conocimiento donde las acciones que se emprendan por la comunidad es fundamental desde el marco de la apropiación social de proyectos socio-técnicos, en donde los participantes pueden desarrollar sus propias ideas para la recopilación de datos a evaluar. El generar metodologías participativas y/o consensuadas para la construcción de indicadores de los subproyectos en Sisal permitirá que la comunidad pueda accionar el conocimiento co-producido y así evaluar el progreso y el impacto de sus actividades a través de encuestas y talleres en donde participen otros actores, como los provenientes del gobierno, academia y organizaciones de la sociedad civil con actividades en Sisal. Promover la generación de indicadores que permitan evaluar los resultados e impactos de manera participativa, incluyente y sustentable, permitirá establecer marcos normativos formales desde las necesidades de las personas que habitan en Sisal, aplicando metodologías participativas. Así, las acciones que se emprendan por la comunidad serán respaldadas desde el marco de la apropiación social de innovaciones socio-técnicas. La metodología con la que se generen los indicadores puede servir de base para ser implementada en otras comunidades costeras de la Península de Yucatán.





### **Bi-5. Diseño e implementación de un programa ambiental para la conservación y restauración de la vegetación costera nativa del socio-ecosistema**

**Responsable: Dra. María Patricia Guadarrama Chávez**

Como se mencionó antes, entender el sistema mar-playa-puerto-ciénega-manglar es vital para Sisal. Por ello, en este subproyecto se abordará la afectación directa de las dunas (acumulaciones de arena en la parte posterior de la playa) por el desarrollo inmobiliario y la práctica clandestina del retiro de la vegetación para aumentar la línea de playa. En esta propuesta se plantea estudiar a las especies de vegetación presentes para identificar especies prioritarias de conservación para su propagación y especies invasoras para diseñar estrategias de control y/o erradicación. Así, se generarán programas de educación ambiental y de capacitación técnica sobre emprendimientos socio-ambientales orientados a la conservación y restauración de los ecosistemas costeros de la comunidad. Además, se diseñará e implementará un programa ambiental en modalidad presencial y virtual para la conservación y restauración de la vegetación costera nativa del socio-ecosistema Sisal enfocado en fortalecer la resiliencia ecosistémica y la prevención de riesgos asociados a fenómenos de origen natural.



### **Bi-6. Paisaje costero sustentable: una visión integrada del paisaje costero como prueba piloto para el manejo sustentable de ecosistemas dunares**

**Responsable: Dra. Gabriela Mendoza González**

El paisaje costero está conformado por elementos que confluyen en la interfaz mar-costa, como el mar-playa-duna-ciénega-manglar que puede ser una fuente de turismo a nivel nacional e internacional. Este subproyecto incluye: a) crear una guía de buenas prácticas para la sistematización de actividades relativas a la reproducción de plantas de duna costera en vivero, b) un reporte técnico sobre el mantenimiento y monitoreo de las actividades de conservación y restauración; generando procesos de involucramiento continuo que proporcionen pisos comunes dentro de un grupo inter- y transdisciplinario con énfasis en las mujeres de la localidad. El diseño de una zona demostrativa denominada “Jardín botánico costero”, desde la visión de la arquitectura del paisaje, se propone como prueba piloto y forma parte de las actividades de concientización de la población en general sobre el manejo y aprovechamiento sustentable de las dunas costeras. El Jardín se pretende desarrollar a mediano y largo plazo, a lo largo de la franja costera de Sisal, y usarse como muestra-base en otras playas y dunas costeras de la Península de Yucatán.



### Bi-7. Kuxtal: hacia una comunidad agroecológica

**Responsable: L.N. Gabriela Abigail Cabral Ortega**

La agroecología es un movimiento social que se centra en el bienestar de las comunidades locales, el medio ambiente y la biodiversidad. Busca mitigar el impacto del cambio climático y el estrés ambiental, y crear sistemas agrícolas más resistentes y sostenibles. Además, la agroecología tiene el propósito de garantizar la seguridad alimentaria y los precios justos; por ello se ha convertido en una herramienta para abordar problemas agrícolas como la degradación de la tierra, el hambre y el desperdicio de alimentos. La agroecología busca empoderar a los agricultores a pequeña escala, pueblos indígenas y mujeres, como algunos de los habitantes de Sisal. En este subproyecto se sentarán colectivamente las bases de una comunidad agroecológica a través del intercambio de saberes locales y el fortalecimiento de la educación ambiental, para contribuir a la soberanía alimentaria y el desarrollo sostenible en Sisal. Se darán a conocer los principios ecológicos y estrategias de la agroecología a través de un manual en formato digital y físico que respalde experiencias y saberes.

### Bi-8. Diseño y manejo de pequeños embarcaderos, miradores, puentes y senderos interpretativos en caminos y sitios estratégicos por usos y costumbres de los guías locales

**Responsable: Biól. María Teresa de Jesús Andueza Briceño**

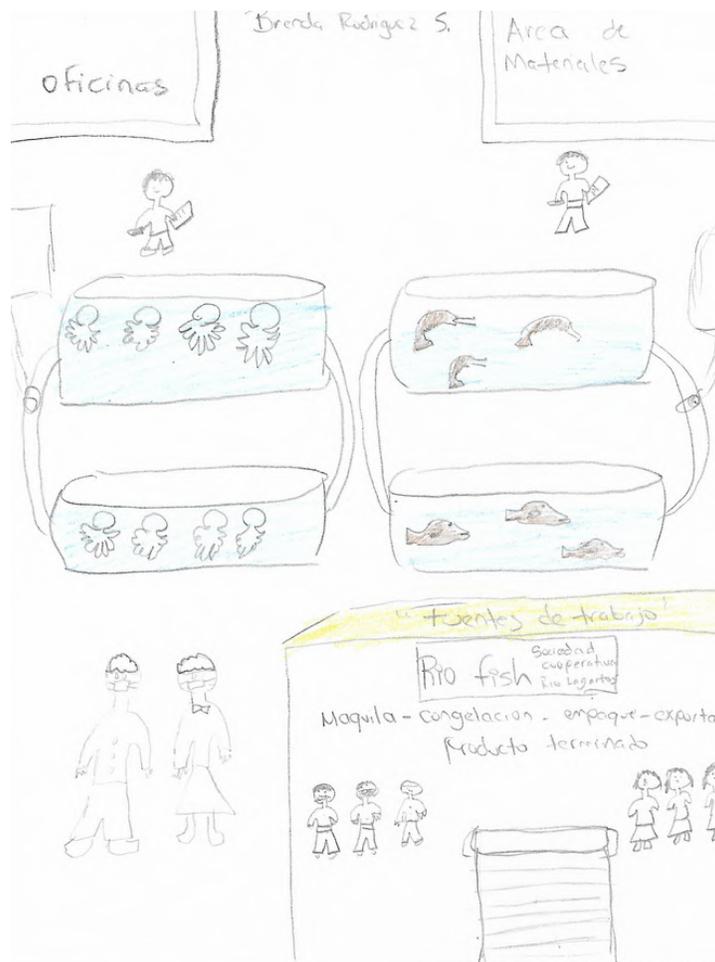
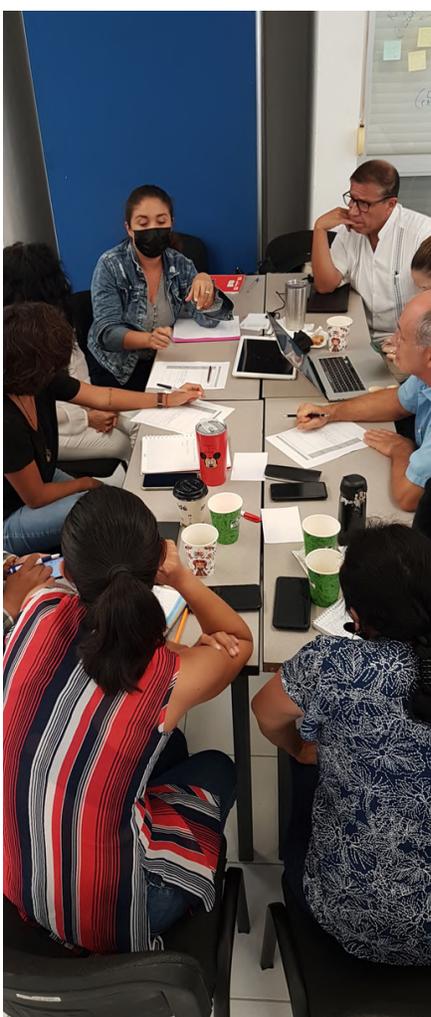
Sisal cuenta con varios puntos de interés turístico presentes tanto en el área de playa y duna como en el manglar y la ciénega. Un sendero interpretativo bien planificado contará la historia de un recurso natural por lo que son una excelente manera de enseñar a las personas sobre la historia, los valores culturales y los beneficios de un parque u otro sitio natural a través de guías o de manera personal con retablos informativos. A menudo, los senderos interpretativos son parte de un sistema de transporte más grande. Por ejemplo, un visitante puede optar por caminar o andar en bicicleta para llegar a un sendero. Para promover el ecoturismo y la comunicación del medio ambiente, se propone a) diseñar pequeños embarcaderos, miradores, puentes y senderos interpretativos en caminos y puntos estratégicos utilizados de manera tradicional por los guías locales para el desarrollo de un turismo comunitario, incluyente, sostenible y resiliente; b) fortalecer el conocimiento de los guías de naturaleza locales en diversos ecosistemas de Sisal con información generada por la academia, gobierno y otras organizaciones de la sociedad civil y 3) generar material digital que respalde la implementación de mejoras en sitios turísticos emblemáticos en la comunidad que puedan ser desarrolladas a mediano y largo plazo.



## Bi-9. Comunicación social del proyecto: Ciudades inteligentes, Sisal

**Responsables: Dr. José Luis Fernández Zayas y Dra. Jazmín Deneb Ortigosa Gutiérrez**

La apropiación de innovaciones científicas y tecnológicas es un componente crucial para el desarrollo de cualquier país, y su uso sustentable y ético de parte de las industrias y el gobierno puede desarrollar empleos de manera directa e indirecta. Presentar avances y resultados de investigaciones a la sociedad que está ayudando a su generación, puede ser un parteaguas positivo en el apoyo y desarrollo exitoso de este proyecto. Para compartir los principales conceptos y resultados de todos los subproyectos presentados se creará contenido de divulgación y comunicación. Este contenido podría potencialmente ser expuesto y distribuido tanto en medios digitales como físicos, en los principales puntos turísticos, material informativo que fomente entre la población la apreciación y valoración del socio-ecosistema, con el fin de incentivar la protección, restauración y gestión sostenible de los ecosistemas costero-marinos. La comunicación incluirá el diseño de talleres didácticos y de divulgación y la organización de charlas en distintas instalaciones académicas, de organizaciones de la sociedad civil y del gobierno. Compartir el conocimiento científico generado puede marcar una verdadera diferencia al abordar la pobreza y promover una sociedad más justa.





Una integración de los resultados permitirá apoyar en la solución de diversos problemas locales: facilitar el acceso al agua, transporte sostenible, ordenamiento territorial y logístico, reducción de desechos y economía circular, desarrollo de productos agroecológicos y ecoturismo. Estos temas son abordados puntualmente en cada subproyecto, los cuales se conectan sinérgicamente entre sí promoviendo una base sólida para la ejecución eficiente y complementaria, lo que resultará en una mejor calidad de vida de los ciudadanos y visitantes de Sisal.

La generación de material informativo a través de infografías y Tarjetas de Reporte servirán para socializar los resultados y recomendaciones entre la población de Sisal y otras comunidades costeras. Además, serán una herramienta fundamental para generar diálogo con diversos gestores de decisiones, instancias gubernamentales, iniciativa privada y organizaciones de la sociedad civil, lo que puede eventualmente fungir como motor de cambio en políticas públicas así como ejemplo para otras comunidades costeras de la Península de Yucatán.

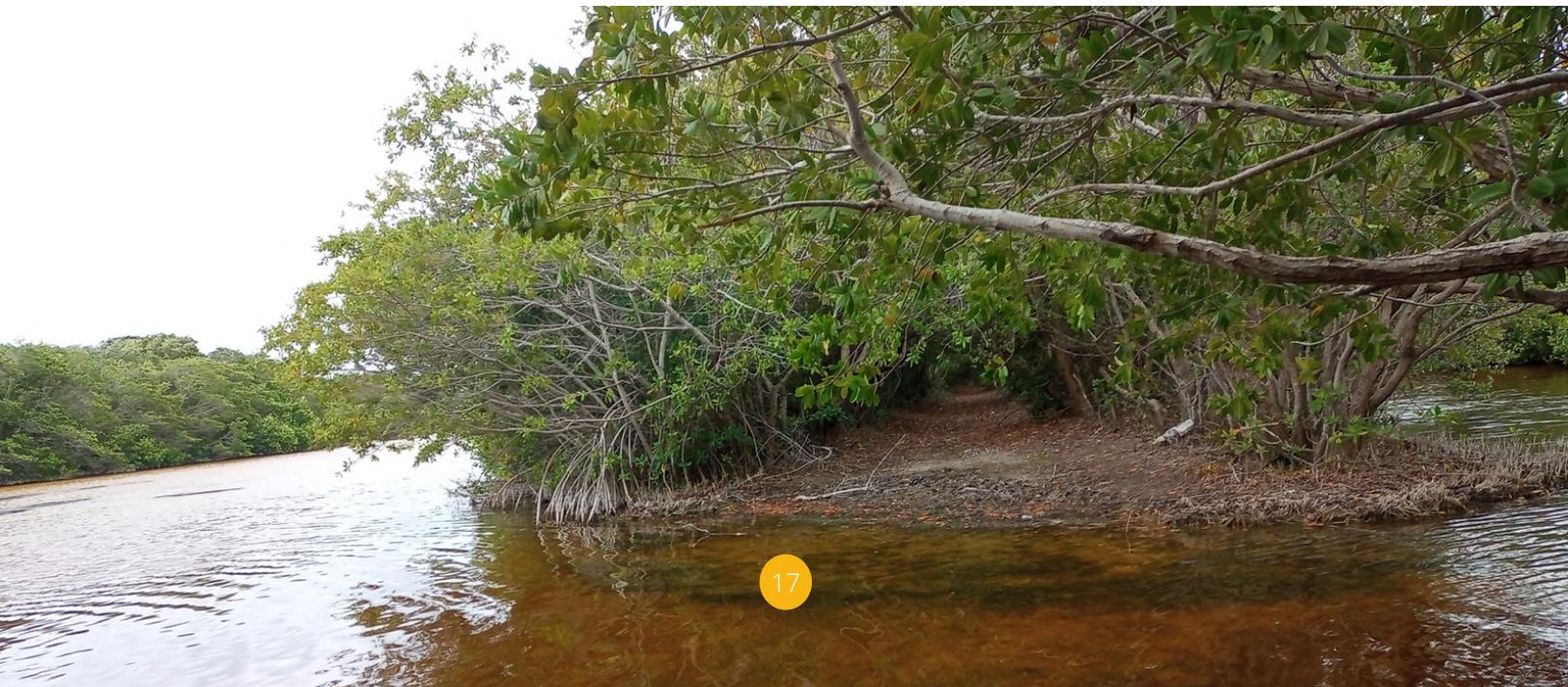
Se tiene previsto iniciar los proyectos en el primer trimestre del 2023. Ya se cuenta con fondos semilla para cada subproyecto y se planea en el corto plazo procurar fondos complementarios y mayor participación de la iniciativa privada, fundaciones y organizaciones de la sociedad civil y agencias financiadoras, las cuales permitirán aumentar el alcance de los subproyectos o incluso iniciar la construcción e implementación de los diseños y/o propuestas de los mismos.

Para mayor información sobre el proyecto *Sisal, Yucatán: hacia una ciudad sustentable y resiliente*, puede contactarnos a cualquiera de estos correos:

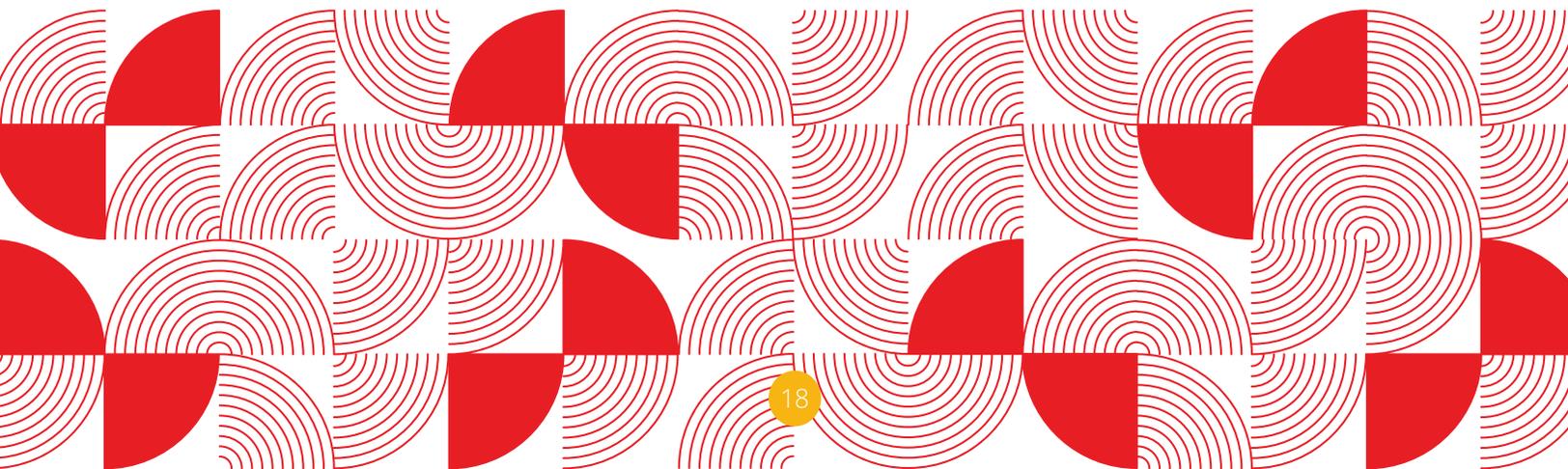
Dr. José Luis Fernández Zayas  
jfernandez@iingen.unam.mx

Dr. Paulo Salles Afonso de Almeida  
psallesa@iingen.unam.mx

Dra. Jazmín Deneb Ortigosa Gutiérrez  
jortigosag@iingen.unam.mx



# PARTICIPANTES



Última modificación: 16 febrero 2023

Fotografías:

Xook Kuxtal Meyaj

María Teresa de Jesús Andueza Briceño

Marco Antonio Ponce Márquez

Karla Ricalde

Jazmín Deneb Ortigosa Gutiérrez

Carlos Rosas Vázquez

Bernardo Figueroa Espinoza

Antar Mijail Pérez Botello

Archivo LANRESC

CANVA

