

# Estrategia para la ubicación de sitios preliminares de disposición final con y sin manejo integral de residuos sólidos utilizando ArcGIS – caso de estudio: municipios de Panamá y San Miguelito

## Strategy for the location of preliminary disposal sites with and without integrated solid waste management using ArcGIS - case study: Panama and San Miguelito municipalities

*Surhay Monterrey<sup>1</sup>, Grethel Morán<sup>1</sup>, María Colmenares<sup>1</sup>, Alejandra Montero<sup>1</sup>, Viccelda Domínguez<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica, Sanitaria y Ciencias Ambientales, Panamá

**Fecha de recepción:** 26 de febrero de 2024. **Fecha de aceptación:** 10 de junio de 2024.

**\*Autor de correspondencia:** [viccelda.dominguez@utp.ac.pa](mailto:viccelda.dominguez@utp.ac.pa)

**Resumen.** Actualmente, Panamá presenta una problemática con la disposición final de los residuos sólidos. Es por esto que el objetivo de esta investigación es establecer una estrategia para ubicar sitios preliminares de disposición final con o sin manejo integral de residuos sólidos, utilizando los criterios de: la tecnología ArcGIS y los parámetros establecidos en los criterios técnicos legales de Panamá para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios; tomando como caso de estudio los municipios de Panamá y San Miguelito. De esta forma se genera una alternativa de solución a la problemática actual del relleno sanitario Cerro Patacón, mediante la implementación del manejo integral de residuos sólidos. Luego de la evaluación de los parámetros en cada uno de los sectores los sitios preliminares propuestos fueron: Bayano 1, Bayano 2 y Cerro Bandera. Considerando las áreas aproximadas necesarias para disponer los residuos sólidos, se considera que el área aproximada necesaria para un relleno sanitario mecanizado con manejo integral de residuos sólidos de pendiente progresiva representa una opción más viable, así como también los métodos de validación cualitativa de calidad ambiental y de factores de ponderación arrojan que con un 96% el sitio preliminar óptimo es Cerro Bandera.

**Palabras clave.** Áreas, población, relleno sanitario, residuos sólidos, sitios preliminares.

**Abstract.** Currently, Panama has a problem with the final disposal of solid waste. For this reason, the objective of this research is to establish a strategy to locate preliminary final disposal sites with or without integrated solid waste management, using ArcGIS technology and the parameters established in Panama's legal technical criteria for the design, construction and operation of sanitary landfills; taking as a case study the municipalities of Panama and San Miguelito. In this way, an alternative solution to the current problems of the Cerro Patacón sanitary landfill is generated through the implementation of integrated solid waste management. After evaluating the parameters in each of the sectors, the preliminary sites proposed were: Bayano 1, Bayano 2 and Cerro Bandera. Considering the approximate areas needed to dispose of solid waste, it is considered that the approximate area needed for a mechanized sanitary landfill with integrated solid waste management with a progressive slope represents a more viable option, as well as the qualitative validation methods of environmental quality and weighting factors show that with 96% the optimal preliminary site is Cerro Bandera.

**Keywords.** Areas, population, landfill, solid waste, preliminary sites.

## 1. Introducción

En el 2018 el Banco Mundial informó que el rápido crecimiento poblacional incrementa la generación de los residuos, además en el 2021 se estipuló un crecimiento del 0.9% a nivel mundial; por ende, se espera una generación de 3400 millones de toneladas de residuos sólidos (RS) anuales en los próximos 27 años [1].

A nivel mundial países como: Indonesia, Alemania, Suiza, Bélgica, Japón, Países Bajos, Suecia, Dinamarca y Noruega han implementado sistemas de tratamiento de residuos como compostaje y reciclaje, lo que equivale al 46.6% del manejo integral, mientras que el 49.3% corresponde a incineración con recuperación de energía, el 2.4% a incineración sin recuperación de energía y un 0.9% a vertederos [2].

Sin embargo, según el Banco Interamericano de Desarrollo en América Latina se evidencia una escasa implementación de manejo integral de residuos sólidos (MIRS) [2]. Actualmente el 52.0% de los RS son dispuestos en rellenos sanitarios, siendo el mecanismo más utilizado en la región, el 26.8% son dispuestos en vertederos a cielo abierto, un 15.0% en vertederos controlados, solamente el 4.5% es reciclado, mientras que el 1.5% termina en rellenos sanitarios no especificados y el 1.0% es aprovechado mediante compostaje e incineración [3].

Cabe destacar que países como Ecuador, Perú, Turquía, Nigeria y Norte de África, han implementado la tecnología ArcGIS para la ubicación de posibles sitios de disposición final [4] [5] [6] [7] [8]; sin embargo, en Panamá no se han encontrado estudios que combinen los criterios técnicos y legales para la construcción de rellenos sanitarios de 300 toneladas y más, artículo 5 del DE 275 del 2004 [12], con técnicas de MIRS y el uso de la herramienta ArcGIS.

Actualmente, Panamá presenta una problemática con la disposición final de los RS, se estima que el 75% de los residuos son depositados en los vertederos, mientras que el resto es quemado sin supervisión ni medidas mitigadoras que eviten la contaminación de los recursos hídricos [9].

Finalmente, en el 2021 la Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá (AAUD) establece que la administración del relleno sanitario Cerro Patacón no cuenta con las medidas necesarias para poder seguir operando, al incumplir con los términos legales y técnicos del contrato de concesión que se firmó con el Estado panameño en temas de manejo y disposición final; sin embargo, clausurar el relleno sanitario de manera inmediata no es una opción factible; ya que, este le brinda cobertura tanto al distrito de San Miguelito como a la Ciudad de Panamá [10].

Debido a lo planteado previamente, el objetivo de esta investigación es establecer una estrategia para ubicar sitios

preliminares de disposición final con o sin manejo integral de residuos sólidos, utilizando los criterios de: la tecnología ArcGIS, los parámetros establecidos en los criterios técnicos legales de Panamá para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios; tomando como caso de estudio los municipios de Panamá y San Miguelito. De esta forma se genera una alternativa de solución a la problemática actual del relleno sanitario Cerro Patacón, mediante la implementación del MIRS, contribuyendo así con objetivos de desarrollo sostenible (ODS) [11].

## 2. Materiales y métodos

Siguiendo los parámetros establecidos en el artículo 5 del DE 275 de 2004 [12] el cual “aprueba las normas de los rellenos sanitarios, con capacidad mayor o igual a 300 toneladas métricas por día, de RS no peligrosos”, los pasos a seguir para la búsqueda de sitios alternativos se encuentran en la figura 1.

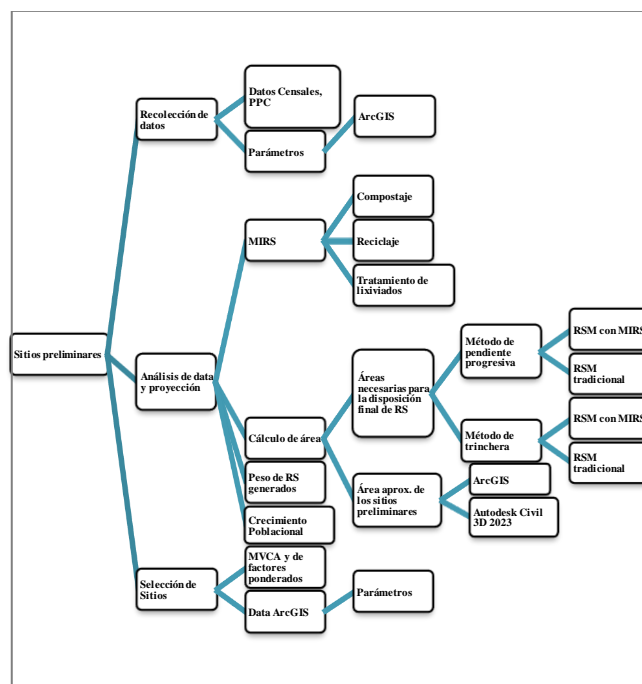


Figura 1. Diagrama de la estrategia para la selección de sitios, donde MVCA: Metodología de Validación Cualitativa Ambiental, PPC: Producción Per Cápita de residuos sólidos, RSM: Relleno Sanitario Mecanizado.

A continuación, se presenta los criterios de la estrategia que se siguieron para seleccionar los sitios alternativos de gestión de los RS.

## 2.1 Recolección de datos

Se recolectaron los datos de acuerdo con los parámetros estipulados en el artículo 5 del DE 275 de 2004, los cuales son: distancia de aeropuertos (8 km), distancia a la población más cercana (2 km), lejanía a fallas geológicas potenciales, lejanía a líneas principales de conducción de agua potable y distancia de las planicies de inundación [12].

Posteriormente se investigaron los datos de los censos oficiales (producción per cápita y porcentajes de composición de los RS), realizados desde 1980 hasta 2010 (tabla 1), específicamente en la Ciudad de Panamá y el distrito de San Miguelito.

Tabla 1. Datos censales

Municipio	Población por año			
	1980	1990	2000	2010
Ciudad de Panamá	477,107	584,803	708,438	880,691
San Miguelito	156,611	243,025	293,745	315,019
<b>Total</b>	<b>633,718</b>	<b>827,828</b>	<b>1,002,183</b>	<b>1,195,710</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) [13] [14].

Por otra parte, el PPC de Panamá y San Miguelito se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Generación de residuos de la Ciudad de Panamá y San Miguelito

Municipio	PPC anual (kg/hab*año)	PPC diario (kg/hab*día)
Panamá	309.2	0.85
San Miguelito	349.0	0.96

Fuente: Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos 2017-2027 [9].

También se tomó en cuenta los porcentajes de composición de los RS, tanto orgánicos (RSO) como inorgánicos (RSI), considerando los inorgánicos reciclables (RSIR) y los no aptos para reciclaje (RSINR) [9].

Los pasos para la unificación con la herramienta ArcGIS y su utilización fueron los siguientes:

- Inicialmente, se buscó la data (capas) actualizada en el Instituto de Investigación Tropical Smithsonian por sus siglas en inglés (STRI), en formato shapefile, siguiendo los parámetros del artículo 5 [12] (capa de áreas pobladas, capa de cuerpos de agua, capa de fallas geológicas, capa de líneas de conducción de agua potable, capa caminos y carreteras) [15].
- Luego se creó una carpeta para guardar las capas (shapefile), cada una debidamente identificada.
- Posteriormente, se plasmó la data a través de las carpetas en ArcGIS por medio de “catalog”.
- A continuación, se cortaron las capas con *Clip function* de ArcGIS, de esta forma se obtuvieron las capas específicamente en el área de la provincia de Panamá [15].

- Finalmente, se ubicaron los tres sitios preliminares y se obtuvieron sus coordenadas aproximadas con la función *Coordinate Conversion* (figuras 2 y 3).



Figura 2. Capas en ArcGIS.

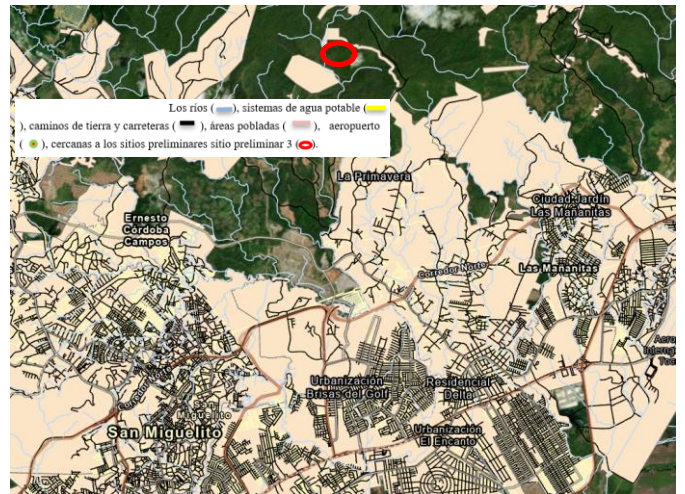
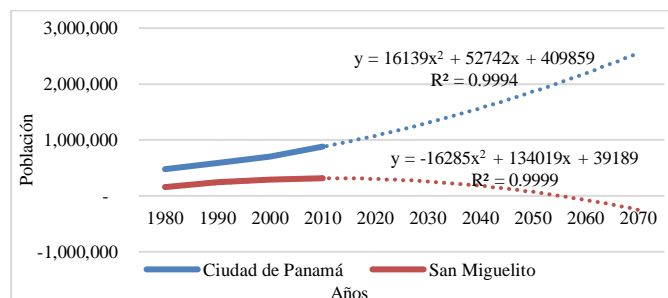


Figura 3. Capas en ArcGIS.

A partir de los criterios preliminares de: disponibilidad de área, distancia mínima a la comunidad más próxima de 2 km, distancia mínima de 8 km a aeropuertos, fallas geológicas, líneas de conducción de agua potable, planicie de inundación, aguas abajo de fuentes de abastecimiento de agua, a menos de 1000 m de pozos para consumo humano, vías de acceso, cercanía a los sitios de recolección y topografía; es posible crear una estrategia que permita preseleccionar los mejores sitios alternativos para la disposición final de los residuos sólidos de los municipios de San Miguelito y Panamá, con y sin manejo integral de los residuos sólidos utilizando la tecnología de ArcGIS.

## 2.2 Análisis de data y proyección

Debido a que el crecimiento poblacional es una variable importante al determinar el área específica de un sitio de disposición, se proyectó un crecimiento poblacional por extrapolación (figura 4) mediante el método matemático de regresión polinómica, para el año 2070. Se tomó en cuenta un período de vida útil de 40 años para el sitio de disposición [16], de las comunidades de los municipios de Panamá y San Miguelito, utilizando la data censal desde 1980 hasta el último censo registrado, debido a que en los censos anteriores a 1980 no se contemplaba el distrito de San Miguelito [13] [14].



**Figura 4.** Proyección del crecimiento poblacional en los municipios de Panamá y San Miguelito hasta el 2070.

Luego de obtener las funciones para calcular la proyección de la población de los municipios de Panamá y San Miguelito, se procedió a proyectar año por año el crecimiento poblacional en ambos sectores y así conseguir la población total estimada para el año 2070 utilizando la ecuación (1).

$$PT_n = PTCP_n + PTSM_n \quad (1)$$

Donde:

$PT_n$  = población total estimada anual

$PTCP_n$  = población total estimada de la Ciudad de Panamá

$PTSM_n$  = población total estimada de San Miguelito

$n$  = año

Para obtener el peso total de RS tanto de la Ciudad de Panamá como de San Miguelito por separado, se utilizó la ecuación (2), teniendo en cuenta el PPC correspondiente a cada

área, de esta forma se obtuvo el peso total de los RS de cada uno de los sectores, para luego proceder a calcular el peso total de los RS de ambos sectores en conjunto.

$$RST_n = PPC * \frac{1}{1000} * \frac{1}{365} * PTCP_n \quad (2)$$

Donde:

$RST$  = residuos sólidos totales anuales (ton/año)

$PPC$  = producción per cápita anual (kg/hab\*año)

Para la proyección de las áreas aproximadas de los sitios preliminares se utilizaron herramientas como Autodesk Civil 3D 2023, ArcGIS y mapas topográficos de las áreas preliminares del Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia". Cabe destacar que, debido a las características de los sitios preliminares a evaluar, se optó por implementar el método de trincheras en los sitios 1 y 2 y de pendiente progresiva en el sitio 3, en todos los casos se planteó un RSM.

Para proyectar las áreas necesarias para un RSM tradicional y un RSM con MIRS se utilizó la ecuación (3) [17], estableciendo parámetros iniciales como: un nivel de compactación de 950 kg/m<sup>3</sup> y una profundidad de 3.5 m y 8.0 m para los métodos operativos de trincheras y de pendiente progresiva respectivamente, estos basados en los rangos permisibles según el DE 275.

$$A_n = \frac{RST_n * t * 365 * 1000}{NC * h} \quad (3)$$

Donde:

$A$  = área necesaria (ha/año)

$RST$  = residuos sólidos totales de la Ciudad de Panamá y San Miguelito (ton/año)

$t$  = vida útil (años)

$NC$  = nivel de compactación (kg/m<sup>3</sup>)

$h$  = profundidad (m)

Existen diversas formas de aprovechar a los RSO, una de estas es realizar compostaje a través diversos procesos. En esta investigación se propone implementar biodigestores; ya que, el porcentaje de RSO (33%) es considerable [9] [18] [19].

Además, se propuso solamente tener en el relleno sanitario un área de clasificación de RSIR para posteriormente ser vendidos a empresas [20] [21].

Por último, los procesos de lodos activados son la tecnología propuesta para el tratamiento de los lixiviados en el RSM [22].

En la figura 5 se muestra los procesos a seguir para implementar estas tres medidas, sugeridas en esta investigación, de manejo integral en el RSM.

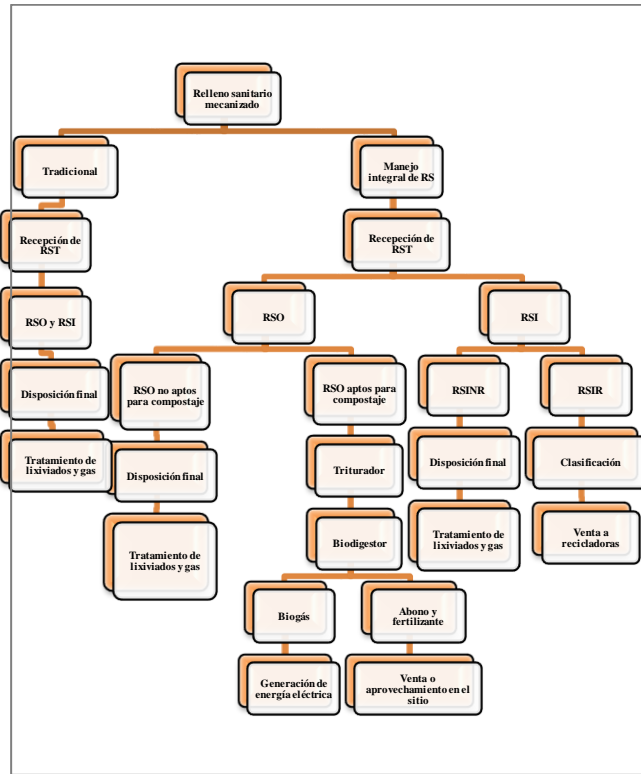


Figura 5. Diagrama de un RSM con y sin MIRS.

### 2.3 Selección de sitios

En la tabla 3 se muestran los parámetros a evaluar para la selección final del sitio preliminar y sus valores aproximados de acuerdo con el software ArcGIS.

Tabla 3. Parámetros por evaluar para la selección del RSM

Ubicación		
No. 1 (Bayano 1)	No.2 (Bayano 2)	No.3 (Cerro Bandera)
Se encuentra en el distrito de Chepo, específicamente al sur este del distrito, cerca de la desembocadura del río Bayano.	Se encuentra en el distrito de Chepo, específicamente al sur este del distrito, cerca de la desembocadura del río Bayano.	Se encuentra en el corregimiento de Pedregal cerca del sector Tapia y Mocambito.
Área aproximada (ha)		
No. 1	No. 2	No. 3
139	669	181
Distancia aproximada a la población más cercana (km)		
No. 1	No.2	No.3
+ 10	+ 10	2.37
Distancia aproximada de las líneas de conducción de agua potable (km)		
No. 1	No.2	No.3
+ 10	+ 10	2.02
Método por implementar		
No. 1	No.2	No.3
Trinchera	Trinchera	Pendiente progresiva
Distancia aproximada al aeropuerto más cercano (km)		
No. 1	No.2	No.3
34.35	34.72	10.76
Posible material de cubierta		
No. 1	No.2	No.3
Si	Si	Si
Vías de acceso al sitio		
No. 1	No.2	No.3
No	No	Si
Cuerpos de agua cercanos		
No. 1	No.2	No.3
Desembocadura del río Bayano a aproximadamente 3.4 km	Desembocadura del río Bayano a aproximadamente 2.8 km	Ríos Juan Diaz y Caraño a aproximadamente 0.8 km
Falla geológica		
No. 1	No.2	No.3
Fuera de zonas propensas a actividad sísmica	Fuera de zonas propensas a actividad sísmica	Fuera de zonas propensas a actividad sísmica

Con los parámetros ya estipulados en la tabla se procedió a ponderar los tres sitios preliminares (tabla 4) con la metodología de valoración cualitativa ambiental y el método de factores ponderados adaptados en este estudio [23] [24].

**Tabla 4.** Ponderación de los tres sitios preliminares

Sitio	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	T
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0.4	0.3	77%
2	1	1	1	1	1	1	1	0	0.4	0.3	77%
3	1	1	1	1	1	1	1	0.7	0.9	1	96%

Donde:

- A = poblados (2 km)
  - B = aeropuertos (8 km)
  - C = fallas geológicas
  - D = líneas de conducción de agua potable
  - E = planicie de inundación
  - F = aguas debajo de fuentes de abastecimiento de agua
  - G = a menos de 1000 m de pozos para consumo humano
  - H = vías de acceso
  - I = cercanía a los sitios de recolección
  - J = topografía
  - T = puntaje total
- Y los rangos de ponderación son:
- 0.1 > 0.3 = menos deseable
  - 0.3 > 0.5 = deficiente
  - 0.5 > 0.8 = regular
  - 0.8 = bueno
  - 0.9 = muy bueno
  - 1 = excelente

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Construcción y validación del prototipo

Para el 2070 se espera contar con una población de 2,118,071 millones de personas entre la Ciudad de Panamá y San Miguelito según la proyección aproximada realizada en este estudio, además se observó que el distrito de San Miguelito decaerá en cifras poblacionales, mientras que la Ciudad de Panamá seguirá en ascenso. Debido a esto las áreas aproximadas necesarias para disponer de los RS, tomando en cuenta los porcentajes de áreas requeridas para las demás infraestructuras fundamentales en un RSM, aparecen en la tabla 5.

**Tabla 5.** Áreas aproximadas requeridas para RSM tanto tradicional como con MIRS según el método a aplicar, calculadas a partir de la ecuación 3 con altura de 3.5 m para los sitios 1 y 2, y 8.0 m para el sitio 3

Método de trinchera		Método de pendiente progresiva	
RSM tradicional (ha)	RSM con MIRS (ha)	RSM tradicional (ha)	RSM con MIRS (ha)
784.3	323.7	343.1	125.9

También se obtuvo el valor neto de las áreas aproximadas de los tres sitios preliminares considerando las áreas aproximadas de las plantas auxiliares y de las infraestructuras [1] (tabla 6).

**Tabla 6.** Área neta aproximada de cada uno de los sitios preliminares

Sitio Preliminar	ATT (ha)	Plantas auxiliares				ANT (ha)
		ATL (ha) (5% de ATT)	AC RSIR (ha) (5% ATT)	PC (ha) (10% ATT)	ANI (ha) (10% ATT)	
RSM Sitio 1	139	6.95	-	-	13.90	118
RSM con MIRS Sitio 1	139	6.95	6.94	13.89	13.90	97
RSM Sitio 2	669	33.45	-	-	66.90	569
RSM con MIRS Sitio 2	669	33.45	33.43	66.87	66.90	468
RSM Sitio 3	181	9.05	-	-	18.1	154
RSM con MIRS Sitio 3	181	9.05	9.05	18.1	18.1	127

Donde:

- ATT = área aproximada total del terreno
- ATL = área aproximada de la planta de tratamiento de lixiviados
- AC de RSIR = área aproximada de clasificación de los residuos sólidos inorgánicos reciclables.
- PC = área aproximada planta de compostaje.
- ANI = área aproximada necesaria para infraestructura.
- ANT = área aproximada neta del terreno.

Luego de la evaluación de los parámetros en cada uno de los sectores y considerando las áreas aproximadas necesarias para disponer los RS, se considera que un RSM tradicional no es factible ni para el método de trinchera como para el método de pendiente progresiva; ya que, se requiere un área de disposición de un tamaño considerablemente mayor en comparación a las áreas aproximadas con las que cuentan los tres 3 sitios preliminares.

De igual modo, el método por trinchera no se consideró apto, debido a que a pesar de que el sitio preliminar Bayano 2 cumple con el área aproximada requerida, la cantidad de hectáreas incrementaría los riegos de afectaciones ambientales; mientras que, el área aproximada necesaria para un RSM con MIRS de pendiente progresiva representa una opción más viable. Por otro lado, los métodos de validación cualitativa de calidad ambiental y de factores de ponderación arrojan que con un 96% el sitio preliminar óptimo es Cerro Bandera.

### 3.3 Oportunidades de desarrollo del prototipo

- Esta estrategia va dirigido a los organismos encargados del área de RS, tales como la AAUD y los municipios. Y su ventaja principal es la automatización de búsqueda de los mejores sitios preliminares utilizando la tecnología ArcGIS, junto a la parte técnica de manejo integral de RS.
- El costo de la licencia de ArcGIS Profesional SIG avanzado empresarial es de aproximadamente 4940 dólares por año y su capacitación se puede obtener sin costo alguno al comprar la licencia en ESRI training.
- La aceptación y disposición de la población en la implementación del MIRS representa un riesgo; ya que, se debe contar con el apoyo de la ciudadanía para optimizar la estrategia planteada. Sin embargo, en otros países en donde se ha implementado estas técnicas se han visto resultados favorables [20][21].
- El enfoque del análisis costo-beneficio estará representado en los beneficios directos (incremento del valor de propiedad), beneficios por externalidad (decrecimiento en los índices de enfermedades por RS), costos directos (software ArcGIS y su capacitación), costos de protección ambiental (metro cuadrado por reforestar) y los costos por externalidades (no considerados).
- Este estudio ofrece una respuesta innovadora a la problemática actual estableciendo una estrategia con un gran amplio campo de aplicación, al unir la tecnología ArcGIS con las mejores prácticas de manejo integral y la legislación en materia de disposición final.

## 4. Conclusiones

- Se logró cumplir con el objetivo de la investigación al elaborar una estrategia para ubicar sitios preliminares de disposición final con o sin manejo integral de los residuos sólidos, implementado la tecnología ArcGIS, en respuesta a la problemática de la disposición final de los RS en la Ciudad de Panamá y San Miguelito, de igual modo se cumplió la hipótesis establecida al principio de la investigación.
- Se pudo tener acceso a herramientas tecnológicas que permitieron visualizar inicialmente los sitios preliminares; sin embargo, la falta de datos actualizados como: la ubicación de pozos, líneas de telecomunicación y estudios geológicos recientes limitaron la búsqueda de sitios preliminares.
- En comparación con otros estudios, basados en la búsqueda de nuevos de sitios de disposición final con la implementación de la tecnología ArcGIS y con el desarrollo de MIRS [4] [5] [6] [7] [8] [18] [20] [21]. Este estudio cimienta las bases en Panamá, con un esquema para la utilización de ArcGIS en la selección de sitios preliminares para la ubicación de áreas de disposición de

residuos sólidos con y sin manejo integral usando como caso de estudio los municipios de Panamá y San Miguelito.

- Se recomienda realizar una segunda etapa de evaluación implementando los factores importantes ya mencionados, para esto se debe actualizar la data a nivel nacional, también se recomienda ir al sitio preliminarmente óptimo para pasar a una segunda etapa de evaluación en donde se pueda estudiar físicamente el sitio, de acuerdo con los parámetros estipulados en el Decreto Ejecutivo 275 de 2004.

## AGRADECIMIENTOS

A el Dr. Martín Candanedo y a la Dra. Melisabel Muñoz por la información suministrada de ArcGIS.

## CONFLICTO DE INTERESES

- Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

## REFERENCIAS

- [1] Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz & Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; © Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO.
- [2] Segura, Angela; Rojas, Luis & Pulido, Yeffier. «Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos» Revista Espacios, vol. 41, n° 17, p. 22, 2020.
- [3] Correal, Magda & Rihm, Juan. Banco Interamericano De Desarrollo, «Towards the Valorization of Solid Waste in Latin America and the Caribbean,» 2022.
- [4] Aderoju, Olaide; Dias, António & Gonçalves, José. A GIS-based analysis for sanitary landfill sites in Abuja, Nigeria. *Environ Dev Sustain* 22, 551–574 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0206-z>
- [5] Benezzine, Ghizlane; Zouhri, Abdeljalil; & Koulali, Yahiya. "AHP and GIS-Based Site Selection for a Sanitary Landfill: Case of Settat Province, Morocco". *Journal of Ecological Engineering* 23 no. 1 (2022): 1-13. doi:10.12911/22998993/143865.
- [6] Vidal, Estacio; Gómez, Tinoco; Díaz, Tafur & Torres, Moore. (2021). Sistemas de Información Geográfica y Localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco. *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 24(48), 217-227. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21774>
- [7] Khoshbeen, Ahmad; Logan, Mohanakrishnan. & Visvanathan, Chettiyappan. Integrated solid-waste management for Kabul city, Afghanistan. *J Mater Cycles Waste Manag* 22, 240–253 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00936-z>

- [8] Mohammed, Habiba; Majid, Zulkepli; Yamusa, Yamusa Bello; Mohd Ariff, Mohd Farid; Idris, Khairulnizam & Darwin, Norhadija “Sanitary Landfill Siting Using GIS and AHP: A Case Study in Johor Bahru, Malaysia”, *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 9, no. 3, pp. 4100–4104, Jun. 2019.
- [9] INECO, AAUD, «Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos 2017-2027 - Análisis y Diagnóstico de la Situación Actual. TOMO I,» Panamá, 2017.
- [10] Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD), «Evaluación de la Situación Actual y Plan de Acción para el m Mejoramiento del Servicio de la AAUD,» Panamá, 2019.
- [11] ONU, «Objetivos De Desarrollo Sostenible,» 2015. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>.
- [12] Ministerio de Salud, Decreto Ejecutivo 275 “Que aprueba las normas de los rellenos sanitarios, con capacidad mayor o igual a 300 toneladas métricas por día, de residuos sólidos no peligrosos”, Panamá, 2004.
- [13] INEC, «Superficie, población y densidad de población de la República, según provincia, distrito y corregimiento: censos de 1980 a 2000,» Panamá.
- [14] INEC, «Distribución territorial y migración interna en Panamá: Censo 2010» Panamá, 2014.
- [15] S. Institution, «Gis Data Portal,» 2022. [En línea]. Available: <https://stridata-si.opendata.arcgis.com>.
- [16] Loayza, Jorge & Silva, Marina Cálculos básicos para la determinación de la vida útil de un relleno sanitario. (2006). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 9(1), 37-42. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4052>
- [17] Quevedo, Santiago, S.I. (2019) Guía técnica para el diseño del nuevo relleno sanitario en el cantón Azogues. Universidad Católica de Cuenca. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/12392>
- [18] Ratnawat, Beata; Yani, Mirda; Suprihatin & Hardjomijoyo. «Study of Remaining Service Life of a Municipal Solid Waste Landfill with the Composting Method: A Case Study in Klaten Regency,» *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 950, n° 1, pp. 1755-1315, 2022. 10.1088/1755-1315/950/1/012027
- [19] Paes, Michel; Mancini, Sandro; Araujo, Gerson; Bortoleto, Ana & Kulay, Luiz. «Life cycle assessment as a diagnostic and planning tool for waste management life cycle assessment s a diagnostic and planning tool for waste management – a case study in a Brazilian municipality, » *Journal of Solid Waste Technology and Management*. Volume 44, no. 3, 2018.
- [20] Yin, Ding; Jun, Zhao; Jia-Wei, Liu; Jizhi, Zhou; Liang, Cheng; Jia, Zhao; Zhe, Shao; Çağatay, Iris; Bingjun, Pan; Xiaonian, Li & Zhong-Ting, Hu. A review of China’s municipal solid waste (MSW) and comparison with international regions: Management and technologies in treatment and resource utilization. *Journal of Cleaner Production*, Volume 293, 2021, 126144, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126144>.
- [21] David, Victor Emery; Wenchao, Jiang; Johna, Yasinta & Mmerekib, Daniel «Solid Waste Management in Monrovia, Liberia: Implications for Sustainable Development,» *Journal of Solid Waste Technology and Management*, vol. 45, n° 1, pp. 102-115, 2019. <https://doi.org/10.5276/JSWTM.2019.102>
- [22] Bastos, Carlos. «Tratamiento de lixiviados en rellenos sanitarios,» Repositorio Universidad Libre, 2021. <https://hdl.handle.net/10901/22387>
- [23] Palacios, Iván. Evaluación multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario en la ciudad de macas, a través de la ponderación de sus variables con el proceso analítico jerárquico, ahp. (2021). *Revista De Ciencias De Seguridad Y Defensa*, 3(2), 12. <https://doi.org/10.24133/rcsd.V3N2.2018.04>
- [24] Garmendia, Alfonso; Salvador, Adela; Crespo, Cristina & Garmendia, Luis. *Evaluación de Impacto Ambiental*, Madrid. Pearson Educación, 2005.