



RNPS 2550 RNSW A1439  
**REVISTA CUBANA DE GEOMÁTICA**  
directorio **latindex**  
ISSN 3005 - 3390  
geomatica.gcocuba.cu



## CIUDAD DE PINAR DEL RÍO

### FOUNDATIONS FOR A SPATIOTEMPORAL STUDY OF VEGETATION IN THE CITY OF PINAR DEL RÍO

Ing. Mario Alejandro Blanco Fernández<sup>1</sup>, Dr.C. Iluminada de la Caridad Milián Cabrera<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Oficina Provincial de Hidrografía y Geodesia, Calle Isabel Rubio No.164 e/ Labra y Mariana Grajales Pinar del Río, Cuba, CP 20 100

<sup>2</sup> Universidad de Pinar del Río, Hnos. Saíz Montes de Oca, Martí #270 (final), Pinar del Río, Cuba, CP 20 100 ([iluminada@upr.edu.cu](mailto:iluminada@upr.edu.cu))

#### RESUMEN

La realización de un estudio espacio temporal en la ciudad de Pinar del Río, que analice la vegetación, usos de suelo y calidad ambiental, requiere una metodología integrada que combine técnicas de teledetección, Sistemas de Información Geográfica (SIG), trabajo de campo y análisis estadístico. Con el presente trabajo se implementarán las bases para evaluar los cambios espaciotemporales ocurridos en cuanto a la vegetación, usos de suelo y calidad ambiental en la ciudad de Pinar del Río, mapeándose la cobertura vegetal y su evolución, identificando los cambios en los usos de suelo (urbano, agrícola, forestal, entre otros), así como analizando indicadores en la determinación de la calidad ambiental (contaminación, áreas verdes, fragmentación ecológica), proponiéndose al final un plan de medidas para la gestión sostenible. Se confeccionará un SIG que incluye mapas de diferentes recursos naturales de los momentos evaluados (2006, 2022, 2023, 2025), incluyendo una comparación de la vegetación antes del huracán Ian en septiembre de 2022, después del mismo en octubre de 2022 y noviembre de 2023; se confeccionarán los cálculos de los índices de vegetación NDVI (Índice de Vegetación Diferencial Normalizado), SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo) y EVI (Índice de Vegetación Mejorado); además se hará una clasificación supervisada/no supervisada para mapear

coberturas, bosques, cultivos, áreas urbanas. Los resultados obtenidos en gabinete se validarán con trabajo de campo y se determinarán indicadores claves como: tasa anual de deforestación urbana y porcentaje de área verde por habitante.

**Palabras clave:** clasificación supervisada/no supervisada; estudios espacio temporales; índices de vegetación; sistema de información geográfica; teledetección

## **ABSTRACT**

Conducting a spatiotemporal study in the city of Pinar del Río to analyze vegetation, land use, and environmental quality requires an integrated methodology that combines remote sensing techniques, Geographic Information Systems (GIS), fieldwork, and statistical analysis. This study will establish the foundations for evaluating spatiotemporal changes in vegetation, land use, and environmental quality in the city of Pinar del Río. It will map vegetation cover and its evolution, identify changes in land use (urban, agricultural, forestry, among others), and analyze indicators for determining environmental quality (pollution, green areas, ecological fragmentation). Finally, it will propose a plan of measures for sustainable management. A GIS will be developed that includes maps of different natural resources at the evaluated time points (2006, 2022, 2023, 2025), including a comparison of vegetation before Hurricane Ian in September 2022 and after it in October 2022 and November 2023. Vegetation indices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index), and EVI (Enhanced Vegetation Index) will be calculated. Additionally, a supervised/unsupervised classification will be performed to map land cover, including forests, crops, and urban areas. The results obtained in the office will be validated with fieldwork, and key indicators such as the annual urban deforestation rate and the percentage of green space per capita will be determined.

**Keywords:** geographic information system; vegetation indices; supervised/unsupervised classification; spatiotemporal studies; remote sensing

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los problemas ambientales en las áreas urbanas se derivan principalmente de la concentración demográfica en un espacio reducido. La cantidad de recursos naturales para la población y la actividad urbana es muy superior al que la ciudad es capaz de producir. Por eso los ecosistemas urbanos importan grandes cantidades de recursos que son transformados en bienes y servicios

parcialmente restituidos al ambiente en forma de residuos y emisiones; los problemas ambientales en las ciudades afectan al propio entorno urbano, pero también a muchas otras regiones de las que se extraen los recursos y a las que llegan los efectos de la contaminación.

Atendiendo a estudios realizados por González (2007), los principales problemas ambientales asociados a las ciudades son la contaminación, el agua, el elevado consumo de recursos naturales y territoriales.

González (2007) expresó que el elevado consumo de los recursos naturales y territoriales, viene de la mano de una serie de fenómenos como: grado de urbanización, demanda energética y consumo de agua.

La urbanización masiva conlleva un elevado uso de suelo que destruye la vegetación natural, las tierras con vocación agrícola, las masas forestales, los humedales, los cauces fluviales o los espacios de la franja costera. Esto provoca la fragmentación y a veces la pérdida de los hábitats de especies faunísticas y vegetales. En fin, al destruir los ecosistemas se crean importantes desequilibrios naturales.

La vegetación, además es importante por el papel que desempeña en la conformación y calidad ambiental de los espacios abiertos. Es útil como humificadora y purificadora del ambiente. Anchas y densas franjas de vegetación amortiguan la propagación del sonido y canalizan el viento, recurso este muy útil para obtener confort ambiental en los espacios abiertos y edificaciones. Constituyen barreras de protección contra los fuertes vientos y estabilizan el flujo del aire, dependiendo su mayor o menor efecto de la permeabilidad al viento de las especies. El follaje de los árboles actúa como moderador del movimiento del aire. Sirve además, como reguladora del clima térmico. Los espacios sombreados por el follaje pueden llegar a reducir hasta 3°C más que los que solo poseen arbustivas, césped y cobertura de poca densidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede plantear que en la ciudad de Pinar del Río hay una disminución paulatina de las áreas verdes, suceso que ha venido ocurriendo desde mediados de los años 1970, cuando comenzaron a construirse las zonas industriales en la periferia de la ciudad; otro aspecto a tener en cuenta es la demanda de viviendas sin ningún tipo de ordenamiento, siendo estas áreas víctimas de la deforestación, ya sea por la acción del hombre o por causa de fenómenos naturales. Esta situación, como es de esperar, no solo contribuye al deterioro de la salud y bienestar de sus habitantes, sino también al incremento de los

inconvenientes sociales que se originan con la afectación de la calidad ambiental de las áreas públicas.

Históricamente, el desarrollo urbano en Pinar del Río ha estado condicionado por factores geográficos, económicos y sociales que han moldeado su expansión y configuración espacial. Durante el siglo XX, la ciudad pasó de ser un núcleo pequeño y concentrado a una urbe con una estructura más dispersa, impulsada por la demanda de vivienda, infraestructura y servicios públicos (García et al., 2018). Este proceso se ha caracterizado por fases de crecimiento desordenado y limitada planificación, que han generado impactos significativos sobre los ecosistemas circundantes, especialmente en la conversión de áreas agrícolas y forestales en zonas urbanizadas (Pérez & Martínez, 2022).

En las últimas décadas, la presión sobre el uso del suelo en Pinar del Río ha aumentado, debido a factores como el crecimiento poblacional, la expansión de la infraestructura vial y el desarrollo de actividades económicas vinculadas al turismo y la industria (López et al., 2020). Este fenómeno ha provocado una reducción considerable de la cobertura vegetal nativa y una fragmentación del paisaje que afecta la conectividad ecológica y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad (UN-Habitat, 2021). Asimismo, la impermeabilización del suelo ha alterado los procesos naturales de infiltración y escorrentía, incrementando la vulnerabilidad a eventos extremos como inundaciones y sequías, frecuentes en la región debido a su clima tropical (ONERC, 2023).

En el caso específico de Pinar del Río, la actualización y manejo adecuado de los sistemas de información geográfica (SIG) y bases de datos sobre usos de suelo y vegetación representan herramientas esenciales para planificar un desarrollo urbano que respete y potencie las funciones del suelo. La integración de estas tecnologías permite realizar diagnósticos precisos, monitorear cambios en la cobertura vegetal y suelo, y diseñar estrategias de ordenamiento territorial que garanticen la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida de sus habitantes (educación.estudios\_ambientales,2025;educación.suelo\_urbano,2025;educación.estudios\_urbanos,2025).

Rhyman et al. (2020) establece que el NDVI ha sido ampliamente utilizado para el monitoreo de bosques y presenta una fácil interpretación, ya que posee un rango de medición de -1 a +1, donde los valores positivos reflejan zonas con presencia de vegetación. El NDVI ayuda a diferenciar la vegetación de otros tipos de cobertura del suelo (artificial) y determinar su estado general.

También permite definir y visualizar áreas con vegetación en la imagen satelital, así como detectar cambios anormales en el proceso de crecimiento.

Por otra parte, el SAVI fue desarrollado para eliminar la influencia que tiene el suelo en la absorción de la reflectancia por la vegetación, este incluye el parámetro L el cual puede obtener valores entre 0 y 1 para eliminar el efecto del suelo, según Ávila et al. (2020) es un NDVI mejorado. Otro índice importante es el índice de vegetación mejorado (EVI), el cual usa la banda azul en su ecuación, creado con sensibilidad a la biomasa, el fondo atmosférico y la condición al suelo. Considerado al igual que el SAVI, una versión modificada y mejorada del (NDVI).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General.**

Evaluar los cambios espaciotemporales en la vegetación, usos de suelo y calidad ambiental en la ciudad de Pinar del Río.

### **2.2 Objetivos Específicos.**

- Mapear la cobertura vegetal y su evolución para los años analizados.
- Identificar cambios en los usos del suelo: urbano, agrícola, forestal, entre otros.
- Calcular los índices de vegetación necesarios en la determinación de la calidad de la vegetación en la ciudad de Pinar del Río, (NDVI, SAVI, y EVI, índices de salud).
- Comparar la vegetación en la ciudad de Pinar del Río, en un período de 19 años (2006-2025).

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Delimitación y ubicación geográfica del área de estudio.**

La ciudad de Pinar del Río (Fig.1), se localiza en las hojas de mapas 3483-II-a Entronque de Ovas, 3483-II-c Pinar del Río. Se encuentra ubicada al noroeste del centro en el municipio de Pinar de Río, perteneciente a la provincia del mismo nombre.

El área de estudio está conformada por dos zonas, separadas por el río Guamá: la Zona este, que agrupa zonas y repartos desarrollados en diferentes etapas y la zona de nuevo desarrollo. Limita al norte con la carretera al municipio de Viñales, al sur con la autopista nacional, al este con el río Paso Viejo y al oeste con el río Guamá; y la Zona oeste, que contiene el casco histórico en el cual se enmarcan centros de servicios y zonas periféricas que limitan al norte y



3. Plataforma “copernicus.eu” de la Agencia Espacial Europea, para la descarga de la imágenes.
4. Software “Sistema de Información Geográfica”: QGIS V- 3.23, para el cálculo de los índices de vegetación.
5. Hoja del mapa topográfico nomenclatura 3483-II-a Entronque de Ova y 3483-II-c Pinar del Río, para control y precisión de los puntos seleccionados.
6. Software Digital Map (Neva), para el trabajo con los mapas topográficos de la zona de estudio.

### 3.3 Métodos.

#### 3.3.1 Obtención de las imágenes satelitales.

Para obtener las imágenes satelitales se empleó la plataforma “copernicus.eu” de la Agencia Espacial Europea (ESA) (figura 2), teniendo en cuenta que las imágenes a utilizar presentaran un bajo porcentaje de nubosidad y sombras, y que en caso de que existieran fuese mínimo, aspectos tenidos en cuenta por (Nazco, 2022). Se eligió una fecha de descargue que fuera lo más cercana posible al tiempo de interés que se está investigando. Las imágenes se descargaron por bandas y en su color natural para apoyar la fotointerpretación.

Al descargar imágenes con un nivel de reflectancia 2<sup>a</sup>, las mismas se encuentran ortorrectificadas, con niveles de reflectancia por debajo de la atmósfera al ser eliminada la presencia atmosférica modificando los valores del pixel, y generando imágenes más nítidas y claras, eliminando el tradicional aspecto visual de niebla blanquecina a lo largo de la imagen, lo cual corresponde a imágenes corregidas atmosféricamente que ofrecen datos de reflectancia más próximos a la realidad.

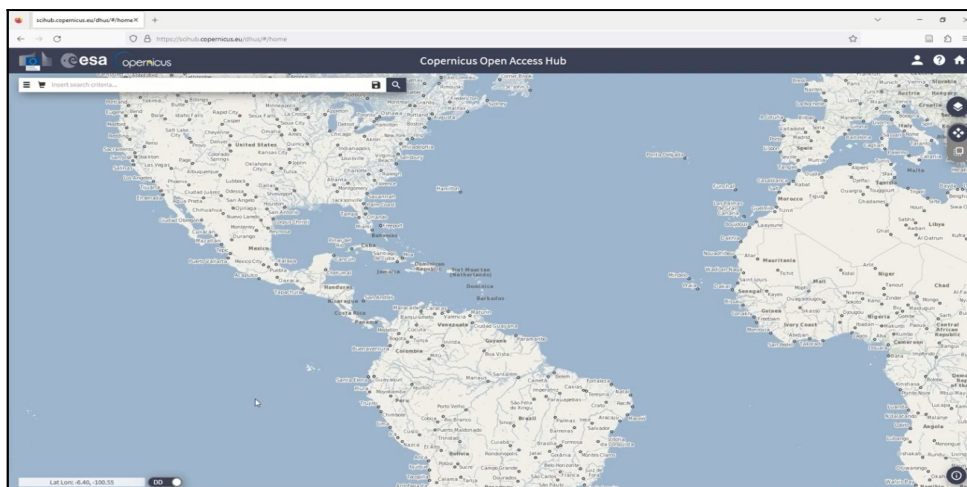


Figura 2. Sitio web para la descarga de imágenes Sentinel 2A  
(Fuente: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)

### 3.3.2 Comportamiento de la vegetación.

Se obtendrán los datos estadísticos del comportamiento de la vegetación, antes del fenómeno, después de éste y su estado actual, a partir de los índices de vegetación obtenidos de las imágenes satelitales descargadas. Para realizar estos cálculos se emplea la herramienta Calculadora Raster del programa QGIS 3.23 (figura 3).

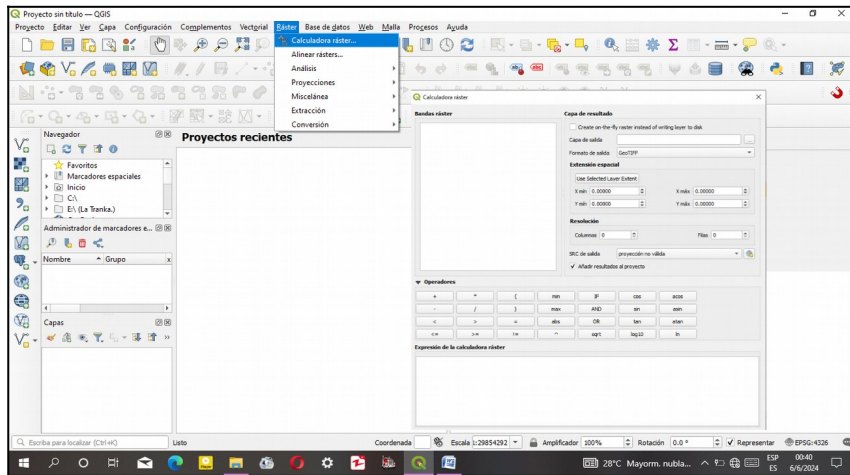


Figura 3. Calculadora Ráster en QGIS.

### 3.3.3 Cálculos de los índices de vegetación

- **Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)**

Este índice fue diseñado por Tucker (1979) para el monitoreo del estado de salud de coberturas vegetales.

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se determina mediante la fórmula:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

Donde:

NIR - reflectividad del píxel de la banda del infrarrojo cercano.

RED - reflectividad del píxel de la banda del rojo.

Para determinarlo se utilizó la herramienta Calculadora Ráster del programa QGIS V 3.23, los datos de ambas bandas fueron ingresados según la fórmula 1.

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4) \quad (2)$$

- **Índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI)**

El índice de vegetación SAVI, se introdujo para mitigar el impacto del brillo del suelo. Su creador, Huete (1988), añadió un factor de ajuste del suelo L a la ecuación del NDVI, para corregir los efectos de ruido del suelo (color, humedad, variabilidad del suelo entre regiones, etc.), que suelen afectar a los resultados.

El Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI), se determina mediante la fórmula 3:

$$SAVI = [(IRC - R) / (IRC + R + L)] (1 + L) \quad (3)$$

Donde:

IRC - reflectividad del píxel de la banda del infrarrojo cercano.

R - reflectividad del píxel de la banda del rojo.

L - constante de compensación promedio, 0.5.

Para determinarlo se utilizó la herramienta Calculadora Raster del programa QGIS 3.23, los datos de ambas bandas fueron ingresados utilizando la fórmula 3.

$$SAVI = [(B8 - B4) / (B8 + B4 + 0.5)] (1 + 0.5) \quad (4)$$

- **Índice de Vegetación Mejorado (EVI)**

El índice de vegetación mejorado (EVI), creado con mayor sensibilidad a la biomasa, el fondo atmosférico y la condición al suelo. Se considera una versión modificada del (NDVI). Este emplea también la banda azul.

Se determina mediante la fórmula 5:

$$EVI = 2.5 * (((NIR - RED)) / (NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1)) \quad (5)$$

Donde:

NIR - reflectividad del píxel de la banda del infrarrojo cercano.

RED - reflectividad del píxel de la banda del rojo.

BLUE- reflectividad del píxel de la banda azul.

Para determinarlo se utilizó la herramienta Calculadora Raster del programa QGIS 3.23, los datos de ambas bandas fueron ingresados por la fórmula 5.

$$EVI = 2.5 * (((B8 - B4)) / (B8 + 6 * B4 - 7.5 * B2 + 1)) \quad (6)$$

### 3.3.4 Determinación de áreas verde por habitantes.

Las áreas verdes por habitantes se propone calcular por la fórmula adaptada por Ballinas y Barradas (2016), considerando únicamente los ecosistemas urbanos por consejos populares.

$$AV = (Sup/Hab) \quad (7)$$

Donde:

AV- área verde por habitantes ( $m^2hab^{-1}$ )

Sup- superficie de área verde en  $m^2$

Hab- número de habitantes ( $hab^{-1}$ )

Esta es la comparación de crecimiento de áreas verdes por cantidad de habitantes en años.

### 3.3.5 Fotointerpretación de los resultados.

El cálculo de los índices se presentará como un mapa de colores, donde cada uno corresponde a un cierto rango de valores. No existe una paleta de colores estándar, pero en este trabajo se emplearán diferentes colores como el rojo, para determinar que no hay vegetación, el naranja para indicar que la vegetación esta enferma, el verde mostrará una vegetación un poco más saludable, y el azul representará un perfecto estado de salud de la misma.

### 3.3.6 Estudio espaciotemporal.

Para la confección del SIG se realizará también un estudio espaciotemporal, entre el 2006 y el 2025, donde se analizarán diferentes factores, tanto naturales como antrópicos que, de una manera u otra, están relacionados con el desarrollo de las áreas verdes; para este estudio se emplearán las hojas de mapas mencionadas anteriormente en los materiales a emplear.

Los parámetros a comparar serán:

1. Clasificación de las áreas de vegetación.
2. Espacio que ocupan las áreas de vegetación.
3. Usos del suelo.
4. Focos contaminantes (sólidos y líquidos), entre otros.

#### 4. RESULTADOS A OBTENER

Para realizar un estudio de vegetación, usos de suelo y análisis de la calidad ambiental en Pinar del Río, es fundamental combinar diversas capas temáticas en un SIG (Sistema de Información Geográfica) que permitan un análisis integrado. A continuación, se detallan las capas clave y su utilidad.

Las capas temáticas a obtener aparecen en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1: Cobertura vegetal y uso de suelo.

Capa	Descripción	Fuente	Aplicación
Mapa de cobertura vegetal	Clasificación de bosques, cultivos, pastizales, áreas urbanas verdes.	Imágenes satelitales (Landsat, Sentinel-2), NDVI, SAVI y EVI	Identificar pérdida de vegetación, fragmentación.
Mapa de usos de suelo	Zonas urbanas, agrícolas, industriales, forestales, cuerpos de agua.	Catastro, imágenes clasificadas (Random Forest/SVM)	Analizar cambios antropogénicos.
Índices de vegetación (NDVI, SAVI, EVI)	Salud y densidad de la vegetación.	Teledetección (Landsat/Sentinel)	Detectar estrés vegetal, áreas degradadas.

Tabla 2: Variables ambientales y urbanas.

Capa	Descripción	Fuente	Aplicación
Red vial y transporte	Carreteras, calles, infraestructura	OpenStreetMap, datos municipales	Impacto de la expansión urbana en vegetación.
Hidrografía	Ríos, arroyos, zonas inundables.	IGN Cuba, imágenes satelitales.	Correlación vegetación-aguas.
Curvas de nivel y pendientes. Relieve y altimetría.	Relieve y altimetría.	SRTM (NASA), LiDAR (si disponible)	Influencia del relieve en usos de suelo.
Clima (precipitación, temperatura)	Datos históricos y tendencias.	Instituto de Meteorología de Cuba	Relación clima-crecimiento vegetal.

Tabla 3: Calidad ambiental.

Capa	Descripción	Fuente	Aplicación
------	-------------	--------	------------

Contaminación del aire (PM2.5, NO <sub>2</sub> )	Datos de estaciones o modelos.	Ministerio de Ciencia de Cuba (si disponibles)	Zonas con mayor impacto ambiental.
Ruido urbano	Mapas de niveles de decibelios.	Mediciones in situ o modelos predictivos	Efectos en áreas verdes urbanas.
Áreas protegidas y corredores ecológicos	Parques nacionales, reservas.	Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP)	Conservación y conectividad ecológica.

Después de obtenidas las capas temáticas se procede a la combinación de las mismas

- **Superposición espacial:**

- Cruzar cobertura vegetal + usos de suelo para identificar conflictos (ej.: urbanización en zonas boscosas).
- Solapamiento NDVI + red vial para evaluar impacto de infraestructuras en vegetación.

- **Análisis temporal:**

- Comparar imágenes satelitales de décadas distintas (ej.: 1990 vs. 2020) para mapear cambios.

- **Modelos predictivos:**

- Usar regresiones espaciales para predecir pérdida de vegetación en función de variables como distancia a carreteras o crecimiento poblacional.

- **Fragmentación del paisaje:**

- Calcular índices como Patch Density o Shannon Diversity con software como FRAGSTATS o QGIS.

Esta combinación de capas permite un análisis integral para políticas de ordenamiento territorial y conservación en Pinar del Río.

#### 4.1 Recomendaciones finales.

- Priorizar datos gratuitos: *USGS EarthExplorer (Landsat)*, *Copernicus Open Access Hub (Sentinel)*.
- Validar con trabajo de campo: Muestreo en puntos claves.

- Indicadores claves: Porcentaje de área verde por habitante y tasa anual de deforestación urbana.

## 5. PLAN DE MEDIDAS

Teniendo en cuenta el resultado del cálculo de los índices de vegetación y los parámetros medidos en el estudio espaciotemporal se implementará un plan de medidas, para mitigar las afectaciones que influyen en el desarrollo de la cubierta vegetal, llamar a la conciencia de la población, y ayudar en el proceso de educación ambiental. El plan de medidas se adecuará a las líneas estratégicas propuestas (Tabla 4).

Tabla 4: Propuesta de plan de medidas ambientales para la ciudad de Pinar del Río

<b>Línea Estratégica</b>	<b>Objetivo Específico</b>	<b>Medidas Propuestas</b>	<b>Indicador de Éxito</b>
Conservación y Restauración	Proteger y recuperar la vegetación nativa y los suelos	Programas de reforestación con especies nativas en suelos degradados. Controlar especies de flora invasora.	Aumento del 5% en la cobertura de vegetación nativa en tres años.
Agricultura Sostenible	Minimizar el impacto del cultivo	Promover buenas prácticas agrícolas para reducir el uso de agroquímicos.	Reducción del 15% en el uso de fertilizantes químicos en dos años.
Calidad del Aire y Agua	Mantener y mejorar la calidad de los recursos.	Establecer una red de monitoreo de calidad del aire (material particulado) y agua (río Guama). Protección de riberas para prevenir la erosión y contaminación difusa.	100% de los puntos de monitoreo cumplen los estándares de calidad anuales.
Ordenamiento del Territorio	Regular los usos del suelo para un desarrollo equilibrado.	Delimitar áreas de protección estricta, agricultura sostenible y expansión urbana controlada, basado en el estudio de usos del suelo. Reglamentar nuevas construcciones para minimizar el impacto en el paisaje.	Aprobación de una normativa municipal de ordenamiento territorial en 18 meses.

Educación y Gobernanza	Involucrar a la comunidad en la gestión ambiental.	Desarrollar un programa de educación ambiental para los Pinareños sobre la protección de su entorno único. Establecer un comité de seguimiento con autoridades, productores y comunidad.	Al menos cuatro talleres comunitarios anuales y un 80% de participación en el comité.
---------------------------	---	--	---

Para poner en marcha este plan de manera efectiva, se recomienda seguir estas fases basadas en el ciclo de gestión de proyectos ambientales:

1. Desarrollar el Plan de Gestión Ambiental (PGA) detallado, para transformar las líneas estratégicas en un documento formal, que debe incluir:
  - Cronograma y presupuesto específicos para cada actividad.
  - Definición clara de responsabilidades (equipo municipal, actores comunitarios, sector agrícola).
  - Protocolos de monitoreo y evaluación continuos usando los indicadores definidos.
2. Ejecutar y monitorear. Durante la implementación es crucial:
  - Mantener una comunicación constante con todas las partes interesadas, desde las autoridades hasta los agricultores y la comunidad.
  - Capacitar a los equipos en las mejores prácticas ambientales para asegurar que las medidas se apliquen correctamente.
3. Evaluar y adaptar. La gestión ambiental es un ciclo de mejora continua. Se realizarán auditorías ambientales periódicas para verificar el cumplimiento del plan, evaluando los resultados y ajustando las medidas, según sea necesario.

Este plan constituye un marco sólido para orientar la toma de decisiones, y las inversiones en la ciudad de Pinar del Río. Su éxito dependerá de la continuidad del compromiso político, la participación activa de la comunidad y la asignación adecuada de recursos.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo, la oportuna y desinteresada ayuda de mis familiares, amigos, tutora y compañeros de trabajo; mencionar nombres sería correr el riesgo de incurrir en omisiones involuntarias, pero deseo dejar constancia de mi eterno agradecimiento.

Primeramente a mis profesores de la Academia Naval “Granma”, que forjaron el interés y la dedicación con que realizo cada trabajo. A mi tutora la Dra. C. Iluminada, por estar pendiente, aportar las metodologías y los conocimientos necesarios para su desarrollo. Al claustro de profesores de la Universidad de Pinar del Río, por brindarme ayuda e información para resultados futuros. A mis compañeros de trabajo Arturo, Elías, y Marta Alina, por enseñarme el empleo de los software (SIG) y sus técnicas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, D. y col. (2020). Variación espaciotemporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, evaluada con sensores remotos. *Revista de Biología Tropical* 68.1, 321-335. Online: <https://bit.ly/3kF9SQM>
- Chuvienco Salineras, E. (2008) *Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. Editorial Ariel. Barcelona, España. ISBN: 978-84-344-8077-3.
- Chubienco, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección espacial*. Madrid: Ediciones RIALP, SA.
- Colectivo de autores (2016). *Plan general de ordenamiento territorial (PGOT) del municipio Pinar del Río*. Dirección Provincial de Planificación Física.
- Corcho, J. (2022). *Un procedimiento para el empleo de técnicas de percepción remota en la determinación de la calidad del agua en los embalses*. Tesis presentada en opción al título académico de máster en Geomática. Academia Naval “Granma”. Orden “Antonio Maceo”. La Habana.
- Gilabert, M.A., González-Piqueras, J. & García-Haro, J. (1997) Acerca de los índices de vegetación. *Revista de Teledetección*, 8, 1-10.
- Geadá-López, G., Sotolongo-Sospedra, R., & Valle, L. P. (2022). Variación anatómica foliar en poblaciones naturales de *Pinus tropicalis* en Pinar del Río, Cuba - Anatomical foliar variation on natural population of *Pinus tropicalis* in Pinar del Río, Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 43, 155–170. <https://www.jstor.org/stable/48731991>
- Holguín, A. (11 de enero del 2018). Cursos de Teledetección.com. Aplicaciones de la Teledetección en el ámbito forestal.
- Huete, A. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25: 295-309.
- Hernández Guancho, Lisandra, Hernández Martínez, Fernando Ramón, & Dago Dueñas, Yusniel. (2022). Organismos nocivos en el arbolado urbano en la ciudad de Pinar del Río. Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(2), 230-243. Epub 06 de agosto de 2022. Recuperado en 07 de noviembre de 2025, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-34692022000200230&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692022000200230&lng=es&tlng=es).
- Muñoz Labrador, Y. J., Milián Cabrera, I. de la C. & Díaz Díaz, S. P. (2021). Dinámica de la vegetación después del disturbio provocado por cuatro huracanes. *Avances*, 23(1), 23-39, <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/585/1641>

- Muñoz, Y. J., Milían, I. de la C., Rodríguez, G. de la C., González, L., Blanco, R., Caraballo, N., & Placeres, R. (2023). Caracterización de un fragmento de bosque de manglar en la ensenada de La Coloma, Pinar del Río. *Ecosistemas*, 32(3), 2595. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2595>
- Muñoz Labrador, Y. J., Milián Cabreras, I. de la C., Rodríguez Crespo, G. de la C., & Geadá López, G. (2024). Dinámica de la cobertura de manglar al suroeste de Pinar del Río. Cuba. *Avances*, 26(3), 315-333. <https://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/835/2142>
- Nazco Torres, A. (2022). Estudio ambiental del municipio Pinar del Río utilizando técnicas de geoprocesamiento integrado <https://www.redalyc.org/journal/6378/637873567009/>.
- Ortega Perez, Laura Elena; Rodriguez Crespo, Greicy de la Caridad; Dominguez Junco, Osvaldo y Estevez Valdes, Ignacio. Evaluación del papel del bosque y sus servicios ecosistémicos en un polígono demostrativo en Viñales, Pinar del Río. Cuba. *Rev CFORES* [online]. 2024, vol.12, n.1 Epub 01-Abr-2024. ISSN 2310-3469.
- Rhyma, P. y col. (2020). Integration of normalised different vegetationindex and Soil-Adjusted Vegetation Index for mangrove vegetationdelineation. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 17, 1-70. Online: <https://bit.ly/3y2s4ru>.
- Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. [Remote Sensing of Environment Volume 8, Issue 2](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0), May 1979, Pages 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).
- Zequeira Pérez, Laritza Daylen, Garea Moreda, Bárbara Idalmis, & Curbelo Alonso, Alfredo José. (2021). Metodología para la zonificación del potencial de biomasa con fines energéticos orientada a empresas forestales. Caso empresa agroforestal La Palma, Pinar del Río. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 9(3), 440-453. Epub 09 de septiembre de 2021. Recuperado en 07 de noviembre de 2025, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-34692021000300440&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692021000300440&lng=es&tlng=es)