FONDO MEXICANO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, A.C.
FMCN
INSTITUCIÓN PRIVADA

Proyecto
Comunidades Sostenibles para la Acción Climática en la Península de Yucatán (ACCIÓN Yucatán)

Consultoría: Análisis económico y financiero

Nombre de la firma consultora: Ecopolíticas, S.C.

Número de contrato: D-58-5-23-0419

Número de producto: 3/5

Fecha de entrega: 19 de enero de 2024

Descripción del producto: Selección de actividades a analizar, identificación cualitativa y cuantitativa de costos y beneficios de las actividades seleccionadas.

Resumen

En este documento se describe el proceso de selección de actividades para el “Análisis económico y financiero del proyecto ACCIÓN” del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). Posteriormente, se desarrolla un análisis que evalúa la viabilidad económica y socioambiental de dichas actividades productivas, las cuales son: sistemas agroforestales, apicultura, créditos de carbono azul, pesca sostenible, producción de carbón a partir de manglares, ecoturismo y sistemas silvopastoriles. Estas actividades fueron seleccionadas por su potencial para fortalecer la sostenibilidad y la adaptación basada en ecosistemas en la región, así como su presencia en la zona.

En el trabajo se destaca la importancia de adoptar un enfoque integral que no solo considere los retornos económicos, sino también los beneficios ambientales y sociales, alineando las actividades productivas con los principios de sostenibilidad, resiliencia climática y adaptación. Asimismo, se describe cómo el modelo de transición propuesto se alinea con los criterios de inversión del Fondo Verde para el Clima, mediante el potencial de impacto, desarrollo sostenible, cambio de paradigma, las necesidades de beneficiarios, apropiación del país, la eficiencia y efectividad.

Como parte de los resultados se concluye que, las actividades propuestas son rentables a nivel privado y social, que ofrecen alternativas que promueven el uso sostenible de los recursos naturales y por lo tanto, la seguridad financiera de quienes dependen de dichos recursos como medio de subsistencia. Todas las actividades fueron comparadas con las prácticas económicas tradicionales, es decir el *Business as Usua*l (BAU). Finalmente, se menciona que el modelo propuesto presupone la existencia de estructuras de gobernanza adecuadas y participación activa de las comunidades locales en la gestión de los proyectos.

Contenido

Siglas y acrónimos 1
I. Introducción 2
II. Metodología del análisis económico y financiero 4
II.1. Supuestos del análisis 5
II.2. Caracterización de las actividades productivas. 6
III. Resultados financieros por actividad 19
III.1. Actividades de línea base 20
III.2. Resultados de actividades sostenibles 28
III.3. Resultados económicos 43
III.4. Análisis de sensibilidad 46
IV. Potencial de inversión en la zona 55
IV.1. Potencial de inversión en actividades terrestres 55
IV.2. Potencial de inversión en pesca 57
V. Potencial de mitigación 62
VI. Análisis de criterios de inversión del Fondo Verde para el Clima 65
VI.1. Potencial de impacto 65
VI.2. Potencial de cambio de paradigma 67
VI.3. Potencial de desarrollo sostenible 68
VI.4. Necesidades de beneficiarios 69
VI.5. Apropiación del país 69
VI.6. Eficiencia y efectividad 70
VII. Conclusiones 71
VIII. Referencias 74
IX. Anexos 82

Índice de figuras

Figura 1. Rentabilidad económica y financiera 4
Figura 2. Diagrama de transición de actividades productivas 19
Figura 3. Flujo de efectivo de agricultura tradicional 21
Figura 4. Flujo de efectivo acumulado de agricultura tradicional 21
Figura 5. Ejemplo de modelación de ventas a partir del modelo de difusión de Bass 22
Figura 6. Flujo de efectivo de apicultura sin valor agregado 23
Figura 7. Flujo de efectivo acumulado de apicultura sin valor agregado 23
Figura 8. Flujo de efectivo de pesca ribereña tradicional 25
Figura 9. Flujo de efectivo acumulado de pesca ribereña tradicional 25
Figura 10. Flujo de efectivo de ganadería tradicional. 27
Figura 11. Flujo de efectivo acumulado de ganadería tradicional. 27
Figura 12. flujo de efectivo de sistemas agroforestales 29
Figura 13. Flujo de efectivo acumulado de sistemas agroforestales 30
Figura 14. Flujo de efectivo de apicultura con valor agregado 31
Figura 15. Flujo de efectivo acumulado de apicultura con valor agregado 32
Figura 14. Flujo de efectivo de créditos de carbono azul 33
Figura 15. Flujo de efectivo acumulado de créditos de carbono azul 35
Figura 18. Flujo de efectivo de pesca sostenible 36
Figura 19. Flujo de efectivo acumulado de pesca sostenible 36
Figura 16. Flujo de efectivo de carbón de mangle 38
Figura 17. Flujo de efectivo acumulado de carbón de mangle 39
Figura 18. Flujo de efectivo de ecoturismo 40
Figura 19. Flujo de efectivo acumulado de ecoturismo 40
Figura 20. Flujo de efectivo de sistema silvopastoril 41
Figura 21. Flujo de efectivo acumulado de sistema silvopastoril 42
Figura 24. Rentabilidad relativa vs. tasas de descuento 53
Figura 25. Usos de suelo y vegetación en el área de proyecto 56
Figura 26. Modelo de difusión de Bass 58
Figura 27. Número de proyectos financiados por año 59
Figura 31. Flujo de efectivo para todo el proyecto ACCIÓN 60
Figura 32. Flujo de efectivo acumulado del proyecto ACCIÓN 60
Figura 29. Potencial de mitigación del proyecto ACCIÓN por año 62
Figura 30. Costo efectividad por actividad 63

Índice de tablas

Tabla 1. Multiplicadores de la inversión para las actividades seleccionadas 5
Tabla 2. Situación con y sin proyecto para sistemas agroforestales 6
Tabla 3. Situación con y sin proyecto para apicultura 8
Tabla 4. Situación con y sin proyecto de créditos de carbono azul 10
Tabla 5. Situación con y sin proyecto de pesca sostenible 13
Tabla 6. Situación con y sin proyecto de carbón vegetal 14
Tabla 7. Situación con y sin proyecto de ecoturismo 16
Tabla 8 Situación con y sin proyecto de sistemas silvopastoriles 17
Tabla 9. Resultados de agricultura tradicional 20
Tabla 10. Resultados de apicultura sin valor agregado 22
Tabla 11. Resultados de pesca ribereña tradicional 24
Tabla 12. Resultados de ganadería tradicional. 26
Tabla 13. Resultados de sistemas agroforestales 29
Tabla 14. Resultados de apicultura con valor agregado 31
Tabla 15. Resultados de créditos de carbono azul 33
Tabla 16. Resultados de pesca sostenible 35
Tabla 17. Resultados de carbón de mangle 38
Tabla 18. Resultados de ecoturismo 39
Tabla 19. Resultados de sistema silvopastoril 41
Tabla 20. Resultados financieros de las actividades consideradas 42
Tabla 21. Resultados financieros unitarios para cada actividad 43
Tabla 22. Rentabilidad adicional de la transición de actividades 44
Tabla 23. Servicios ecosistémicos incluidos en el análisis 45
Tabla 24. Valor económico de las externalidades de las actividades 46
Tabla 25. Análisis de sensibilidad de agricultura 46
Tabla 26. Análisis de sensibilidad de sistemas agroforestales 47
Tabla 27. Análisis de sensibilidad de apicultura con valor agregado 48
Tabla 28. Análisis de sensibilidad de apicultura con valor agregado 48
Tabla 29. Análisis de sensibilidad de carbón de mangle 49
Tabla 30. Análisis de sensibilidad de créditos de carbono azul 50
Tabla 31. Análisis de sensibilidad de ecoturismo 50
Tabla 32. Análisis de sensibilidad de ganadería tradicional 51
Tabla 33. Análisis de sensibilidad de pesca tradicional 52
Tabla 34. Análisis de sensibilidad de pesca sostenible 52

Tabla 35. Análisis de sensibilidad de sistemas silvopastoriles 53
Tabla 36. Área de usos de suelo y vegetación 56
Tabla 37. Distribución de proyectos 57
Tabla 38. Indicadores de rentabilidad para el proyecto ACCIÓN. 61
Tabla 38. Tabla resumen de resultados 64
Tabla 39. Fuentes de información para valorar cobeneficios 68

Siglas y acrónimos

AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
BAU	*Business as usual*
CAR	*Climate Action Reserve*
CMIC	Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción
FAE	Flujo Anual Equivalente
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
GEI	Gases de efecto invernadero
ha	Hectárea
ICB	Índice Costo Beneficio
ICE	Índice Costo Efectividad
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change*
IVA	Impuesto al Valor Agregado
MIP	Matriz de Insumo Producto
ONG	Organización no gubernamental
OSC	Organización de la Sociedad Civil
PY	Península de Yucatán
SCIAN	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
SECTUR	Secretaría de Turismo
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SSPi	Sistema silvopastoril intensivo
tC	Tonelada de carbono
tCO_2e	Toneladas de dióxido de carbono equivalentes
TIR	Tasa Interna de Retorno
UMA	Unidad de manejo ambiental
VPN	Valor presente neto

I. Introducción

El presente documento se realiza como parte del Proyecto Comunidades Sostenibles para la Acción Climática en la Península de Yucatán (ACCIÓN Yucatán), una iniciativa del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) diseñada para abordar de manera adecuada los retos ambientales a los que se enfrenta la región. Lo anterior, promoviendo la resiliencia en sus comunidades, ecosistemas y sistemas productivos. En ese sentido, el proyecto ACCIÓN Yucatán busca implementar soluciones basadas en la adaptación de ecosistemas (AbE) y promover medios de vida sostenibles a lo largo de las costas de la Península de Yucatán entre 2025 y 2030.

La península de Yucatán cuenta con la segunda mayor extensión de bosques tropicales de América, siendo la primera el Amazonas (UNESCO, 2021). Por lo que, su conservación es de gran relevancia para la preservación de la biodiversidad. Sin embargo, de acuerdo con el informe de la Medio Ambiente en México (SEMARNAT, 2019), más de la mitad de los suelos de Yucatán presentan degradación química del suelo (siendo la disminución de la fertilidad el más común) y cuyas causas pueden incluir la erosión hídrica o eólica, así como malas prácticas de manejo (p. 194). Por otro lado, en el caso de los recursos hídricos casi toda la superficie de la región presenta degradación (p.212).

En relación con los ecosistemas marino-costeros Pech (2010), señala que los mismos constituyen uno de los ecosistemas más valiosos dese el punto de vista socio económico y cultural. Asimismo, dicho autor menciona que la capacidad de resiliencia y adaptación de dichos ecosistemas es muy relevante para combatir los efectos del calentamiento climático global y mantener la biodiversidad. En ese contexto, las acciones orientadas a la construcción de sistemas productivos sostenibles en los ecosistemas marino-costeros son necesarias para la construcción de un futuro sostenible

Por lo anterior, este documento detalla el proceso realizado para seleccionar y analizar actividades productivas y de desarrollo social con el objetivo de contribuir al análisis económico y financiero del proyecto ACCIÓN. Con el objetivo de identificar las actividades, se realizaron entrevistas con líderes de organizaciones locales y se consideraron aquellas contenidas en el banco de proyectos de ACCIÓN, resultando en la selección de siete actividades productivas, consideradas con potencial de fortalecer la sostenibilidad y la resiliencia climática en la región. Para este trabajo se consideraron 7 actividades productivas para evaluar. Esta identificación se realizó a partir de entrevistas con personas encargadas de organizaciones que trabajan en la zona del proyecto ACCIÓN, así como de un banco de proyectos elaborado en el marco del mismo proyecto (New Ventures, 2023). Las actividades seleccionadas son las siguientes: sistemas agroforestales, apicultura, créditos de carbono azul, pesca sostenible, producción de carbón a partir de manglares, ecoturismo y sistemas silvopastoriles. Todas las actividades mencionadas fueron elegidas por su relevancia económica, ambiental y social para la Península de Yucatán.

El análisis contenido en este trabajo ofrece una evaluación tanto cuantitativa como cualitativa de los costos y beneficios asociados a cada actividad seleccionada, con la finalidad de proporcionar un sustento robusto y riguroso para la toma de decisiones durante la implementación del proyecto ACCIÓN. En concordancia con las líneas de trabajo que orientan las actividades de ACCIÓN, sus objetivos y visión; se destaca que el trabajo fue realizado considerando la importancia de adoptar

un enfoque integral que no solo considere los retornos económicos, sino también los beneficios ambientales y sociales.

En suma, en un contexto en el que la Península de Yucatán enfrenta desafíos significativos debido a la aceleración del cambio climático por actividades antropogénicas, los cuales amenazan la seguridad financiera de sus habitantes, este análisis se realiza como una propuesta para guiar las intervenciones del proyecto ACCIÓN hacia un impacto positivo y duradero. Al alinear las actividades productivas con los principios de sostenibilidad y adaptación basada en ecosistemas, el proyecto no solo busca mitigar los efectos adversos del cambio climático sino también potenciar el desarrollo económico, así como el bienestar social y cultural de las comunidades costeras de la Península de Yucatán.

II. Metodología del análisis económico y financiero

A continuación, se presenta la fórmula utilizada para evaluar la rentabilidad (figura 1), ya sea financiera o económica.

FIGURA 1. RENTABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA

Perspectiva económica

$$VPN = \sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{t=0}^{T}\frac{B_{i,t} - C_{i,t} - I_{i,t}}{(1+d)^t} + \sum_{t=0}^{T}\frac{E_{i,t} + D_{i,t} + I_{i,t}}{(1+d)^t}\right) - \sum_{t=0}^{T}\frac{F_t}{(1+d)^t}$$

Rentabilidad financiera

Donde B representa los beneficios de las actividades productivas para el ejido/comunidad/propiedad (i) en el tiempo t, C representa los costos totales de las actividades productivas, I los impuestos netos generados por las actividades, E representa las externalidades (que pueden ser monetizadas),[1] D la derrama económica generada por las actividades económicas, F los costos fijos relacionados con los estudios requeridos a nivel de todo el proyecto ACCIÓN y d la tasa de descuento.

COMO SE INDICA EN LA FIGURA 1. RENTABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA

, la perspectiva económica comprende todos los costos y beneficios, directos e indirectos, generados por las actividades. Por otro lado, la perspectiva financiera incluye los costos y beneficios que se dan a nivel privado. Cabe mencionar que los impuestos se contabilizan desde la perspectiva financiera, pero se neutralizan desde la perspectiva económica, considerando que esos impuestos son devueltos a la sociedad.

En este sentido, podemos reportar los resultados del análisis económico en una tabla que permite identificar la rentabilidad desde la perspectiva económica y financiera de todo el proyecto ACCIÓN. Para asignar valores monetarios a dicha tabla se requiere una aproximación a los costos fijos, de los costos asociados al relacionamiento local, de los costos y beneficios de cada actividad productiva, así como del número de proyectos individuales de cada actividad (por ejemplo, número de proyectos de apicultura, de sistemas agroforestales, etc.), del valor económico de las externalidades ambientales generadas por las actividades y de la derrama económica.

[1] Se parte del supuesto de que el efecto neto del valor económico de las externalidades ambientales es positivo, porque de otra manera no valdría la pena

II.1. Supuestos del análisis

El análisis requiere establecer varios supuestos. En esta sección se describen los supuestos considerados.

- **Tasa de descuento**. Se considera una tasa de descuento nominal de 10% y una tasa de inflación de 4%, lo cual genera una tasa de descuento real de 6%. La tasa nominal de 10% se establece a partir del criterio de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), que requiere la evaluación de proyectos de inversión con esta tasa.[2] La tasa de inflación se establece con base en las expectativas de inflación del Banco de México para 2024, la cual asciende a 4% (Banco de México, 2024).

- **Derrama económica**. Para el cálculo de derrama económica se consideran los coeficientes técnicos de la Matriz Insumo Producto elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018). Específicamente se considera la matriz de coeficientes técnicos directos e indirectos por Rama del Sistema de Clasificación Industrial del América del Norte (SCIAN).[3] En la Tabla 1. Multiplicadores de la inversión para las actividades seleccionadas se muestran los multiplicadores empleados para las actividades consideradas en el análisis. Estos multiplicadores resultan de la suma de los coeficientes de la columna que más se asemeja a la actividad bajo análisis.

TABLA 1. MULTIPLICADORES DE LA INVERSIÓN PARA LAS ACTIVIDADES SELECCIONADAS

Actividad	Multiplicador
Pesca	1.67
Agricultura (agroforestería)	1.22
Ganadería (silvopastoriles)	1.59
Acuicultura	1.79
Silvicultura	1.30
Ecoturismo	1.33

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2018).

- **Valor social del carbono**. Para valorar desde una perspectiva social el carbono se consideró su precio sombra estimado por World Bank (2017), el cual asciende para 2024 entre 44 y 87 dólares por tCO_2e. De manera complementaria se realizó el análisis con base en el valor de transacción de créditos de carbono en algunos proyectos de México, que asciende a entre 4 y 12 dólares por tCO_2e (Gobierno de México, 2020).

- **Horizonte de evaluación**. Se considera una duración de las actividades productivas por un total 20 años, de los cuales, 5 corresponden a la implementación del proyecto y 15 a la continuidad en su

[2] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/748091/OFICIO_234_25_JULIO_2022_act_TSD_.pdf
[3] https://www.inegi.org.mx/programas/mip/2018/#tabulados

ejecución. En el caso de requerirse reinversiones antes de este periodo se contabilizan las reinversiones necesarias.

- **Tasa de impuestos**. Se considera una tasa de entre 1 y 2.5 por ciento de acuerdo al Régimen Simplificado de Confianza que aplica actualmente para productores agropecuarios de pequeña y mediana escala.[4] También se considera una tasa de 16% del Impuesto al Valor Agregado (IVA).

II.2. Caracterización de las actividades productivas.

En esta sección se describen las actividades productivas bajo análisis. Esta caracterización permite identificar los rubros de costos y beneficios para cada actividad. En anexo se presentan diagramas de flujo que permiten describir las distintas fases de cada actividad productiva. Posteriormente, esas fases se expresan en términos monetarios, con lo que se realizó una estimación de los flujos de efectivo. Con ello, se generan indicadores de rentabilidad desde la perspectiva económica y financiera que se presentan en otra sección. Todas las actividades seleccionadas fueron elegidas por su mención en el banco de proyectos del programa Acción como relevantes para la zona. Este subconjunto se perfeccionó posteriormente a través de entrevistas con profesionales que realizan actividades en la Península.

II.2.1. Sistemas agroforestales.

Esta actividad se refiere esencialmente al establecimiento de cercas vivas multiestrato, establecidas en áreas agrícolas. La elección de esta actividad obedece a que pueden representar una fuente complementaria a otras actividades rurales y que pueden reducir las presiones a la deforestación. Si bien la actividad agrícola se realiza principalmente en las áreas centrales de la Península de Yucatán, existen áreas agrícolas en la zona de estudio, que ascendían hasta 2015 a 112 mil hectáreas, de acuerdo con PNUD (2018). En la Tabla 2. Situación con y sin proyecto para sistemas agroforestales se presenta la situación con y sin proyecto para sistema agroforestales.

TABLA 2. SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO PARA SISTEMAS AGROFORESTALES

Situación sin proyecto	Sistema deseado
Las personas se dedican a prácticas agrícolas tradicionales principalmente para satisfacer sus necesidades de autoconsumo, y con ventas cuando hay excedente. En Yucatán los productos agrícolas destacados son los pastos, el maíz grano, la naranja y el limón **(Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022ª)**. En Quintana Roo la caña de azúcar, la piña, el maíz grano, el limón y el coco fruta **(Representación AGRICULTURA Quintana Roo, 2018)**. Y en	En contraste con las prácticas agrícolas tradicionales, la implementación de sistemas agroforestales ofrece una alternativa sostenible y diversificada. Al incorporar árboles, arbustos y cultivos intercalados en el paisaje agrícola, se promueve la conservación del suelo y la biodiversidad (Montagnini, F., 2020). Asimismo, permite obtener una mayor variedad de alimentos para el autoconsumo. Ya que los sistemas agroforestales mejoran la

[4] https://www.gob.mx/agricultura/prensa/el-sistema-tributario-para-el-campo-debera-contribuir-a-la-autosuficiencia-alimentaria?idiom=es

Campeche el maíz grano, la caña de azúcar y la soya **(Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022b).** Sin embargo, el uso continuado de estas técnicas puede ocasionar erosión del suelo, lo que a largo plazo resulta en la incapacidad de cultivar en las mismas áreas. Con el tiempo, esto conduce a la expansión de la frontera agrícola, contribuyendo al agotamiento de los recursos naturales y la pérdida de biodiversidad.	calidad del suelo y aumentan la resiliencia de los cultivos frente a condiciones climáticas adversas, permiten tener una fuente de alimento y posible ingreso por ventas más segura, es decir, mejoran la sostenibilidad económica (Gruberg Cazón, Helga, & Azero A., Mauricio. (2009). El proyecto no considera dar valor agregado a los productos generados.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen las fases del proceso de la transformación sostenible en sistemas agroforestales:

1. Evaluación del sitio y desarrollo de proyecto

Evaluación del sitio: Evaluación del terreno en el que se implementará el sistema. Identificar el estado en el que se encuentra el suelo, las condiciones climatológicas, la topografía, la biodiversidad existente, entre otros.

Diseño de sistema y arreglo: Determinar qué tipo de sistema y arreglo agroforestal se implementará considerando las características del terreno. También considerar la cantidad de recursos disponibles, posibles mercados y productos que deseo generar. (Incluir planeación financiera). Se considera que para este proyecto los sistemas más viables serían cercas vivas, multiestrato, acahual mejorado y taungya. Se parte del supuesto de que el sistema de riego es de temporal.

2. Planificación

Selección de especies: Elección de las especies de árboles y/o cultivos que se adecuen a las características del sistema que se implementará. Considerar especies nativas, que fijen nitrógeno, cultivos de valor económico y que promuevan la biodiversidad.

Plantas: Se parte del supuesto que las plantas para el establecimiento son compradas.

3. Implementación de actividades

Acondicionar el terreno: Labranza mínima o ninguna de ser posible, limpieza, ajustes de pH del suelo, y otras modificaciones necesarias.

Plantación: Mano de obra para la plantación de árboles, arbustos y cultivos, según el diseño del proyecto. Hay que considerar que la plantación se realice en una estación adecuada, que asegure una buena distribución espacial, y se haga con plantas nativas.

4. Manejo del sistema

Control de plagas y enfermedades: Implementación de prácticas de manejo integrado, para evitar plagas y enfermedades, reduciendo el uso de pesticidas químicos.

Mantenimiento: Realizar poda, riego (si es necesario), y manejo de la cobertura del suelo; asegurando la salud y productividad óptimas del sistema agroforestal.

5. Cosecha

Recolección: Mano de obra para la cosecha de productos agrícolas y forestales, el tiempo de la primera cosecha dependerá del tipo de plantación. Realizar la cosecha en el momento óptimo para cada especie, utilizando técnicas que eviten daños al sistema.

6. Venta y distribución

Distribución: Los productos deberán distribuirse entre los beneficiarios considerando los acuerdos alcanzados. La cosecha puede funcionar para autoconsumo y para venta, así como para la producción de especies maderables a largo plazo. En todo caso se valoran los productos a precios de mercado.

II.2.2. Apicultura

Esta actividad consiste en agregar valor en proyectos de apicultura ya existentes, o en iniciar proyectos de apicultura desde un inicio. La actividad apícola es de alto valor económico y tiene una gran importancia en la Península de Yucatán (Becerril y Hernández, 2020). Además, la apicultura es una actividad que puede realizarse en zonas de manglar (Alvarado, Zaldívar y Tucuch, 2023). En la Tabla 3. Situación con y sin proyecto para apicultura se presenta la situación con y sin proyecto de esta actividad.

TABLA 3. SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO PARA APICULTURA

Situación sin proyecto	Sistema deseado
Realizan actividades apícolas Las personas obtienen ingresos por la venta de miel y en algunos casos por productos derivados de la actividad apícola (como el propóleo y la cera) (**Becerril García, J., & Hernández Cuevas, F. I., 2020)**. Sin embargo, no cuentan con herramientas para dar valor agregado a sus productos, por lo que, los precios de venta son muy bajos.	El financiamiento para agregar valor a los productos apícolas abriría nuevas oportunidades para los apicultores. Mediante la adquisición de herramientas y equipos adecuados, así como la capacitación en técnicas de procesamiento y comercialización, los productores podrían diversificar su oferta y crear productos de mayor calidad y valor agregado. Esto les permitiría acceder a segmentos de mercado diferenciados y obtener precios más altos por sus productos, generando mayores ingresos y mejorando la rentabilidad de la actividad apícola en general. (Garry, S., Parada Gómez, Á. M., & Salido Marco, J., 2017)
No realizan actividades apícolas **Las personas obtienen ingresos por medio de otras fuentes, como:** 1) **Actividad agrícola tradicional** 2) **Actividad ganadera** 3) **Desplazamiento a otras localidades para trabajar en turismo**	El financiamiento para desarrollar un proyecto apícola con valor agregado permitiría a las y los individuos diversificar sus fuentes de ingresos y aumentar su seguridad financiera. Además, al agregar valor a los productos apícolas, como la miel, el propóleo y la cera, podrían acceder a mercados de mayor calidad y obtener precios altos por sus productos. Esto les permitiría mejorar su calidad de vida y reducir su dependencia exclusiva de otras fuentes de

(Rosalía Andrade, directora ejecutiva en Resiliencia Azul A.C, comunicaciones personales, enero de 2024).	ingresos. (Becerril García, J., & Hernández Cuevas, F. I., 2020) y (Garry, S., Parada Gómez, Á. M., & Salido Marco, J., 2017)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen las fases del proceso de la transformación sostenible en apicultura:

1. Selección del sitio

Análisis de recursos locales y reforestación: Identificar áreas con abundante flora que provea néctar y polen, de ser posible. Para el caso de que las áreas estén degradadas se prevén actividades de reforestación.

Evaluación de agua disponible: Considerar la existencia de acceso cercano a fuentes de agua para las abejas.

Protección y exposición: Buscar lugares protegidos del viento con buena exposición solar. También deben considerarse posibles riesgos como predios cercanos que usen agroquímicos que dañan a las abejas.

2. Desarrollo del proyecto

Documento de subproyecto: Iniciativa comunitaria la planificación y ejecución del mismo.

Capacitación: Esta fase puede adecuarse a las necesidades específicas del grupo, dependiendo de la experiencia con la que cuenten los integrantes. Para aquellos grupos que ya cuentan con experiencia, enfocarse en el fortalecimiento de capacidades y generación de nuevas habilidades que ayuden a generar valor agregado en los productos.

3. Adquisición de equipos y herramientas

Selección de abejas: Seleccionar el tipo de colmena/abeja con la que se desea trabajar. Considerar si las personas ya cuentan con colmenas, en cuyo caso pueden adquirirse nuevas de la misma especie.

Adquisición de herramientas: Comprar ahumador, trajes de protección, cajas y herramientas para manejar las colmenas, así como equipos de envasado. Considerar si se cuenta con algún tipo de herramientas, en cuyo caso puede invertirse en tecnologías o herramientas nuevas que ayuden a brindar valor agregado al producto, por ejemplo, máquinas de envasado.

Preparación de instalaciones: Acondicionar un espacio para el almacenamiento de equipos y eventual procesamiento de miel.

4. Obtención de abejas

Compra de colonias o paquetes: Para el caso de los grupos que no realizan actividades apícolas, se considera la compra inicial de colonias, núcleos, paquetes de abejas o enjambres. En el caso de los grupos que ya realizan actividades apícolas se puede considerar la compra de colonias para aumentar la población de abejas.

Captura de enjambres: Si es posible y se tiene la experiencia, capturar enjambres.

5. Instalación de colmenas

Ubicación estratégica: Colocar las colmenas considerando la orientación, distancia entre ellas y facilidad de acceso.

Preparación del terreno: Asegurar que el terreno esté nivelado y estable para las colmenas.

6. Manejo de colmenas

Inspecciones regulares: Verificar la salud de la colonia, presencia de la reina, y espacio para la puesta y almacenamiento.

Control de plagas y enfermedades: Aplicar tratamientos preventivos y curativos según sea necesario.

7. Cosecha de productos apícolas

Extracción de miel: Utilizar un extractor de miel para sacar la miel de los cuadros sin dañarlos.

Procesamiento de miel: Etapa de filtración y envasado de la miel para su consumo o venta. Esta etapa constituye un eslabón esencial del proceso brindando el valor agregado.

Recolección de subproductos: Como parte del proyecto se puede considerar la recolección de polen, propóleos y cera para su procesamiento y uso.

8. Mercadeo y venta

Identificación de mercados: Explorar mercados locales, tiendas especializadas, y plataformas en línea.

Desarrollo de marca: Crear etiquetas y material de marketing para los productos.

Estrategias de venta: Establecer precios, promociones y participar en ferias o mercados. Posibilidad de buscar certificaciones de miel orgánica.

II.2.3. Créditos de carbono azul.

Esta actividad consiste en el desarrollo e implementación de un proyecto de créditos de carbono en zonas costeras, particularmente en manglares. Es bien conocido que los manglares son de los ecosistemas más productivos en términos de servicios ecosistémicos, entre los que sobresalen la captura y almacenamiento de carbono, así como la protección costera (Bimrah *et al*., 2022). En este sentido, hay oportunidades para generar ingresos a partir de créditos de carbono azul. En la Tabla 4. Situación con y sin proyecto de créditos de carbono azul se presenta la situación con y sin proyecto de esta actividad.

TABLA 4. SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO DE CRÉDITOS DE CARBONO AZUL

Situación sin proyecto	Sistema deseado
Las personas obtienen ingresos por medio de otras fuentes, como: 1) Actividad agrícola tradicional 2) Actividad ganadera 3) **Desplazamiento a otras localidades para trabajar en turismo** 4) Pesca en zonas de manglar	Con apoyo técnico y financiero de actores interesados, las comunidades propietarias de las tierras en las que se localizan los manglares desarrollan actividades de restauración y mejora en áreas de manglar, que aumentan las reservas de carbono almacenado en este ecosistema. Los cambios en las reservas son

(Rosalía Andrade, directora ejecutiva en Resiliencia Azul A.C, comunicaciones personales, enero de 2024)	documentados y estimados por metodologías estandarizadas y posteriormente pasan por un proceso de certificación, que les permite emitir créditos comercializables en los mercados voluntarios de carbono. Lo anterior representa un ingreso anual para las comunidades, que sustituye o complementa ingresos tradicionales. Adicionalmente, las mejoras en el ecosistema de manglar generan servicios ecosistémicos que tienen un valor económico que supera los costos asociados a la restauración.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describe el proceso para la venta de créditos de carbono:

1. Identificación y evaluación del sitio

Selección del sitio: Identificación del sitio de mangle a restaurar.

Evaluación del estado en el que se encuentra el ecosistema a restaurar: El mangle puede estar degradado, en cuyo caso ese mangle tiene potencial para ser restaurado, eso ya genera captura de carbono. No obstante, es importante considerar que los costos de restauración de manglar llegan a ser muy elevados (Su, Friess y Gasparatos, 2021), por lo que en la evaluación financiera se considera el caso en el que los manglares están en buen estado de conservación.[5]

2. Estudio de factibilidad técnica

Fase PIN (*Project Idea Note*): Definir la capacidad de captura del sitio, la factibilidad financiera y social. Es decir, determinar si considerando dicha capacidad de captura la venta de créditos genera ingresos superiores a los costos de implementación del proyecto. En esta etapa, se delimitan los métodos de restauración dependiendo de las condiciones específicas del área en el que se implementa el proyecto. Se considera que podrían realizarse restauración regenerativa o ecología forense.

Inventario: Determinar la línea base de carbono.

3. Desarrollo del proyecto

Documento del proyecto: Diseño de proyecto cuyo objetivo principal sea detallar las estrategias y acciones específicas destinadas a optimizar la gestión del ecosistema. El propósito de esta optimización es incrementar significativamente la capacidad del ecosistema para el secuestro de carbono. Para ello, es necesario seleccionar un estándar de carbono reconocido, tal como Verra o el Climate Action Reserve (CAR), y adherirse estrictamente a sus metodologías establecidas para la medición y monitoreo del carbono.

[5] Actualmente no se realizan en México proyectos de carbono por actividades de reducción de la deforestación y degradación de ecosistemas debido a que el gobierno no ha establecido una posición ni lineamientos específicos para ese supuesto, sin embargo, persiste la expectativa de que en el futuro puedan llevarse a cabo.

Generar estructura de gobernanza y mecanismo de distribución de beneficios: Incluir a las comunidades locales en la planificación y ejecución del proyecto, asegurando que se respeten sus derechos y se beneficien del proyecto.

Socialización: El proyecto debe discutirse con las partes involucradas para llegar a acuerdos. En este paso hay que considerar la firma de contratos que vuelvan el proyecto accionable.

4. Implementación de actividades

Restauración: En esta fase se trabaja en la implementación de acciones específicas que cambian de acuerdo con las necesidades particulares del ecosistema. Las intervenciones pueden incluir la restauración y reforestación del hábitat, la implementación de prácticas de manejo sostenible, así como la mejora y selección de especies adecuadas. Se recomienda incluir actividades de regeneración asistida y monitoreo de la regeneración natural. El análisis financiero considera una restauración de 10% del área de manglar.

Levantamiento de muestras: Monitorear la salud del ecosistema.

Registro: Mientras se realizan estas actividades hay que registrar el proyecto ante la certificadora. Para ello es necesario presentar toda la documentación requerida, comprobar el cumplimiento de los requisitos y pagar las cuotas correspondientes.

5. Validación y verificación

Validación por terceros: Una entidad de terceros acreditada debe validar el proyecto para asegurarse de que cumple con los estándares y metodologías elegidos.

6. Emisión

Emisión de Créditos: Una vez verificado el secuestro de carbono, se emiten créditos de carbono. Un crédito equivale a una tonelada de CO_2 equivalente.

7. Monitoreo y reporte

Mantenimiento: Actividades de mantenimiento para las áreas restauradas en caso de haber requerido restauración.

Monitoreo continuo: Realizar un seguimiento regular del proyecto para asegurar que continúa secuestrando carbono según lo planeado.

Reportes periódicos: Presentar informes periódicos a la entidad de verificación para demostrar el rendimiento continuo del proyecto. De ese reporte se calculan los créditos nuevos que se emitirán ese año, los reportes deben ser anuales.

8. Venta de créditos

Mercado de carbono: Venta de los créditos de carbono en el mercado voluntario a empresas o individuos interesados en compensar sus emisiones.

II.2.4. Pesca sostenible.

Esta actividad consiste en agregar valor a la actividad pesquera mediante la mejora en la calidad de los productos. De acuerdo con Blasco (2024) la actividad pesquera en la Península de Yucatán se caracteriza por tener muy bajo valor agregado y desenvolverse en un mercado oligopsónico, en el

que pocos intermediarios fijan el precio de compra de los productos pesqueros. A esto se añade un bajo nivel organizativo de las cooperativas que pudiera permitir una integración vertical de la actividad. Ante esto, se propone el financiamiento de dicha integración vertical, específicamente a través del establecimiento de infraestructura para acopio de productos pesqueros, acompañado de capacitación orientada a mantener la calidad de los productos antes de que lleguen a la playa y de financiamiento para elevar la eficiencia energética en la actividad.

TABLA 5. SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO DE PESCA SOSTENIBLE

Situación sin proyecto	**Sistema deseado**
Los grupos de pescadores realizan la actividad sin dar valor agregado a sus productos, lo que se traduce en precios de venta considerablemente bajos. Asimismo, algunos pescadores se encuentran atrapados en un ciclo de dependencia hacia intermediarios. Esta dinámica no solo limita el potencial ingreso de los pescadores, sino que también desincentiva la inversión en prácticas sostenibles y en la mejora de la calidad del producto. Finalmente, la pesca excesiva y la captura incidental de especies no objetivo (***bycatch***) contribuyen a la disminución del volumen de peces disponibles. (Rosalía Andrade, directora ejecutiva en Resiliencia Azul A.C, comunicaciones personales, enero de 2024) Lo anterior, compromete la seguridad alimentaria y el sustento económico de las comunidades que dependen de la pesca.	Mediante prácticas de pesca responsable, cuotas de rendimiento máximo sostenible, la adopción de tecnologías menos invasivas y la delimitación de zonas de refugio pesquero, se asegura la salud y la viabilidad a largo plazo de las poblaciones de peces. Por otro lado, el proyecto al rescatar valor en los procesos de producción, permite a los productores el acceso a mercados diferenciados. (SmartFish Rescate de Valor, AC, 2022). Además, se eleva la eficiencia energética de la cadena de valor, específicamente a través de mejor equipamiento de la flota pesquera y en la de infraestructura de acopio.

1. Identificación y evaluación del sitio

Selección del sitio y zonificación: Determinar la zona en la que se realizaría la pesca. Definir limitación de áreas accesibles para pesca.

2. Rendimiento máximo sostenible

Identificación de especies: Determinar las especies con potencial productivo presentes en el área seleccionada, así como su densidad. Para el caso de la Península de Yucatán se identifican como posibles especies la langosta, el mero, el pulpo y el camarón.

Sistemas de monitoreo: Desarrollo de regulaciones y sistemas de monitoreo con el objetivo de mantener las poblaciones de peces saludables. Estimar el rendimiento máximo sostenible.

3. Selección de métodos de pesca sostenibles

Capacitación técnica: Una vez seleccionado el método de pesca, se debe invertir en equipos y capacitación técnica para los pescadores. Esto ayuda a reducir la captura incidental y daños al ecosistema.

Conocimiento local: Integración de conocimientos locales y prácticas tradicionales que atiendan a las características de la fauna local.

4. Mejora del manejo

Equipamiento a bordo: Inversión en equipo para un manejo adecuado del pescado, refrigeración y procesamiento primario en el proceso a bordo, con el objetivo de mejorar la calidad del producto y reducir los desperdicios.

Transporte y logística: Desarrollo de estrategias de transporte eficiente y sostenible desde el barco hasta el mercado. Mantenimiento de la frescura del producto, para tener acceso a mercados más amplios.

5. Control de calidad y seguridad alimentaria

Inspecciones y cumplimiento de estándares sanitarios: Inversión en estrategias para cumplir con los estándares de calidad y sanidad.

6. Infraestructura de acopio

Integración vertical de cooperativas pesqueras para el establecimiento de centros de acopio para su posterior comercialización.

7. Certificación y etiquetado ecológico

Estrategias de comercialización: Proceso de certificación sobre productos ecológicos y desarrollo de estrategias de marketing, con el objetivo de introducir un producto diferenciado a mercados potenciales.

Estrategias de mercadeo: Desarrollo de estrategias para posicionar el producto en el mercado, establecer puntos de venta y prever etiquetado para mercados específicos.

8. Mercadeo y venta

Contratos: Acuerdos con distribuidores para establecer el producto en puntos de venta.

II.2.5. Carbón elaborado con aprovechamiento de manglar

Esta actividad consiste en el aprovechamiento sostenible del manglar para producir carbón vegetal. Esta actividad se puede realizar en manglares si se cuenta con un plan de manejo, un ejemplo de ello es el caso del Sistema Lagunar de Alvarado, en Veracruz, México (Pronatura Veracruz, 2018). El aprovechamiento de material vegetativo muerto en el manglar representa un gran potencial para generar ingresos a nivel rural, pues es un producto de alta demanda y que puede ser elaborado de manera relativamente sencilla y es compatible con la conservación de manglares.

TABLA 6. SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO DE CARBÓN VEGETAL

Situación sin proyecto	Sistema deseado
El grupo cuenta con permisos de aprovechamiento, y los terrenos tienen un esquema de propiedad de la tierra que permite tener trazabilidad de quién realizará el aprovechamiento. El aprovechamiento es	Mediante la implementación de prácticas de manejo mejorado se asegura la sostenibilidad de recursos que ofrecen los manglares, tales como la pesca y la recolección de madera, promoviendo el sustento económico de las comunidades a largo plazo. La producción de

poco tecnificado y no incluye prácticas de regeneración o son mínimas.	carbon vegetal con manglar constituye una oportunidad para grupos con permisos de aprovechamiento de realizar una actividad productiva eficiente, sustentable, legal y con valor agregado (Pronatura Veracruz A.C, 2018) (CONAFOR, 2021).

A continuación, se describe el proceso para la elaboración de carbón de mangle.

1. Evaluación y planificación

Identificación de zonas de manglar: Seleccionar áreas donde la cosecha de ramas de mangle no afecte negativamente la salud y regeneración del ecosistema.

Manifiesto de impacto ambiental y creación de las Unidades de Manejo Ambiental (UMA): Realizar un estudio para evaluar el impacto potencial de la recolección y producción de carbón en el sitio seleccionado. Considerar el registro de las UMA ante la SEMARNAT.

2. Desarrollo del proyecto

Documento de proyecto: Programa de manejo y diseño operativo.

Capacitación: Esta fase puede adecuarse a las necesidades del grupo, considerar los intercambios de experiencia. Incluir capacitación para la recolección que asegure la regeneración del manglar y en particular el manejo de los hornos.

Adquisición de equipo: Inversión en equipo para la tala y producción, así como herramientas necesarias para la comercialización.

Inversión en infraestructura: Centro de almacenamiento y transformación, así como construcción o adquisición de hornos.

3. Cosecha Sostenible

Técnicas de Cosecha Responsable: Utilizar técnicas que minimicen el daño al ecosistema de manglar, como la poda selectiva de ramas sin afectar la estructura principal del árbol, así como uso de manglares muertos o derribados.

4. Producción de carbón

Métodos de carbonización: Emplear hornos o métodos de carbonización eficientes y de bajo impacto ambiental para transformar las ramas de mangle en carbón (horno tipo Rabo Quente o metálico). Priorizar el uso de hornos movibles, para evitar logística de transporte de la biomasa.

5. Comercialización

Empaquetado: Utilizar materiales de empaque biodegradables o reciclados para el carbón de mangle.

Distribución: Establecer canales de distribución y centros de acopio.

6. Mantenimiento

Mantenimiento de equipos: Para asegurar la eficacia del proceso de combustión.

II.2.6. Ecoturismo

Esta actividad consiste en establecer actividades recreativas en zonas aptas para ello, por ejemplo, en manglares. La zona costera de la Península de Yucatán es un lugar apto para este tipo de actividad (Bonfliglio, Fernández, y Vázquez, 2021). En la Tabla 7. Situación con y sin proyecto de ecoturismo se describe la situación con y sin proyecto para esta actividad.

TABLA 7. SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO DE ECOTURISMO

Situación sin proyecto	Sistema deseado
No realizan actividades de turismo Las personas obtienen ingresos por medio de otras fuentes, como: 1) Actividad agrícola tradicional 2) Actividad ganadera 3) Desplazamiento a otras localidades para trabajar en turismo **(Rosalía Andrade, directora ejecutiva en Resiliencia Azul A.C, comunicaciones personales, enero de 2024)**	El financiamiento para generar proyectos de ecoturismo contribuiría al bienestar económico de las comunidades locales mediante la creación de fuentes de empleo sostenibles a largo plazo, brindando seguridad financiera. (Orgaz Agüera, F., 2014).

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen las fases genéricas para desarrollar un proyecto de ecoturismo:

1. Evaluación y planificación

Estudio de mercado: Estudio de los ecosistemas marinos y costeros de la Península de Yucatán, incluyendo arrecifes de coral, manglares, y cenotes (oferta). Así como identificación de las posibles demandas turísticas.

2. Desarrollo de plan de negocios

Plan de negocios: Generar un plan que detalle las actividades de ecoturismo, presupuesto, impacto esperado, riesgos y estrategias de marketing (turismo regenerativo; snorkel y buceo en arrecifes y cenotes; kayak y *paddleboard* en manglares; avistamiento de aves y fauna marina; talleres de conservación y cultura maya; hospedaje).

Estudio de capacidad de carga: Establecer límites en el número de visitantes.

3. Desarrollo de infraestructura y adquisición de equipos

Infraestructura: Desarrollar infraestructura (como senderos, señalizaciones, y áreas de descanso) utilizando prácticas de construcción o adaptación.

Inversión en equipo: Comprar o alquilar equipos necesarios para las actividades (snorkel, kayaks, chalecos salvavidas y equipos de seguridad) asegurando que sean de bajo impacto para el medio ambiente.

4. Capacitación y educación

Capacitación técnica y desarrollo de habilidades: Capacitación de los guías y personal en prácticas de ecoturismo sostenible, primeros auxilios, y conocimiento sobre la biodiversidad local y cultural.

Educación ambiental: Desarrollar materiales y programas que eduquen a los visitantes sobre la conservación marina y la importancia de los ecosistemas costeros. Posibilidad de implementar centros de visitantes con venta de souvenirs.

Certificación y permisos de SECTUR: Obtención de certificaciones dependiendo de las actividades que se van a realizar.

5. Implementación de prácticas sostenibles

Gestión de residuos: Implementar sistemas de reciclaje y compostaje, y promover prácticas de manejo adecuado de los residuos.

6. Promoción y marketing

Estrategias de mercado: Uso de plataformas de viajes para promocionar las actividades de ecoturismo, destacando el compromiso con la sostenibilidad. Asimismo, pueden considerarse campañas en redes sociales, dependiendo de los resultados obtenidos en el estudio de mercado.

7. Retroalimentación

Recolección de opiniones externas (visitantes): Considerar los comentarios externos de los visitantes para mejorar continuamente la experiencia de ecoturismo. Generar sistemas de recolección de opiniones para dichos efectos, lo cual puede permitir que se abran ventanas de financiamiento.

II.2.7. Sistemas silvopastoriles

Esta actividad consiste en establecer sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), integrando árboles, pastos y animales en un mismo terreno, promoviendo la sostenibilidad y la productividad del suelo. De acuerdo con Cosío Ruiz, C. (2020), entre 2003 y 2016, 73,302.790 km2 de bosque tropical fueron deforestados en la Península de Yucatán para destinar pasturas a la ganadería extensiva. Asimismo, Proust, S., Anta, S., & Cepeda, M. F. (2015), encuentran entre las causas directas de la deforestación en Campeche y Quintana Roo la ganadería, así como el desarrollo de infraestructura de empresas agropecuarias en Yucatán. En ese sentido, se considera que la zona podría beneficiarse de mejores prácticas en el sector. En la tabla 8 se muestra la situación con y sin proyecto.

TABLA 8 SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

Situación sin proyecto	Sistema deseado
E**l uso de suelo en los sistemas de ganadería tradicional extensiva usualmente genera degradación del ecosistema, como la deforestación, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad.** Asimismo, ya que requiere **de grandes extensiones de terreno para el pastoreo** tiene una **baja productividad por hectárea**. El **impacto negativo en el medio ambiente** y la posibl**e desertificación de áreas previamente fértiles** genera la **disminución de capacidad de los ecosistemas para proveer servicios ambientales esenciales,** poniendo en	La implementación de sistemas silvopastoriles mejora la productividad del suelo, la eficiencia en el uso de los recursos, y contribuye a la conservación de la biodiversidad, al secuestro de carbono, al control de la erosión y a la protección de los recursos hídricos. La combinación de la silvicultura con la ganadería genera sistema productivo que beneficia tanto al medio ambiente como a los productores, ofreciendo seguridad financiera a largo plazo. En suma, los SSPi representan una opción económicamente rentable, ecológicamente

riesgo la seguridad financiera **(Ramírez-Cancino, L., & Rivera-Lorca, J. A., 2010).**	sostenible y socialmente inclusiva. (Lara, J.A., Torres, J.M. y Guevara A., 2020)

Fuente: Elaboración propia

1. Planificación

Planificación del uso del suelo: Designación de la distribución de árboles, pastos y áreas de pastoreo adecuada para optimizar el uso del terreno y promover la regeneración natural.

2. Desarrollo de plan de negocios

Análisis financiero: Desarrollo de plan financiero que estime los costos iniciales (como la compra de becerros de engorda, inversión en SSPi) y los costos operativos (mantenimiento, mano de obra, alimento, etc.).

Estrategias de mercado: Identificación de los mercados objetivo para los productos del SSPi, como carne y leche producidas de manera sostenible, y madera o productos forestales no maderables.

3. Desarrollo de infraestructura y adquisición de equipos

Infraestructura básica: Construir o adaptar cercas, bebederos, y áreas de sombra utilizando materiales y prácticas sostenibles.

Adquisición de equipos: Compra de maquinaria y equipo necesario para el manejo del SSPi, como herramientas para el manejo de pastos y árboles.

4) Capacitación y Educación

Capacitación técnica: Formación para el manejo integrado del SSPi, incluyendo prácticas de manejo animal, silvicultura y pastoreo rotacional.

Educación ambiental: Fomentar la conciencia sobre los beneficios ambientales y productivos del SSPi entre los trabajadores y la comunidad local.

5) Implementación

Plantación de árboles y pastos: Selección y plantación de especies de árboles y pastos adecuados para el sistema, considerando la compatibilidad con la ganadería.

Adquisición de animales: Compra e introducción de los animales al sistema, asegurando su bienestar, desarrollo adecuado y la sostenibilidad del pastoreo.

6) Mantenimiento

Sanidad: Establecimiento de prácticas para el manejo adecuado de residuos animales y vegetales, promoviendo el compostaje y la fertilización natural.

Mantenimiento: Implementación de técnicas para la conservación del sistema, inlcuyendo conservación del agua y prevención de la erosión del suelo.

7) Promoción y Marketing

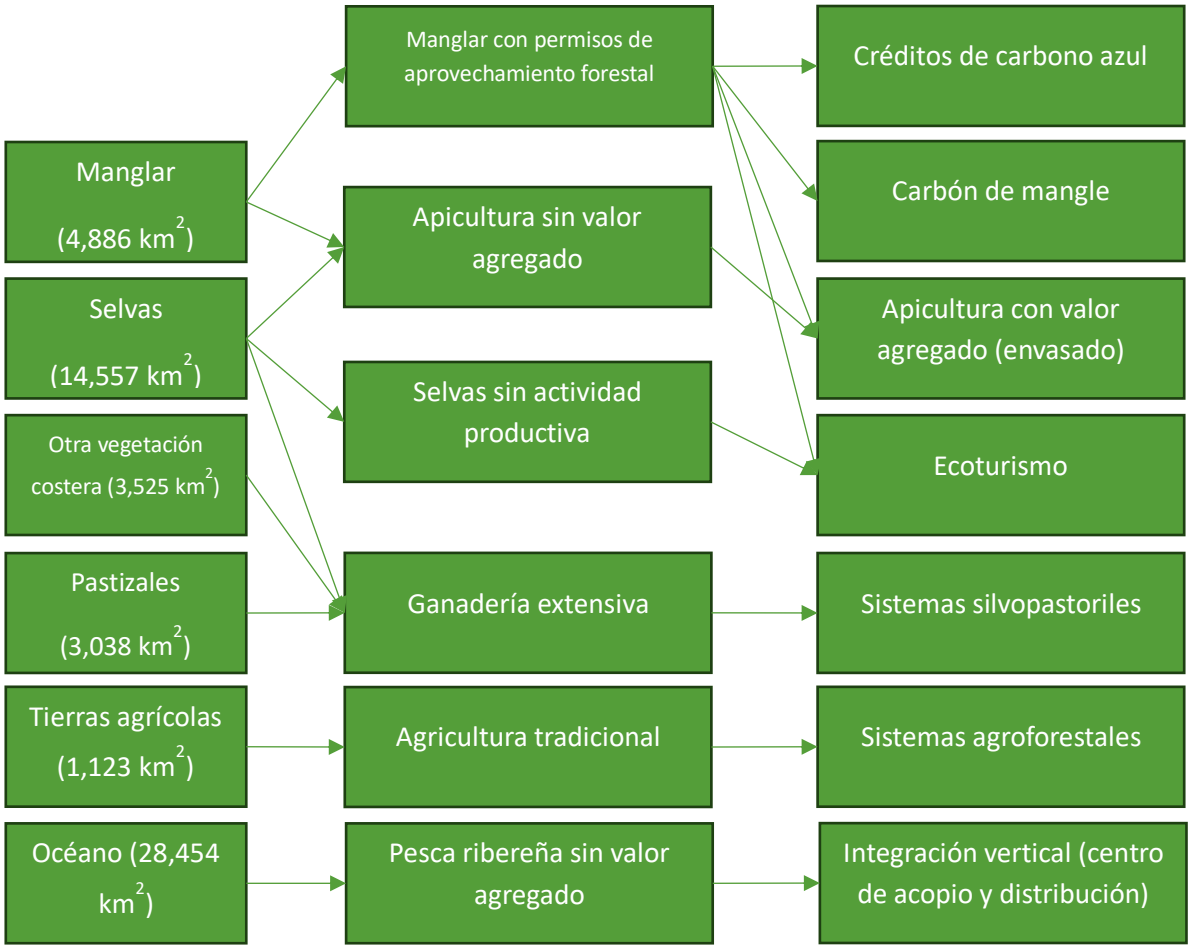
Estrategias de venta: Utilizar plataformas digitales y locales para promocionar los productos del SSPi, destacando su sostenibilidad y beneficios ambientales.

III. Resultados financieros por actividad

En esta sección se presentan los resultados del análisis financiero de actividad productiva. Para obtener estos resultados se expresaron las fases de cada actividad (descritas en la sección anterior) en conceptos de costos y beneficios. Estos costos y beneficios se expresaron en términos monetarios a partir de la recopilación de información proveniente de fuentes secundarias y de las entrevistas a expertas. Para realizar el análisis financiero se desarrolló una hoja de cálculo para cada actividad. En esta hoja se calculan los flujos de efectivo y los principales indicadores de rentabilidad.

Es importante mencionar que la rentabilidad de las actividades debe compararse con una línea base, o dicho de otro modo, con la situación sin proyecto. En este sentido, también se estimó la rentabilidad de actividades de línea base, específicamente, de agricultura tradicional, de ganadería extensiva, apicultura sin valor agregado y de pesca ribereña sin valor agregado. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra un diagrama de transición entre las situaciones con y sin proyecto para cada actividad, así como el espacio físico donde se realizan.

FIGURA 2. DIAGRAMA DE TRANSICIÓN DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS



Fuente: Elaboración propia. Áreas de uso de suelo y vegetación provenientes de PNUD (2018).

Dicho lo anterior a continuación se muestran los resultados financieros para cada actividad productiva.

III.1. Actividades de línea base

En esta sección se presentan los resultados financieros de las actividades de línea base.

III.1.1. Agricultura tradicional

La agricultura tradicional se modeló considerando como unidad primaria una hectárea de cultivo de maíz. Los datos sobre costos y beneficios se obtuvieron de FIRA (2023) y consideran como costos la preparación del terreno, la siembra, fertilización, control de plagas, malezas y enfermedades, cosecha, selección y empaque, y diversos. En términos de ingresos se considera la venta de maíz.

En la Tabla 9. Resultados de agricultura tradicional se muestran los resultados financieros para esta actividad. Se encuentra que con los parámetros considerados hay una rentabilidad financiera de 117 mil pesos por hectárea, lo cual equivale a recibir 9,632 pesos por año durante 20 años, que como se dijo en una sección anterior, es el horizonte de evaluación de las actividades.

TABLA 9. RESULTADOS DE AGRICULTURA TRADICIONAL

Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	77,775	Pesos
Costos totales	-214,991	Pesos
Beneficios Totales	292,767	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.36	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	No definida	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	6,397	Pesos/año
Plazo de recuperación	1	Años
Unidad de superficie	1	hectárea

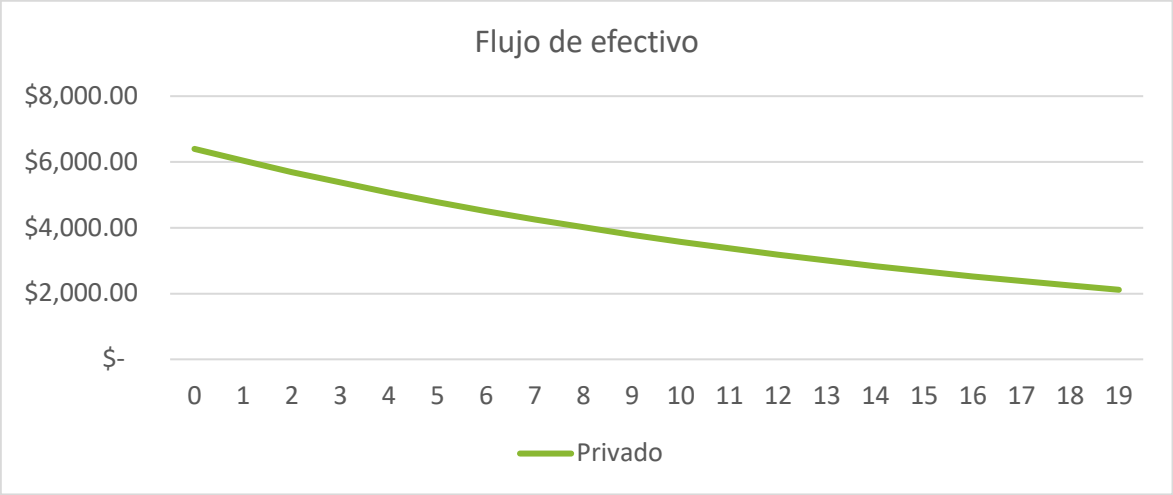
Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA (2023).

EN LA FIGURA 1. RENTABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA

se presenta el flujo de efectivo de esta actividad y en la Figura 4 se presenta el flujo de efectivo acumulado. Ambos flujos siempre son positivos porque la actividad no considera inversiones iniciales y el valor económico del maíz producido está por encima de los costos. A este respecto, esto también implica que la TIR no está definida, porque no existen flujos negativos, dicho de otra forma, la TIR es infinita.

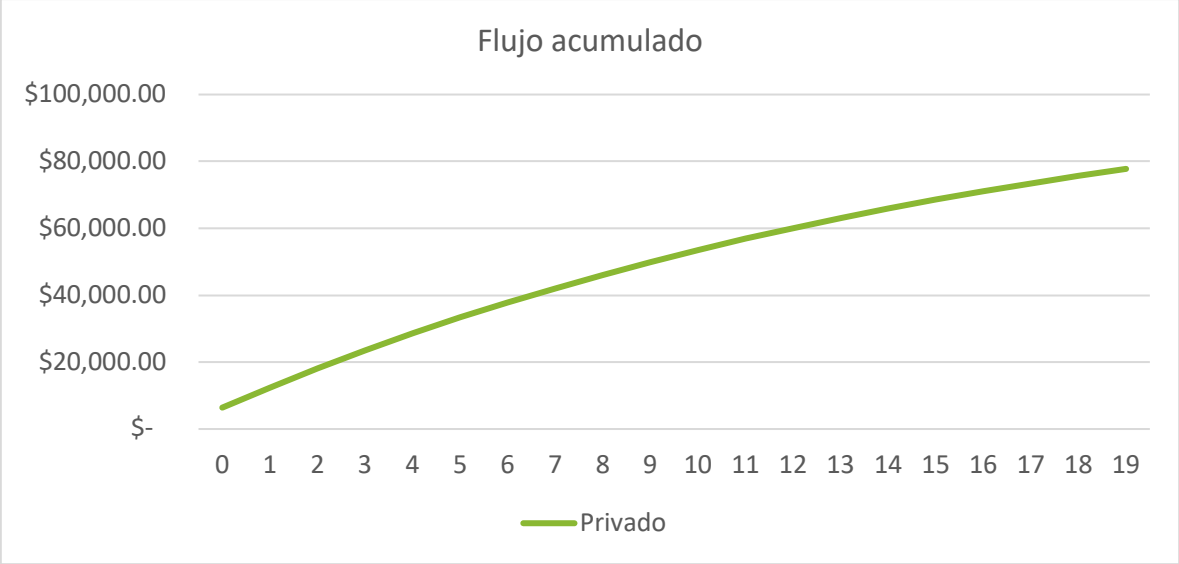
Esta actividad junto con las otras de línea base constituyen el punto de comparación de aquellas actividades que pueden sustituirla, específicamente los sistemas agroforestales (ver Figura 2).

FIGURA 3. FLUJO DE EFECTIVO DE AGRICULTURA TRADICIONAL



Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA (2023).

FIGURA 4. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE AGRICULTURA TRADICIONAL



Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA (2023).

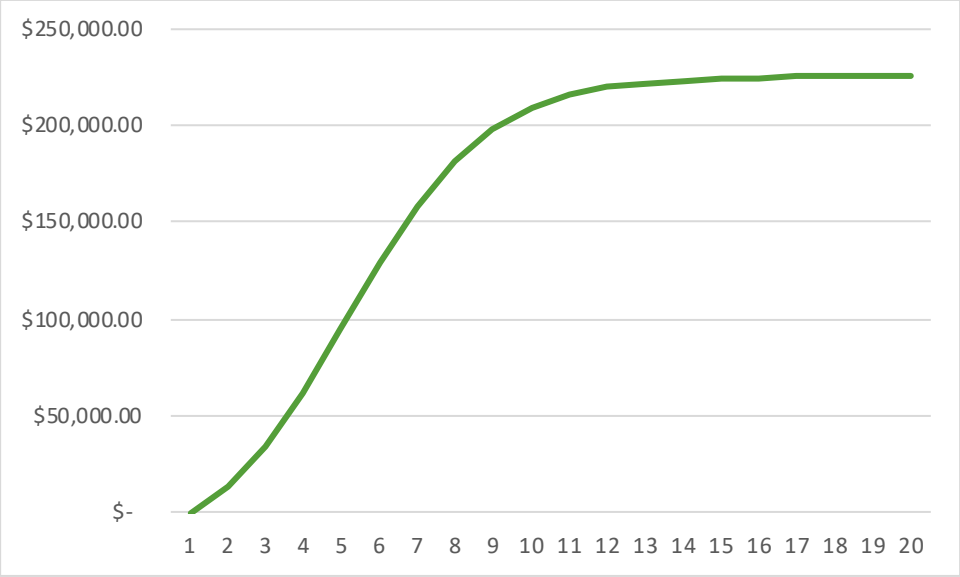
III.1.2. Apicultura sin valor agregado

Esta actividad consideró el establecimiento de un apiario con 100 colmenas, lo cual corresponde a un productor del estrato con mayor número de colmenas en la zona, de acuerdo con Uc y Magaña (2017). Respecto a los costos se considera equipo para la apicultura (traje, kit de herramientas, extractor de miel), jornales para preparación e instalación de colmenas, para inspección de colmenas, así como para la cosecha y recolección de subproductos apícolas. Adicionalmente, se considera la compra de colmenas, la compra de un vehículo de segunda mano para transporte de productos e insumos, el gasto de combustible y los ingresos generados por la venta de miel y subproductos apícolas. Los precios se obtuvieron de búsquedas de proveedores de internet. Se

considera un precio de venta de miel sin envasar de 90 pesos por litro con base en CIATEJ PROTEAA-ISEI (2022). Finalmente, se consideró un rendimiento de 25 litros de miel por colmena al año con base en Zavala *et al*. (2021).

En esta actividad se consideró un supuesto adicional sobre el comportamiento de las ventas, se adoptó el modelo de difusión de Bass (1969) que permite modelar este rubro como un proceso de incremento gradual de forma sigmoidal (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Este modelo depende de dos parámetros (el porcentaje de personas innovadoras que adquieren un producto nuevo y el porcentaje de personas imitadoras que siguen a las primeras) que generan la forma que toma el crecimiento de las ventas en el tiempo. Específicamente, a mayores valores de estos dos parámetros, el crecimiento de ventas es más acelerado. Se adoptó esta forma funcional en esta actividad (y en otras más presentadas más adelante) con la finalidad de modelar de manera más realista y conservadora aquellos rubros de costos e ingresos que se incrementan de manera gradual en el tiempo. Como se puede ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** hay una etapa de crecimiento exponencial antes de los 5 o 6 años, para después pasar a una etapa de menor crecimiento, mismo que se estabiliza a partir del año 12 aproximadamente. Los dos parámetros de esta función (innovadores e imitadores) determinan estas fases de crecimiento.

FIGURA 5. EJEMPLO DE MODELACIÓN DE VENTAS A PARTIR DEL MODELO DE DIFUSIÓN DE BASS



Fuente: Elaboración propia con datos de Uc y Magaña (2017); ISEI (2022); y Zavala *et al*. (2021).

Con estos parámetros se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 11. Como se puede observar se obtiene una rentabilidad positiva que asciende a 346 mil pesos por apiario, una TIR de 11% y un flujo anual equivalente de 28,460 pesos al año.

TABLA 10. RESULTADOS DE APICULTURA SIN VALOR AGREGADO

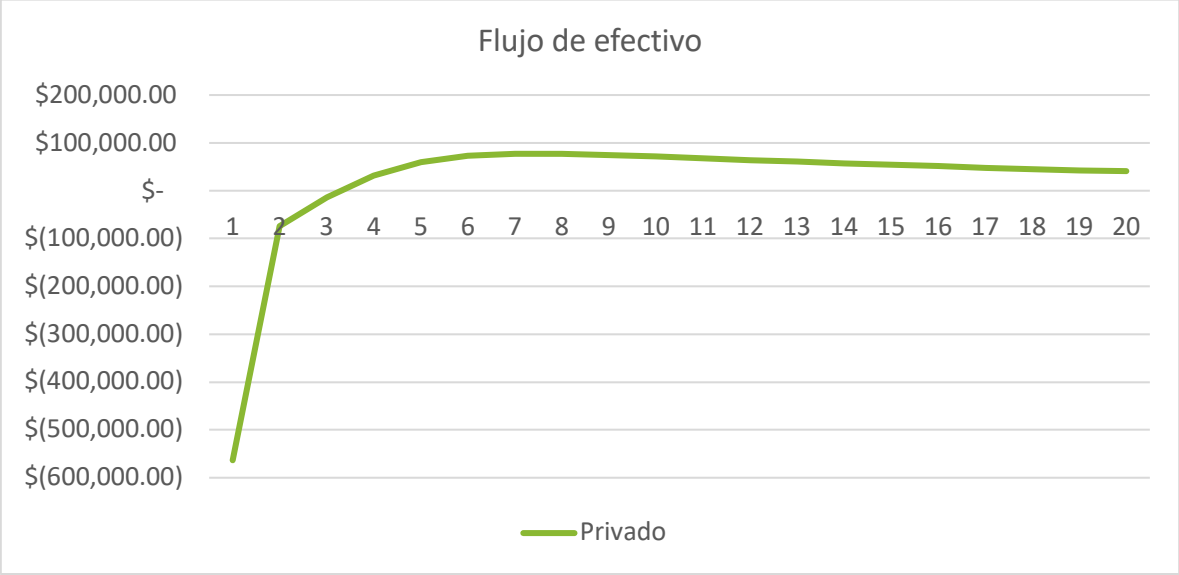
Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	346,146	Pesos

Costos totales	-2,081,346	Pesos
Beneficios Totales	2,427,493	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.17	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	11%	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	28,470	Pesos/año
Plazo de recuperación	13	Años
Unidad de superficie	25	hectáreas[6]

Fuente: Elaboración propia con datos de Uc y Magaña (2017); ISEI (2022); y Zavala *et al*. (2021).

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los flujos de efectivo y flujo de efectivo acumulado de esta actividad.

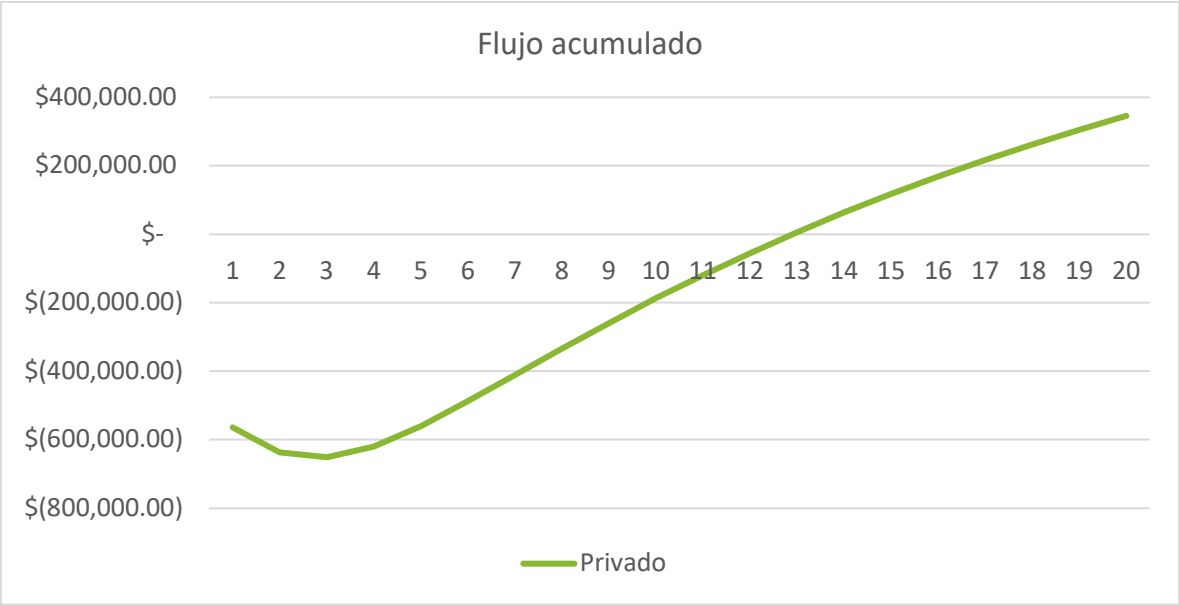
FIGURA 6. FLUJO DE EFECTIVO DE APICULTURA SIN VALOR AGREGADO



Fuente: Elaboración propia con datos de Uc y Magaña (2017); ISEI (2022); y Zavala *et al*. (2021).

FIGURA 7. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE APICULTURA SIN VALOR AGREGADO

[6] Se considera una carga recomendada de 4 colmenas por hectárea de acuerdo con Apigranca.es (2023).



Fuente: Elaboración propia con datos de Uc y Magaña (2017); ISEI (2022); y Zavala *et al*. (2021).

III.1.3. Pesca ribereña sin valor agregado

Se consideró como unidad básica una embarcación de pesca ribereña. Los costos por día de pesca ascienden a 3100 pesos/día con base en una actualización de EDF-UNAM (2022) y se considera un esfuerzo pesquero de 100 días al año. Se parte del supuesto de que la pesca se vende a intermediarios en playa. Los volúmenes de pesca de mero se obtuvieron de Monroy-García *et al*. (2019) y se extrapolaron a otras especies pescadas en la zona reportadas por EDF-UNAM (2022). El precio de los productos se obtuvo de notas periodísticas recientes.[7]

Con base en estos parámetros se obtuvo una rentabilidad positiva que asciende a 2.6 millones por embarcación, que equivale a una ganancia neta al año de 216,555 pesos por embarcación. Dado que no existen inversiones iniciales la TIR no está definida, pues hay ganancia desde el primer año. Esto se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

TABLA 11. RESULTADOS DE PESCA RIBEREÑA TRADICIONAL

Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	2,632,900	Pesos
Costos totales	-3,774,912	Pesos

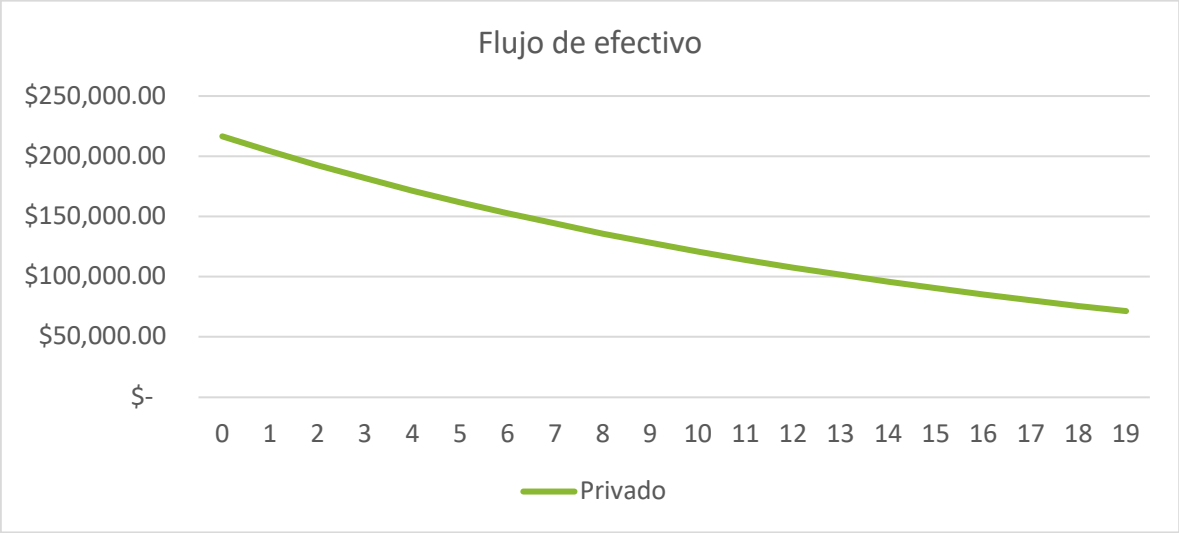
[7] https://www.pressreader.com/mexico/diario-de-yucatan/20230412/283089893435831, https://www.yucatan.com.mx/yucatan/2022/04/09/precio-record-del-negrillo-312636.html, https://www.yucatan.com.mx/yucatan/2022/04/15/dan-el-kilo-de-pescado-frito-150-en-progreso-314000.html, https://www.yucatan.com.mx/yucatan/2023/04/11/en-yucatan-el-mero-esta-escaso-caro-en-progreso-que-opciones-hay-397757.html

Beneficios Totales	6,407,813	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.70	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	No definida	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	216,555	Pesos/año
Plazo de recuperación	1	Años
Unidad	1	Embarcación

Fuente: Elaboración propia con datos de de Monroy-García *et al*. (2019); y EDF-UNAM (2022).

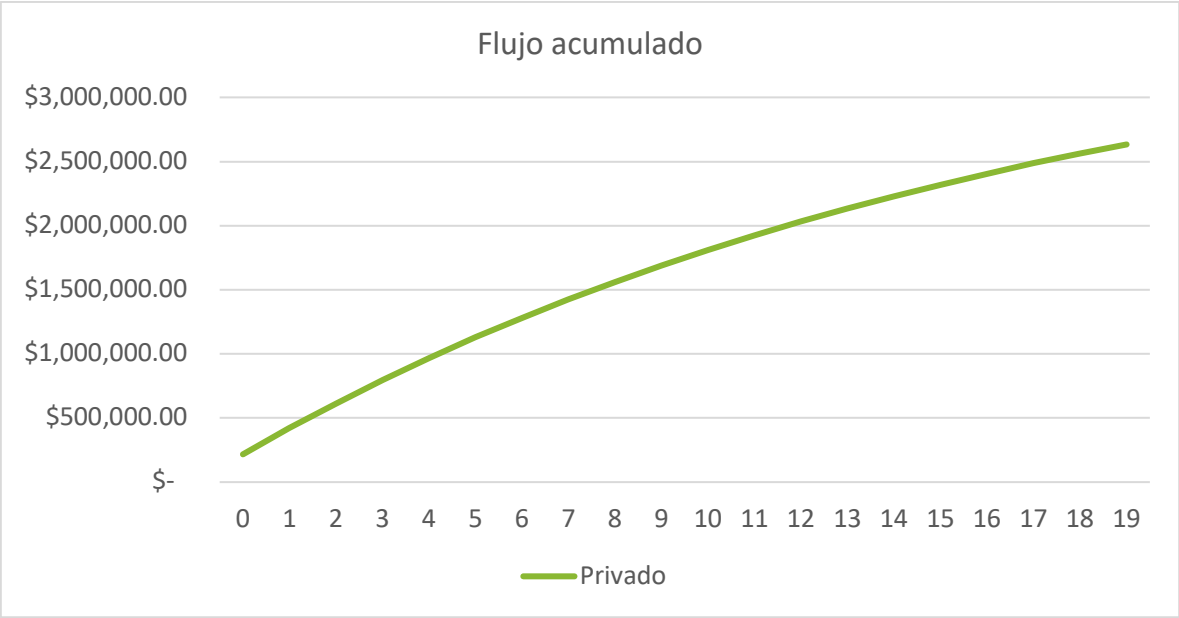
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la se muestran los flujos de efectivo y el flujo acumulado de esta actividad.

FIGURA 8. FLUJO DE EFECTIVO DE PESCA RIBEREÑA TRADICIONAL



Fuente: Elaboración propia con datos de de Monroy-García *et al*. (2019); y EDF-UNAM (2022).

FIGURA 9. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE PESCA RIBEREÑA TRADICIONAL



Fuente: Elaboración propia con datos de de Monroy-García *et al*. (2019); y EDF-UNAM (2022).

III.1.4. Ganadería extensiva

En ganadería tradicional se consideró como unidad básica de producción un hato de 40 becerros (de 175 kg cada uno) para engorda, los cuales se venden una vez que han alcanzado un peso de 322 kg. Se considera un coeficiente de agostadero de 4 hectáreas por unidad animal, de acuerdo con SAGARPA (2014). Asimismo, se considera que la actividad se realiza en un área de 20 hectáreas, lo que implica una carga animal de 1.67 vacas por hectárea, cifra que es similar a lo observado en la zona de estudio (TNC-UADY, 2021; Ramírez-Cancino y Rivera-Lora, 2010). Los costos de la ganadería fueron ajustados a partir de datos de Lara, Torres y Guevara (2020) y consideran mantenimiento de instalaciones, maquinaria y equipo, mano de obra permanente, otros costos fijos, alimento, sal y suplementos minerales, mantenimiento de pradera, sanidad, combustibles y lubricantes, otros costos variables. Además, se considera el costo de compra de los becerros para engorda a un precio de 49 pesos/kg , y un precio de venta de 45 pesos/kg, considerando el precio de la subasta ganadera en Yucatán, publicada en la página mexicoganadero.com. Finalmente, se considera que se compra 85% de alimento adicional, dado que el agostadero no es suficiente para alimentar a los becerros.

Con estos parámetros se encuentra una rentabilidad positiva que se muestra en la Tabla 12. Resultados de ganadería tradicional.

TABLA 12. RESULTADOS DE GANADERÍA TRADICIONAL.

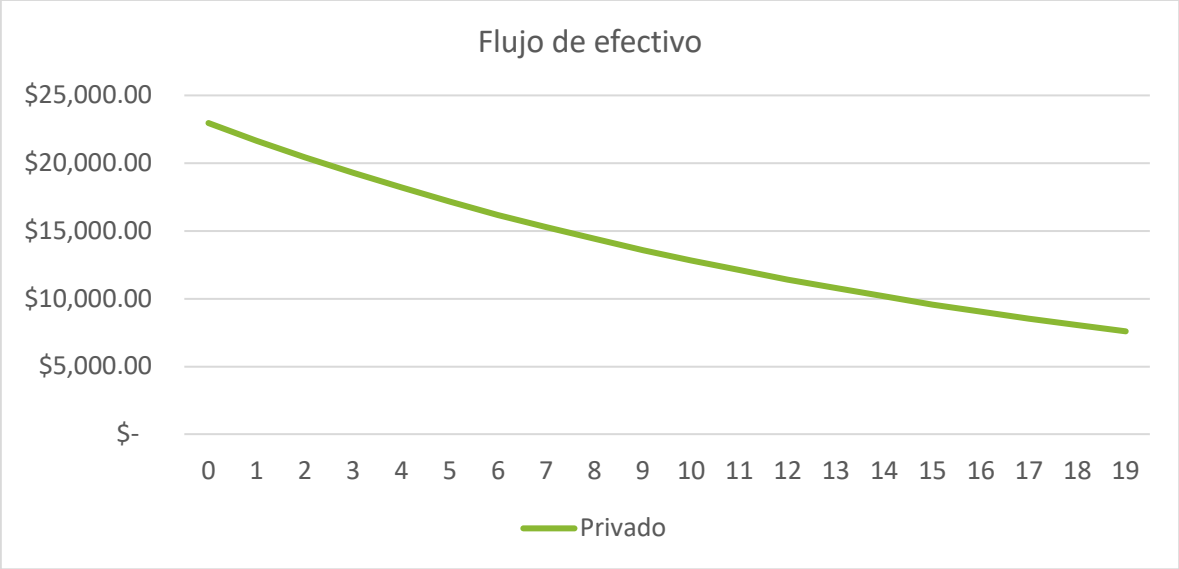
Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	279,150	Pesos
Costos totales	-6,297,904	Pesos
Beneficios Totales	6,577,054	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.04	Pesos/ peso invertido

Tasa Interna de Retorno (TIR)	No definida	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	22,960	Pesos/año
Plazo de recuperación	1	Años
Unidad de superficie	30	hectáreas

Fuente: Elaboración propia con datos de Lara, Torres y Guevara (2020); y SAGARPA (2014).

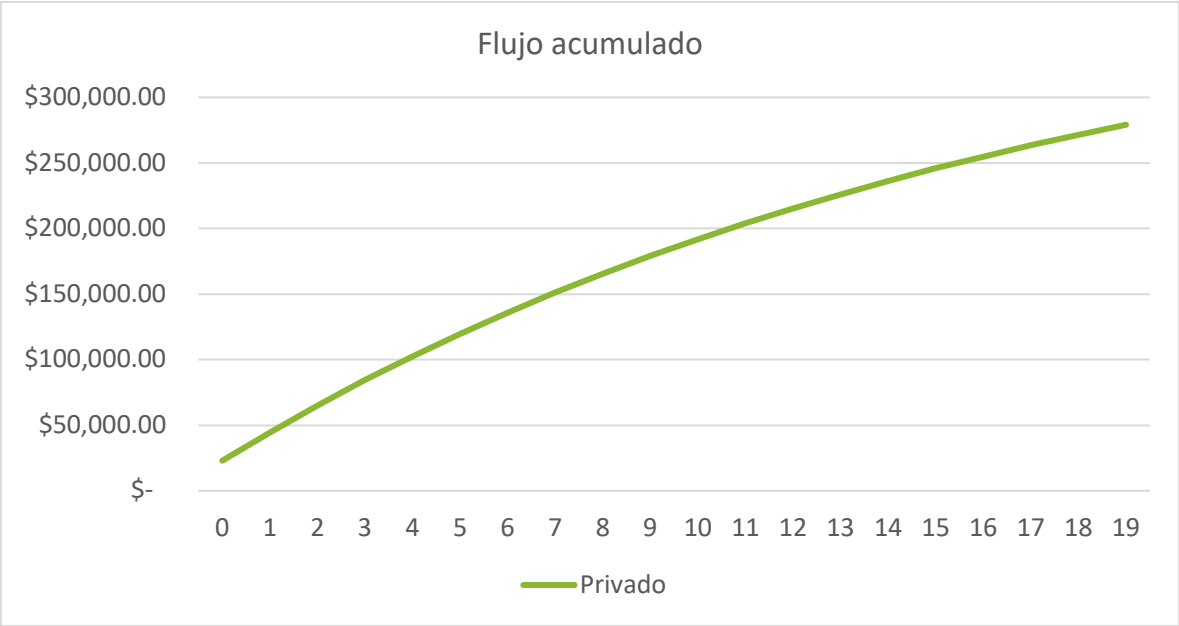
En la y en la se muestran los flujos de efectivo y el flujo acumulado, respectivamente. Como en el caso de agricultura tradicional estos flujos siempre son positivos porque no se consideran inversiones iniciales, se parte del supuesto de que ya existe una infraestructura existente a la que se la da mantenimiento.

FIGURA 10. FLUJO DE EFECTIVO DE GANADERÍA TRADICIONAL.



Fuente: Elaboración propia con datos de Lara, Torres y Guevara (2020); y SAGARPA (2014).

FIGURA 11. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE GANADERÍA TRADICIONAL.



Fuente: Elaboración propia con datos de Lara, Torres y Guevara (2020); y SAGARPA (2014).

III.2. Resultados de actividades sostenibles

En esta sección se presentan los resultados financieros de las actividades sostenibles, que representan una opción de transformación que se muestran en la Figura 2.

III.2.1. Resultados de sistemas agroforestales

Esta actividad consiste en el establecimiento de cercas vivas intercaladas con cultivos. En particular, se consideraron especies maderables, frutales y forrajeras en 12% del terreno y el restante 88% dedicado al cultivo de maíz. Los costos de las cercas vivas se obtuvieron a partir de una actualización y ajuste por poder de paridad de compra (PPC) de datos de Villanueva, Ibrahim y Casasola (2008), los datos sobre costos del cultivo de maíz se obtuvieron del paquete tecnológico para producción de maíz en Quintana Roo, publicado por FIRA (2023). El precio de los productos maderables se obtuvo de CONAFOR (2023), el precio de los productos agrícolas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP),[8] y el precio del forraje de El Sol de Hidalgo (2020). Respecto a las cantidades de los productos obtenidos en la cerca viva se consideraron datos de Sampayo, Marín y García (2011) para productos maderables,[9] de FIRA (2023) para el rendimiento de maíz y de

[8] https://www.gob.mx/siap

[9] Se consideró que el rendimiento es un tercio del rendimiento maderable promedio por hectárea bajo el supuesto de que el área destinada a la cerca viva se reparte de manera proporcional con frutales y especies forrajeras.

Villanueva, Ibrahim y Casasola (2008) para el forraje. Para el forraje se consideró un modelo de difusión de Bass (1969) para su crecimiento y valoración económica.

Con estos supuestos y parámetros se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 13. Resultados de sistemas agroforestales. La rentabilidad estimada asciende a 137 mil pesos por hectárea, que equivale a un monto anual de 11,312 pesos por año, y tiene asociada una TIR de 24% y un plazo de recuperación de la inversión de 8 años. (ver Anexo 2).

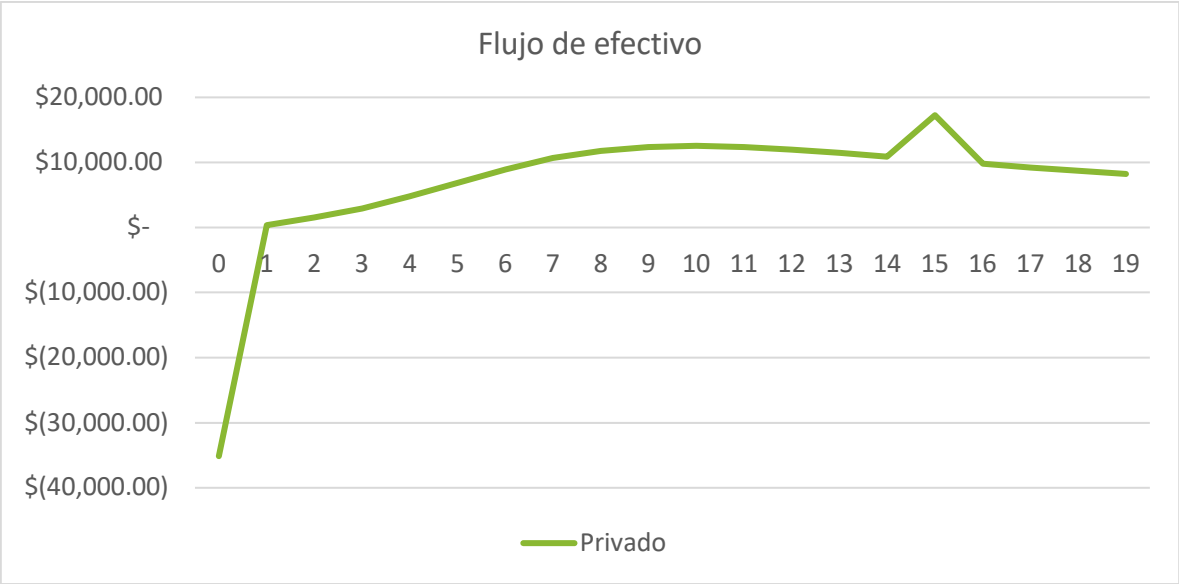
TABLA 13. RESULTADOS DE SISTEMAS AGROFORESTALES

Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	137,542	Pesos
Costos totales	-297,012	Pesos
Beneficios Totales	434,554	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.46	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	24%	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	11,312	Pesos/año
Plazo de recuperación	8	Años
Unidad de superficie	1	Hectárea

Fuente: Elaboración propia con datos de Villanueva, Ibrahim y Casasola (2008); FIRA (2023); CONAFOR (2023); Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera; El Sol de Hidalgo (2020); y Sampayo, Marín y García (2011).

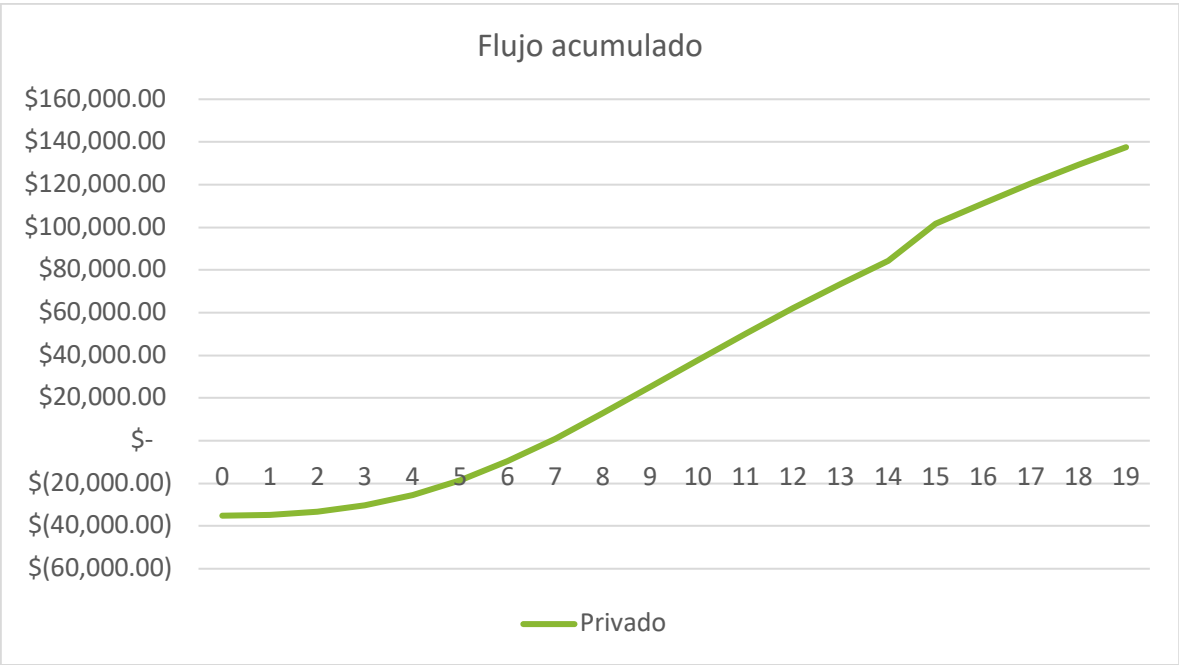
En la y la se presentan los flujos de efectivo y el flujo acumulado de esta actividad. Como se puede observar, hay un pico en la rentabilidad en el año 15, que es cuando se está considerando el aprovechamiento maderable. No obstante, el valor económico de este aprovechamiento es muy inferior al valor económico del valor económico del maíz y del forraje. Cabe señalar que aunque estos productos sean para autoconsumo, representan gastos que se evitarían en alimentación de las personas y de animales.

FIGURA 12. FLUJO DE EFECTIVO DE SISTEMAS AGROFORESTALES



Fuente: Elaboración propia con datos de Villanueva, Ibrahim y Casasola (2008); FIRA (2023); CONAFOR (2023); Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera; El Sol de Hidalgo (2020); y Sampayo, Marín y García (2011).

FIGURA 13. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE SISTEMAS AGROFORESTALES



Fuente: Elaboración propia con datos de Villanueva, Ibrahim y Casasola (2008); FIRA (2023); CONAFOR (2023); Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera; El Sol de Hidalgo (2020); y Sampayo, Marín y García (2011).

III.2.2. Resultados de apicultura con valor agregado

Esta actividad considera el establecimiento de un apiario con 100 colmenas. Los conceptos de costos y beneficios son los mismos que en agricultura sin valor agregado, pero se agregan algunos costos adicionales y se establece un precio de venta mayor por el valor agregado al proceso. Específicamente se considera la adquisición de una máquina envasadora, del diseño de un proyecto de valor agregado, un proceso de capacitación, mano de obra adicional, desarrollo de una marca y una estrategia de comercialización y de empaques y etiquetas para el producto final. Los valores monetarios a estas actividades se asignaron con base en un búsqueda de proveedores de internet y de experiencias previas del equipo consultor relacionados con servicios de consultoría. Respecto al precio de venta se considera un precio de venta de 130 pesos por litro de miel envasada, lo cual es 40 pesos superior al precio a granel sin envase.

Con estos supuestos y parámetros se obtuvieron los resultados de la Tabla 14. Resultados de apicultura con valor agregado

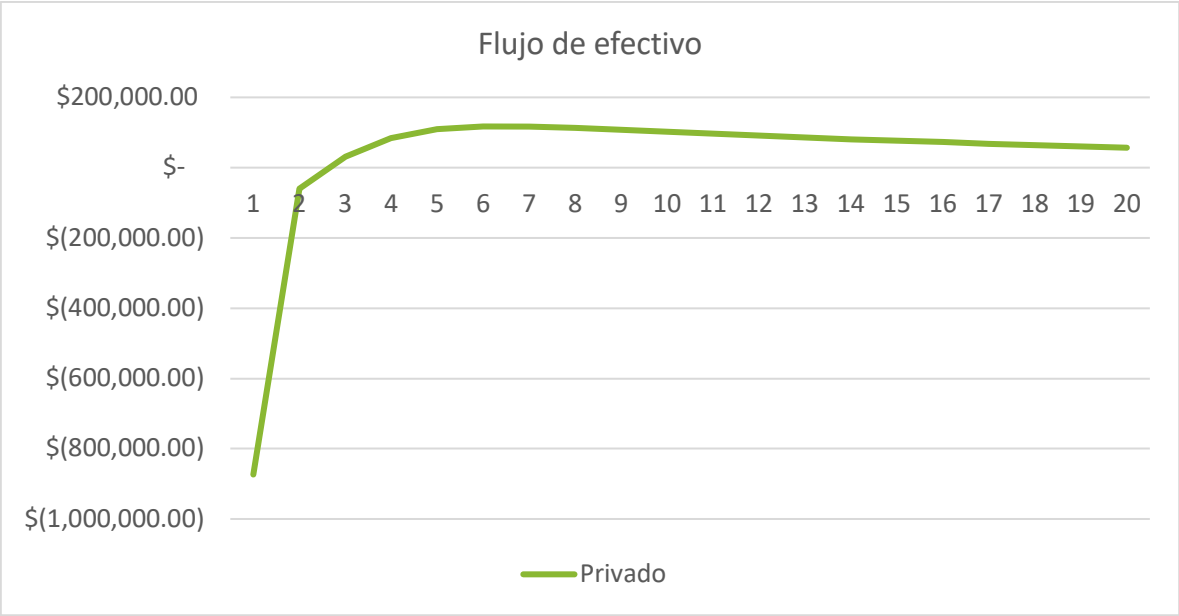
TABLA 14. RESULTADOS DE APICULTURA CON VALOR AGREGADO

Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	602,238	Pesos
Costos totales	-3,071,445	Pesos
Beneficios Totales	3,673,684	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.20	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	12%	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	49,533	Pesos/año
Plazo de recuperación	12	Años
Unidad de superficie	25	Hectáreas

Fuente: Elaboración propia con datos de Uc y Magaña (2017); Zavala *et al*. (2021); y ISEI (2022).

En la Figura 14 y la Figura 15 se presentan el flujo de efectivo y acumulado de esta actividad.

FIGURA 14. FLUJO DE EFECTIVO DE APICULTURA CON VALOR AGREGADO



Fuente: Elaboración propia con datos de Uc y Magaña (2017); Zavala *et al*. (2021); y ISEI (2022).

FIGURA 15. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE APICULTURA CON VALOR AGREGADO

Fuente: Elaboración propia con datos de Uc y Magaña (2017); Zavala *et al*. (2021); y ISEI (2022).

III.2.3. Resultados de créditos de carbono azul

Esta actividad consiste en poner en venta créditos de carbono azul en manglares. El proceso para realizar esta venta considera la evaluación de los sitios, el diseño de un proyecto e inventario de carbono, la restauración de un porcentaje del área (en este caso suponemos 10%), el registro de los créditos, la validación por parte de terceros, la presentación de reportes de carbono, la venta de los bonos, la administración de los procesos, el mantenimiento y monitoreo continuos de los manglares

y una evaluación del proyecto. El precio de venta de los créditos se estableció en 6 dólares por tCO_2e de acuerdo con los proyectos forestales en México inscritos en el mercado voluntario reportados por el Gobierno de México (2020). La captura de carbono en manglares se estableció en 1.39 tC/ha/año de acuerdo con Herrera-Silveira *et al.* (2010).

Es importante mencionar que la mayoría de los rubros de costos con semifijos, lo cual implica que se mantienen constantes hasta cierto nivel de hectáreas de manglar. Por ello, se consideró una extensión mínima de proyecto de 3 mil hectáreas. En la Tabla 15 se presentan los resultados financieros de esta actividad.

Con base en estos parámetros se encuentra una rentabilidad financiera negativa, que se asocia al bajo precio del carbono (6 dólares por tonelada). No obstante, como se verá en una sección posterior, esta actividad genera un flujo importante de servicios ecosistémicos que tienen un valor superior a los costos de este tipo de proyectos. La rentabilidad financiera asciende a -118.2 millones de pesos.

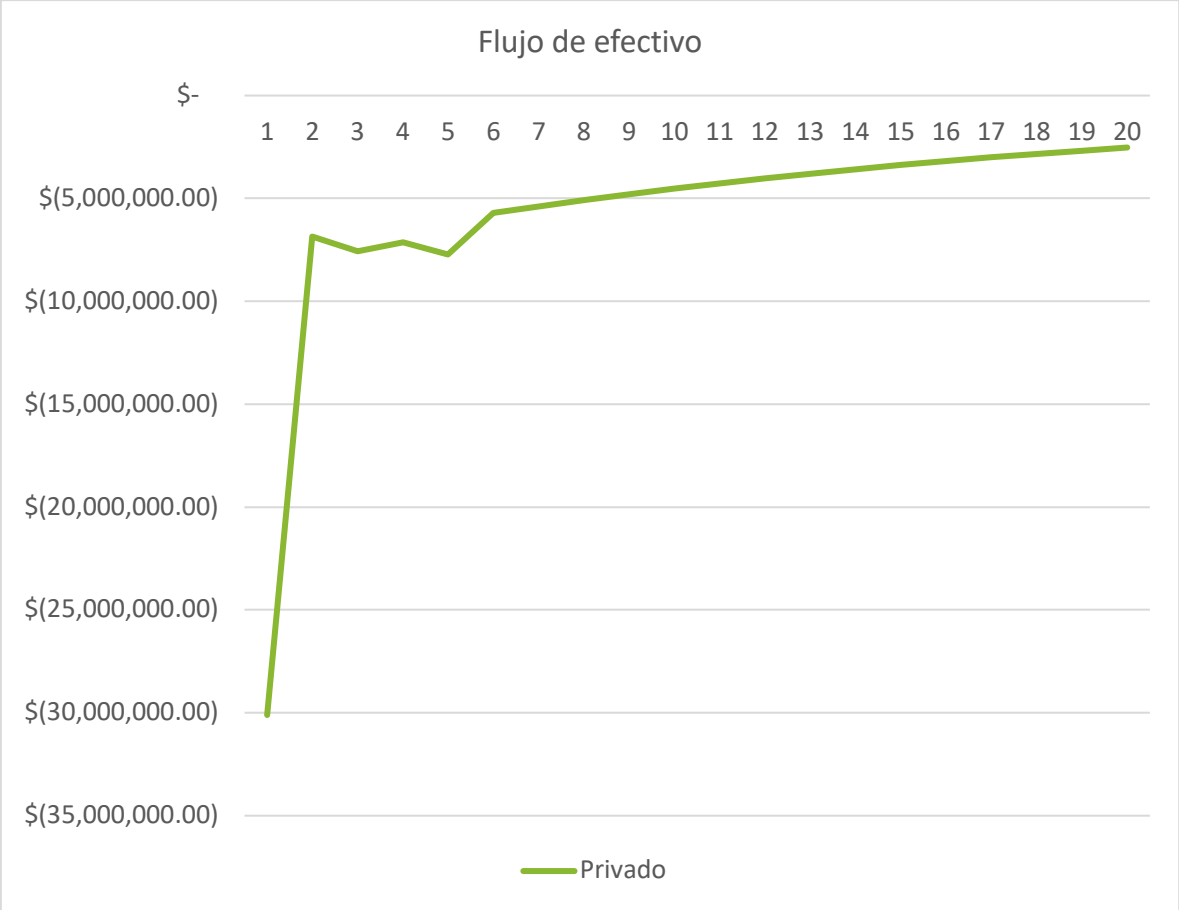
TABLA 15. RESULTADOS DE CRÉDITOS DE CARBONO AZUL

Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	-118,185,061.24	Pesos
Costos totales	-136,610,682.16	Pesos
Beneficios Totales	18,425,620.93	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	0.13	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	Negativa	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	-9,720,671.89	Pesos/año
Plazo de recuperación	No definido	Años
Unidad de superficie	3,000	Hectáreas

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno de México (2020); y Herrera-Silveira *et al.* (2010).

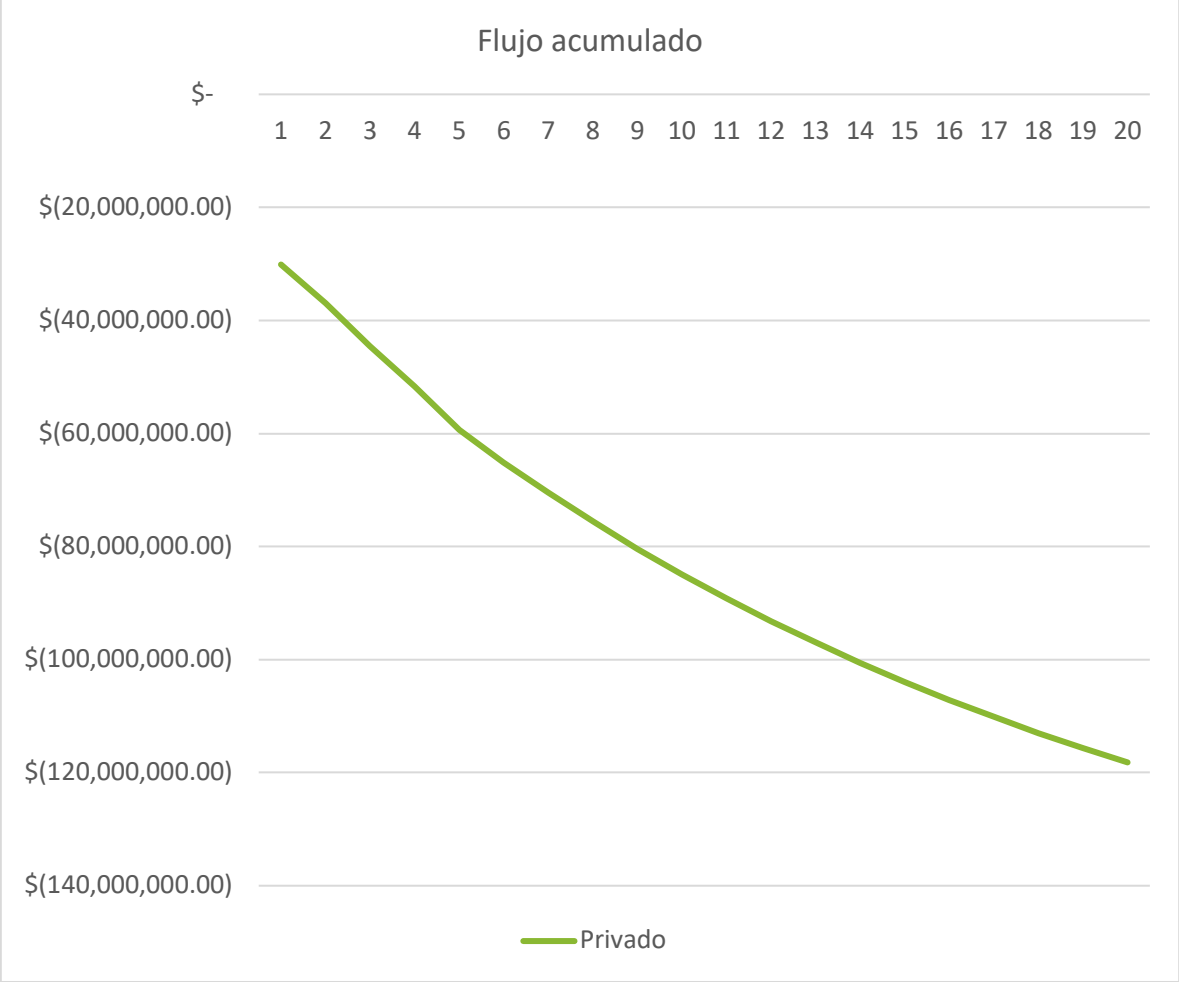
En la Figura 16 y la Figura 17 se presentan los flujos de efectivo y acumulado de esta actividad.

FIGURA 16. FLUJO DE EFECTIVO DE CRÉDITOS DE CARBONO AZUL



Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno de México (2020); y Herrera-Silveira *et al.* (2010).

FIGURA 17. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE CRÉDITOS DE CARBONO AZUL



Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno de México (2020); y Herrera-Silveira *et al.* (2010).

III.2.4. Resultados de pesca sostenible

Esta actividad consiste en adoptar redes iluminadas para la pesca, lo cual reduce el esfuerzo pesquero y evita pesca incidental. De acuerdo con Senko *et al*. (2022) esta adopción no reduce el valor ni el volumen pescado, por lo que constituye una opción de bajo costo para reducir el impacto ambiental. Para el análisis se consideró que existe una reducción del uso de combustible en 25% en el uso de combustible derivado de un menor esfuerzo pesquero, lo cual se obtiene de que la reducción de los viajes de pesca se reduce entre 55.5 y 70.6 min al día de acuerdo con los autores.

Con estos supuestos se encuentra que una rentabilidad positiva que asciende a 2.8 millones de pesos, equivalente a 232 mil pesos anuales de ganancia neta.

TABLA 16. RESULTADOS DE PESCA SOSTENIBLE

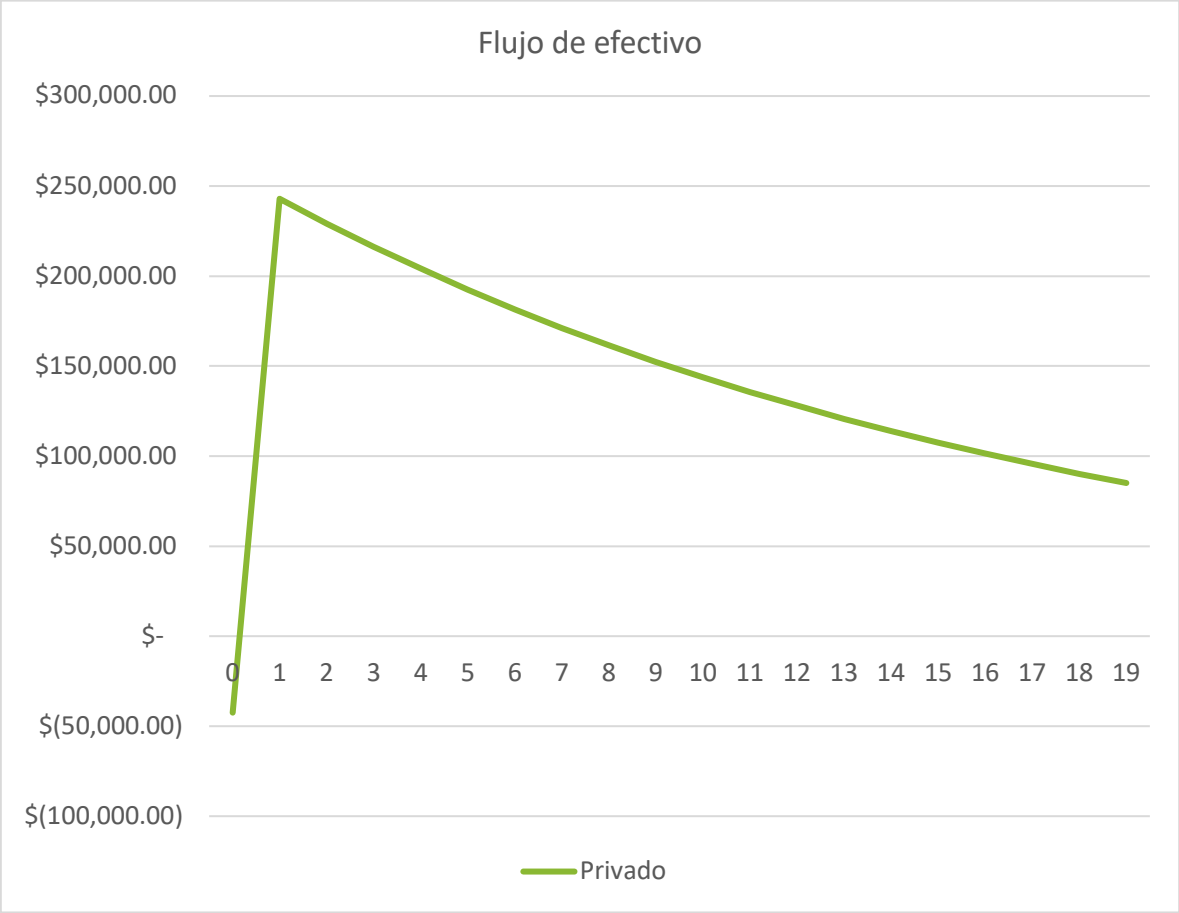
Indicador	Valor	Unidades

Valor Presente Neto (VPN)	2,830,994	Pesos
Costos totales	-3,576,819	Pesos
Beneficios Totales	6,407,813	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.79	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	606%	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	232,848	Pesos/año
Plazo de recuperación	2	Años
Unidad de superficie	1	Embarcación

Fuente: Elaboración propia con datos de Senko *et al*. (2022).

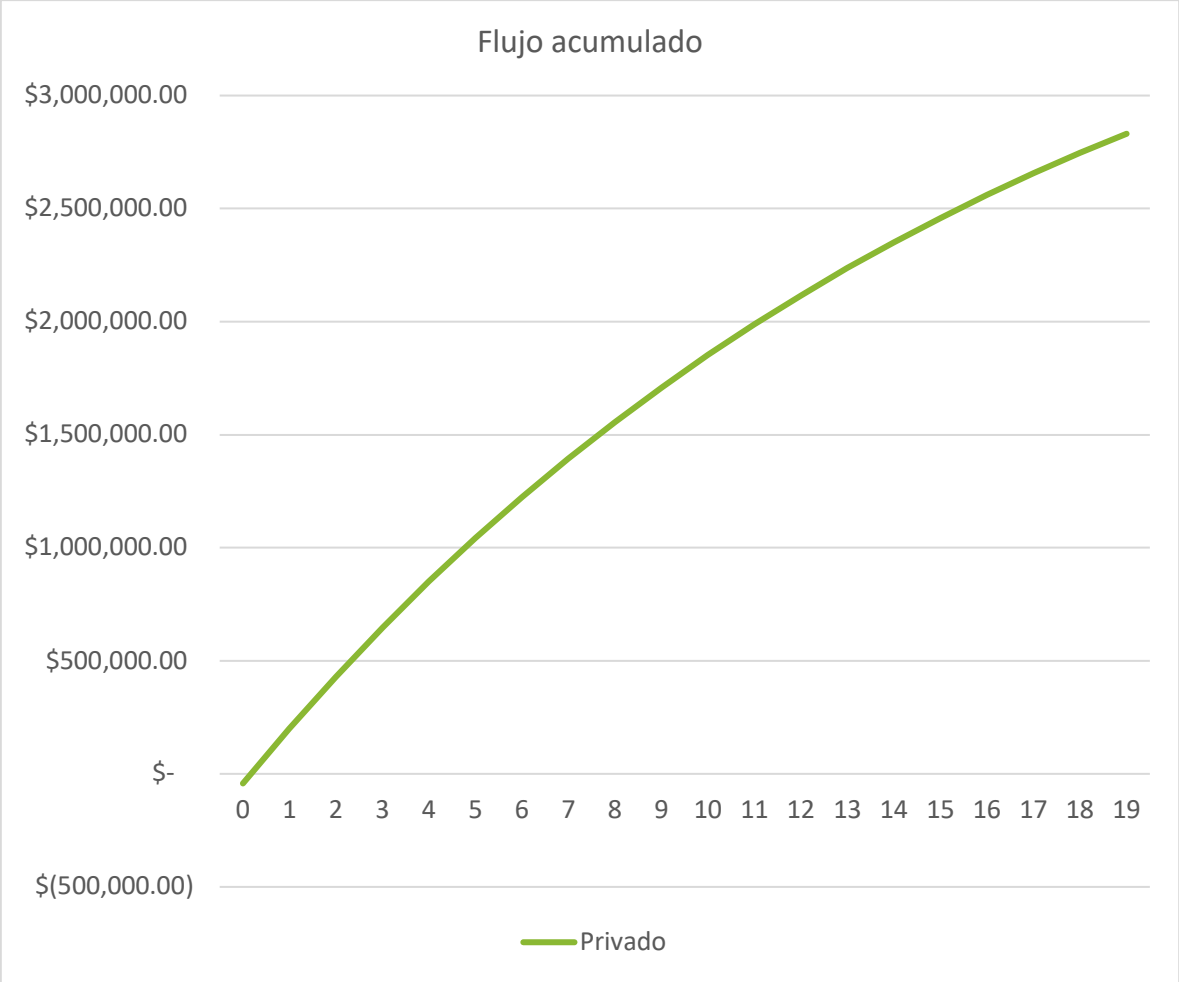
En la y la se muestra el flujo de efectivo y el acumulado, respectivamente.

FIGURA 18. FLUJO DE EFECTIVO DE PESCA SOSTENIBLE



Fuente: Elaboración propia con datos de Senko *et al*. (2022)

FIGURA 19. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE PESCA SOSTENIBLE



Fuente: Elaboración propia con datos de Senko *et al*. (2022)

III.2.5. Resultados de carbón elaborado con aprovechamiento de manglar

Esta actividad consiste en la producción de carbón vegetal con madera de mangle a partir de su aprovechamiento sustentable. Para ello se requiere un horno[10] para la producción de carbón. Se considera un paquete tecnológico que considera el horno, capacitación y materiales para la producción de carbón, cuyos costos y otras especificaciones se establecieron con base en CONAFOR (s.f.). Se establece que el horno tiene capacidad para producir 105 toneladas de carbón vegetal, el cual proviene del aprovechamiento de 105 hectáreas de manglar. Esta cifra proviene de considerar que con el aprovechamiento de 1 m2 de manglar es posible producir 2 kg al año de carbón y que existe un turno de 20 años para la regeneración de la vegetación (Chumacero, Linares y González,

[10] Existen 2 tipos de horno, de Rabo Quente y metálico. En este caso se consideró un horno metálico porque es móvil.

2020). Con estos parámetros, en el área de 105 hectáreas es posible realizar un aprovechamiento sostenible. Se consideran gastos de distribución, de administración y comercialización, así como de la elaboración de un plan de manejo y el establecimiento de unidades de manejo ambiental. El precio de venta del carbón se estableció con base en precios de mercado.

Con base en estos supuestos y parámetros se obtiene una rentabilidad positiva de la actividad que asciende a 7.7 millones de pesos, que equivale a una ganancia neta anual de 632 mil pesos y una TIR de 28%. El plazo de recuperación de la inversión es de 8 años (ver Tabla 17. Resultados de carbón de mangle).

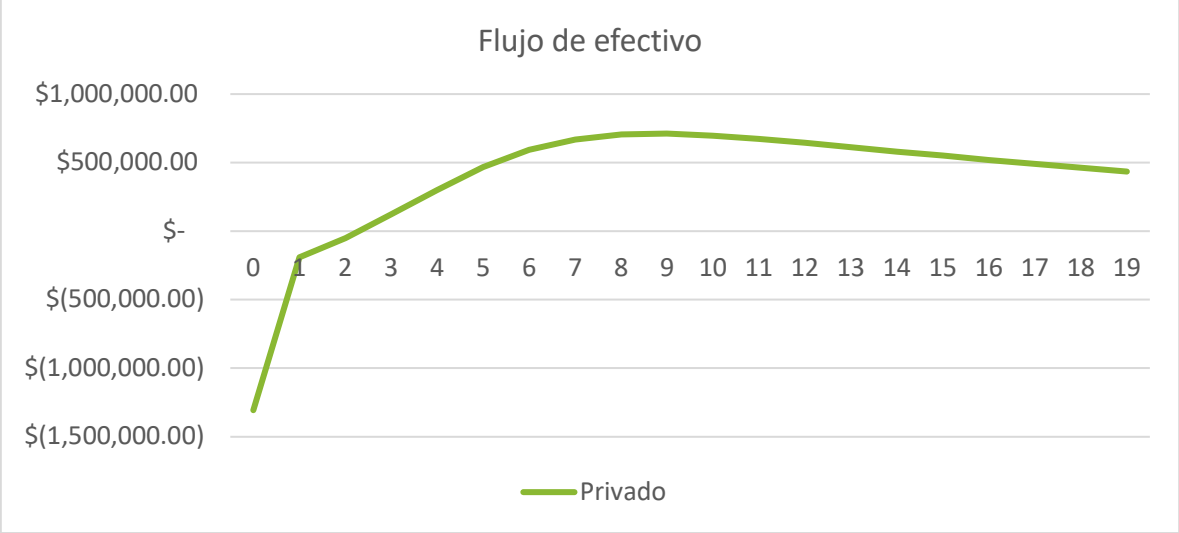
TABLA 17. RESULTADOS DE CARBÓN DE MANGLE

Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	7,690,428	Pesos
Costos totales	-12,593,713	Pesos
Beneficios Totales	20,284,142	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.61	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	28%	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	632,534	Pesos/año
Plazo de recuperación	8	Años
Unidad de superficie	105	Hectáreas

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAFOR (s.f.); y Chumacero, Linares y González (2020).

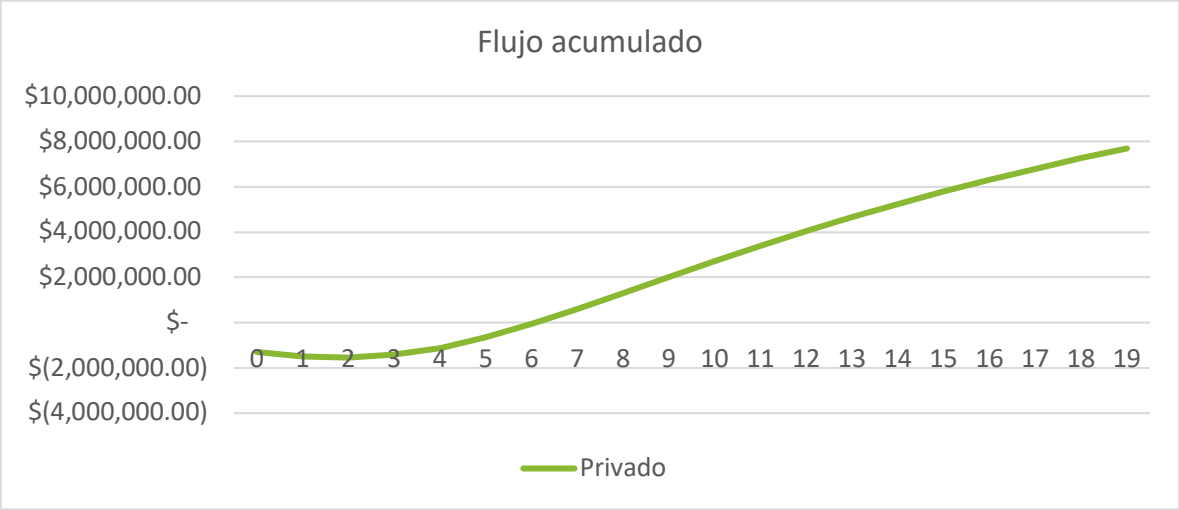
En la Figura 20 y la Figura 21 se muestran el flujo de efectivo y el flujo acumulado de esta actividad.

FIGURA 20. FLUJO DE EFECTIVO DE CARBÓN DE MANGLE



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAFOR (s.f.); y Chumacero, Linares y González (2020).

FIGURA 21. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE CARBÓN DE MANGLE



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAFOR (s.f.); y Chumacero, Linares y González (2020).

III.2.6. Resultados de ecoturismo

Esta actividad considera un proyecto ecoturístico en 10 hectáreas. Se consideran como costos un estudio de mercado, un plan de negocios y un estudio de capacidad de carga, capacitación técnica, construcción de 5 cabañas y una recepción, equipamiento para tours (kayaks, chalecos), equipamiento y mobiliario de cabañas y de la recepción, equipamiento para el manejo de residuos, mano de obra y personal. Como ingresos se considera el hospedaje y la venta de tours. La información sobre costos de construcción se tomó de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), el equipamiento y mobiliario se tomó de Quintero (2013) y se costeó a partir de consultas con proveedores en internet. Para la estimación de la demanda se tomaron como base los datos reportados por López, Aguiar y Centeno (2019) para la actividad ecoturística de manglar en el Ejido de San Crisanto, Yucatán, México. Se considera que el volumen de visitación crece de manera gradual con el modelo de difusión de Bass (1969).

Con base en estos parámetros se encontró una rentabilidad positiva que asciende a 4.1 millones de pesos, que equivalen a recibir una ganancia neta anual de 339 mil pesos al año y una TIR asociada de 15%. El plazo de recuperación de la inversión es de 10 años. En la Tabla 18. Resultados de ecoturismo se presentan estos resultados.

TABLA 18. RESULTADOS DE ECOTURISMO

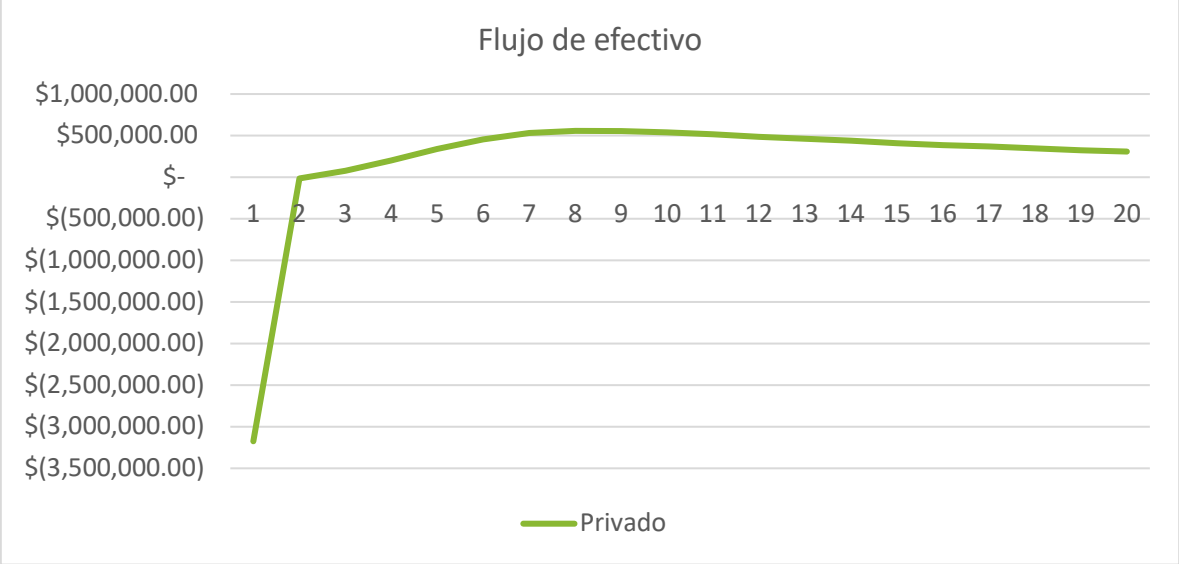
Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	4,121,081	Pesos
Costos totales	-8,258,242	Pesos
Beneficios Totales	12,379,323	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.50	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	15%	Porcentaje

Flujo Anual Equivalente (FAE)	338,957	Pesos/año
Plazo de recuperación	10	Años
Unidad de superficie	10	Hectáreas

Fuente: Elaboración propia con datos Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción; Quintero (2013); y López, Aguiar y Centeno (2019).

En la Figura 22 y la Figura 23 se presentan los flujos de efectivo y acumulado.

FIGURA 22. FLUJO DE EFECTIVO DE ECOTURISMO



Fuente: Elaboración propia con datos Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción; Quintero (2013); y López, Aguiar y Centeno (2019).

FIGURA 23. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE ECOTURISMO

Fuente: Elaboración propia con datos Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción; Quintero (2013); y López, Aguiar y Centeno (2019).

III.2.7. Resultados de sistema silvopastoril

El sistema silvopastoril modelado considera todos los rubros de costo de la ganadería tradicional, más el establecimiento de pastos mejorados, material arbustivo y arbóreo para un banco de proteína en 5 hectáreas y un terreno total para la actividad de 30 hectáreas (incluyendo el banco de proteína). Esto tiene como consecuencia el incremento en dos veces en la productividad de la actividad de engorda de acuerdo con TNC-UADY (2021). El costo de las inversiones requeridas para el sistema se adaptaron de Lara, Torres y Guevara (2020). Se parte del supuesto de que el incremento de productividad se da de manera gradual conforme al modelo de difusión de Bass y crecen de acuerdo al crecimiento del banco de proteína. La mano de obra y otros costos variables aumentan de igual manera conforme la carga animal aumenta.

Con base en estas consideraciones se obtiene una rentabilidad positiva que asciende a 1.9 millones de pesos, un monto equivalente anual de 161 mil pesos, y una TIR de 20%. Los resultados financieros se presentan en la Figura 21.

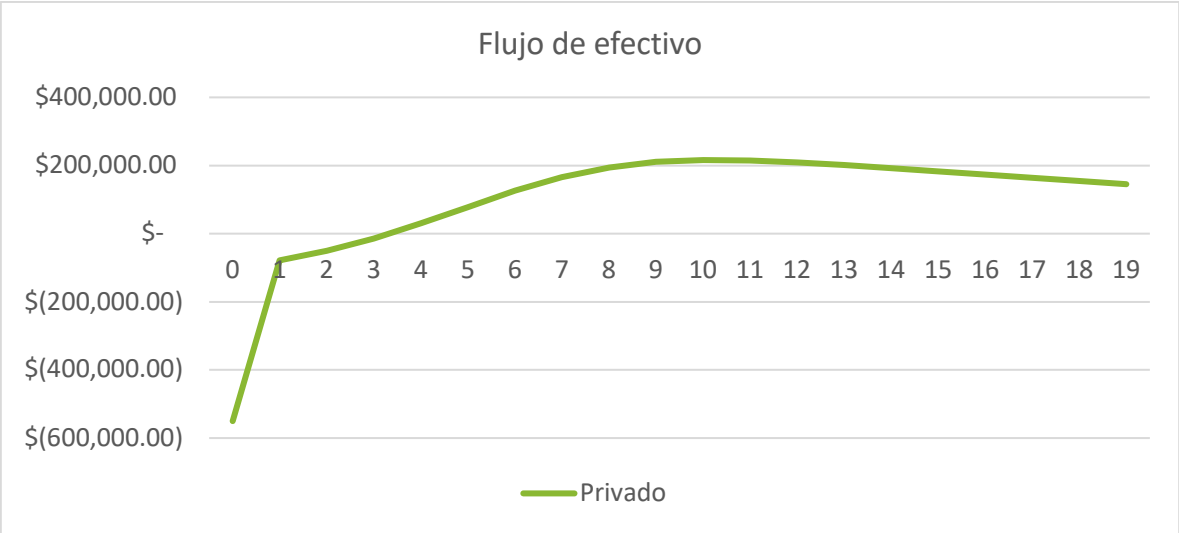
TABLA 19. RESULTADOS DE SISTEMA SILVOPASTORIL

Indicador	Valor	Unidades
Valor Presente Neto (VPN)	1,961,155	Pesos
Costos totales	-8,245,784	Pesos
Beneficios Totales	10,206,939	Pesos
Índice Costo Beneficio (ICB)	1.24	Pesos/ peso invertido
Tasa Interna de Retorno (TIR)	20%	Porcentaje
Flujo Anual Equivalente (FAE)	161,304	Pesos/año
Plazo de recuperación	10	Años
Unidad de superficie	30	Hectáreas

Fuente: Elaboración propia con datos de de Lara, Torres y Guevara (2020); y TNC-UADY (2021).

En la Figura 24 y la Figura 25 se presentan los flujos de efectivo y acumulado de esta actividad.

FIGURA 24. FLUJO DE EFECTIVO DE SISTEMA SILVOPASTORIL



Fuente: Elaboración propia con datos de de Lara, Torres y Guevara (2020); y TNC-UADY (2021).

FIGURA 25. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE SISTEMA SILVOPASTORIL

Fuente: Elaboración propia con datos de de Lara, Torres y Guevara (2020); y TNC-UADY (2021).

En la Tabla 20. Resultados financieros de las actividades consideradas se sintetizan los resultados financieros y se agrega una columna de los impuestos aproximados a pagar en cada actividad para conocer el valor presente neto después de este concepto. En la Tabla 21. Resultados financieros unitarios para cada actividad se presenta la rentabilidad adicional obtenida por la transición a actividades sostenibles por unidad de superficie. En todos los casos la transición es rentable desde una perspectiva financiera.

TABLA 20. RESULTADOS FINANCIEROS DE LAS ACTIVIDADES CONSIDERADAS

Actividad	Tipo	VPN	ICB	FAE	Impuestos	VPN menos impuesto	Cant.	Unidad
Agricultura	Línea base	77,775	1.36	6,397	11,700	66,075	1	Hectárea
Agroforestal	Alternativa	137,542	1.46	11,312	22,143	115,399	1	Hectárea

Apicultura con valor agregado	Línea base	602,238	1.20	49,534	98,920	503,319	25	Hectárea
Apicultura sin valor agregado	Alternativa	346,146	1.17	28,470	60,270	285,876	25	Hectárea
Carbón de mangle	Alternativa	7,690,429	1.61	632,535	1,167,102	6,523,327	105	Hectárea
Créditos de carbono azul	Alternativa	-118,185,061	0.13	-9,720,671	0	-118,185,061	3000	Hectárea
Ecoturismo	Alternativa	4,121,082	1.50	338,957	690,540	3,430,541	10	Hectárea
Ganadería	Línea base	279,150	1.04	22,960	41,993	237,157	30	Hectárea
Sistema silvopastoril	Alternativa	1,961,155	1.24	161,304	309,867	1,651,288	30	Hectárea
Pesca tradicional	Línea base	2,632,901	1.70	216,555	396,070	2,236,831	1	Embarcación
Pesca sostenible	Alternativa	2,830,994	1.79	232,848	432,259	2,398,735	1	Embarcación

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 21. RESULTADOS FINANCIEROS UNITARIOS PARA CADA ACTIVIDAD

Actividad	Tipo	VPN	ICB	FAE	Impuestos	VPN menos impuesto	Cant.	Unidad
Agricultura	Línea base	77,775	1.36	6,397	11,700	66,075	1	Hectárea
Agroforestal	Alternativa	137,542	1.46	11,312	22,143	115,399	1	Hectárea
Apicultura con valor agregado	Línea base	24,090	1.20	1,981	3,957	20,133	1	Hectárea
Apicultura sin valor agregado	Alternativa	13,846	1.17	1,139	2,411	11,435	1	Hectárea
Carbón de mangle	Alternativa	73,242	1.61	6,024	11,115	62,127	1	Hectárea
Créditos de carbono azul	Alternativa	-39,395	0.13	-3,240	0	-39,395	1	Hectárea
Ecoturismo	Alternativa	412,108	1.50	33,896	69,054	343,054	1	Hectárea
Ganadería	Línea base	9,305	1.04	765	1,400	7,905	1	Hectárea
Sistema silvopastoril	Línea base	65,372	1.24	5,377	10,329	55,043	1	Hectárea
Pesca tradicional	Alternativa	2,632,901	1.70	216,555	396,070	2,236,831	1	Embarcación
Pesca sostenible	Alternativa	2,830,994	1.79	232,848	432,259	2,398,735	1	Embarcación

Fuente: Elaboración propia.

III.3. Resultados económicos

En esta sección se discuten los resultados del análisis desde una perspectiva económica, en la que se consideran externalidades de las actividades analizadas. Particularmente, se considera el potencial de mitigación de emisiones, otros servicios ecosistémicos que se generan y la derrama económica generada por las nuevas inversiones. En la Tabla 22. Rentabilidad adicional de la transición de actividades se presenta el flujo anual equivalente (FAE) por la transición sostenible, la

derrama económica, el potencial de mitigación de cada actividad y el Índice Costo Efectividad (ICE) de cada tCO_2e, es decir el costo de mitigación por tonelada.

TABLA 22. RENTABILIDAD ADICIONAL DE LA TRANSICIÓN DE ACTIVIDADES

Línea base		Alternativa	FAE adicional por transición	Derrama económica	Mitigación	ICE
			Pesos/año/ hectárea	(pesos/ hectárea)	(tCO2e/ ha en 20 años)	(pesos/ tCO2e)
Agricultura tradicional	Transita a	Sistema agroforestal	4,300	70,003	-241.1	1,232.0
Ganadería tradicional		Sistema silvopastoril	4,110	23,850	-72.7	3,782.2
Apicultura		Apicultura con valor agregado	758	54,828	-101.4	1,211
Inactividad		Carbón de mangle	5,417	15,882	-86.7	1,384
Inactividad		Créditos de carbono azul	-39,395	12,977	-96.8	470
Inactividad		Ecoturismo	29,909	418,249	-203.9	40,508
Pesca tradicional[a]		Pesca sostenible	209,133	544,217	-60.0	60,708

Fuente: Elaboración propia. a. datos por embarcación

A continuación, se describe cómo se estimó la reducción de emisiones para cada actividad:

Sistemas agroforestales. Se estimó la reducción de emisiones a partir de la herramienta EX-ACT de FAO (2022) para un sistema agroforestal multiestrato. Esta reducción asciende a 14.6 tCO_2e por hectárea al año, La reducción de emisiones del sistema agroforestal se da de manera gradual conforme la vegetación que captura carbono se va incrementando. Además, se restaron las emisiones generadas por la agricultura tradicional, las cuales ascienden a 2.27 tCO2e, las cuales se estimaron con la misma herramienta para una hectárea de agricultura tradicional.

Sistema silvopastoril. Se estimó la reducción de emisiones con la herramienta EX-ACT para un sistema silvopastoril que se establece en un área de 5 hectáreas y un área total de pastoreo de 30 hectáreas (es decir, de las 30 hectáreas que antes eran pastizal se establece un sistema silvopastoril en 5 hectáreas). Esto supone también que la carga animal se puede duplicar. El balance de carbono entre la captura del sistema más las emisiones del ganado es positivo y asciende a 60 tCO_2e al año. Además, la ganadería extensiva tradicional en una superficie genera emisiones por 69 tCO_2e al año. Al igual que en el sistema agroforestal, se supone que el sistema silvopastoril genera la captura de carbono de manera gradual. El incremento en la carga animal también se da de manera gradual.

Apicultura con valor agregado. Se parte del supuesto de que la apicultura está generando la conservación de 25 hectáreas de manglar, que es la superficie que se requiere para mantener 100 colmenas. Esta superficie tiene una captura de carbono de 1.39 tC/ha al año (Herrera-Silveira *et al*., 2010). A esto se restan las emisiones del combustible utilizado para la distribución de los productos apícolas. Se parte del supuesto de que se consumen 240 litros de combustible al año, que supone el recorrido de aproximadamente 200 kilómetros de transporte al mes. La cantidad de combustible

se multiplica por el factor de emisión de la gasolina que se estableció en 2.659 $kgCO_2e$/litro (INECC, 2014).

Carbón de mangle. Se parte del supuesto que el aprovechamiento sostenible del manglar permite la conservación de 105 hectáreas de manglar, las cuales están relacionadas con la tasa de aprovechamiento sostenible para la producción de carbón de mangle de acuerdo con Chumacero *et al*. (2020). Se considera una captura de carbono de 1.39 tC/ha al año (Herrera-Silveira *et al*., 2010) y se resta el consumo de combustible para la distribución del carbón vegetal, considerando un consumo anual de 1,400 litros de gasolina al año y un factor de emisión de 2.659 $kgCO_2e$/litro (INECC, 2014).

Créditos de carbono azul. Se considera que esta actividad se realiza en una extensión de 3,000 hectáreas, que el 10% de estas se restauran y el resto se mantiene en buen estado de conservación. Se considera una captura de 1.39 tC/ha al año (Herrera-Silveira *et al*., 2010) y que el carbono de las hectáreas restauradas se incrementa de manera gradual.

Ecoturismo. Se parte del supuesto de que un proyecto ecoturístico dedica 2 hectáreas de un total de 20 hectáreas en manglar para la conservación. Se considera una captura de 1.39 tC/ha al año (Herrera-Silveira *et al*., 2010).

Pesca sostenible. Se estimó con la herramienta EX-ACT la reducción de 25% de las emisiones generadas por utilizar mejores artes de pesca (redes iluminadas), y se restaron las emisiones de la pesca tradicional. Como referencia la herramienta indica que las emisiones de la pesca tradicional son de 8 tCO_2e/año por embarcación.

En la Tabla 23. Servicios ecosistémicos incluidos en el análisis se presentan los servicios ecosistémicos que fueron considerados para cada actividad, las cuales se integran a la valoración económica de externalidades. En la Tabla 24. Valor económico de las externalidades de las actividades se presenta el valor económico de las externalidades de las actividades. En una sección posterior se describen las fuentes de información utilizadas.

TABLA 23. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS

Actividad	Emisiones de carbono	Polinización	Control biológico	Calidad del agua	Calidad del suelo	Ciclo de nutrientes	Regulación de flujos de agua	Protección costera	Reducción de sedimentación	Reducción de contaminación	Servicios de provisión	Servicios para pesquerías	Biodiversidad
Agricultura	x												
Agroforestal	x	x	x	x	x	x	x						
Apicultura con valor agregado	x	x											
Apicultura sin valor agregado	x	x											
Carbón de mangle	x							x	x	x	x	x	x
Créditos de carbono azul	x							x	x	x	x	x	x

Actividad	Emisiones de carbono	Polinización	Control biológico	Calidad del agua	Calidad del suelo	Ciclo de nutrientes	Regulación de flujos de agua	Protección costera	Reducción de sedimentación	Reducción de contaminación	Servicios de provisión	Servicios para pesquerías	Biodiversidad
Ecoturismo	x							x	x	x	x	x	x
Ganadería	x												
Sistema silvopastoril	x					x			x				
Pesca tradicional	x												
Pesca sostenible	x												

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 24. VALOR ECONÓMICO DE LAS EXTERNALIDADES DE LAS ACTIVIDADES

Actividad	Unidad	VPN otras externalidades	VPN mitigación	VPN privado	VPN total
		Pesos	Pesos	Pesos	Pesos
Agricultura tradicional	1 ha	0	-29,763	77,775	48,012
Sistema agroforestal	1 ha	2,446,998	105,804	137,542	2,690,345
Ganadería tradicional	30 ha	0	-906,022	279,150	626,872
Sistema silvopastoril	30 ha	18,248	432,397	1,961,155	2,411,800
Apicultura con valor agregado	25 ha	117,021	1,664,698	602,238	2,383,959
Carbón de mangle	105 ha	707,109,976	5,974,974	7,690,428	720,492,635
Créditos de carbono azul	3,000 ha	15,406,847,917	159,219,970	-118,185,061	15,447,882,825
Ecoturismo	10 ha	13,597,199	133,846	4,121,082	17,852,127
Pesca tradicional	1 embarcación	0	-105,046	2,632,900	2,527,854
Pesca sostenible	1 embarcación	0	-65,654	2,830,994	2,765,340

Fuente: Elaboración propia.

III.4. Análisis de sensibilidad

Para cada actividad se presenta un análisis de sensibilidad de los costos y beneficios, de la tasa de descuento, del potencial de mitigación y de algunos parámetros específicos de algunas actividades.

III.4.1. Análisis de sensibilidad de agricultura tradicional

En esta actividad el parámetro más sensible es la venta de maíz, si el precio o la cantidad vendida disminuye en 26% se generan pérdidas. En la Tabla 25. Análisis de sensibilidad de agricultura se presentan las sensibilidades de cada concepto de costo y beneficio de esta actividad.

TABLA 25. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE AGRICULTURA

Concepto	Elasticidad[a]	Punto de quiebre[b]

Venta de maíz	3.9	-26%
Preparación del terreno	0.2	412%
Siembra	0.6	175%
Fertilización	0.9	118%
Control de plagas, malezas y enfermedades	0.7	151%
Cosecha, selección y empaque	0.3	375%
Diversos	0.3	370%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.2. Análisis de sensibilidad de agricultura tradicional

En la Tabla 26. Análisis de sensibilidad de sistemas agroforestales se presenta la sensibilidad de cada concepto de costos y beneficios de sistemas agroforestales. El concepto que más representa sensibilidad es el valor de los productos de autoconsumo y el valor del forraje. La rentabilidad responde de manera más que proporcional

TABLA 26. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE SISTEMAS AGROFORESTALES

Concepto	**Elasticidad[a]**	**Punto de quiebre[b]**
Cerca viva	0.2	423%
Manejo de la cerca viva	0.4	228%
Preparación del terreno	0.1	963%
Siembra	0.2	410%
Fertilización	0.4	275%
Control de plagas_ malezas y enfermedades	0.3	354%
Cosecha_ selección y empaque	0.1	876%
Diversos	0.1	865%
Valor de productos forestales	0.0	2,486%
Valor de productos de autoconsumo	1.7	60%
Valor del forraje	1.2	84%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.3. Análisis de sensibilidad de agricultura con valor agregado

En la Tabla 27. Análisis de sensibilidad de apicultura con valor agregado se presenta el análisis de sensibilidad de agricultura con valor agregado. Los ingresos por venta de miel y los costos de mantenimiento generan una alta sensibilidad a la rentabilidad. En particular, apenas una disminución de 19% en los ingresos por venta de miel genera pérdidas.

TABLA 27. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE APICULTURA CON VALOR AGREGADO

Concepto	Elasticidad[a]	Punto de quiebre[b]
Diseño de proyecto	0.1	1204%
Capacitación	0.1	1004%
Equipo y herramientas (equipo de extracción, de protección y material de campo)	0.2	598%
Máquina envasadora	0.2	401%
Jornales para preparación e instalación de colmenas	0.0	13383%
Salario para inspecciones a las colmenas	0.1	917%
Compra de colonias o paquetes	0.5	203%
Mano de obra para la cosecha y recolección de subproductos	0.3	357%
Mano de obra para la filtración y envasado de miel	0.1	960%
Desarrollo de marca y estrategia de venta	0.1	1204%
Mantenimiento	2.6	39%
Combustible	0.1	826%
Vehículo segunda mano	0.2	401%
Venta de miel	5.3	19%
Venta de subproductos (cera de abeja)	0.8	126%
Empaques y etiquetas	0.5	213%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.4. Análisis de sensibilidad de apicultura tradicional

En la Tabla 28. Análisis de sensibilidad de apicultura con valor agregado se muestran las sensibilidades de la rentabilidad a variaciones de costos y beneficios de la apicultura con valor agregado. Se encuentra que los conceptos con mayor impacto en la rentabilidad son la venta de miel y el mantenimiento. Una disminución de apenas 22% en las ventas de miel generan pérdidas, y ocurre lo mismo con un incremento de 37% en los costos de mantenimiento.

TABLA 28. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE APICULTURA CON VALOR AGREGADO

Concepto	Elasticidad[a]	Punto de quiebre[b]
Equipo y herramientas (equipo de extracción, de protección y material de campo)	0.2	452%
Jornales para preparación e instalación de colmenas	0.0	10124%
Salario para inspecciones a las colmenas	0.1	694%
Compra de colonias o paquetes	0.7	153%
Mano de obra para la cosecha y recolección de subproductos	0.4	270%

Mantenimiento	2.7	37%
Combustible	0.2	625%
Vehículo segunda mano	0.3	304%
Venta de miel	4.6	22%
Venta de subproductos (cera de abeja)	0.7	145%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.5. Análisis de sensibilidad del carbón de mangle

En la Tabla 29. Análisis de sensibilidad de carbón de mangle se presenta el análisis de sensibilidad de carbón de mangle. Se encuentra que una disminución de 37% en las ventas de carbón generaría pérdidas, para el resto de los conceptos el cambio en rentabilidad es menos que proporcional al cambio en los costos.

TABLA 29. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE CARBÓN DE MANGLE

Concepto	**Elasticidad[a]**	**Punto de quiebre[b]**
Paquete tecnológico (incluye horno, capacitación y materiales)	0.0	2469%
Depreciación	0.2	486%
Cosecha de manglar	0.1	1020%
Mano de obra	0.7	138%
Distribución por kg de carbón (gasolina)	0.0	2753%
Venta de carbón	2.7	37%
Vehículo	0.1	1058%
Costos de administración y comercialización	0.4	260%
Contabilidad	0.1	846%
Plan de manejo	0.0	2620%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.6. Análisis de sensibilidad de créditos de carbono azul

En laEl parámetro que más afecta la rentabilidad es el costo de restauración, pues este es muy alto; de acuerdo a las entrevistas realizadas para este estudio, estos ascienden a 96 mil pesos iniciales por hectárea, sin considerar el mantenimiento anual. A esto se adiciona que el precio que se recibe por cada crédito es bajo en comparación a los costos. Esto se confirma en la Tabla 30 al observar la sensibilidad del costo de restauración (0.816) y de la venta de créditos (0.156), un aumento en el precio del carbono o una reducción en los costos de restauración son las variables que afectan de manera fundamental a la rentabilidad financiera.

Tabla 30. Análisis de sensibilidad de créditos de carbono azul se presenta la sensibilidad de la rentabilidad ante costos y beneficios de créditos de carbono azul. El parámetro que más afecta la rentabilidad es el costo de restauración, pues este es muy alto; de acuerdo a las entrevistas realizadas para este estudio, estos ascienden a 96 mil pesos iniciales por hectárea, sin considerar el mantenimiento anual. A esto se adiciona que el precio que se recibe por cada crédito es bajo en comparación a los costos. Esto se confirma en la Tabla 30 al observar la sensibilidad del costo de restauración (0.816) y de la venta de créditos (0.156), un aumento en el precio del carbono o una reducción en los costos de restauración son las variables que afectan de manera fundamental a la rentabilidad financiera.

TABLA 30. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE CRÉDITOS DE CARBONO AZUL

Concepto	Elasticidad[a]	Punto de quiebre[b]
Evaluación del sitio	0.001	196975%
Fase PIN e inventario	0.004	26263%
Restauración	0.244	410%
Mantenimiento restauración	0.816	123%
Registro	0.004	23546%
Validación por terceros	0.005	18539%
Presentación de reportes	0.012	8308%
Venta de créditos	0.156	641%
Administración	0.011	9053%
Mantenimiento y monitoreo	0.051	1958%
Evaluación	0.008	11936%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.7. Análisis de sensibilidad de ecoturismo

En la Tabla 31. Análisis de sensibilidad de ecoturismo se presenta el análisis de sensibilidad de ecoturismo. Se encuentra sensibilidad alta en la rentabilidad cuando hay disminuciones de ventas de hospedaje y de tours, una disminución de 56% y 83%, respectivamente generaría pérdidas.

TABLA 31. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE ECOTURISMO

Concepto	Elasticidad[a]	Punto de quiebre[b]
Estudio de mercado	0.0	8242%
Plan de negocios y estudio de capacidad de carga	0.0	8242%
Capacitación técnica	0.0	6868%
Insumos para la construcción de infraestructura	0.5	199%
Mano de obra para la construcción de infraestructura	0.1	960%
Inversión en equipo (kayaks, chalecos salvavidas)	0.0	6060%
Equipamiento cabañas	0.0	2433%

Equipamiento centros de visitantes	0.0	2368%
Consumibles en el centro de visitantes	0.0	159361%
Recolección de basura	0.1	1246%
Botes de basura	0.0	22895%
Estrategias de mercado	0.0	8242%
Personal que realiza actividades (recorridos, pláticas, snorkel, etc.)	0.4	245%
Personal de contabilidad	0.1	1130%
Personal para atención a visitantes (recepcionista, atención a consultas de costos, reservaciones, etc.)	0.1	947%
Mantenimiento	0.6	179%
Hospedaje	1.8	56%
Tours	1.2	83%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.8. Análisis de sensibilidad de ganadería tradicional

La rentabilidad de la ganadería tradicional resulta extremadamente sensible a disminuciones de ventas (apenas un 4% de disminución genera pérdidas) y a incrementos en el costo de los becerros para engorda (7% de incremento en este rubro genera pérdidas). Adicionalmente, la rentabilidad es sensible a cambios en los costos de mano de obra y de alimento, en ambos casos un incremento de 51% en estos rubros genera pérdidas (ver Tabla 32. Análisis de sensibilidad de ganadería tradicional).

TABLA 32. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE GANADERÍA TRADICIONAL

Concepto	**Elasticidad[a]**	**Punto de quiebre[b]**
Costo del becerro de engorda	14.9	7%
Mantenimiento instalaciones/maquinaria/equipo	1.0	100%
Mano de obra permanente	2.0	51%
Otros costos fijos	0.2	604%
Alimento	2.0	51%
Sal y suplementos minerales	0.4	270%
Mantenimiento de pradera	0.4	237%
Sanidad	0.5	184%
Combustibles y lubricantes	0.5	184%
Otros costos variables	0.7	153%
Venta de vaquillas	23.6	4%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.9. Análisis de sensibilidad de pesca tradicional

La pesca tradicional resulta sensible a los costos asociados a la actividad, un incremento de 70% en estos generaría pérdidas (ver Tabla 33. Análisis de sensibilidad de pesca tradicional).

TABLA 33. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PESCA TRADICIONAL

Concepto	Elasticidad[a]	Punto de quiebre[b]
Costo del día de pesca	1.4	70%
Venta de mero	0.8	125%
Venta de negrillo	0.8	125%
Venta de canané	0.2	451%
Venta de chac-chi	0.2	564%
Venta de huachinango	0.3	376%
Venta de pargo	0.2	578%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.10. Análisis de sensibilidad de pesca sostenible

La pesca sostenible resulta algo sensible a los costos asociados a la actividad, un incremento de 88% en estos generaría pérdidas (ver Tabla 34. Análisis de sensibilidad de pesca sostenible).

TABLA 34. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PESCA SOSTENIBLE

Concepto	Elasticidad[a]	Punto de quiebre[b]
Costo del día de pesca	1.1	88%
Venta de mero	0.7	135%
Venta de negrillo	0.7	135%
Venta de canané	0.2	485%
Venta de chac-chi	0.2	606%
Venta de huachinango	0.2	404%
Venta de pargo	0.1	622%
Redes iluminadas	0.0	5775%
Capacitación	0.1	944%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.11. Análisis de sensibilidad de sistemas silvopastoriles

En la Tabla 35. Análisis de sensibilidad de sistemas silvopastoriles se presenta un análisis de sensibilidad de sistemas silvopastoriles, al igual que con ganadería tradicional hay sensibilidad de la rentabilidad ante cambios en el costo de los becerros para engorda y en la venta de vaquillas. No obstante, esta sensibilidad es mucho menor en el caso de este sistema.

TABLA 35. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

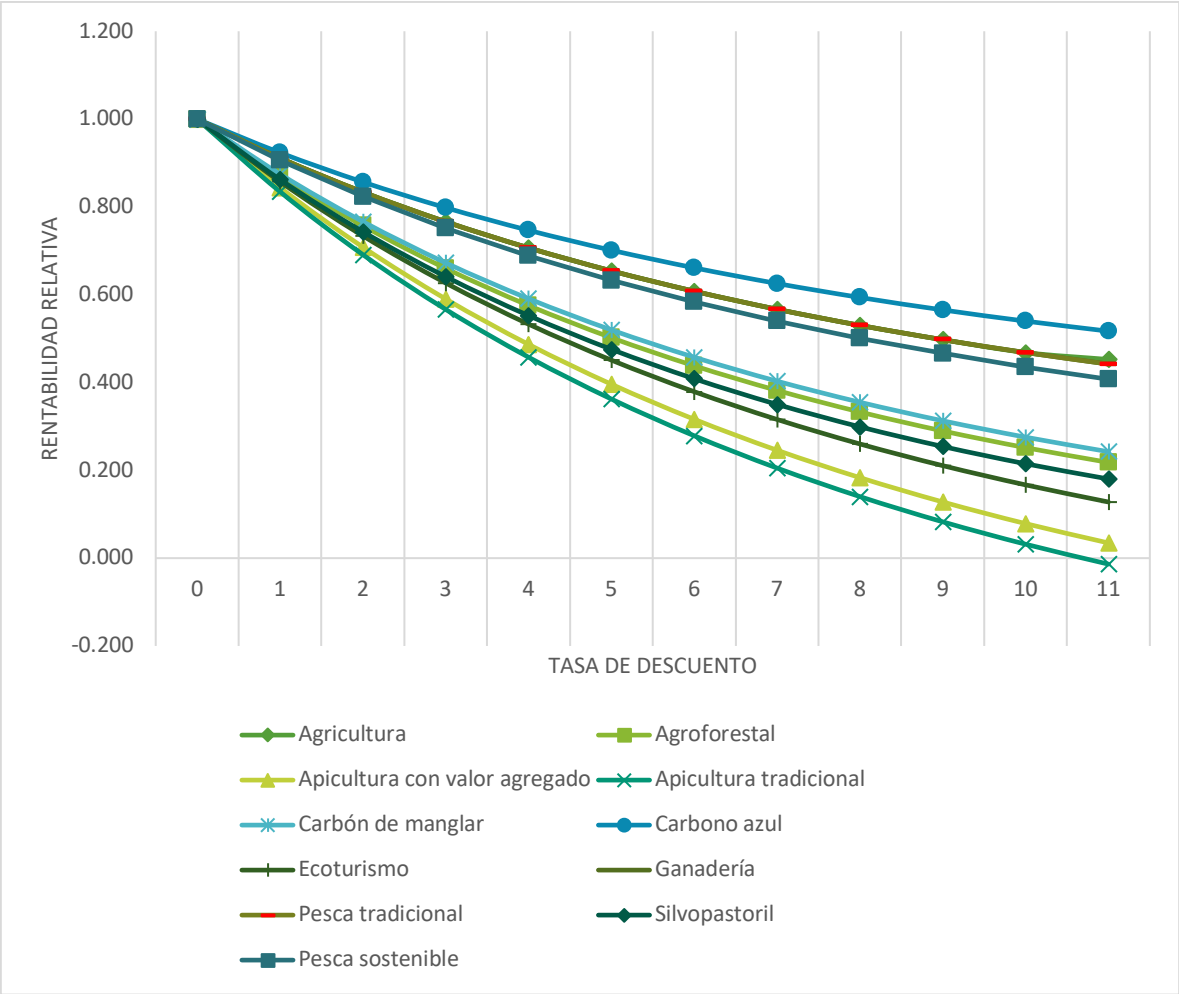
Concepto	Elasticidad[a]	Punto de quiebre[b]
Costo del becerro de engorda	2.1	47%
Mantenimiento instalaciones/maquinaria/equipo	0.1	701%
Mano de obra permanente	0.3	358%
Otros costos fijos	0.0	4245%
Alimento	0.3	358%
Sal y suplementos minerales	0.1	949%
Mantenimiento de pradera	0.1	831%
Sanidad	0.2	645%
Combustibles y lubricantes	0.2	645%
Otros costos variables	0.2	538%
Vaquillas	3.4	30%
Inversión SSPi	0.2	436%
Mantenimiento SSPi	0.4	248%
Venta de vaquillas	1.9	54%

Fuente: Elaboración propia. a. La elasticidad se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en cada costo o beneficio. b. El punto de quiebre significa en qué porcentaje tiene que disminuir (aumentar) un ingreso (costo) para generar pérdidas.

III.4.12. Análisis de sensibilidad a la tasa de descuento

En la Figura 26 se presenta una gráfica de la rentabilidad relativa de cada actividad en función de las tasas de descuento. Esto quiere decir que se expresa la rentabilidad de una actividad a una tasa inicial (de 0% en este caso) como la unidad y se observa su cambio relativo cuando aumenta la tasa de descuento. Se observa que la actividad más sensible ante tasas de descuento es la apicultura, el ecoturismo y los sistemas silvopastoriles. Por el contrario, las actividades con menor sensibilidad son la ganadería tradicional, la agricultura, la pesca tradicional y los créditos de carbono azul. Esto es resultado directo de que las 3 actividades tradicionales no requieren de inversiones iniciales, lo contrario a lo que requieren las primeras. En el caso de carbono azul se observa una baja sensibilidad porque los costos de restauración son muy altos y la mayoría de estos se erogan al principio de la actividad, lo cual implica que la tasa de descuento tenga un efecto relativamente bajo en la rentabilidad.

FIGURA 26. RENTABILIDAD RELATIVA VS. TASAS DE DESCUENTO



Fuente: Elaboración propia.

IV. Potencial de inversión en la zona

IV.1. Potencial de inversión en actividades terrestres

En esta sección se realiza una simulación del potencial de inversión en el área del proyecto ACCIÓN para las actividades terrestres. Para ello, se planteó un problema de programación lineal, en el que se maximiza el valor presente neto de un número determinado de proyectos financiados por ACCIÓN, sujeto a una restricción de financiamiento (es decir, un monto total a financiar) y una restricción territorial (el número de hectáreas ocupado por los proyectos). Esto se realizó con el programa Excel con el complemento *Solver*. En la siguiente ecuación se plantea el problema de optimización:

$$\max_{x_i} \sum_{i=1}^{N} x_i VPN_i$$
$$sujeto\ a:$$
$$\sum_{i=1}^{N} x_i I_i \leq \bar{I}$$
$$\sum_{i=1}^{N} x_i A_i \leq \bar{A}$$

Donde x_i representa el número de proyectos del tipo *i* (agroforestal, silvopastoril, apicultura, carbón de mangle, carbono azul, ecoturismo), VPN_i es el Valor Presente Neto del tipo de proyecto *i*, el término I_i representa la inversión inicial del proyecto *i*, A_i es el área que ocupa el proyecto *i*, y los términos $\bar{I}$ y $\bar{A}$ representan el financiamiento total disponible y el área máxima con potencial para establecer proyectos, respectivamente.

Dicho de otra forma, el problema de optimización busca maximizar los beneficios netos a partir de elegir un número determinado de proyectos de cada tipo respetando una restricción del dinero disponible para invertir en ellos y una restricción de superficie disponible para ejecutarlos.

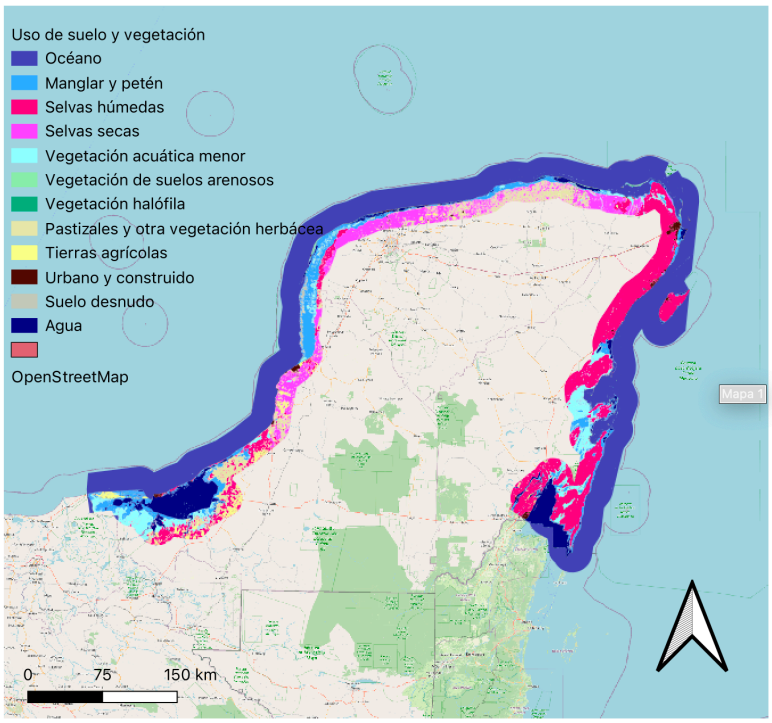
La lógica de este planteamiento es que las personas buscarán ejecutar proyectos con mayor rentabilidad considerando las restricciones de financiamiento y de espacio.

PARA DIMENSIONAR LA RESTRICCIÓN ESPACIAL, SE CONSIDERÓ LA EXTENSIÓN DE LOS DIVERSOS USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO ACCIÓN, LOS CUALES SE MUESTRAN EN LA

Figura 27. En la Tabla 36. Área de usos de suelo y vegetación se presenta la superficie total de estos usos de suelo y vegetación. Esta superficie se consideró como un potencial máximo de área para realizar proyectos de transición a la sostenibilidad.

Respecto a la restricción financiera se consideró de manera ilustrativa un monto tope de 200 millones de pesos a financiar por medio del proyecto ACCIÓN.

FIGURA 27. USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL ÁREA DE PROYECTO



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 36. ÁREA DE USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN

Uso de suelo y vegetación	km2
Manglar	4,887
Selvas húmedas	9,671
Selvas secas	4,323
Vegetación acuática menor	3,383
Vegetación de suelos arenosos	122
Vegetación halófila	21
Pastizales y otra vegetación herbácea	3,038
Tierras agrícolas	1,123
Urbano y construido	507
Suelo desnudo	302
Agua	4,158

Total	31,535

Fuente: Elaboración propia con información de PNUD (2018).

A partir de estos supuestos se encuentra que, dado que las áreas de los distintos usos de suelo y vegetación son muy grandes, esta restricción en realidad no es relevante en el problema de optimización. Ante ello, se consideró deseable que hubiera diversidad de proyectos en el territorio, por lo que se añadieron algunas restricciones adicionales. En particular, que existieran por lo menos algunos proyectos de cada tipo[11] y que se ejecutarán proyecto en máximo 1% de los diferentes usos de suelo y vegetación (23 mil hectáreas como máximo).

Con estos supuestos adicionales se encuentra la distribución de proyectos que se muestra en la Tabla 37. Distribución de proyectos. En ella se observa que con excepción de apicultura y carbono azul, las restricciones de tener un número mínimo de proyectos por tipo se cumplen con desigualdad para todos los demás tipos. Lo anterior quiere decir que dados los parámetros considerados es eficiente ejecutar proyectos de los demás tipos. En el caso de apicultura y carbono azul, el hecho de que sus restricciones mínimas se cumplan con igualdad quiere decir que en sentido estricto sería más eficiente no realizar proyectos de este tipo. Sin embargo, se proponen estas restricciones con la finalidad de que exista diversidad de actividades.

Es importante mencionar, que el hecho de que la solución de máxima eficiencia sea no realizar no proyectos de apicultura, ello no implica que no sean proyectos rentables, solo significa que las demás actividades son más rentables. En el caso de carbono azul la solución de máxima eficiencia evidentemente es no realizarlos, porque desde la perspectiva privada generan pérdidas. No obstante, se establece como restricción la realización de por lo menos uno de estos proyectos porque a nivel social esta actividad es rentable, lo cual tiene que ver con los servicios ecosistémicos que se generan.

IV.2. Potencial de inversión en pesca

Dado que las actividades pesqueras no compiten por uso de suelo en tierra se optó por modelar esta actividad con una sola restricción presupuestaria. De manera ilustrativa se estableció una restricción presupuestaria de 30 millones de pesos para proyectos de pesca, que implica la realización de 3 proyectos en esta actividad. En la Tabla 37 se integran estos proyectos.

TABLA 37. DISTRIBUCIÓN DE PROYECTOS

Actividades	Hectáreas / embarcaciones por proyecto	VPN financiero por actividad (miles de pesos)	VPN económico por actividad (incluyendo externalidades) (miles de pesos	Costos totales por actividad (miles de pesos)	Inversión inicial por actividad	Proyectos

[11] 10 agroforestales, 10 silvopastoriles, 10 de apicultura, 4 de carbón de mangle, 1 de carbono azul y 4 de ecoturismo.

					(miles de pesos[12]	
Sistema agroforestal	10	1,375	3,412	2,970	407	112
Sistema silvopastoril	30	1,961	2,411	8,246	450	101
Apicultura con valor agregado	25	602	2,376	3,071	862	10
Carbón de mangle	105	7,690	720,492	12,593	1,282	14
Carbono azul	3000	-118,185	15,447,882	136,610	29,310	1
Ecoturismo	10	4,121	17,582	8,258	3,145	17
Pesca	30	84,930	82,950[13]	107,310	10,000	3
Total						**258**

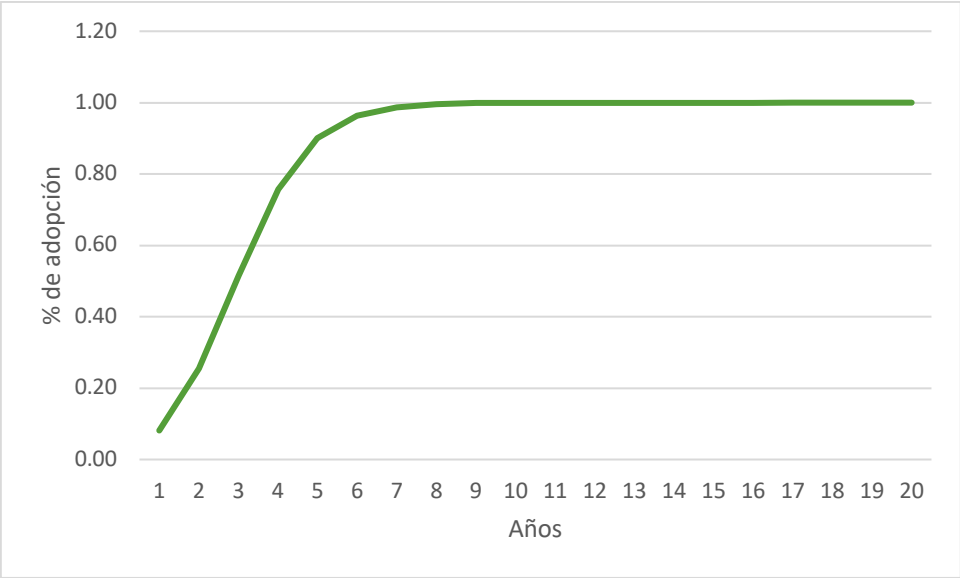
Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinado el número de proyectos se simuló la inversión a partir del modelo de difusión de Bass (1969). Esto tiene la finalidad de simular la adopción gradual del financiamiento de ACCIÓN por parte de los productores. Como se comentó con anterioridad existen dos parámetros del modelo referido que es necesario fijar, a saber, el porcentaje de innovadores y el porcentaje de imitadores. Estos dos parámetros se fijaron para que en un periodo de 5 años se ejecutaran la mayoría de las inversiones. En la Figura 28 se muestra cómo se ve el modelo de Bass con estos parámetros.

FIGURA 28. MODELO DE DIFUSIÓN DE BASS

[12] Considera solo la inversión inicial que se tiene que realizar el primer año para arrancar el proyecto, la cual puede servir como referencia para el financiamiento inicial. La columna de costos totales considera todos los costos en que se tiene que incurrir a lo largo de la vida útil de la actividad.

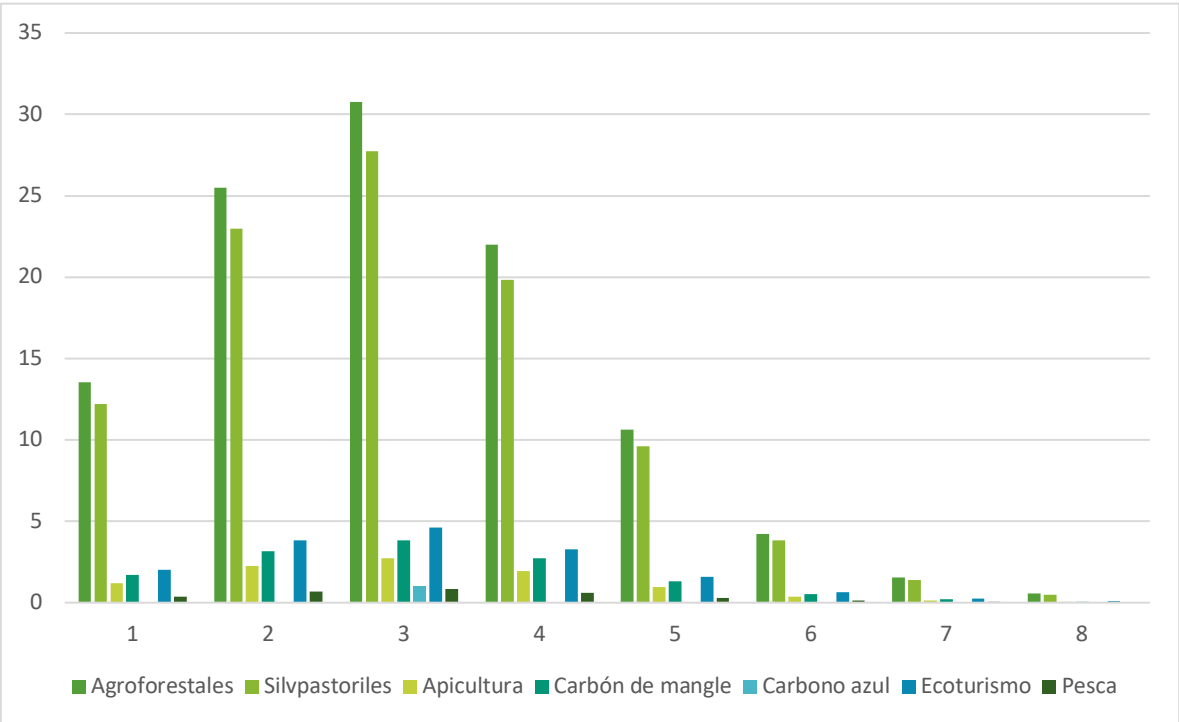
[13] Esta rentabilidad no considera la reducción de emisiones de la línea base, por lo tanto, el VPN con externalidades es menor al VPN financiero. Al considerar las emisiones de la pesca tradicional hay una reducción neta de emisiones.



Fuente: Elaboración propia. Nota: el porcentaje de innovadores es 5% y de imitadores 100%. Se eligieron estos valores para que 90% de la adopción se realizará en los primeros 5 años.

Una vez con el modelo de adopción se calculó el número de proyectos adoptados por año con el proyecto ACCIÓN. Esto se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

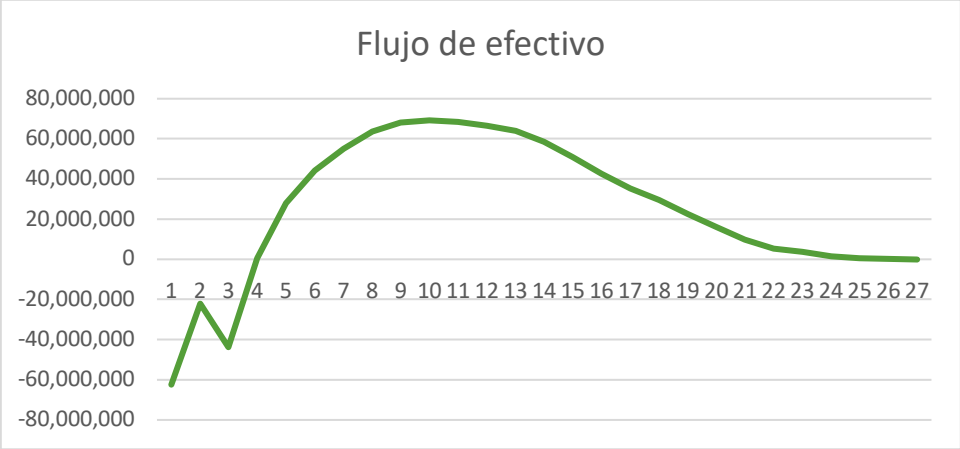
FIGURA 29. NÚMERO DE PROYECTOS FINANCIADOS POR AÑO



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se agregaron todas las actividades proyectadas en un solo flujo de efectivo y con ello se calcularon los indicadores de rentabilidad financiera y económica para todo el proyecto ACCIÓN. En la Figura 30 se presenta el flujo de efectivo para todo el proyecto ACCIÓN y en la Figura 31 se presenta el flujo de efectivo acumulado. Como se puede observar, se proyecta que se empiecen a generar beneficios netos positivos a partir del año 5 (ver flujo de efectivo) y la recuperación de la inversión sucede a partir del año 7 (ver flujo de efectivo acumulado).

FIGURA 30. FLUJO DE EFECTIVO PARA TODO EL PROYECTO ACCIÓN



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 31. FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DEL PROYECTO ACCIÓN

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 38 se presentan los indicadores de rentabilidad de todo el proyecto ACCIÓN. Estos resultados se obtienen de suponer que se ejecutan cada año el número de subproyectos por tipo de actividad mostrados en la Figura 29. Además, se supone que el proyecto ACCIÓN financia un total de 230 millones de pesos, lo cual corresponde a la inversión del primer año de las actividades. Se

reportan los indicadores con y sin mitigación. Se puede observar que el proyecto en su conjunto es rentable, tiene una TIR asociada de 22% y un ICB de 3.17 pesos por peso invertido.

TABLA 38. INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA EL PROYECTO ACCIÓN.

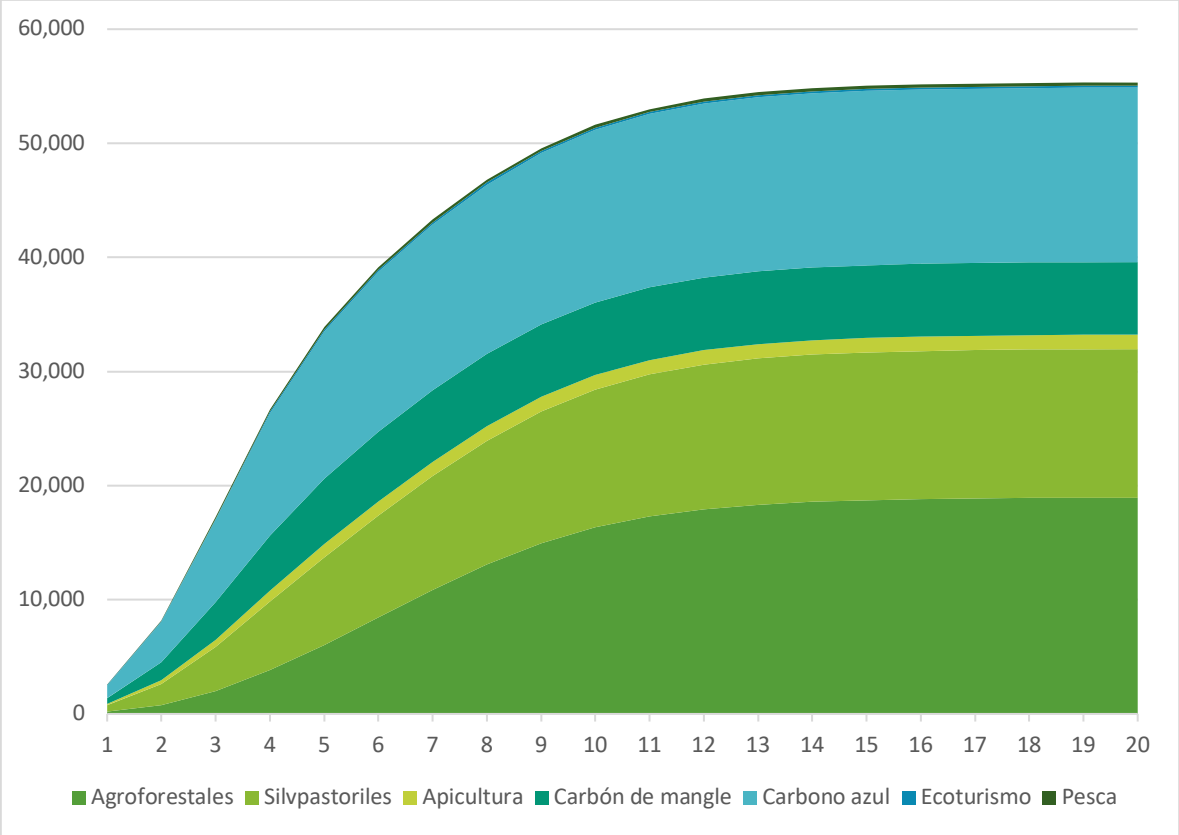
Indicador	Valor	Unidad
VPN	$667,006,306	Pesos
Costos totales	-$1,597,458,749	Pesos
Beneficios Totales	$2,274,465,055	Pesos
ICB	1.42	Peso/peso invertido
TIR	31%	%
FAE	$48,346,659	Pesos/año
Plazo de recuperación	7	Años

Fuente: Elaboración propia.

V. Potencial de mitigación

Con base en los resultados de la simulación de adopción de proyectos financiados por ACCIÓN se calculó el potencial de mitigación. Esto se realizó considerando la reducción de emisiones proyectada para cada tipo de proyecto y considerando el modelo de adopción de la sección anterior. En total se proyecta un potencial de mitigación de 867 mil tCO_2e con una inversión de 230 millones de pesos, lo cual implica un costo promedio simple de 265 pesos/tCO_2e. En la se presenta el costo de mitigación por actividad, resultando el carbon de mangle con el menor costo de 162 pesos/tCO_2e mitigada, el resto de las actividades están entre 175 y 6,400 pesos/tCO_2e y muy por arriba la mitigación proveniente de ecoturismo, la cual supone que se restauran 2 hectáreas por proyecto ecoturístico. Cabe señalar que en este monto no se están considerando otras externalidades ambientales generadas por los proyectos.

FIGURA 32. POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL PROYECTO ACCIÓN POR AÑO



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 33. COSTO EFECTIVIDAD POR ACTIVIDAD

Actividad	Costo por tCO_2e mitigada
Sistema agroforestal	175
Sistema silvopastoril	226
Apicultura con valor agregado	390
Carbón de mangle	171
Carbono azul	211
Ecoturismo	8,670
Pesca sostenible	6,367

Fuente: Elaboración propia.

Los datos mostrados en la Figura 33 se generaron considerando la inversión inicial total que sería erogada por el proyecto ACCIÓN (durante la etapa de inversión), dividida entre el total de reducción de emisiones proyectada para el total de actividades apoyadas en un periodo de 20 años. Este costo efectividad es diferente al que se muestra en la Tabla 22 porque solo considera la inversión inicial que se erogaría a través del proyecto ACCIÓN, por el contrario, en la Tabla 22 se muestra el costo efectividad considerando los costos totales de cada actividad. Dicho lo anterior, todas las cifras mostradas en la Figura 33 son menores a los de la Tabla 22 porque supone que la inversión del proyecto ACCIÓN es suficiente para detonar la reducción de emisiones durante los 20 años en los que se hizo el análisis costo beneficio.

En la Tabla 39 se presenta un resumen de los resultados del análisis. Como se puede observar, se obtienn 258 proyectos, para un total de 9,135 hectáreas más 90 embarcaciones. En total se generará una rentabilidad financiera de 550 millones de pesos con una inversión total de 1,909 millones de pesos. Además, se generarían 3,183 millones de pesos de externalidades adicionales. En términos de emisiones, se reducirían 867 mil tCO_2e. Lo anterior se obtendría con una inversión del proyecto ACCIÓN por 230 millones de pesos. En términos promedio esto implicaría un costo de mitigación de 265 pesos/tCO_2e.

TABLA 39. TABLA RESUMEN DE RESULTADOS

Actividad		Unidad	Sistemas agroforestales	Sistema silvopastoril	Apicultura con valor agregado	Carbón de manglar	Créditos de carbono azul	Ecoturismo	Pesca sostenible	Total
Número de proyectos		Subproyectos	112	101	10	14	1	17	3	258.0
Hectáres por proyecto		Hectáreas o embarcaciones	10	30	25	105	3000	20	30	
Hectáreas totales		Hectáreas o embarcaciones	1120	3030	250	1575	3000	340	90	9,210
Financieros	Costos privados	Millones de pesos	297.3	585.4	26.0	173.3	121.6	129.8	264.0	1,597.4
	Beneficios privados	Millones de pesos	472.4	723.9	33.6	290.4	16.4	268.5	469.4	2,274.6
	VPN privado	Millones de pesos	175.0	138.5	7.6	117.1	-105.2	138.7	205.3	677.0
Externalidades (económicos)	Valor de externalidades (sin carbono)	Millones de pesos	119.5	1.3	0.9	8,359.8	13,886.3	113.6	0.0	22,481.4
	Reducción de emisiones totales	miles tCO2e	262.0	202.1	22.1	111.0	261.7	3.0	4.7	866.6
	Valor presente de mitigación	millones de pesos	129.2	31.5	13.4	72.4	143.6	2.0	4.8	396.8
Inversión proyecto ACCIÓN		millones de pesos	45.7	45.6	8.6	19.0	55.2	25.9	30.0	230.0
ICE total		pesos/tCO2e	1,135	2,897	1,173	1,561	465	43,426	56,027	781
ICE ACCIÓN		pesos/tCO2e	174.4	225.5	389.6	171.0	210.9	8,671	6,367	265.4

Fuente: Elaboración propia

VI. Análisis de criterios de inversión del Fondo Verde para el Clima

En esta sección se describe cómo el modelo de transición sostenible propuesto responde a los criterios de inversión del Fondo Verde para el Clima. Estos criterios son potencial de impacto, potencial de cambio de paradigma, potencial de desarrollo sostenible, necesidades de beneficiarios, apropiación del país y eficiencia y efectividad. En esta sección se responde de manera general como aportan las actividades analizadas y también se describen particularidades para cada una de ellas.

VI.1. Potencial de impacto

Las actividades seleccionadas tienen un potencial tanto de mitigación como de adaptación. En el proceso de selección se consideró el contexto social, económico y ambiental de la zona de proyecto, la cual se distingue por la presencia de ecosistemas fuertemente amenazados por el cambio de uso de suelo originado por la actividad agropecuaria, urbana y turística, así como la sobrepesca en las costas. La zona costera de la Península de Yucatán vive dos realidades, por una parte, un entorno económico de alto crecimiento originado por la actividad turística, por el otro, población local que enfrenta situaciones de alta vulnerabilidad económica, social y ambiental. Estas dos realidades provocan que la población local opte ya sea por la realización de actividades primarias con muy bajo valor agregado, muchas veces provocando un cambio de uso de suelo en detrimento de ecosistemas naturales, o migrar a zonas turísticas para realizar actividades de servicio que no ofrecen seguridad social u otras condiciones laborales que reduzcan su vulnerabilidad de manera sostenida.

Ante esto, las actividades que se proponen son compatibles con los modos de vida habituales de la zona y a la vez permiten una transición a mejores condiciones sociales, económicas y ambientales. En este sentido, se escogió una opción de transición para cada una de las actividades económicas habituales que sean sostenibles en un sentido amplio.

De manera específica, se está considerando:

a. La transición de agricultura tradicional hacia sistemas agroforestales. Como se comentó con anterioridad, existen dichas zonas en el área de proyecto y tienen el potencial de convertirse en fuentes de captura de carbono, de alimentos para las personas y los animales de granja. Además, tienen el potencial de reducir la vulnerabilidad ante la sequía o choques económicos adversos, al ofrecer productos de autoconsumo. Montagnini (2020) argumenta que los sistemas agroforestales como los que se modelaron en nuestro análisis pueden compatibilizar la productividad económica con las funciones ambientales.
b. La transición de la ganadería extensiva a sistemas silvopastoriles. De acuerdo a una publicación reciente en *Scientific Reports* (Aryal *et al*., 2022) se reconoce el potencial que tienen los sistemas silvopastoriles para incrementar el almacenamiento de carbono en varios lugares en México, incluido Yucatán.
c. El desarrollo de proyectos apícolas o agregación de valor a la apicultura. La apicultura es una actividad muy difundida en toda la Península de Yucatán. No obstante, esta actividad por productores de pequeña escala (50 o menos colmenas por productor), así como de bajo valor agregado (miel vendida a granel a bajos precios). En este sentido, se propone el escalamiento de productores apícolas a 100 colmenas y la agregación de valor a partir del desarrollo de una marca y la adopción de maquinaria para el envasado. Si bien por si misma

no es una actividad que genere captura de carbono (incluso es generadora de emisiones por el transporte de los productos y la energía eléctrica utilizada por el envasado), si se realiza en zonas de manglar o selva contribuye a su preservación, debido a que la conservación de ecosistemas naturales genera mayor productividad de la actividad. Además, la apicultura tiene el potencial de reducir la presión al cambio de uso de suelo al generar fuentes de ingreso alternativas. Al respecto, de acuerdo con Hernández-Cuevas *et al.* (2023) la apicultura genera ingresos adicionales a los hogares comparados con hogares que no hacen esta actividad y dichos hogares tienen una menor probabilidad de caer en pobreza alimentaria.

d. Producción de carbón de mangle. La producción de carbón con madera de manglar tiene el potencial de generar ingresos económicos a través del uso sostenible de este ecosistema. A través de un plan de manejo y de Unidades de Manejo Ambiental (UMA) autorizadas es posible realizar este aprovechamiento de a la vez de generar captura de carbono y el mantenimiento de este tipo de ecosistema. El carbón de mangle es apreciado en restaurantes, lo que representa un mercado potencial de alta demanda. Si bien esta producción es escasa en México hay un ejemplo exitoso en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México (Pronatura Veracruz, 2018), que refleja el potencial que tiene esta actividad.
e. Créditos de carbono azul. Es bien conocido que los manglares son de los ecosistemas con más potencial para la captura y almacenamiento de carbono, no obstante, enfrentan fuertes presiones a la deforestación (Richards, Thompson y Wijedasa, 2020). En este contexto, los créditos de carbono azul representan una oportunidad para la protección de estos ecosistemas a través de generar fuentes de ingreso adicionales (Herrera-Silveira *et al*., 2020).
f. Ecoturismo. El ecoturismo es uno de los segmentos del turismo de más rápido crecimiento; en el caso particular de la costa de Yucatán el principal atractivo ecoturístico son los manglares y su fauna endémica (Ojeda, 2022). Esta actividad también puede ser fuente de restauración de ecosistemas; al respecto, Ojeda *et al*. (2020) documenta que en 25 proyectos ecoturísticos en la costa de Yucatán se han reforestado 450 hectáreas de manglar que fueron afectadas por el huracán Gilberto. Un ejemplo de éxito de esta actividad en la Península de Yucatán es el caso de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México, la cual se ha desarrollado por más de 20 años, en los cuales la visitación se ha mantenido en crecimiento de manera sostenida (Merediz-Alonso, 2020).

La simulación de la inversión en las actividades propuestas generaría una reducción de 867 mil tCO_2e. En la Tabla 39 se presentó la reducción de emisiones para cada actividad, y en la Figura 32 se presenta la evolución de la reducción de emisiones para cada actividad.

Además, se generan otro tipo de servicios ecosistémicos que representan cobeneficios de las actividades (ver Tabla 23). Estos beneficios complementarios son: polinización, el control biológico, calidad del agua, calidad del suelo, ciclo de nutrientes, regulación de flujos del agua, reducción de sedimentación, reducción de contaminación, servicios de provisión, servicios para pesquerías y conservación de biodiversidad (ver Tabla 40). En este sentido, las actividades contribuyen también a la adaptación de la zona de proyecto.

VI.2. Potencial de cambio de paradigma

Las actividades propuestas tienen distintos niveles de potencial de escalamiento y replicación. La replicación de actividades puede darse en la medida en que a nivel local se perciba que existen proyectos exitosos, que se tenga acceso a financiamiento suficiente, acompañamiento técnico y agencia por parte de las personas locales. El escalamiento representa mayores retos porque implica la organización por parte de distintos productores y posiblemente integración vertical de actividades, lo cual puede resultar difícil ante la diversidad de visiones y poder de decisión que hay en territorios como Yucatán (Ruiz-Mallén, 2014).

Una ventaja tanto para el escalamiento como la replicación de actividades es que hay presencia fuerte de organizaciones de la sociedad civil (OSC) y organizaciones no gubernamentales (ONG) que han madurado y promueven activamente proyectos sostenibles (Trench, Larson, Amico, 2017).

Respecto a las actividades específicas:

a. Sistemas agroforestales y silvopastoriles. El replicamiento se dará en la medida en que las personas tengan evidencia de que existen proyectos exitosos que generan beneficios tangibles, ya sea en términos de autoconsumo o productos para venta. El escalamiento se percibe difícil porque la actividad agrícola suele darse en espacios reducidos de traspatio.
b. Apicultura. En la Península de Yucatán la apicultura es una actividad muy difundida pero se caracteriza por ser de pequeña escala, la mayoría de los productores tienen menos de 50 colmenas (González *et al*., 2017). En este sentido esta actividad se percibe altamente replicable. En cuanto a la escalabilidad, el financiamiento y acompañamiento técnico para agregar valor a través del envasado y desarrollo de una marca pueden propiciarla. Es importante tener en cuenta que este tipo de proyectos es sensible a choques adversos en precios o demanda.
c. Carbón de mangle. Esta actividad requiere una escala de inicio relativamente grande, pues requiere entre 90 y 120 hectáreas para garantizar la sostenibilidad del aprovechamiento. En esta actividad se requiere un plan de manejo y el establecimiento de una UMA, por lo que experiencias previas pueden facilitar la replicabilidad, al tomar como punto de referencia los proyectos pioneros.
d. Créditos de carbono azul. Esta actividad tiene costos fijos altos, relacionados con establecer una línea base, verificación, certificación, monitoreo y evaluación, por lo que solo resulta rentable a una escala grande, que implica establecer proyectos de miles de hectáreas. Por tanto, su replicabilidad y escalabillidad dependerá de poder incorporar áreas grandes dentro de un solo proyecto. El precio del carbono negociado determinará la replicabilidad y escalabilidad de este tipo de proyectos, porque en este tipo de proyectos.
e. Ecoturismo. Como se comentó con anterioridad, el ecoturismo es una actividad con una demanda en aumento y la Península de Yucatán representa un lugar con alto potencial para su desarrollo. En este sentido, la replicabilidad se percibe como factible y como en otros casos dependerá de que la población perciba que es una actividad rentable. La escalabilidad dependerá de la capacidad de organización a nivel local, la cual como se comentó tiene a su favor la presencia de organizaciones sociales y ONG, pero en contra, la diversidad de visiones y desigualdad en el territorio.

VI.3. Potencial de desarrollo sostenible

Todas las actividades seleccionadas tienen asociados cobeneficios sociales y ambientales. En términos sociales generan empleos, disminuyendo los incentivos a la migración. Además, se estima que los proyectos generan entre 1.3 y 1.8 veces las inversiones iniciales de derrama económica, considerando la matriz de insumo producto (MIP) para México de INEGI (2018). Esto se presenta en la Sección III.3 Resultados económicos; en esta sección se precisan las fuentes de información y conceptos de estos resultados.

Para el caso de las emisiones de carbono, estas se calcularon cuando fue posible con la herramienta EX-ACT (Versión 9.4), desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2022). Esta herramienta se basa en los lineamientos refinados del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2019) y en otras fuentes científicas. Esta herramienta fue usada para agricultura tradicional, su transición a lo agroforestal, ganadería tradicional y su transición a silvopastoril y pesca.[14]

Para el caso de captura de carbono en manglares se utilizó un factor de 1.39 tC/ha/año proveniente de Herrera-Silveira *et al*. (2010), quienes reportan este parámetro para el contexto de Yucatán. Este factor se utilizó para apicultura, carbón en manglares, carbono azul y ecoturismo, partiendo del supuesto de que estas actividades se realizarán principalmente en estos ecosistemas. En este sentido, se calculó la reducción de emisiones para todas las actividades, tanto de línea base como para su alternativa de conversión.

En la Tabla 40 se presentan las fuentes de información que se utilizaron para la valoración de servicios ecosistémicos en los ecosistemas analizados. Estos valores se utilizaron para estimar la rentabilidad económica de cada actividad. Los resultados mostrados en la Tabla 39 y en general en el análisis económico de las actividades consideran estos valores.

TABLA 40. FUENTES DE INFORMACIÓN PARA VALORAR COBENEFICIOS

Ecosistema / uso de suelo	Servicio ecosistémico	Valor	Unidad	Fuente
Bosque tropical	Polinización	384	Pesos/ha/año	De Groot *et al*. (2012)
Ceercas vivas	Control biológico	554	Pesos/ha/año	Morandin, Long & Kremen (2016) y Alam *et al*. (2014)
Ceercas vivas	Calidad del agua	6900	Pesos/ha/año	Alam et al. (2014)
Ceercas vivas	Calidad del suelo	2159	Pesos/ha/año	Alam et al. (2014)
Ceercas vivas	Ciclo de nutrientes	210	Pesos/ha/año	De Groot *et al*. (2012) y Alam et al. (2014)
Ceercas vivas	Regulación de flujos de agua	4380	Pesos/ha/año	De Groot *et al*. (2012)
Cercas vivas	Secuestro de carbono	14.6	tCO2e/año	FAO (2022)

[14] Estas hojas de cálculo están disponibles en https://www.dropbox.com/scl/fo/hkv86dltq62s9kajrnkxa/h?rlkey=vix0wxdh27os03497o60lp9am&dl=0

Ecosistema / uso de suelo	Servicio ecosistémico	Valor	Unidad	Fuente
No aplica	Valor social del carbono	60	USD/ha/año	World Bank (2017)
Manglar	Captura de carbono	1.39	tC/ha/año	Herrera-Silveira et al. (2010)
No aplica	Factor emisión diesel	2.596	kgCO2/litro	INECC (2014)
Manglar	Protección costera	208000	Pesos/ha/año	Kairo, Wanjiru & Ochiewo (2009)
Manglar	Reducción de sedimentación	7400	Pesos/ha/año	Mukherjee *et al*. (2014)
Manglar	Reducción de contaminación	100000	Pesos/ha/año	Mukherjee *et al*. (2014)
Manglar	Servicios de provisión (alimentos)	19500	Pesos/ha/año	Mukherjee *et al*. (2014)
Manglar	Servicios para pesquerías	219000	Pesos/ha/año	Mukherjee *et al*. (2014)
Manglar	Biodiversidad	5282	Pesos/ha/año	Novianti *et al*. (2022)

Fuente: Elaboración propia

VI.4. Necesidades de beneficiarios

En México, el crédito productivo es escaso, pues existen fallas de mercado que limitan el acceso a empresas a financiamiento (Clavelina Miller, 2013). Esto provoca que las inversiones a mediano y largo plazo no se realicen, a pesar de que resulten de mayor rendimiento que las actividades productivas tradicionales. Las entidades productivas generalmente se financian de proveedores, a quienes se les paga de 90 a 120 días, no obstante, algunas de las actividades analizadas constituyen el último eslabón de la cadena, por lo que no cuentan con este tipo de financiamiento. Las restricciones al financiamiento afectan a toda la actividad productiva, incluida las relacionadas con mitigación y adaptación al cambio climático. De acuerdo con un análisis de Kissinger *et al*. (2019), el financiamiento es clave para que México pueda alcanzar su grado de ambición en metas climáticas, establecidas en su Contribución Nacionalmente Determinada (CND).

En términos de vulnerabilidad, de acuerdo con los Censos Agropecuarios 2022 (INEGI, 2022) las y los productores en Yucatán presentan como principales problemas: altos costos de insumos y servicios (85%), bajos precios o disminución de ventas a causa de la pandemia (44%), inseguridad (20%), productor(a) de edad avanzada o enfermo(a) (19%), dificultades para transportación (18%), pérdida de fertilidad del suelo (17%), escasez de mano de obra (10%) y dificultad de comercialización por existencia de intermediarios (9%).

En términos institucionales, como se comentó con anterioridad, la presencia de organizaciones sociales y de ONG puede facilitar la adopción de actividades de transición.

VI.5. Apropiación del país

El gobierno mexicano tiene establecida la meta de reducir 30% de los gases de efecto invernadero para 2030 y hasta 40% de manera condicionada (SEMARNAT, 2022). En su contribución

nacionalmente determinada (NDC por sus siglas en inglés), México se compromete entre otras cosas a: mejorar el manejo forestal y alcanzar una tasa cero de deforestación, dar prioridad a las Soluciones Basadas en la Naturaleza, desarrollar una Estrategia Nacional de Carbono Azul, fomentar prácticas agroecológicas, agricultura de conservación y sistemas silvopastoriles (SEMARNAT-INECC, 2022).

VI.6. Eficiencia y efectividad

Como se mostró en secciones anteriores, las actividades propuestas son rentables desde un punto de vista financiero como económico. En términos de eficiencia, las actividades de transición representan un incremento en la rentabilidad tanto a nivel privado como social. En términos de efectividad el costo de mitigación por tCO_2e varía por actividad, siendo los sistemas silvopastoriles y los créditos de carbono azul las medidas menos costosas y la más costosa por unidad de CO_2e el ecoturismo. Es importante mencionar que las actividades consideradas tienen cobeneficios de una magnitud considerable, las cuales debieran tomarse en cuenta para determinar asignaciones de financiamiento para cada una de ellas.

VII. Conclusiones

El análisis efectuado en el presente documento refleja una evaluación de factibilidad económica y socioambiental del proyecto ACCIÓN. Para evaluar la pertinencia de las actividades propuestas, se contrastaron los niveles de rentabilidad estimados con aquellos de las actividades económicas tradicionales en el área (*Bussiness as Usual,* BAU), mismos que se tomaron como línea base. Los resultados sugieren que las actividades son rentables a nivel privado (en términos financieros) y a nivel social. En este sentido, ofrecen alternativas sostenibles a las prácticas tradicionales extensivas que tienden a degradar los ecosistemas y hacer un uso insostenible de bienes naturales.

Cabe mencionar que el estudio realizado y, por lo tanto, las conclusiones presentadas, parten del supuesto de que ciertas condiciones sociales se cumplen, incluyendo la existencia de estructuras de gobernanza que permitan que grupos organizados accedan a fuentes de financiamiento para la realización de los proyectos; y que cuenten con la capacidad para realizar diagnósticos previos para demostrar la viabilidad de su participación en el proyecto. Por tanto, se asume la aceptación y participación activas de las comunidades locales en la implementación y gestión de los proyectos.

Cada una de las actividades sugiere ventajas financieras y sociales diferentes, y la elección de una u otra dependerá del contexto en el que se quiera aplicar y de las prioridades del inversor de los proyectos. El análisis provee para cada actividad, además de una estimación del Valor Presente Neto de los proyectos en el plazo definido, una estimación del VPN integrando externalidades cuyo valor monetario se aproxima utilizando hallazgos de la literatura. Lo anterior con el objetivo de ejemplificar la magnitud de los beneficios sociales y ambientales que generan los proyectos, que en los mercados actuales no pueden ser contabilizados en términos monetarios.

Puntualmente, se observa que la pesca sostenible es una actividad con capacidad para generar reducciones de carbono a largo plazo. Ahora bien, cabe mencionar que, en la Península de Yucatán, el mercado pesquero opera principalmente a través de intermediarios, quienes adquieren el producto sin procesar a bajo costo, garantizando así las ventas de los pescadores. Asimismo, se destaca que esta actividad está dirigida exclusivamente a quienes ya poseen permisos de pesca. En ese sentido, se identifica que la actividad podría enfrentarse al desafío de atraer a interesados dispuestos a asumir el riesgo asociado. Sin embargo, se considera que la pesca tiene un gran potencial para ofrecer beneficios ambientales y económicos a un grupo específico.

Por otra parte, los proyectos de créditos de carbono azul representan una excelente oportunidad para los poseedores de grandes extensiones de tierra, típicamente ejidos o comunidades. Dichos proyectos requieren un compromiso a largo plazo, ya que la duración de los contratos suele superar los 15 años. No obstante, se resalta que los rendimientos de esta actividad son significativamente altos, lo que la hace viable para grupos con elevados niveles de cohesión y organización interna.

El carbón de manglar se presenta como una actividad innovadora y altamente rentable. Es importante mencionar que la misma requiere que los interesados cuenten con permisos de aprovechamiento forestal. La actividad ofrece una manera de utilizar recursos que frecuentemente

son desaprovechados, como los restos de manglar muerto y ramas caídas. Asimismo, las labores de recolección también contribuyen a la limpieza del ecosistema, representando así una alternativa eficaz para la generación de carbono y de alta rentabilidad.

En el caso de la apicultura, se subraya su amplia presencia en la Península de Yucatán y su profunda importancia cultural, siendo considerada una práctica ancestral mantenida por muchas comunidades indígenas. Por tanto, se identifica un amplio nicho de posibles interesados en mejorar sus prácticas para producir productos de mayor calidad, a la vez que implementan sistemas que aseguren la sostenibilidad de los recursos a largo plazo. Finalmente, en términos ambientales dicha actividad destaca por integrar la producción agrícola presente en la región con la conservación de la biodiversidad, mejorando la salud del suelo y brindando servicios ecosistémicos.

La agroforestería, por su parte, se presenta como una actividad viable en terrenos de menor extensión, lo que la hace adecuada para interesados que no forman parte de grupos grandes. Ofrece la ventaja de generar productos para el autoconsumo, por lo que los beneficios económicos no dependen exclusivamente de las ventas. Asimismo, se observa que en comparación con otras actividades requiere de un menor presupuesto inicial.

El ecoturismo demanda inversiones iniciales significativas, pero es muy rentable y posee un enorme potencial para la generación de carbono. Esta actividad exige una excelente coordinación interna por parte de los grupos que la implementan, considerándose una alternativa favorable para aquellos con un compromiso a largo plazo, especialmente por la inversión requerida en infraestructura.

Finalmente, la transición hacia sistemas silvopastoriles puede captar el interés de muchos, dado que, al igual que la apicultura, tiene una fuerte presencia en la Península de Yucatán. Asimismo, la transición a sistemas silvopastoriles representa una alternativa para una actividad productiva que, al igual que la agricultura, genera alimentos. Por lo anterior, se destaca el esfuerzo por cambiar sistemas que generan bienes de consumo de primera necesidad a esquemas más sostenibles.

Para todas las actividades se observa que, además de su rentabilidad, las mismas tienen mayores probabilidades de ofrecer seguridad financiera a largo plazo para los integrantes de la comunidad. Lo anterior, ya que la degradación ambiental y la sobreexplotación de recursos comprometen la disponibilidad de la cual dependen los medios de subsistencia, tales como los recursos forestales, pesqueros e hídricos.

Asimismo, se observa que, para ciertas actividades, el Valor Presente Neto (VPN), descontando impuestos, alcanza cifras rentables. Destacan, en orden descendente el carbón de mangle, los créditos de carbono azul, el ecoturismo, la pesca sostenible y los sistemas silvopastoriles. No obstante, la aplicación de estos valores abarca amplias extensiones de terreno. El proyecto con la mayor extensión corresponde a los créditos de carbono azul (3000 ha), seguido por el carbón de mangle (105 ha), y en tercer lugar, compartiendo posición, la pesca sostenible y los sistemas silvopastoriles (ambos con 10 ha). Asimismo, es importante señalar que todas las actividades mencionadas generan un flujo anual equivalente que supera los 160,000 pesos/año.

Por otra parte, al analizar los resultados financieros unitarios para cada actividad, se destaca que el flujo anual equivalente de las actividades agroforestales ocupa el tercer lugar en rentabilidad, solo

superado por la pesca sostenible y el ecoturismo. En cuanto al índice costo beneficio, la pesca sostenible presenta los mayores beneficios, seguida por el ecoturismo y el carbón de mangle.

En este contexto, los resultados mencionados sugieren que las distintas actividades se adaptan a una variedad de necesidades y condiciones. Es importante mencionar que la diversificación de actividades productivas disminuye los riesgos asociados a la dependencia de un solo producto o mercado. Y, por otro lado, que en las economías de escala las inversiones en condiciones habilitadoras y la eficiencia en el manejo de recursos se maximizan a través de la integración de diversas actividades. Esto no solo mejora la rentabilidad y sostenibilidad de las prácticas productivas, sino que también contribuye a la resiliencia económica y ambiental de las comunidades locales. Esto se menciona como recomendación de procurar la oferta de financiamiento como una posible mezcla de actividades y no solo una puntual.

La diversificación de actividades productivas y transición a esquemas de sostenibilidad, no solo es necesaria para la preservación ambiental y la mitigación del cambio climático; también ofrece oportunidades económicas viables y sostenibles para las comunidades locales de la región. La adopción de estos sistemas y prácticas revelan una alternativa hacia un futuro más resiliente y sostenible, donde la producción y la conservación ambiental van de la mano.

VIII. Referencias

Alam, M., Olivier, A., Paquette, A., Dupras, J., Revéret, J. P., & Messier, C. (2014). A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforestry systems*, 88, 679-691.

Alvarado-Díaza, H., Zaldívar-Cruz, J. M., & Tucuch-Haasd, I. PRESENCIA DE LA APICULTURA EN LOS MANGLARES DE LA COSTA DE TABASCO, MÉXICO. *MEMORIAS ARBITRADAS* 2023, 69.

Aprigranca.es (2023). Distancia entre colmenas y carga apícola. Consultado el 27 de febrero de 2024 en https://apigranca.es/distancia-entre-colmenares-y-carga-apicola#:~:text=En%20una%20zona%20con%20buena

Aryal, D.R., Morales-Ruiz, D.E., López-Cruz, S. et al. Silvopastoral systems and remnant forests enhance carbon storage in livestock-dominated landscapes in Mexico. *Sci Rep* 12, 16769 (2022). https://doi.org/10.1038/s41598-022-21089-4

Banco de México (2024). Encuesta sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado: Enero de 2024. Banco de México. Consultado el 22 de febrero de 2024 en https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/encuestas-sobre-las-expectativas-de-los-especialis/%7BC2C7A57C-B66F-42ª6-1D67-843CAD38E485%7D.pdf

Bass, F. M. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management science*, 15(5), 215-227.

Becerril García, J., & Hernández Cuevas, F. I. (2020). Apicultura: su contribución al ingreso de los hogares rurales del sur de Yucatán. *Península*, 15(2), 9-29.

Bimrah, K., Dasgupta, R., Hashimoto, S., Saizen, I., & Dhyani, S. (2022). Ecosystem services of mangroves: A systematic review and synthesis of contemporary scientific literature. *Sustainability*, 14(19), 12051.

Blasco, C. (2024). Comunicación personal. Realizada el 16 de enero de 2024.

Bonfliglio, L. E. T., Fernández, L. A. P., & Vázquez, F. G. (2021). Factores que condicionan la viabilidad del ecoturismo con comunidades mayas en áreas naturales protegidas de la Península de Yucatán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 18, 1-24.

Chumacero, M. G., Linares, V. P., & González, C. M. (2020). Fuego en el manglar: La producción de carbón vegetal entre los mayas chontales de la costa de Centla, Tabasco. Antrópica. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(11), 65-87.

CIATEJ PROTEAA – ISEI (2022). Diagnóstico, retos, oportunidades tecnológicas y sociales, *Boletín Prospección Agroalimentaria Tecno Económica,* B1-Q1-05-22. https://ciatej.mx/dyd/boletinprospeccion.pdf

Clavelina Miller, J. L. (2013). Crédito bancario y crecimiento económico en México. *Economía informa*, 378, 14-36.

Comisión Nacional Forestal. (2021). Carbón vegetal: una alternativa sustentable para las comunidades. https://www.gob.mx/conafor/es/articulos/carbon-vegetal-una-alternativa-sustentable-para-las-comunidades?idiom=es

CONAFOR (s.f.) Catálogo de paquetes tecnológicos forestales: Guía de campo. SEMARNAT-CONAFOR. Consultado el 27 de febrero de 2024 en https://old-snigf.cnf.gob.mx/wp-content/uploads/Investigacion/Catalogo_Paquetes_Tecnologicos.pdf

CONAFOR (2023). Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables: Primer semestre de 2023. CONAFOR. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/853252/Reporte_SIPRE_1er_semestre_2023.pdf

Coordinación Ecoforestal, Pronatura Veracruz A.C. (2018). "*Carbón De Mangle: Una Oportunidad De Uso Sustentable Y Valor Agregado* .", IKI Alliance, https://iki-alliance.mx/carbon-mangle-una-oportunidad-uso-sustentable-valor-agregado/.

Cosío Ruiz, C. (2020). Sistema Silvopastoril en la Unidad de Producción Agropecuaria Nacional: Enfoque estratégico y regionalización, Península de Yucatán. *REVISIÓN SOCIAL. Revista Internacional de Ciencias Sociales / Revista Internacional De Ciencias Sociales* , *9* (3), págs. https://doi.org/10.37467/gka-revsocial.v9.2519

De Groot, R., Brander, L., Van Der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., ... & Van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem services, 1*(1), 50-61.

EDF-UNAM (2022). Estudio de costo beneficio de escenarios de recuperación de la pesquería de mero en Yucatán. EDF. https://mexico.edf.org/sites/default/files/EstudioCosto-Beneficio.pdf

El Sol de Hidalgo (2020). Precios de forrajes se mantienen sin variación. *El Sol de Hidalgo,* edición del 10 de septiembre de 2020. Consultado el 27 de febrero de 2024 en https://www.elsoldehidalgo.com.mx/local/regional/precios-de-forrajes-se-mantienen-sin-variacion-5739874.html

FAO (2022). Ex-Ante Carbon-balance Tool, EXACT. FAO. https://www.fao.org/in-action/epic/ex-act-tool/suite-of-tools/en/

FIRA (2023). Maíz, Sur de Quintana Roo. *Sistema de costos agrícolas*. FIRA. Consultado el 26 de febrero de 2024 en https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=115098

Flórez Martínez, Diego Hernando, & Ward Argota, Sídney. (2013). Diseño de una minicadena productiva para apicultura orgánica en San Andrés Islas a través de un itinerario de ruta como herramienta de gestión e integración. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *14*(2), 129-147. Retrieved April 05, 2024, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062013000200003&lng=en&tlng=es.

Garry, S., Parada Gómez, Á. M., & Salido Marco, J. (2017). Incorporación de mayor valor en la cadena de la miel y productos derivados de la colmena en el Pacífico Central, Costa Rica. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Publicación de las Naciones Unidas, LC/MEX/TS.2017/23. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cfdccbd8-c214-43f1-bde2-308bcb7052e9/content

Gobierno de México (2020). Mercado voluntario de bonos de carbono. Gobierno de México. Consultado el 22 de febrero en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/564602/Mercado_voluntario_de_bonos_de_carbono.pdf

González, E. M., Ávila, J. A., Gallegos, N. A., Sánchez, E. G., Martínez, J. O., & Cortés, H. S. (2017). Adopción de buenas prácticas de producción de miel en Yucatán, México. *Livestock Research for Rural Development*, 29, 6.

Gruberg Cazón, Helga, & Azero A., Mauricio. (2009). Evaluación de la sostenibilidad económica, sociocultural y ecológica de la agroforestería sucesional en tres estudios de caso en la zona de Alto Beni, Bolivia. *Acta Nova*, *4*(2-3), 236-262. Recuperado en 05 de abril de 2024, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892009000100005&lng=es&tlng=es.

Hernández-Cuevas, F.I., Becerril García, J., Castillo-Loeza, D.E., Pereyra de la Rosa, E. (2022). Community Interactive Social Projects to Achieving Sustainable Development Goals: Yucatan's Rural Areas, Mexico. In: Leal Filho, W., Aguilar-Rivera, N., Borsari, B., R. B. de Brito, P., Andrade Guerra, B. (eds) *SDGs in the Americas and Caribbean Region. Implementing the UN Sustainable Development Goals – Regional Perspectives*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91188-1_31-1

Herrera-Silveira, J.A., Zaldivar-Jiménez, A., Teutli-Hernandez, C., Pérez-Ceballos, R. y Caamal-Sosa, J. (2010). Los manglares de Yucatán y el cambio climático global, p. 421-436. En E. Rivera.Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual, y G.J. Villalobos-Zapata (eds.) *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino.* Universidad Autónoma de Campeche CETYS-Universida, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.

Herrera-Silveira, J. A., Pech-Cardenas, M. A., Morales-Ojeda, S. M., Cinco-Castro, S., Camacho-Rico, A., Sosa, J. P. C., … & Teutli-Hernandez, C. (2020). Blue carbon of Mexico, carbon stocks and fluxes: a systematic review. *PeerJ*, 8, e8790.

INECC (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*. México: SEMARNAT.

INEGI (2018). Matriz de Insumo Producto (MIP). Año base 2018. INEGI. Consultado el 22 de febrero en https://www.inegi.org.mx/programas/mip/2018/

IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

INEGI (2023). Resultados definitivos Yucatán. *Censo Agropecuarios*. INEGI. Consultado el 5 de marzo de 2024 en https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ca/2022/doc/ca2022_rdYUC.pdf

Kairo, J. G., Wanjiru, C., & Ochiewo, J. (2009). Net pay: economic analysis of a replanted mangrove plantation in Kenya. *Journal of Sustainable Forestry*, 28(3-5), 395-414.

Kissinger, G., Gupta, A., Mulder, I., Unterstell, N. (2019). Climate financing needs in the land sector under the Paris Agreement: An assessment of developing country perspectives, *Land Use Policy*, 83, 256-269.

Lara, J.A., Torres, J.M. y Guevara A. (2020). Parametrización y análisis costo beneficio de modelos tecnológico-financieros de ganadería sustentable, cero deforestación y baja en emisiones e identificación de fuentes de financiamiento. TNC.

López, M., Aguiar, R. y Centeno, C. (2019). Caracterización de la actividad ecoturística de manglar en el Ejido de San Crisanto, Yucatán, México. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*: diciembre 2019.

Merediz-Alonso, G. (2020). Ecotourism as a Means to Promote Community Inclusion and Nature Conservation: The Case Study of Maya Ka'an. In: Ortega-Rubio, A. (eds) *Socio-ecological Studies in Natural Protected Areas*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47264-1_32

Monroy-García, C., Gutiérrez-Pérez, C., Medina-Quijano, H., Uribe-Cuevas, M. y Chable-Ek, F. (2019). La actividad pesquera de la flota ribereña en el estado de Yucatán: pesquería de escama. México: INAPESCA.

Montagnini, F. (2020). The contribution of agroforestry to restoration and conservation: biodiversity islands in degraded landscapes. *Agroforestry for Degraded Landscapes: Recent Advances and Emerging Challenges*-Vol. 1, 445-479.

Morandin, L. A., Long, R. F., & Kremen, C. (2016). Pest control and pollination cost–benefit analysis of hedgerow restoration in a simplified agricultural landscape. *Journal of Economic Entomology*, 109(3), 1020-1027.

Mukherjee, N., Sutherland, W. J., Dicks, L., Huge, J., Koedam, N., & Dahdouh-Guebas, F. (2014). Ecosystem service valuations of mangrove ecosystems to inform decision making and future valuation exercises. *PloS one*, 9(9), e107706.

New Ventures (2023). Proyecto Comunidades Sostenibles para la Acción Climática en la Península de Yucatán (ACCIÓN Yucatán): Identificar iniciativas, proyectos y negocios de adaptación basada en ecosistemas (AbE). FMCN.

Oficina Nacional Forestal. "Guía Técnica Saf Para La Implementación De Sistemas Agroforestales (Saf) Con Árboles Forestales Maderables." EuroDigital Comunicación. Costa Rica, 2013. https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Ancient Maya city and protected tropical forests of Calakmul, Campeche. México, UNESCO, 2021. Consultado el 1 de marzo de 2024 en https://whc.unesco.org/en/list/1061/

Orgaz Agüera, F. (2014). Turismo y cooperación al desarrollo: Un análisis de los beneficios del ecoturismo para los destinos. *El Periplo Sustentable*, (26), 47-66. Universidad Autónoma del Estado de México.

Pech, D. (2010). Cambio climático global, eventos extremos y biodiversidad costera de la península de Yucatán. *CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO*, 263.

Novianti, R., Afandi, A. Y., Tampubolon, B. I., Rahmadya, A., & Sulawesty, F. (2022, July). Mangrove Resource and Ecotourism Development in Karangsong, Indramayu Regency, West Java, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1062, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.

Ojeda, A. B. (2022). Environmental Education and Ecotourists: Experience from the Yucatan Coast, Mexico. *Research in Ecology*, 4(3), 1-9.

Ojeda, A. B., García de Fuentes, A., Romero, D., & Fraga, J. (2020). Ecotourism as a conservation tool in coastal wetlands of Yucatan, Mexico. *Revista cartográfica*, (101), 155-171.

PNUD (2018). Guía para el Usuario de la plataforma del Sistema Integral de Monitoreo de la Biodiversidad y Degradación. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Consultado el 22 de febrero de 2024 en https://monitoreo.conabio.gob.mx/snmb_charts/descarga_datos_madmex.html

Pronatura Veracruz (2018). Carbón de mangle: una oportunidad de uso sustentable y valor agregado. Consultado el 22 de febrero de 2024 en https://iki-alliance.mx/carbon-mangle-una-oportunidad-uso-sustentable-valor-agregado/

Proust, S., Anta, S., & Cepeda, M. F. (2015). CTC REDD+ de la Península de Yucatán. Análisis de los determinantes de la deforestación y acciones REDD+ en la Península de Yucatán. Consultado el 28 de febrero de 2024 en https://biodiversidad.gob.mx/media/1/region/files/cbmm/18-analisis-determinantes-deforestacion.pdf

Quintero, A.G. (2013). Plan de negocios para cabañas “Las 3’s” en la comunidad del terreno apegado a las reglas de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Tesis para obtener el grado de Licenciada en Administración del Instituto Tecnológico de Colima.

Ramírez-Cancino, L., & Rivera-Lorca, J. A. (2010). La ganadería en el contexto de la biodiversidad. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*, 106-108.

Richards, D.R., Thompson, B.S. & Wijedasa, L. (2020). Quantifying net loss of global mangrove carbon stocks from 20 years of land cover change. *Nat Commun* 11, 4260. https://doi.org/10.1038/s41467-020-18118-z

Ruiz-Mallén, I., Newing, H., Porter-Bolland, L., Pritchard, D. J., García-Frapolli, E., Méndez-López, M. E., ... & Reyes-García, V. (2014). Cognisance, participation and protected areas in the Yucatan Peninsula. *Environmental conservation*, 41(3), 265-275.

Representación agricultura Quintana Roo. "Fructífera La Actividad Agrícola En El Estado.", 2018. https://www.gob.mx/agricultura%7Cquintanaroo/es/articulos/fructifera-la-actividad-agricola-en-el-estado.

SAGARPA (2014). Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). SAGARPA. Consultado el 26 de febrero de 2024 en https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2020/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet5d07.html

Sampayo, S., Marín M. y García, J.C. (2011). Establecimiento de plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis* L.f.) en Tamaulipas. *Desplegable para Productores Núm. 19*.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. "Bomba! Yucatán Y Su Producción Agroalimentaria Y Pesquera." 2022. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/bomba-yucatan-y-su-produccion-agroalimentaria-y-pesquera.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. "Producción Agropecuaria Y Pesquera En Campeche.", 2022. https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/produccion-agropecuaria-y-pesquera-en-campeche?idiom=es.

Secretaría de Turismo. "Cómo Desarrollar Un Proyecto De Ecoturismo." Segunda Edición. Distrito Federal, México, 2005. https://cedocvirtual.sectur.gob.mx/janium/Documentos/002011Pri0000.pdf.

SEMARNAT (2022). Gobierno de México expone medidas para alcanzar metas de reducción de gases de efecto invernadero. *México ante el Cambio Climático: Sitio oficial de país*. Consultado el 5 de marzo de 2024 en https://cambioclimatico.gob.mx/gobierno-de-mexico-expone-medidas-para-alcanzar-metas-de-reduccion-de-gases-de-efecto-invernadero/

SEMARNAT-INECC (2022). Contribucion Determinada a nivel Nacional: Actualización 2022. Gobierno de México. Consultado el 5 de marzo de 2024 en https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mexico_NDC_UNFCCC_update2022_FINAL.pdf

Senko, J. F., Peckham, S. H., Aguilar-Ramirez, D., & Wang, J. H. (2022). Net illumination reduces fisheries bycatch, maintains catch value, and increases operational efficiency. *Current Biology*, 32(4), 911-918.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Informe de la situación del medio ambiente en México, edición 2018. México, SEMARNAT, 2019

SmartFish Rescate de Valor, AC (2022). Guía para el rescate de valor de la pesca de pequeña escala. México.

Su, J., Friess, D. A., & Gasparatos, A. (2021). A meta-analysis of the ecological and economic outcomes of mangrove restoration. *Nature Communications*, 12(1), 5050.

TNC-UADY (2021). *Modelo de innovación en Ganadería Sostenible*. México: TNC.

Trench, T., Larson, A. M., & Amico, A. L. (2017). Multilevel governance and land use in Chiapas and Yucatan. *Change*, 20, 20-40.

Uc, L. C. C., & Magaña, M. A. M. (2017). Costos y rentabilidad de la apicultura a pequeña escala en comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán, México. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (71), 52-58.

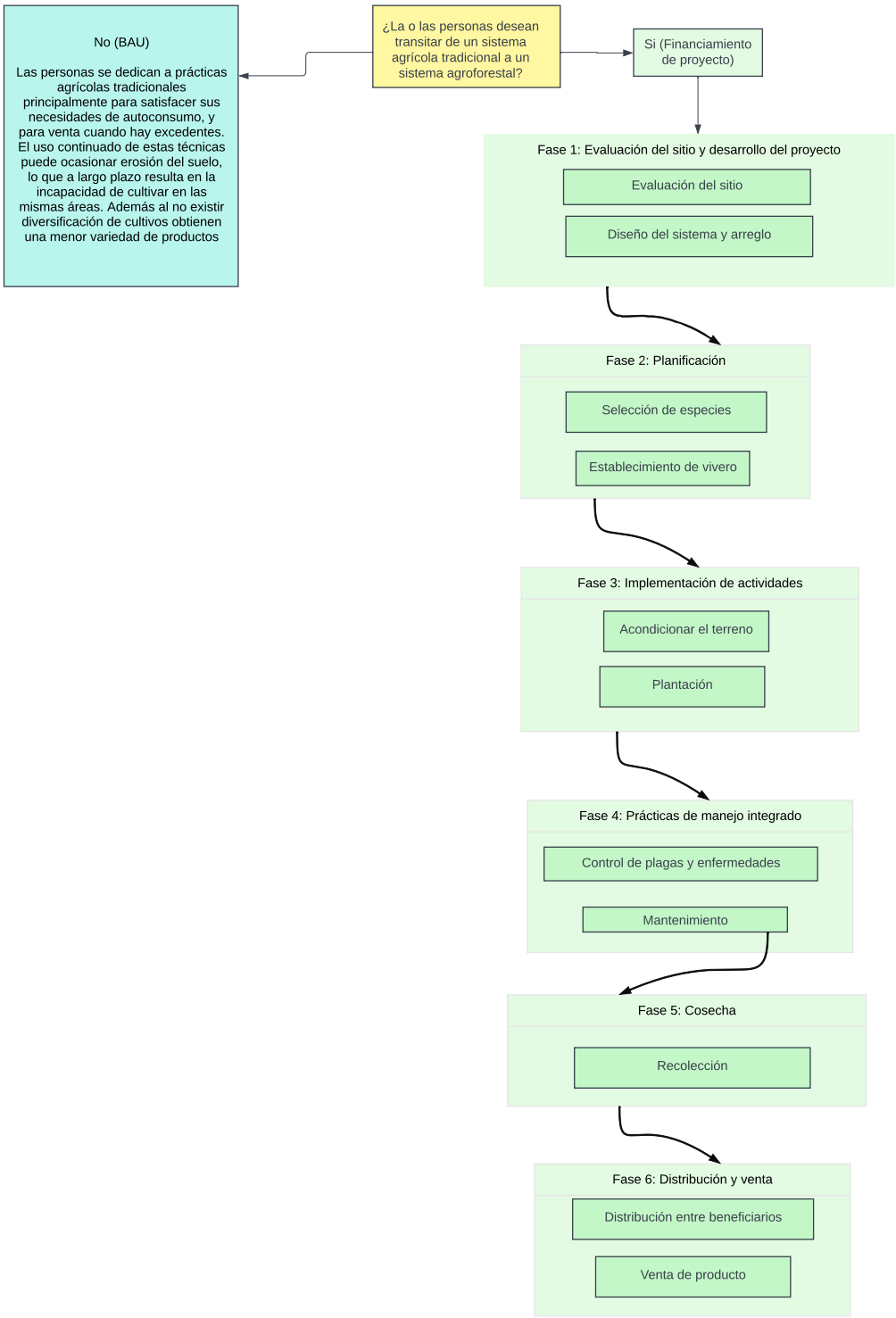
Villanueva, C., Ibrahim, M., & Casasola, F. (2008). Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos. *Serie Técnica. Informe Técnico*.

World Bank. (2017). Guidance note on shadow price of carbon in economic analysis.

Zavala Beltrán, J. I., López Santiago, M. A., Valdivia Alcalá, R., & Montiel Batalla, B. M. (2021). Análisis de la rentabilidad apícola por estratos en Aguascalientes, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *12*(2), 453-468.

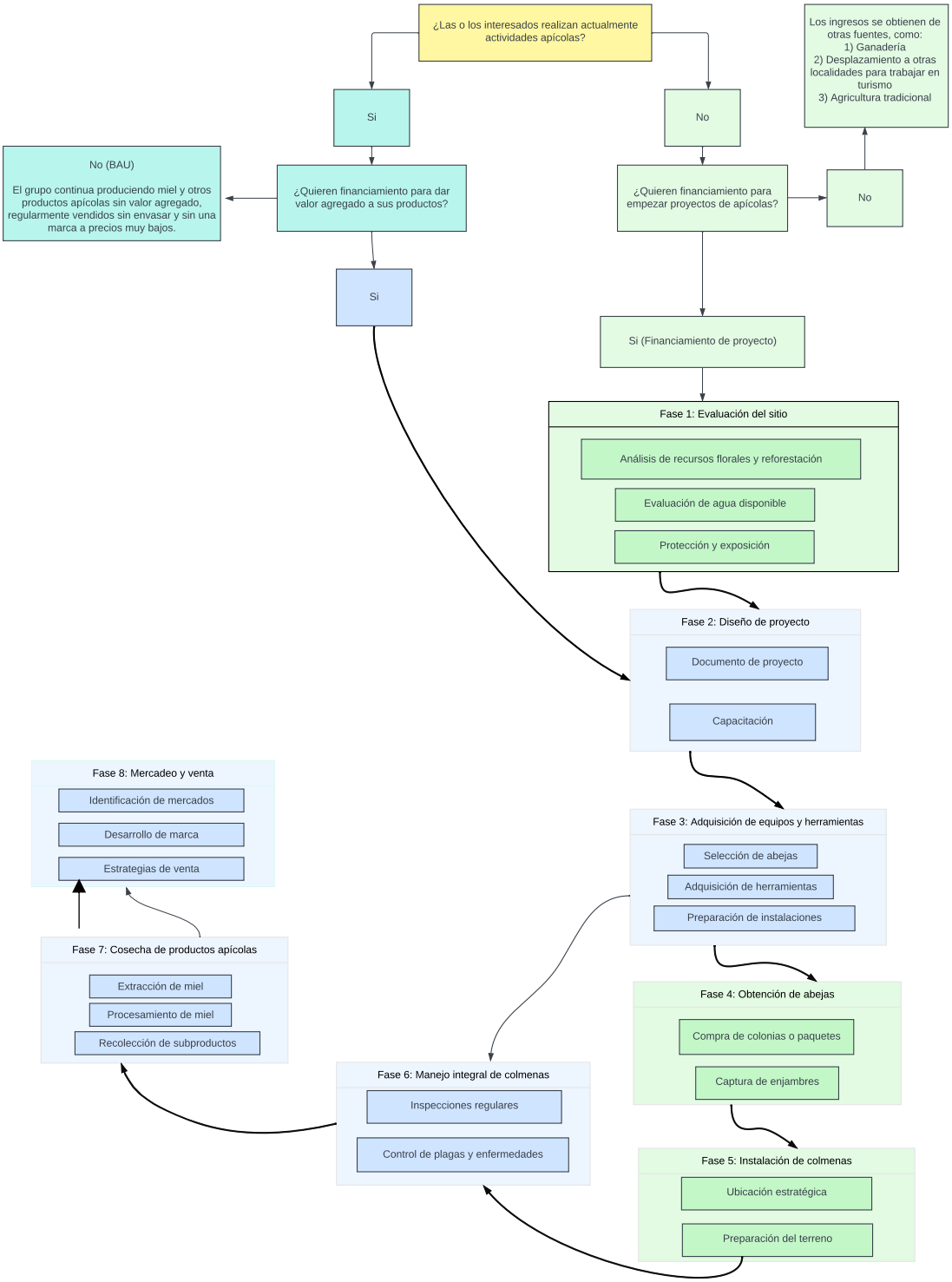
IX.Anexos

Anexo 1. Diagrama de flujo de sistemas agroforestales



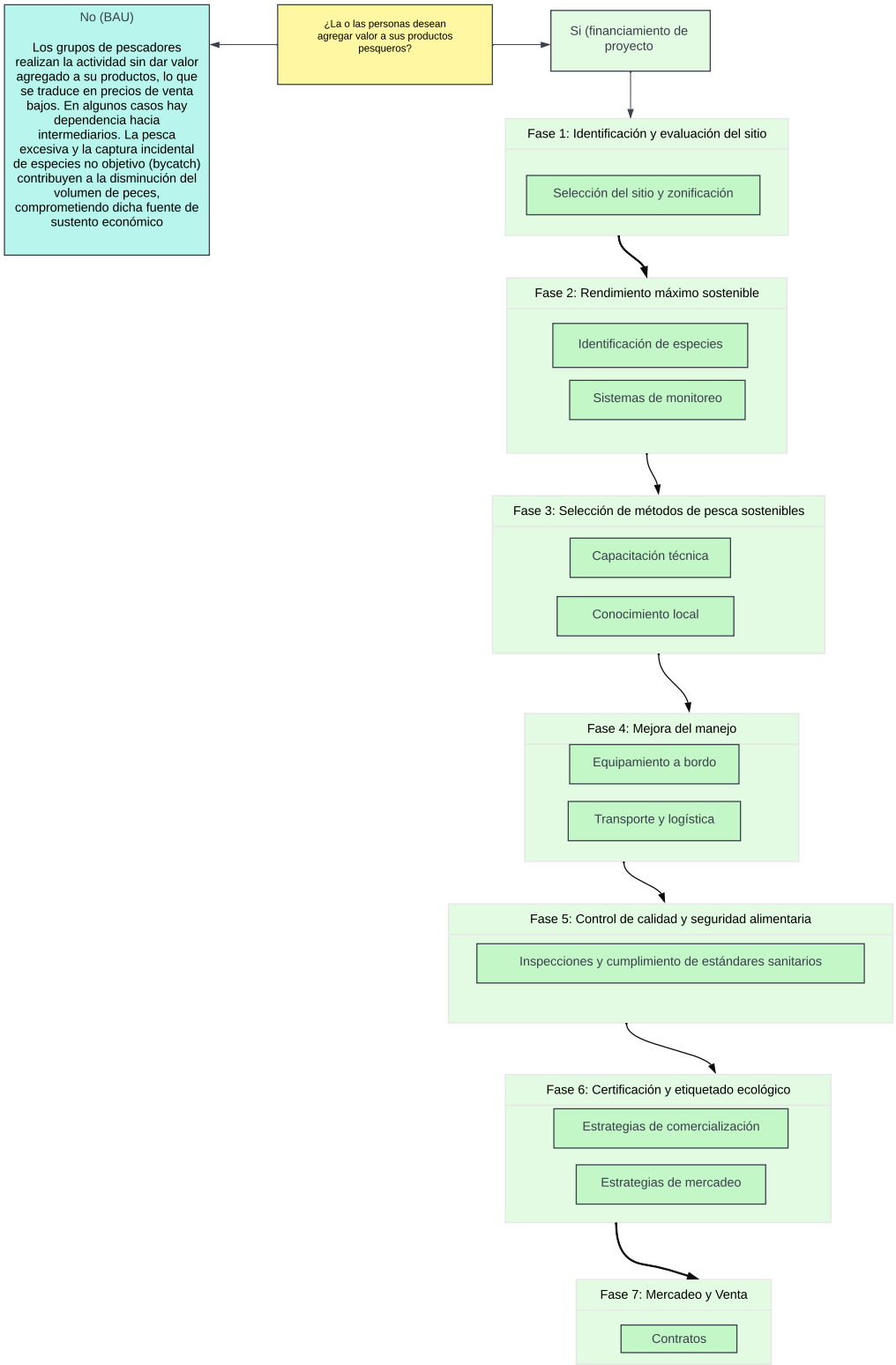
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Diagrama de flujo de apicultura



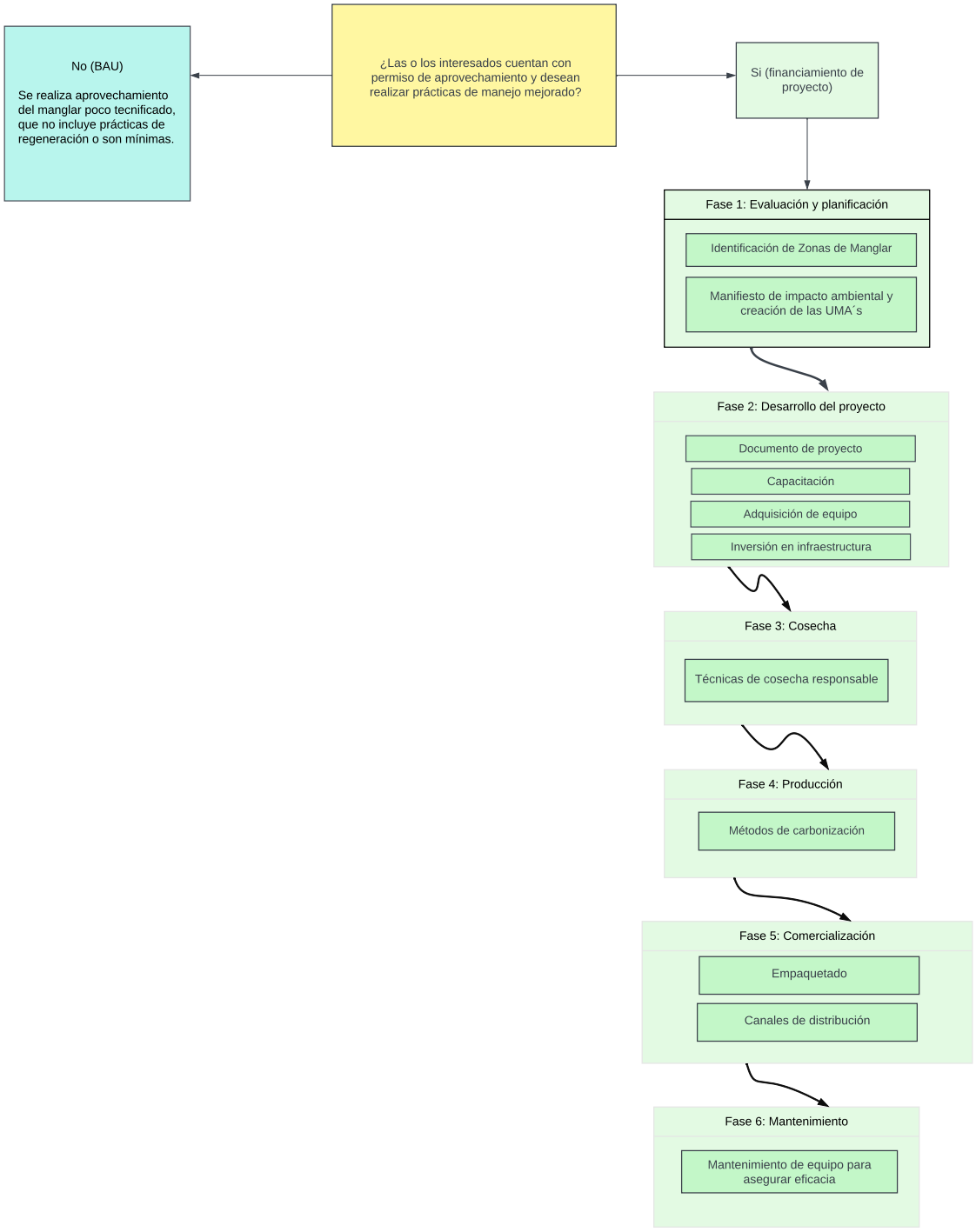
Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Diagrama de flujo de pesca sostenible



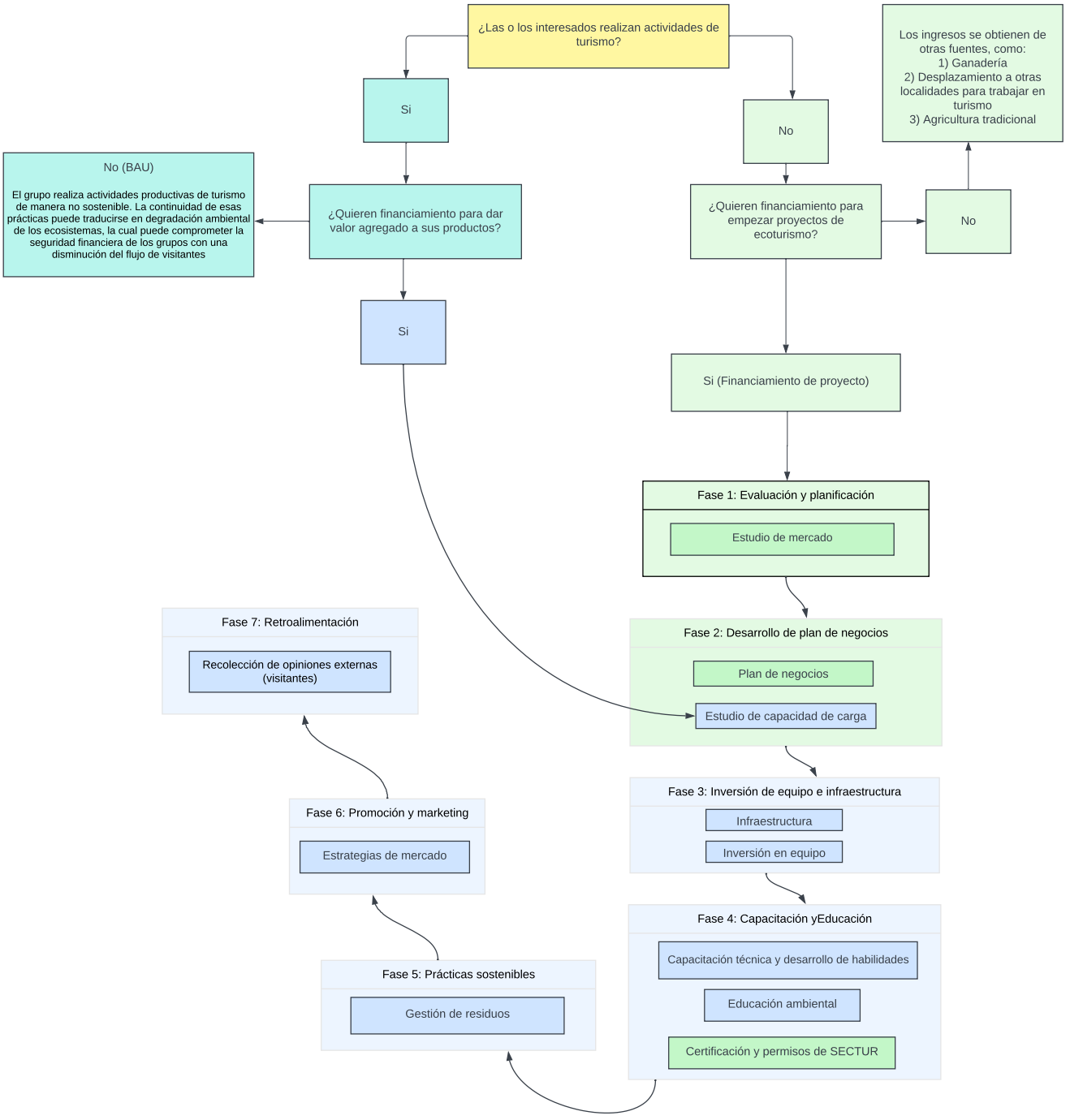
Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Diagrama de flujo de carbón



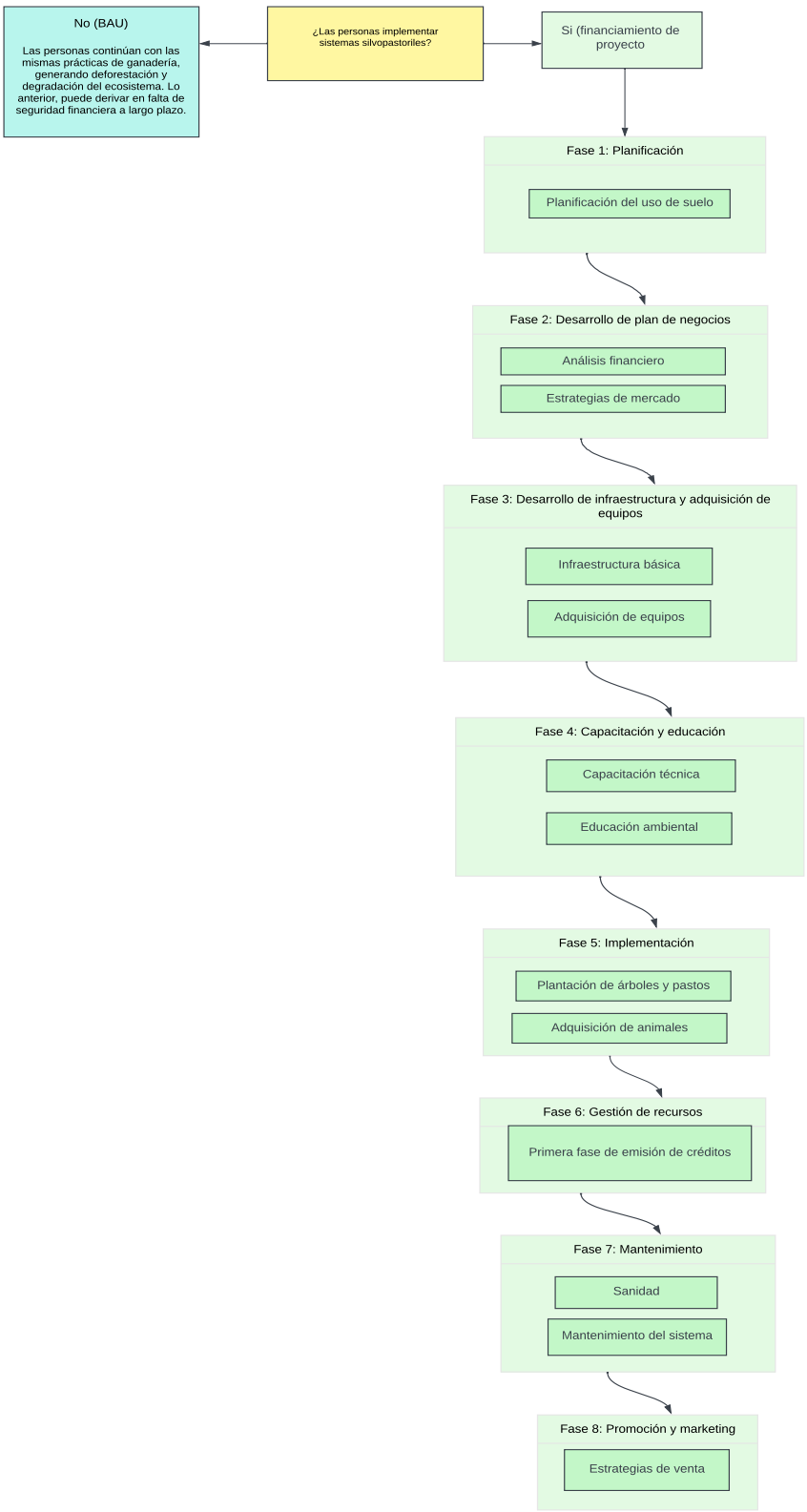
Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Diagrama de ecoturismo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Diagrama de flujo de sistemas silvopastoriles



Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Definición de indicadores de rentabilidad

a. **Valor presente neto (VPN)**. Medida en pesos que refleja el valor actual de los flujos de efectivo de una actividad.

$$VPN = \sum_{t=0}^{T} \frac{B_t - C_t}{(1+\delta)^t}$$

Donde *B* representa los beneficios y *C* los costos del tiempo *t*; δ la tasa de descuento y *T* el horizonte de evaluación (la fecha final de cada actividad).

b. **Índice Costo Beneficio (ICB)**. Medida relativa que indica cuántas unidades monetarias obtengo por cada unidad que se invierte, cuando es mayor a 1 significa que hay una rentabilidad positiva.

$$ICB = \frac{\sum_{t=0}^{T} \frac{B_t}{(1+\delta)^t}}{\sum_{t=0}^{T} \frac{C_t}{(1+\delta)^t}}$$

c. **Flujo Anual Equivalente (FAE)**. Es un flujo constante para cada periodo cuyo valor presente neto equivale al valor presente neto de toda la actividad. Tiene la intención de expresar el VPN en una cifra constante y anualizada. Es útil cuando para comparar la rentabilidad de actividades que tienen distintos horizontes de evaluación.

$$FAE = \frac{VPN}{\sum_{t=0}^{T} \frac{1}{(1+\delta)^t}}$$

d. **Plazo de recuperación de la inversión (*T**)**. Es el tiempo en el que los flujos descontados toman un valor mayor o igual a cero. Cabe señalar que este tiempo puede estar indeterminado si los flujos nunca son positivos.

$$\sum_{t=0}^{T^*} \frac{B_t - C_t}{(1+\delta)^t} \geq 0$$

e. **Índice Costo Efectividad (ICE).** Tradicionalmente se expresa el ICE como los costos totales descontados entre una meta que se alcanza con una actividad. Nosotros expresamos el ICE como el VPN entre dicha meta. La interpretación de este indicador es el beneficio neto por unidad de la meta deseada. Por ejemplo, en el caso de reducciones de CO_2, se expresa como las unidades monetarias obtenidas de beneficio neto por cada tCO_2e reducido. Si se desea se puede obtener el ICE de manera tradicional contabilizando solamente los costos de la actividad, en este caso se interpreta como el costo por unidad de meta deseada.

$$ICE = \frac{VPN}{Q^*}$$

Donde *Q** representa una meta deseada generada por una actividad, por ejemplo, la reducción de toneladas de dióxido de carbono.

f. **Tasa Interna de Retorno (TIR)**. La TIR es aquella tasa de descuento a la que el VPN de una actividad es igual a cero. Si la TIR es negativa indica que el proyecto no es rentable, también es posible que la TIR no esté definida, ello ocurre cuando no existe un número tal que el VPN sea igual a cero. La TIR es más útil desde la perspectiva privada para conocer el retorno de la inversión en términos porcentuales.

$$\sum_{t=0}^{T} \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

g. **Probabilidad de éxito (P)**. A partir de una simulación Monte Carlo, en donde se consideran valores mínimos y máximos de los precios y cantidades (de los costos y beneficios) de una actividad bajo análisis, se calcula el VPN asociado a una ronda aleatoria. Esta ronda aleatoria se caracteriza por tener un valor aleatorio de los precios y cantidades de cada costo y beneficio de una actividad. Se establece el supuesto de que cada costo y beneficio se distribuye de manera normal, con un valor promedio y una desviación estándar que se define con la aproximación $\sigma_x \approx \frac{(x_{máx} - x_{mín})}{4}$, en donde $x_{máx}$ representa el valor máximo de la variable *x*, y $x_{mín}$ su valor mínimo. De esta manera se simula un número determinado *N* de rondas aleatorias, que permite obtener *N* valores del VPN. Lo que nos interesa es conocer en cuántas ocasiones el VPN es positivo y eso se interpreta como la probabilidad de éxito de la actividad.

$$P = \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_{k=1}^{N} \mathbf{1}_{VPN_k \geq 0}(VPN_k)$$

Donde **1** representa el valor de 1 si el VPN es positivo y 0 de otra forma.

h. **Elasticidad de cada costo y beneficio** ($\in_x$). Para realizar un análisis de sensibilidad se estimará la elasticidad de cada costo y beneficio de cada actividad, la cual se interpreta como el cambio porcentual en la rentabilidad por un cambio porcentual en el costo o beneficio *x*. Es posible demostrar que la elasticidad se puede expresar con la siguiente fórmula,

$$\in_x = \frac{\partial VPN}{\partial x} \cdot \frac{x}{VPN} = \frac{\sum_{t=0}^{T} \frac{x_t}{(1+\delta)^t}}{VPN}$$