







MODELO PARA MANEJO SOSTENIBLE DE TIERRAS EN ZONAS SEMIÁRIDAS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE INTERÉS NACIONAL

MODEL FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF EARTH'S IN ZONAS SEMIARID OF DRAINAGE AREAS OF NATIONAL CONCERN

 ALEXANDER FERNÁNDEZ VELAZQUEZ¹,  ALBARO BLANCO IMBERT²,
 ANIELIS GARCÍA GONZÁLEZ¹,  LISBETH FONT VILA³

¹Subdelegación de Medio Ambiente, Delegación Territorial CITMA. Guantánamo, Guantánamo, Cuba.

²UCTB Suelos Guantánamo, Instituto de Suelos. Guantánamo, Guantánamo, Cuba

³Delegación Territorial CITMA Camagüey. Camagüey, Camagüey, Cuba.

*Autor para correspondencia: alexanderfv1973@gmail.com

Palabras clave:	Resumen
Manejo sostenible de tierras Zonas semiáridas Resiliencia climática Participación comunitaria Gestión adaptativa	El estudio valida un modelo de manejo sostenible de tierras (MST) para zonas semiáridas en Guantánamo, Cuba, integrando dimensiones ambientales, sociales y económicas. Mediante el ciclo PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) y la metodología Delphi con 21 expertos, se consensuaron indicadores clave, utilizando herramientas como SIG, y el Índice de Manejo Sostenible de Tierras (IMST). El modelo propuesto articula tres niveles (local, provincial, nacional) y cuatro componentes (ambiental, social, económico, tecnológico), demostrando alta concordancia en su validación (coeficiente de Kendall $W = 0.87$). Su aplicación en la CCSF Enrique Campo Moreira evidenció mejoras en resiliencia mediante prácticas como agroforestería. Se concluye que el modelo, adaptable a ecosistemas frágiles, es replicable en regiones similares, destacando la participación comunitaria y la gestión adaptativa como pilares fundamentales.
Key words:	Abstract
Sustainable land management Semi-arid zones Climate resilience Community participation Adaptive management	The study validates a Sustainable Land Management (SLM) model for semi-arid areas in Guantánamo, Cuba, integrating environmental, social, and economic dimensions. Through the PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle and the Delphi method with 21 experts, key indicators were agreed upon, utilizing tools such as GIS and the Sustainable Land Management Index (SLMI). The proposed model coordinates three levels (local, provincial, national) and four components (environmental, social, economic, technological), showing high agreement in its validation (Kendall's W coefficient = 0.87). Its application in the CCSF Enrique Campo Moreira demonstrated improvements in resilience through practices like agroforestry. The study concludes that the model, adaptable to fragile ecosystems, is replicable in similar regions, highlighting community participation and adaptive management as fundamental pillars.

Introducción

Las zonas semiáridas se caracterizan por la limitada disponibilidad de agua, suelos vulnerables a la erosión y un impacto significativo de actividades humanas (Alfaro, 2023; Tarango, 2005). Un modelo para la evaluación del Manejo Sostenible de Tierras en estas regiones busca promover la conservación de recursos, la adaptación al cambio climático y el desarrollo socioeconómico sostenible.

Las estrategias planteadas han sido respaldadas por estudios que destacan la importancia de conservar los suelos y optimizar los recursos naturales en zonas vulnerables, enfatizando la relevancia de diseñar modelos adaptativos y participativos para estas áreas (Fernández et al., 2025); la FAO señala que los sistemas de tierras en zonas semiáridas están al borde del límite (FAO, 2021a).

Recibido: 11 de julio de 2025

Aceptado: 06 de noviembre de 2025

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de los autores: Redacción-revisión y edición, Redacción-borrador inicial, Conceptualización, Investigación, Metodología, Supervisión: Alexander Fernández Velazquez. Redacción-revisión y edición, Administración del proyecto, Software: Albaro Blanco Imbert. Curación de datos, Visualización, Adquisición de financiación: Anielis García González. Conceptualización, Análisis formal, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición: Lisbet Font Vila.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Las zonas semiáridas enfrentan desafíos críticos como degradación de suelos, escasez hídrica y vulnerabilidad climática (Alexander et al., 2022; FAO, 2021b). Un modelo para el Manejo Sostenible de Tierras (MST) debe priorizar la conservación de recursos naturales para evitar la desertificación, mediante prácticas que mantengan la fertilidad del suelo (Cherlet M. et al., 2018), la adaptación climática, a través de técnicas como agroforestería y captación de agua de lluvia, las cuales demuestran su eficacia en mejorar resiliencia (Gaur & Squires, 2017; Stringer et al., 2012); así como la participación comunitaria para asegurar la sostenibilidad (Masubelele, M L et al., 2022).

El Manejo Sostenible de Tierras y recursos naturales se ha convertido en un pilar fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático (Espinosa, 2024).

La evidencia actual señala que la combinación de políticas públicas robustas, tecnologías apropiadas y participación comunitaria representa el camino más efectivo para la sostenibilidad (Alexander et al., 2022).

El Manejo Sostenible de Tierras (MST) se define como un sistema de prácticas que busca mantener o mejorar los suelos, conservar la biodiversidad y garantizar la provisión de servicios ecosistémicos (Blanco et al., 2019; Fernández et al., 2025).

El Manejo Sostenible de Tierras en zonas semiáridas y ecosistemas frágiles incorpora referentes teóricos como la resiliencia socioecológica y la gestión adaptativa. Espinosa (2023) plantea que la gestión adaptativa permite ajustar estrategias según resultados y condiciones (Espinosa, A.J, 2023), mientras la FAO (FAO, 2021a) enfatiza la importancia de preservar la biodiversidad en regiones semiáridas. La resiliencia socioecológica, como describe Fernández et al. (2025), integra prácticas para mitigar impactos de la desertificación y otros fenómenos climáticos (Fernández et al., 2025).

En América Latina, países como México y Brasil han implementado modelos de gestión exitosos basados en agroforestería, rotación de cultivos y sistemas silvopastoriles, logrando reducir la erosión en un 30 % en zonas críticas (Espinosa, A.J, 2023). El Manejo Sostenible de Tierras (MST) emerge como una estrategia clave para abordar los crecientes desafíos ambientales del siglo XXI. A nivel global, la degradación de los suelos afecta ya al 40 % de las tierras productivas (ONU, 2024).

Ante esta crisis, organismos internacionales como la ONU han promovido marcos integrados que combinan conocimiento científico con prácticas tradicionales, destacando experiencias exitosas como los sistemas agroforestales en Brasil y México (Moreno et al., 2021).

Los modelos de gestión para el desarrollo integran prácticas de manejo sostenible, planificación, gestión y desarrollo de cadenas agroalimentarias resilientes. Asimismo, articulan políticas públicas bajo un enfoque de gobernanza territorial (FAO, 2020).

En Cuba, el MST se enmarca en programas nacionales como el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida), que prioriza la restauración de cuencas hidrográficas y la adopción de prácticas agroecológicas (CITMA, 2021).

En la provincia se desarrolló una investigación de los estudios publicados sobre modelos para el Manejo Sostenible de Tierras en zonas semiáridas y que consideraron índices e indicadores para medir su efectividad (Fernández et al., 2025).

Guantánamo cuenta con ecosistemas muy frágiles en la zona semiárida con alta susceptibilidad a la desertificación, la elaboración e implementación de modelos de gestión de tierras y recursos naturales es urgente, pero enfrenta sus limitaciones de ahí que el objetivo del presente estudio es validar una propuesta de modelo para el Manejo Sostenible de Tierras en zonas semiáridas de Guantánamo.

Materiales y Métodos

Área de estudio: La región semiárida de Guantánamo fue seleccionada como área de estudio debido a su diversidad ecológica y los desafíos socioeconómicos que enfrenta, lo que permite evaluar diferentes contextos de sostenibilidad. El área se encuentra ubicada en la zona Sur de la provincia Guantánamo, su ubicación se muestra en la [Figura 1](#).

Conceptualización teórica del Modelo para el Manejo Sostenible de Tierras (MST)

La conceptualización del Manejo Sostenible de Tierras (MST) surgió de un enfoque integral que combina aspectos ecológicos, sociales y económicos, con desafíos globales como el cambio climático y la desertificación (Andreeva et al., 2022). Este marco teórico guió la elaboración del modelo y estableció los principios fundamentales para su implementación.

Referentes teóricos del modelo

El diseño del modelo se apoyó en enfoques interdisciplinarios, que aportaron principios sistémicos y sostenibles (Altieri, M.A & Nicholls, C.I, 2018; Espinosa, A.J, 2023; Mollison, B & Holmgren, D, 1978). A nivel global, se integraron lineamientos de la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) para estructurar las intervenciones, junto con herramientas de evaluación proporcionadas por iniciativas como Economics of Land Degradation (Xie et al., 2020).

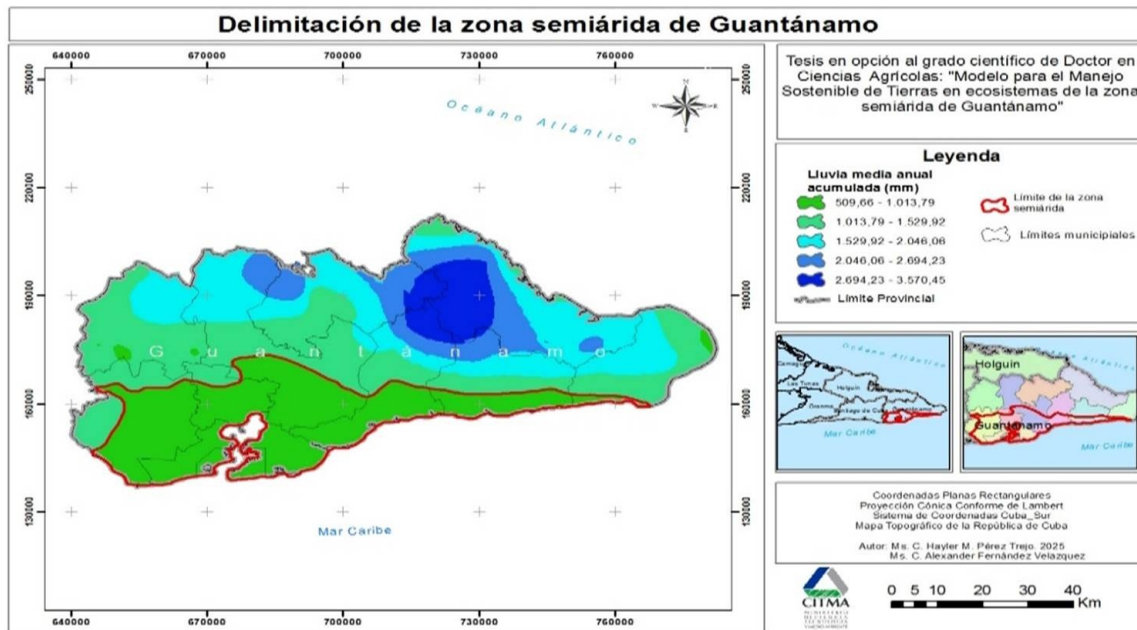


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Figure 1. Position of the area of study

Metodología para la elaboración del modelo

El modelo fue desarrollado en la zona semiárida de Guantánamo a través del Ciclo de Deming (PDCA: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) (Lifeder, 2020). Se definieron indicadores clave y prácticas de manejo sostenible (Zhang et al., 2023), las cuales fueron implementadas en áreas específicas. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos mediante herramientas como sistemas de información geográfica (SIG) y el Índice de Manejo Sostenible de Tierras (IMST).

Fases de implementación

1. Diagnóstico inicial integral: se realizó una caracterización participativa del territorio que incluyó análisis biofísico, socioeconómico y cultural, incorporando saberes locales para establecer la línea base de sostenibilidad.
2. Planificación y diseño: se definieron estrategias adaptadas al contexto local, validando los indicadores mediante métodos participativos como el Delphi.
3. Implementación: se ejecutaron talleres y capacitaciones para sensibilizar a la comunidad sobre el uso sostenible de los recursos.
4. Monitoreo y evaluación: se estableció un sistema de evaluación continua que permitió ajustar el Modelo con base en los resultados obtenidos.

5. Sostenibilidad del MST: se llevaron a cabo evaluaciones para promover buenas prácticas y vincular el modelo con políticas públicas a nivel regional, nacional y local.

Operacionalización y validación del modelo mediante la metodología Delphi

Para la operacionalización del modelo se emplearon el Índice de Manejo Sostenible de Tierras (IMST) y métodos participativos como Delphi para alcanzar el consenso, criterios de expertos en áreas clave, e indicadores para evaluar la sostenibilidad.

Se evaluó la Zona Semiárida de Guantánamo a partir de criterios de expertos, utilizando como referencia el Manual de Procedimiento para el Manejo Sostenible de Tierras de Urquiza et al., (2011) (Rodríguez & Ricardo, 2011), Matriz de Evaluación Multicriterio y el Método Delphi (Mercately, 2025).

Se ajustaron y consensuaron los indicadores del modelo y se determinó el coeficiente de concordancia de Kendall ($W \geq 0.7$), clave para garantizar la validez y consistencia de los resultados (Minitab, 2024).

Estudio de caso

Se llevó a cabo un estudio de caso en la CCSF Enrique Campo Moreira, donde se aplicó el IMST para evaluar y ajustar los indicadores del Modelo. A través de una escala de sostenibilidad que clasificaba los valores desde "Muy Bajo" (Si $0 \leq \text{IMST} \leq 0,2$) hasta "Muy Alto" (Si $\text{IMST} \geq 0,81$), se identificaron prioridades la toma de decisiones.

Resultados y Discusión

El modelo plantea tres niveles interconectados que son esenciales para el Manejo Sostenible de Tierras en zonas semiáridas: en primer lugar, el nivel local se centra en la implementación de prácticas sostenibles en fincas y comunidades.

En segundo lugar, el nivel provincial que coordina e integra las acciones que fomentan una planificación integrada del Manejo Sostenible de Tierras (MST) y lleva a cabo el monitoreo de indicadores ambientales y socioeconómicos; por último, el nivel nacional que se encarga de establecer políticas públicas que promuevan la sostenibilidad, de asignar recursos y de promover tecnologías para ecosistemas frágiles.

También integra cuatro componentes fundamentales para abordar los desafíos de las zonas semiáridas: el componente ambiental prioriza la conservación de recursos naturales, además de mitigar los efectos de la desertificación (Rodríguez & Ricardo, 2011); el componente social promueve la participación comunitaria, la educación ambiental y la adopción de prácticas sostenibles (Rodríguez & Ricardo, 2011).

Por su parte, el componente económico incentiva actividades productivas sostenibles, tales como la agroforestería y la agricultura regenerativa, mediante políticas y subsidios específicos (Urquiza, 2011), y finalmente, el componente tecnológico introduce herramientas que optimizan la toma de decisiones (Rodríguez & Ricardo, 2011).

El diseño metodológico se basa en la integración de los cinco capitales de la sostenibilidad y la caracterización del modelo se adapta específicamente a las condiciones de la zona semiárida de Cuba, teniendo en cuenta sus características climáticas, geográficas y socioeconómicas. Además, se emplea el Método Delphi para validar los indicadores, asegurando su aplicabilidad y relevancia (Mercately, 2025).

Elementos fundamentales y representación conceptual del modelo

- Recursos Naturales: suelo, agua, bosque, biodiversidad
- Actores Sociales: comunidades locales, autoridades, organizaciones, ONG, otros
- Políticas Públicas: normativas y marcos legales para la gestión de la tierra
- La representación conceptual se muestra mediante un diagrama de flujo que ilustra las interacciones entre los diferentes componentes y su impacto mutuo (Ricardo, 2020).

Descripción general del modelo

Se basa en un enfoque holístico, considerando la relación entre los recursos naturales y las actividades humanas. Abarca desde la prevención de la degradación hasta la restauración de

tierras, utilizando indicadores de sostenibilidad y monitoreo continuo para ajustar las estrategias según los resultados (Troya C, 2022) y su finalidad es la sostenibilidad de la Mejora de la Calidad Ambiental de la Zona Semiárida.

Entradas

- Capitales con sus indicadores de evaluación.
- Compromisos internacionales de Cuba en materia de desertificación y sequía.
- Base jurídica y técnica del MST. nacional e internacional.
- Condiciones climáticas: precipitación, temperatura, eventos climáticos extremos.
- Características del suelo: tipo de suelo, capacidad de retención de agua, materia orgánica.
- Disponibilidad de agua: fuentes de agua, cantidad y calidad.
- Prácticas de manejo: técnicas de cultivo, forestación, ganadería sostenible.
- Participación social: nivel de involucramiento de la comunidad.

Procesos

- Conservación del suelo: técnicas de conservación como terrazas, siembra de coberturas vegetales y control de la erosión.
- Gestión del agua: uso eficiente del agua mediante riego eficiente, cosecha de agua de lluvia y control de salinidad.
- Diversificación productiva: implementación de cultivos rotacionales, agroforestería.
- Manejo de biodiversidad: protección de especies nativas y restauración de ecosistemas.
- Capacitación y educación: Programas de formación y concienciación.

Salidas

- Caracterización de los ecosistemas semiáridos de Guantánamo.
- Evaluación del Manejo Sostenible de Tierras en ecosistemas semiáridos.
- Sistema de indicadores para la evaluación del Manejo Sostenible de Tierras.
- Índice de Manejo Sostenible de Tierras.
- Mejora de la calidad ambiental de la zona semiárida.

Modelo de Deming para el Manejo Sostenible de Tierras

Fase 1: Planificar (Plan). En esta fase, se identifican los problemas relacionados con el Manejo Sostenible de Tierras, se recopilan datos sobre los cinco capitales y se establecen objetivos claros. Además, se diseñan acciones con prácticas sostenibles para la conservación del suelo, el manejo del agua y la preservación de la biodiversidad.

Indicadores para considerar: calidad del suelo, eficiencia del uso del agua, biodiversidad:

Fase 2: Implementar (do). Se llevan a cabo las actividades planificadas asegurando el uso de prácticas sostenibles agrícolas, forestales y ganaderos y la biodiversidad.

Indicadores para considerar: técnicas de conservación de suelos implementadas, eficiencia en el uso del agua, cobertura vegetal.

Fase 3: Verificar. Se realiza un seguimiento y evaluación de los resultados obtenidos, comparándolos con los objetivos y las metas establecidas.

Indicadores para considerar: mejora en la calidad del suelo, incremento en la eficiencia del uso del agua, mejora en la biodiversidad.

Fase 4: Ajustar. Se analizan los resultados de la fase anterior e identifican áreas de mejora y ajustan las prácticas implementadas, promoviendo la mejora continua. Del MST.

Indicadores para considerar: ajustes en las prácticas implementadas y líneas de acción.

Indicadores del modelo, según los capitales del MST

Capitales e indicadores de MST

1. Capital Físico

- 1.1 Estado de la vivienda (EV)
- 1.2 Infraestructura, maquinaria y equipamiento (IME)
- 1.3 Acceso a bienes individuales (ABI)

2. Capital Natural

- 2.1 Uso eficiente del agua (UEA)
- 2.2 Diversidad biológica (DB)
- 2.3 Eventos meteorológicos (EM)
- 2.4 Calidad del suelo (CS)

3. Capital Social

- 3.1 Participación en la toma de decisiones (PTD)
- 3.2 Participación de redes e instituciones (PRI)

4. Capital Financiero

- 4.1 Créditos bancarios y seguros (CBS)
- 4.2 Incentivos económicos (IE)
- 4.3 Medios de vida (MV)

5. Capital Humano

- 5.1 Servicios básicos (SB)
 - 5.2 Formación de capacidades (FC)
 - 5.3 Generación de empleos (GE)
-

Los resultados obtenidos reflejan un modelo integral para el Manejo Sostenible de Tierras en zonas semiáridas, estructurado bajo principios, premisas y componentes fundamentales. La validación del Modelo se llevó a cabo utilizando métodos como el Delphi y el análisis Kendall (Minitab, 2024), lo que permitió garantizar la solidez y relevancia de sus indicadores y su aplicabilidad en Guantánamo.

El Método Delphi desempeña un papel crucial en la selección y validación de los indicadores declarados, lo que asegura una construcción colectiva y consensuada de los elementos más relevantes. Durante el proceso, se confirmó la importancia de integrar los cinco capitales de sostenibilidad (natural, humano, social, económico y físico), adaptándolos a las características de la zona.

El análisis mediante el método de Kendall complementó la validación al ofrecer una visión estadística y de concordancias entre los indicadores seleccionados. Este análisis permitió confirmar la interconexión entre los niveles del Modelo: local, y nacionales donde se establecen políticas públicas que abarcan todos los componentes.

También se evalúa la coherencia entre los componentes ambientales, sociales, económicos y tecnológicos. Además, destacó la relevancia de indicadores como la gestión de agua, conservación de biodiversidad y la participación comunitaria, pilares esenciales para el Manejo Sostenible de Tierras en zonas semiáridas.

Los resultados validados tienen implicaciones significativas. Por un lado, fortalecen la capacidad de adaptación y la resiliencia de los sistemas agrícolas en zonas semiáridas, promoviendo un equilibrio entre desarrollo social, económico, ambiental y las salidas del modelo incluyendo la caracterización de ecosistemas, evaluación del Manejo Sostenible de Tierras y el sistema de indicadores para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

Los principios rectores del modelo están alineados con las salidas propuestas

Sostenibilidad: se refleja en la caracterización de los ecosistemas semiáridos y el índice de Manejo Sostenible de Tierras, que evalúan el impacto ambiental.

Participación comunitaria: está vinculada a la evaluación del nivel de involucramiento social y los programas de capacitación y educación.

Adaptabilidad: se evidencia en el monitoreo continuo y la capacidad de ajustar estrategias según los resultados obtenidos.

Eficiencia: optimiza recursos mediante técnicas como el riego eficiente y la cosecha de agua de lluvia.

Equidad: asegura que los beneficios del manejo sean distribuidos entre todos los actores, con la inclusión de comunidades locales y autoridades gubernamentales.

Finalmente, al comparar este modelo con otros existentes para el manejo del suelo, como los aplicados en Australia y África, se observa un enfoque común hacia la restauración de tierras degradadas, la conservación de recursos naturales y la integración de tecnologías avanzadas:

Modelo de gestión en zonas semiáridas de Australia: este modelo prioriza la restauración de tierras degradadas mediante técnicas de agroforestería y conservación del suelo (Fernández et al., 2025).

Modelo de manejo sostenible en África: enfocado en la resiliencia climática, utiliza Sistemas de Información Geográfica para optimizar la gestión de recursos (FAO, 2025).

El modelo propuesto en Guantánamo destaca por su enfoque holístico para un contexto específico, lo que lo convierte en una referencia para las zonas semiáridas en Cuba.

La implementación de este modelo incluye cinco etapas fundamentales

1. Diagnóstico: evaluación inicial de las condiciones y necesidades de la tierra.
2. Planificación: elaboración de líneas de acción específicas para enfrentar los problemas identificados.
3. Ejecución: desarrollo en campo de las actividades acordadas.
4. Monitoreo: observación y análisis continuo de las acciones realizadas.
5. Evaluación: revisión de resultados y ajuste para garantizar mejoras permanentes.

En la **Figura 2** se muestra el modelo para el MST en zonas semiáridas de Guantánamo, considerando las entradas, los procesos y salidas del MST.

La **Tabla 1** muestra un resumen de las fases de implementación del modelo significando que es un ciclo con un proceso de mejora continua de la calidad ambiental de los ecosistemas frágiles de la zona semiárida, una particularidad es que desde cualquier fase se puede regresar a la anterior y ajustar la sostenibilidad del modelo.

A partir de la elaboración del modelo para el Manejo Sostenible de Tierras, se integran diversas herramientas clave que permitieron una optimización significativa de los procesos

- los Sistemas de Información Geográfica facilitaron el monitoreo y análisis de datos espaciales, brindando una visión integral para la gestión de los recursos.
- el Índice de Manejo Sostenible de Tierras juega un papel esencial al medir la efectividad de las acciones implementadas en favor del manejo sostenible.
- el Método Delphi contribuyó a validar tanto los indicadores como las líneas de acción del modelo, asegurando su pertinencia y aplicabilidad.
- la prueba piloto del IMST se realiza exitosamente en la Zona Semiárida de Guantánamo, demostrando el impacto positivo del Modelo en contextos reales.

A partir de la validación del modelo de Manejo Sostenible de Tierras, se establecen una serie de líneas de acción prioritarias destinadas a promover una gestión eficiente y sostenible de los recursos naturales. Entre estas acciones destaca la promoción de la agricultura de conservación, orientada a preservar la fertilidad del suelo y minimizar el impacto ambiental. Asimismo, se introducen tecnologías de

riego más eficientes, como el riego por goteo, para optimizar el uso del agua, como recurso crítico.

La reforestación y el desarrollo de sistemas agroforestales se incorpora como estrategias clave para mejorar la cobertura vegetal y garantizar un equilibrio ecosistémico. A esto se suma el incremento y diversificación en el uso de sustratos y abonos orgánicos, fomentando prácticas agrícolas más sostenibles.

Para garantizar la efectividad del modelo, se propone una evaluación continua de la sostenibilidad de los ecosistemas, basada en el Manual de Procedimiento para el MST de **Urquiza et al. (2011)** (**Rodríguez & Ricardo, 2011**), utilizando indicadores seleccionados y el IMST validado para asegurar que las acciones ejecutadas mantengan su impacto positivo y contribuyan al desarrollo sostenible a largo plazo.

Validación del modelo mediante la metodología Delphi

Se evalúa el modelo de sostenibilidad para los ecosistemas de la Zona Semiárida de Guantánamo a partir de criterios de expertos empleando una Matriz de Evaluación Multicriterio y el Método Delphi. La validación del modelo se realiza con el aporte de 21 expertos de distintas disciplinas. Durante tres rondas Delphi, se ajustaron y consensuaron los indicadores del modelo.

El coeficiente de concordancia de Kendall $W=0.87$ ($p < 0.00001$) es clave para garantizar la validez y consistencia de los resultados (**Minitab, 2024**). Se determina que la concordancia es alta con 85 % de las puntuaciones de 5, consenso fuerte entre los 21 expertos, lo que fortalece la validez de la evaluación del modelo de MST.

Conclusiones

La utilización de modelos para el Manejo Sostenible de Tierras semiáridas es esencial para garantizar la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos naturales a partir de la integración y evaluación de los diferentes capitales, asegurando un enfoque integral que considera todos los aspectos necesarios para la sostenibilidad a largo plazo.

El modelo propuesto valida que la integración de saberes locales con conocimientos científicos y tecnologías modernas es fundamental para el Manejo Sostenible de Tierras en ecosistemas semiáridos. Este enfoque participativo promueve la adaptabilidad local y la importancia de un enfoque participativo en el Manejo Sostenible de Tierras, lo que demuestra ser crucial en contextos como el de Guantánamo, donde los ecosistemas son especialmente vulnerables.

El estudio demuestra que, en regiones semiáridas como Guantánamo, la falta de modelos validados localmente limita la eficacia de las políticas públicas y al validar un modelo específico para esta zona, se evidencia la importancia de desarrollar enfoques contextualizados para ser replicados en esta y otras regiones con condiciones socio-ecológicas similares, asegurando un manejo más efectivo y sostenible de los recursos naturales.

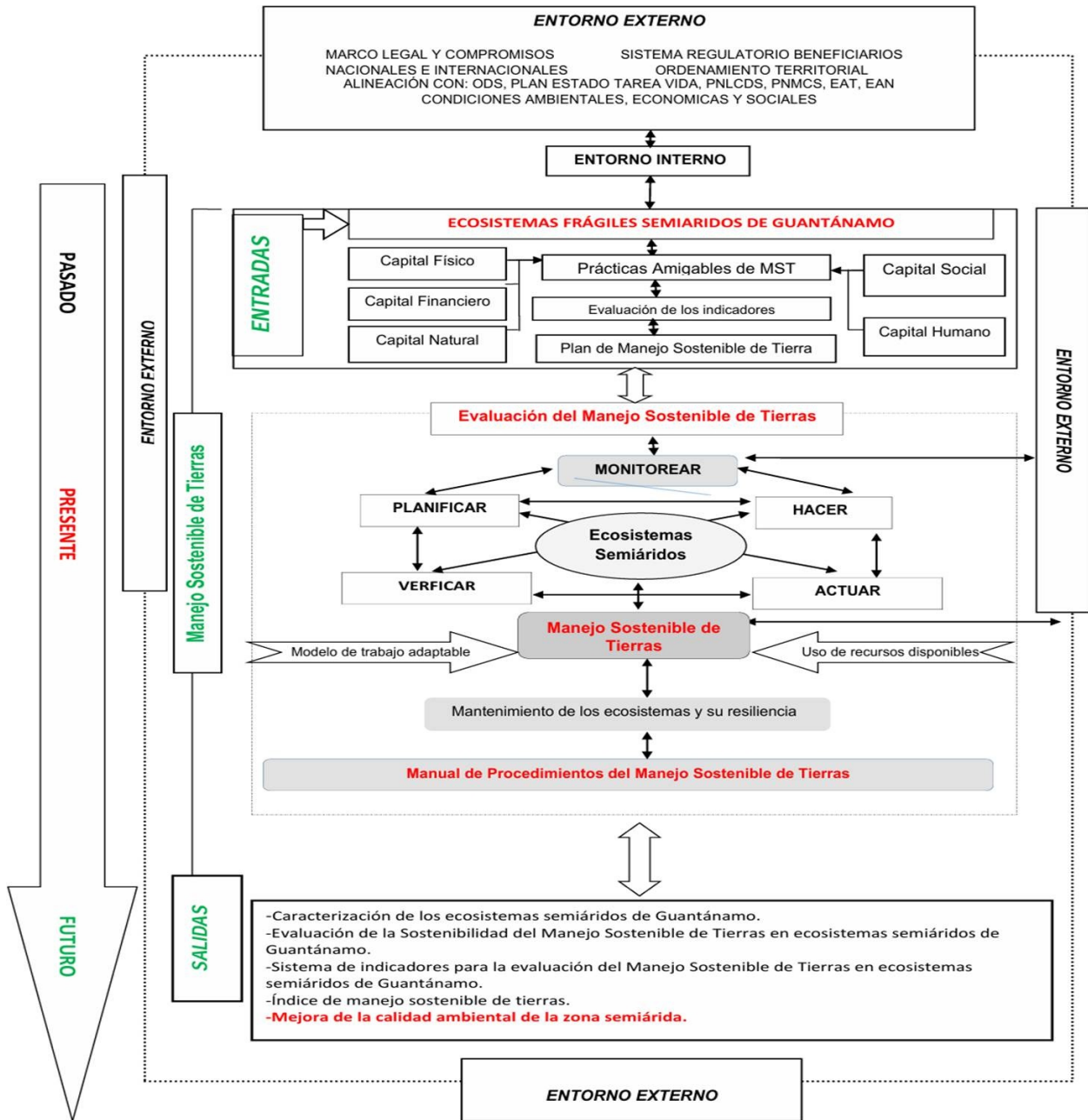


Figura 2. Modelo para el Manejo Sostenible de Tierras en zonas semiáridas.

Figure 2. I Model for the Sustainable Handling of Earths at semiarid zones.

Tabla 1. Fases y etapas para la implementación del modelo para el Manejo Sostenible de Tierras

Table 1. Phases and stages for the implementation of the model for the Sustainable Handling of Earths

Fases	Objetivos	Etapas	Métodos, técnicas y herramientas
Fase 1 Diagnóstico inicial integral participativo	Identificar los problemas actuales y las capacidades de la tierra	Etapa 1. Análisis de la situación actual: de la tierra Etapa 2. Identificación de actores clave Etapa 3. Recopilación de datos	Cartografía de usos y coberturas de la tierra Estudios de impacto ambiental Muestreo de suelos Herramientas de Sistemas de SIG para análisis espacial Método Delphi para obtener la validación del diagnóstico
Fase 2. Planificación y diseño del Modelo de MST	Desarrollar estrategias de manejo sostenible que aborden las problemáticas identificadas	Etapa 1. Definición de objetivos y metas Etapa 2. Evaluación de alternativas de uso de la tierra Etapa 3. Desarrollo de planes de manejo y acciones para la implementación del Modelo de MST	Metodología de Planes de Manejo de MST Análisis multicriterio (AHP o métodos de optimización) para seleccionar alternativas de uso sostenible Técnicas de modelado participativo (consultas con las comunidades locales)
Fase 3: Implementación y ejecución	Aplicar las estrategias planificadas de prácticas de MST	Etapa 1. Capacitación técnica y sensibilización ambiental Etapa 2. Restauración de ecosistemas Etapa 3. Gestión de los recursos hídricos, suelo y bosques Etapa 4. Entrenamiento de comunidades y actores clave sobre prácticas sostenibles	Talleres interactivos, programas educativos y visitas de campo Dinámicas grupales, capacitación en manejo de herramientas tecnológicas Técnicas de conservación de suelos, agua, bosques Herramientas de monitoreo remoto
Fase 4: Monitoreo y evaluación adaptativa	Evaluar el impacto del Modelo y hacer ajustes al plan de manejo	Etapa 1. Monitoreo de indicadores de sostenibilidad e IMST Etapa 2. Evaluación del desempeño antes y después de la implementación Etapa 3. Ajustes del plan y las estrategias	Evaluación participativa, y consulta con expertos Muestreo del suelo y agua Bases de datos, plataformas de monitoreo, software y análisis comparativo Indicadores de sostenibilidad adaptados a la región semiárida.
Fase 5: Sostenibilidad del MST	Asegurar que las prácticas sean sostenibles y replicables en otras zonas	Etapa 1. Fortalecimiento de capacidades locales Etapa 2. Desarrollo de mecanismos de financiamiento para continuar con la implementación Etapa 3. Expansión del Modelo a otras zonas similares	Capacitación continua Mecanismos de financiamiento sostenible e incentivos financieros por servicios ecosistémicos, créditos verdes Redes de colaboración entre diferentes actores: ONGs, gobiernos, comunidades

Fuente: Elaboración propia

Referencias

- Alexander, S., Augustinus, C., & Cox, J. (2022). *Biblioteca de la CLD | Detalles | Perspectivas mundiales del suelo 2. Restauración de tierras para la recuperación y la resiliencia* (Segundo). Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). <https://library.unccd.int/Details/fullCatalogue/1868>.
- Alfaro, R. T. (2023). *Ecosistemas Semiáridos: Adaptación, Coexistencia y Dependencia | JIAN*. Biodiversidad. <https://jian.mx/biodiversidad/ecosistemas-semiaridos-adaptacion-coexistencia-y-dependencia/>.
- Altieri, M.A & Nicholls, C.I. (2018). *Agroecología: La ciencia de la agricultura sostenible, segunda edición*. (3ra Edición, Vol. 1). Prensa CRC, 2018. https://books.google.com/books?id=vwTFDwAAQBAJ&dq=Altieri+MA,+Nicholls+CI.+Agroecology:+The+Science+of+Sustainable+Agriculture.+3rd+ed.+CRC+Press%3B+2018.&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s.
- Andreeva, O. V., Kust, G. S., & Lobkovsky, V. A. (2022). Sustainable Land Management and Land Degradation Neutrality. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 92(3), 285-296. <https://doi.org/10.1134/S1019331622030066>.
- Blanco Imbert, Á., Fernández Betancourt, I., Limeres Jiménez, T., & Cintra Arencibia, M. (2019). Evaluación de los impactos y la sustentabilidad de un Modelo de Manejo Sostenible de Tierra en áreas con ecosistemas degradados y condiciones climatológicas extremas. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 2(1), 39-45. <https://doi.org/10.46380/rias.v2i1.37>.
- Cherlet M., Hutchinson C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., & von Maltitz, G. E. (2018). *World Atlas of Desertification* (3rd ed). Publication Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/06292>.
- CITMA. (2021). *Tarea vida-Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba*. <https://www.citma.gob.cu/tarea-vida-4/>.

- Espinosa, A. J. (2024). Consideraciones teóricas acerca del manejo sostenible de tierras a escala de paisaje. *Pastos y Forrajes*, 47. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942024000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- Espinosa, A.J. (2023). Gestión adaptativa de tierras semiáridas: Teoría y práctica. *J Sustain Dev*, 32(2), Article 2.
- FAO. (2020). *Evaluación final del proyecto "Promoción del Manejo Sostenible de la tierra"*. Serie de evaluaciones de proyectos, 06/2020. Roma. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1b881f3a-4c40-4fbf-b243-2cf084ac02aa/content>.
- FAO. (2021a). *El estado de los recursos de tierra y agua en el mundo para la alimentación y la agricultura: Sistemas al límite*. <https://www.fao.org/3/cb7654es/cb7654es.pdf>.
- FAO. (2021b). *Directrices Voluntarias sobre la Gestión Sostenible del Suelo (VGSSM)*. Tierra y Agua. <https://www.fao.org/land-water/land-land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1043063/>.
- FAO. (2025). *Adaptación al cambio climático | Programa de Manejo Integrado de Producción y Plagas en África*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/agriculture/ippm/activities/climate-change-adaptation/es/>.
- Fernández, V. A., García, G. A., Álvarez, L. M. D., & Pérez, C. J. (2025). Manejo sostenible de tierras en zonas semiáridas: Una revisión sobre modelos de gestión. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 15(1), Article 1.
- Gaur, M., & Squires, V. (2017). Climate Variability Impacts on Land Use and Livelihoods in Drylands. En *Climate Variability Impacts on Land Use and Livelihoods in Drylands* (p. 348). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56681-8>.
- Lifeder. (2020, julio 13). *Círculo de Deming: Etapas, ventajas, desventajas y ejemplo*. <https://www.lifeder.com/circulo-deming/>.
- Masubelele, M L, Hoffman, MT., & Bond, WJ. (2022). Restoring degraded semi-arid rangelands: A case study from the Karoo. *J Arid Environ*, 16.
- Mercately. (2025). *Método Delphi. Toma de decisiones*. <https://blog.mercately.com/marketing/metodo-delphi/>.
- Minitab. (2024). *Métodos y fórmulas para los coeficientes de Kendall para Análisis de concordancia de atributos* [Mtbconcept]. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/measurement-system-analysis/how-to/attribute-agreement-analysis/attribute-agreement-analysis/methods-and-formulas/kendall-s-coefficients/>.
- Mollison, B & Holmgren, D. (1978). *Permacultura Uno: Una agricultura perenne para asentamientos humanos*. Ealing, Reino Unido; Corgi. <https://www.abebooks.com/book-search/isbn/9780552980609/>.
- Moreno, C. A. I., Montañez, P., Moctezuma, S., & Sosa, V. (2021). *Los Sistemas Agroforestales de México- Avances, experiencias, acciones y temas emergentes de Ana Isabel Moreno Calles et al*. https://www.researchgate.net/publication/357092915_Los_Sistemas_Agroforestales_de_Mexico_Avances_experiencias_acciones_y_temas_emergentes_de_Ana_Isabel_Moreno_Calles_et_al.
- ONU. (2024). *La desertificación y la degradación del suelo afecta a 3000 millones de personas en todo el mundo*. Naciones Unidas. <https://news.un.org/es/story/2024/12/1534741>.
- Ricardo, R. (2020). Modelos conceptuales: Definición y características. *Estudiando*. <https://estudiando.com/modulos-conceptuales-definicion-y-caracteristicas/>.
- Rodríguez, M. N. U., & Ricardo, M. P. (2011). Manual de procedimientos para manejo sostenible de tierras. En *UNDP* (p. 183). <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-06/manual%20manejo%20sostenible%20de%20tierra.pdf>.
- Stringer, L. C., Dougill, A. J., Thomas, A. D., Spracklen, D. V., Chesterman, S., Speranza, C. I., Rueff, H., Riddell, M., Williams, M., Beedy, T., Abson, D. J., Klintonberg, P., Syampungani, S., Powell, P., Palmer, A. R., Seely, M. K., Mkwambisi, D. D., Falcao, M., Siteo, A., ... Kopolo, G. (2012, mayo). Challenges and opportunities in linking carbon sequestration, livelihoods and ecosystem service provision in drylands. *Environmental Science & Policy*, 19-20, 121-135.
- Tarango, A., L. A. (2005). Problemática y alternativas de desarrollo de las zonas áridas y semiáridas de México. *Chapingo Serie Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo Durango, México, IV(2)*, 17-21.
- Troya Cantos, M. (2022). El manejo holístico en la agricultura regenerativa: Análisis de un caso empírico. *Encuentros multidisciplinares*, 24(72), 11.
- Urquiza, M. N. (2011). *Propuesta de manejo sostenible de tierras para gobiernos municipales*.
- Xie, H., Zhang, Y., Zeng, X., & He, Y. (2020). Sustainable land use and management research: A scientometric review. *Landscape Ecology*, 35(11), 2381-2411. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01002-y>.
- Zhang, L., Kuang, B., & Yang, B. (2023). Sustainable Land Use and Management. *Sustainability*, 15(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/su152316259>.