

Análisis del área y calidad del suelo del relleno sanitario del Jobo de Antón en la provincia de Coclé mediante el uso de la Teledetección

Analysis of the area and soil quality of the Jobo de Antón landfill in the province of Coclé using remote sensing

¹Irving I. Isaza S., ²Helen I. Bethancourt, ³Alexander A. Aguirre F.

¹.Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá.

irving.isaza@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-4029-0992>

².Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá.

helen.bethancourt@utp.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0001-1142-180X>

³. Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá.

alexander.aguirre@utp.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0009-2850-3447>

Recibido: 10/8/2024 - Aceptado: 20/1/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.guacamaya.v9n2.a7030>

Resumen

El impacto de los rellenos sanitarios en el medio ambiente es vasto e intrincado, estos montículos en ascenso almacenan muchos desechos sólidos con los años, que representan una acumulación de gases tóxicos y la formación de lixiviados. En la provincia de Coclé, distrito de Antón, corregimiento Antón; en la localidad de El Jobo se ubica un relleno sanitario controlado de basura, el cual se inauguró en 2014 debido al aumento en la generación de desechos por el crecimiento de la población en ese sector, y en la cual en nuestro artículo con el uso de imágenes satelitales Sentinel 2 y Google Earth Pro, un análisis multitemporal del aumento del área de ocupación del relleno sanitario y el estado del suelo a su alrededor.

Palabras Clave: Contaminación, teledetección, calidad del suelo, relleno sanitario.

Abstract

The impact of landfills on the environment is vast and intricate. These rising mounds store a significant amount of solid waste over the years, leading to the accumulation of toxic gases and the formation of leachates.

In the province of Coclé, district of Anton, in the township of Anton, the locality of El Jobo is home to a controlled landfill, which was inaugurated in 2014 due to the increased waste generation from population growth. This article presents a multitemporal analysis of the expansion of the landfill area and the condition of the surrounding soil, using Sentinel 2 satellite images and Google Earth Pro.

Keywords: Pollution, remote sensing, soil quality, landfill.

Introducción

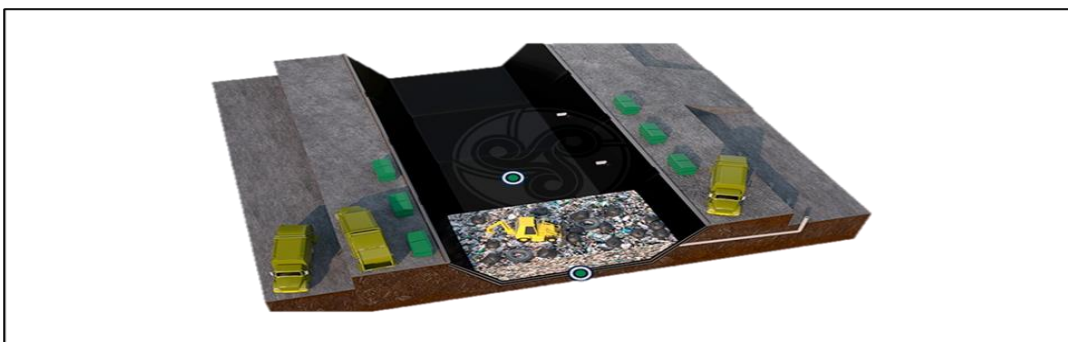
Los rellenos sanitarios son sitios de disposición final para residuos en los cuales se utiliza la metodología de enterramiento y cobertura de los desechos tomando en cuenta la descomposición de estos, brindando tratamientos pre y post en el enterramiento. (Migdaris 2021 pp.1) Donde, la superficie sobre la que se acumulan es preparada previamente para evitar la degradación del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y de la atmósfera (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO], 2020)

Estos se diseñan para que reduzcan e impidan los efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Para ello, cuentan con una serie de elementos constructivos, entre los que cabe señalar los siguientes:

- Una barrera geológica artificial y los sistemas de impermeabilización lateral y de fondo de los vasos de vertido, que evitan la contaminación del suelo y de las aguas. (MITECO 2020)
- Sistemas de evacuación de las aguas pluviales mediante la instalación de canaletas o zanjias de drenaje perimetrales y las balsas de tormenta, que impiden la entrada de las aguas pluviales en el interior del vaso de vertido y su contacto con la masa de residuos, reduciendo la producción de lixiviados. (MITECO 2020)
- Sistemas de recogida y almacenamiento de lixiviados, que mantienen en un mínimo la acumulación de lixiviados en la base del relleno sanitario y los conducen hacia la balsa de lixiviados para su adecuada gestión. (MITECO 2020)

Figura 1

Representación del Relleno Sanitario



Nota: esta imagen es un modelo digital de elevación que representa la impermeabilidad diseñada del relleno sanitario. Fuente: G&G Geomembranas y Geo sintéticos.

El relleno sanitario controlado se encuentra en la comunidad de El Jobo en el corregimiento de Antón provincia de Coclé (Redacción Nacional 2014), sus terrenos eran propiedad del Ministerio de Educación y tenían una extensión de 15 hectáreas, de las que se segregaron 8 para la etapa inicial. (Autoridad de Aseo [AAUD],2014)

La creación de este relleno sanitario surgió por la necesidad de suplantar a el crematorio de Playa Blanca, ubicado en el corregimiento de Río Hato, ya que estaba a su máxima capacidad por el mal manejo en la disposición de los desechos, y desfavorecía la zona turística por las constantes quejas de los malos olores y quemas indiscriminadas (AAUD, 2014)

El sitio fue dado en concesión administrativa a la empresa Aseo Capital S.A. para administrar el proyecto denominado “Ampliación y Operación del Relleno Sanitario del Jobo”. Dado los problemas por el mal manejo, fue traspasado a la Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD) el 21 de noviembre del 2014, quien adquirió las obligaciones mediante el contrato N°. DC-099-2014, suscrito con el Programa de Ayuda Nacional (PAN). (AAUD,2014)

En sus inicios, diariamente se observaba toda clase de objetos esparcidos por la zona y esto generaba reacciones negativas en los moradores de las comunidades vecinas. (Redacción/provincias.pa@epasa.com/@panamaamerica, 2024). La AAUD destinó nuevos equipos para garantizar el esparcimiento, compactación y cubrimiento diarios de los desechos. (2014)

Figura 2

Vista del Relleno Sanitario del Jobo



Nota: Esta imagen es parte del Informe Técnico Oficial del Saneamiento y adecuación del Vertedero Controlado del Jobo, Antón Provincia de Coclé, Fuente AAUD, 2014.

El relleno sanitario controlado de El Jobo recibe alrededor de 30 a 40 toneladas de desechos diarios y no puede aumentar o recibir los desechos de otros sectores como: Playa Blanca,

Santa Clara, Decamerón, Farallón entre otros, porque no cuenta con equipos para su manejo. (AAUD, 2014)

Figura 3

Apertura del Relleno Sanitario.



Nota. Instalación de la Geomembrana Impermeable dentro del relleno controlado del Jobo de Antón Fuente: AAUD 2014.

Con esta información presentada nuestro principal objetivo es utilizar la Teledetección como herramienta de la Ingeniería Civil para describir el aumento de área por año en la recolección de los desechos sólidos e incluir la evaluación del índice de vegetación normalizado usando la herramienta del ArGIS.Pro

Materiales y Métodos

Para identificar el aumento del área de ocupación del relleno sanitario de El Jobo se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth Pro, con las cuales se realizó un comparativo del área de ocupación entre los años 2014, 2018, 2020 y 2023, estos años se definieron en base a la disponibilidad de las imágenes en el programa.

Por otro lado, se utilizaron imágenes multiespectrales de la misión Sentinel 2 para analizar el estado del suelo en el relleno sanitario según el índice de vegetación normalizada (NDVI). Sin embargo, solo se analizaron los años 2018, 2020 y 2023 debido a que la misión fue lanzada en el año 2015

Para la recopilación y análisis de los datos se estableció la siguiente metodología:

1. Descarga de imágenes

Google Earth Pro: se utilizaron estas imágenes por su buena resolución y poca nubosidad en la zona de estudio. De este programa se seleccionaron cuatro imágenes correspondientes a los años 2014, 2018, 2020 y 2023. (Testa, 2024).

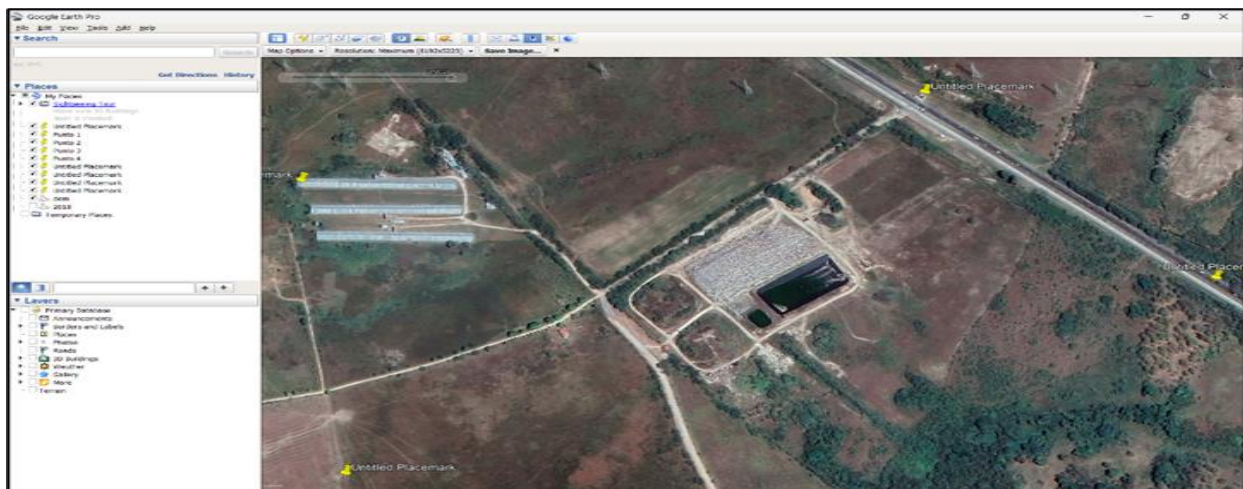
Copernicus Data Space Ecosystem: A través de esta plataforma, se descargaron las imágenes correspondientes a la misión Sentinel 2 con una resolución de 10 metros.

2. Digitalización del relleno sanitario

Para determinar el aumento del área de ocupación del relleno sanitario para los años 2014, 2018, 2020 y 2023, se vectorizó la superficie de este utilizando las imágenes obtenidas de Google Earth Pro, así se obtuvieron cuatro polígonos con el área de ocupación aproximada del relleno sanitario. (Mendoza, Vargas y Castro, 2023, p7)

Figura 4

Proceso de Evaluación del Área de Estudio



Nota: Área de estudio y proceso de extracción de imagen. Fuente Google Earth.

3. Estado del suelo

Mediante el uso del software ArcGIS Pro, se creó una composición a partir de las bandas con resolución de 10 m disponibles de las imágenes Sentinel 2, las composiciones para cada año contienen las bandas: azul (B2), verde (B3), rojo (B4) e infrarrojo cercano (B8). (EOS DATA ANALYTICS., 2023)

Después, se hizo un recorte de las imágenes de Sentinel 2 con un área de estudio rectangular de 94.57 hectáreas que comprende con más detalle la zona del relleno sanitario y sus alrededores.

Figura 5

Proceso de Evaluación del Área de Estudio



Nota: obtención de la imagen multispectral para la obtención del índice normalizado de vegetación. Fuente: Copernicus Data Space Ecosystem.

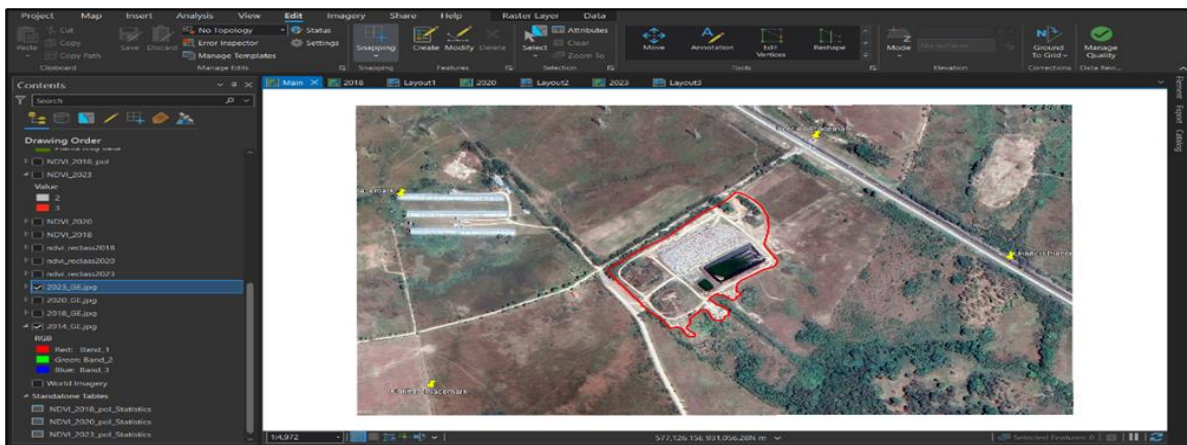
Luego se calculó el índice de vegetación normalizado (NDVI) el mismo se calcula a partir de imágenes satelitales, en cada una de las imágenes. Este índice se basa en la relación entre la cantidad de luz reflejada (reflectancia) por la superficie terrestre en dos regiones del espectro electromagnético, luz roja e infrarroja (infrarrojo cercano): lo que permite realizar una evaluación y monitoreo de la calidad de la vegetación y cambios de la cobertura y uso de suelo.

Para el cálculo de este índice, se utiliza la expresión: $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$, donde NIR es luz infrarroja cercana y Red es luz roja visible. (Toribio 2019 p15)

Posterior, al cálculo del índice en las tres imágenes, se reclasificaron los resultados para agrupar los valores de los píxeles de la siguiente manera:

Figura 6

Digitalización de la huella del relleno sanitario para el año 2023



Nota: Imagen Georreferenciada y obtención del área de estudio en ArGIS.Pro.

Tabla 1

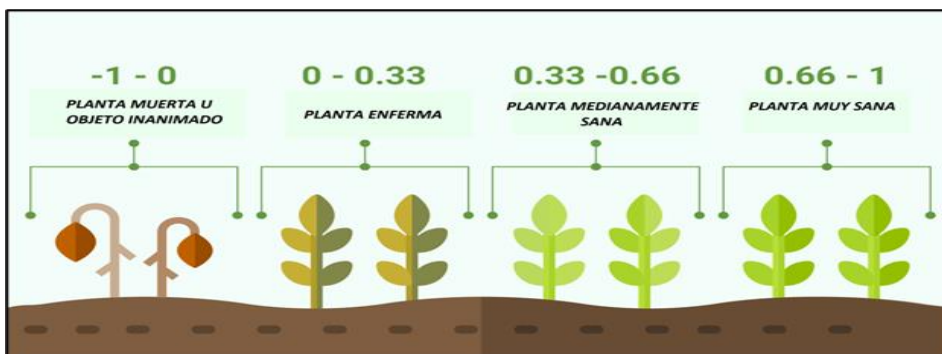
Reclasificación de los valores NDVI

Rango	Descripción	Valor reclasificado
-1 a 0	Planta muerta u objeto inanimado.	0
0 a 0.33	Planta enferma.	1
0.33 a 0.66	Planta medianamente sana.	2
0.66 a 1	Planta muy sana.	3

Nota: Se presenta la Descripción de los rangos de la calidad de la vegetación.

Figura 6

Representación Gráfica de la Calidad del Suelo



Fuente: TYC GIS.

Resultados y discusiones

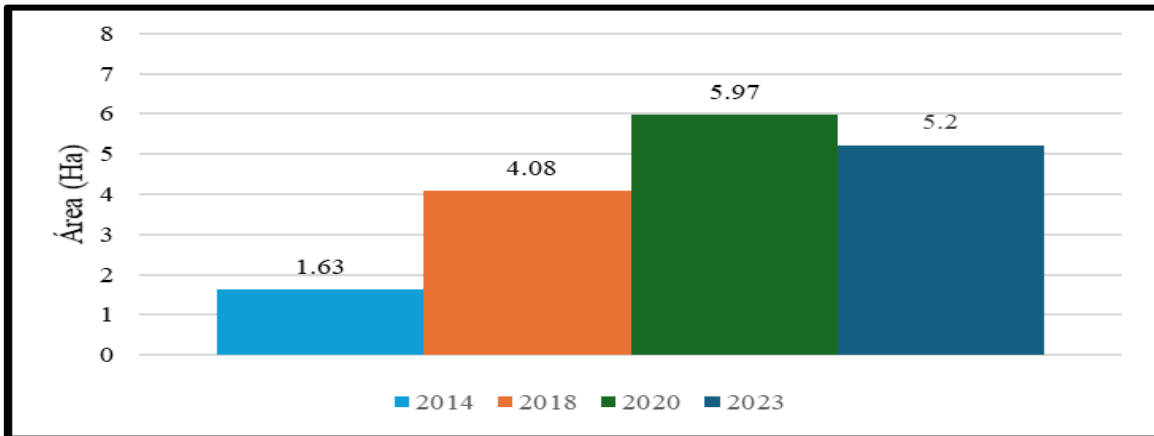
De acuerdo con los valores obtenidos para cada año, en 2014 el relleno sanitario tenía un área de ocupación de 1.67 hectáreas, después para el año 2018 hubo un aumento del área de ocupación de 2.41 hectáreas, luego siguió aumentando en 2020 unas 1.89 hectáreas y disminuyó 0.77 hectáreas en el año 2023.

Considerando las 8 hectáreas destinadas a la etapa inicial del relleno sanitario y los valores aproximados del área de ocupación, se observa la siguiente evolución:

- En 2014, el relleno sanitario ocupaba el 20.87% del área total.
- En 2018, esta ocupación aumentó al 51% del área total.
- Para 2020, el relleno había alcanzado el 74.6% del área total.
- En 2023, la ocupación se ajustó al 65% del área total.

Figura 7

Perdida de Ocupación del Área para Relleno Sanitario por Año



Nota: Esta es la representación acumulativa por periodo de estudio, para el primer periodo de estudio fue de 1.63 ha para el segundo sería $1.63+2.41= 4.08$ ha para el tercero $4.08+1.89 = 5.97$ ha y el ultimo sería $5.97-0.77 = 5.2$

El aumento del área de ocupación entre los años 2014 y 2020 demuestra que la basura presuntamente se regaba alrededor del relleno sanitario, por otra parte, se presume que la razón principal de la disminución de 0.77 hectáreas entre los años 2020 y 2023 se debe a adecuaciones realizadas para un mejor tratamiento de los desechos

En base a estos resultados, se proyecta que el relleno sanitario no va a aumentar significativamente en función al área de ocupación, sino que tendrá un incremento volumétrico, donde se estima que ha habido un vertido aproximado de más de 127,750 toneladas de basura entre los años 2014 y 2023; por lo tanto, para los siguientes años se estarían observando notablemente los típicos montículos que son producto del vertido y tratamiento de los desechos

Figura 8

Área de Ocupación en el Año 2014



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 9

Área de Ocupación en el año 2018



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 10

Área de ocupación en el Año 2020



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 11

Área de Ocupación en el año 2023



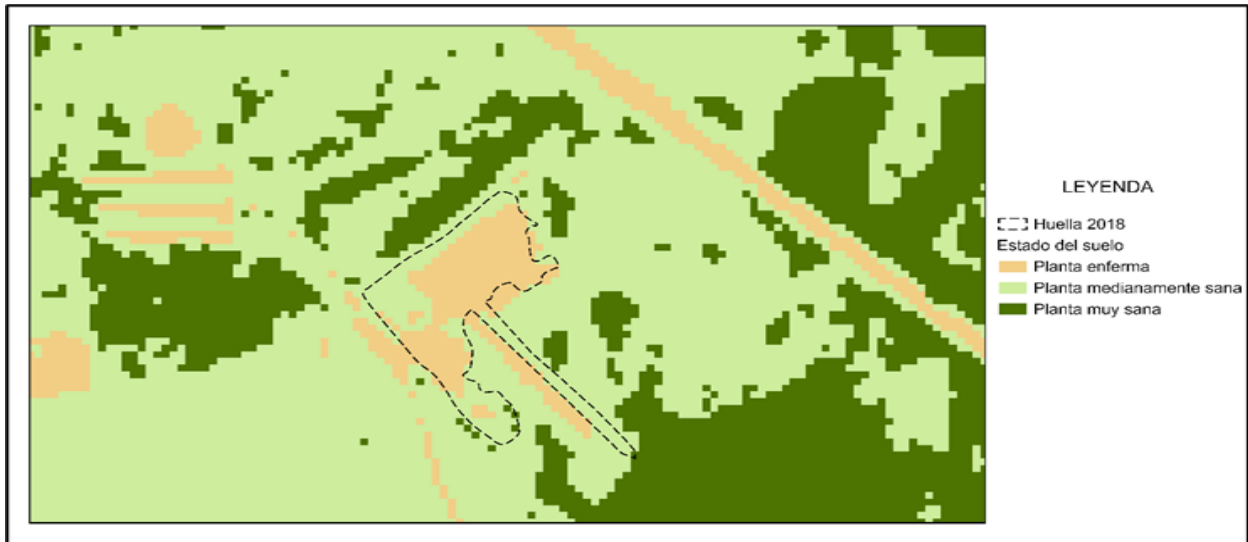
Fuente: Google Earth Pro.

Todas estas imágenes presentan el cálculo de desarrollo de área de ocupación del relleno sanitario controlado del jobo de Antón, en la imagen se ve cuando inicio en la segunda cuatro años después y el área que fue ocupando y en la tercera y cuarta lo mismo, lo que evidencia, el área en desarrollo por el relleno sanitario

Por otra parte, con los resultados obtenidos mediante el índice de vegetación normalizada, se logra interpretar que la calidad del suelo en el transcurso de los años analizados desmejoró significativamente y esto se debió a la mala gestión en la disposición final de los desechos, ya que, si no se maneja de la mejor forma, los lixiviados que se desprenden de la basura van al suelo, lo que perjudica la calidad de este.

Figura 12

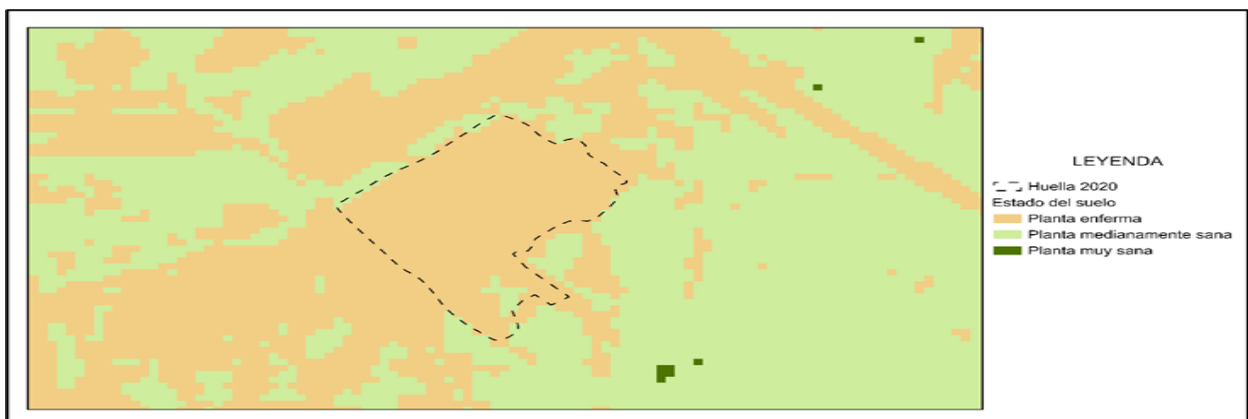
Calidad del suelo para el año 2018



Nota: Inicio de evaluación del NDVI del suelo Fuente: Copernicus Data Space Ecosystem.

Figura 13

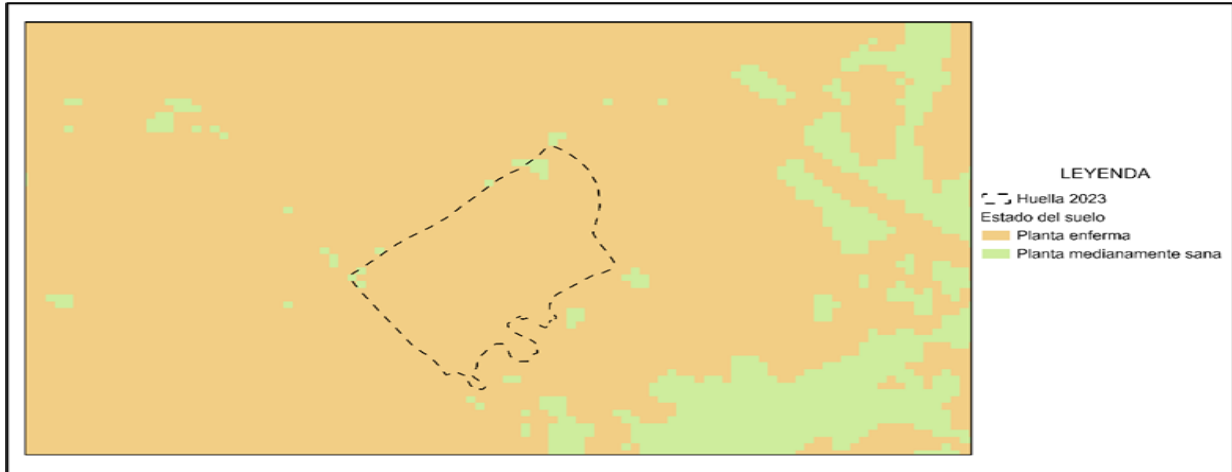
Calidad del suelo para el año 2020



Nota: en esta imagen se ve la disminución del NDVI dentro del relleno sanitario por el cambio de color de la firma espectral Fuente: Copernicus Data Space Ecosystem.

Figura 14

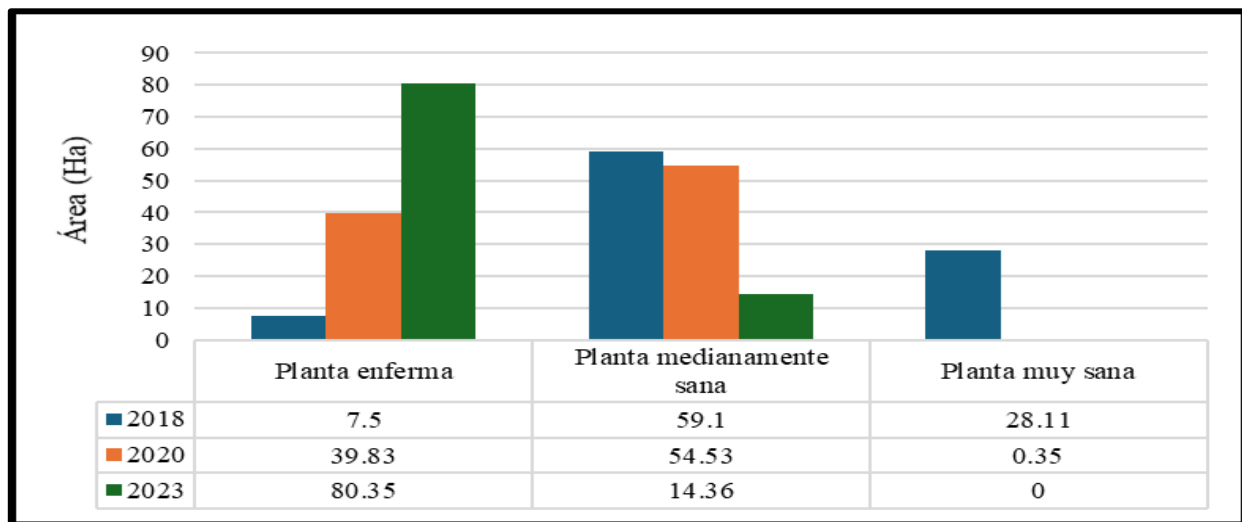
Calidad del Suelo para el año 2023



Nota: En la imagen del 2023 el índice NDVI ahora no solo incluye el relleno sino áreas aledañas al estudio se ve la afectación en la calidad de suelo y su degradación Fuente: Copernicus Data Space Ecosystem.

Figura 15

Evolución de la Calidad del Suelo para los años 2018, 2020 y 2023

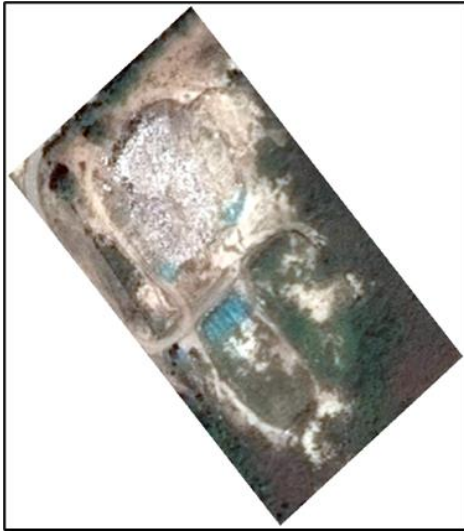


Nota: comparación grafica por año del NDVI en la calidad de las plantas por la calidad del suelo.

Para evaluar la calidad del suelo en una zona previamente tratada, se realizó un análisis centrado en el área de ocupación del año 2014, donde se observaba la basura esparcida. Este análisis se complementó con una imagen del año 2023, que muestra la compactación del suelo tras varios años de intervención. Los resultados demuestran una degradación impactante en la calidad del suelo para 2023, ya que, aun viéndose crecimiento de vegetación en esta zona, la misma se encuentra enferma en su mayoría.

Figura 16

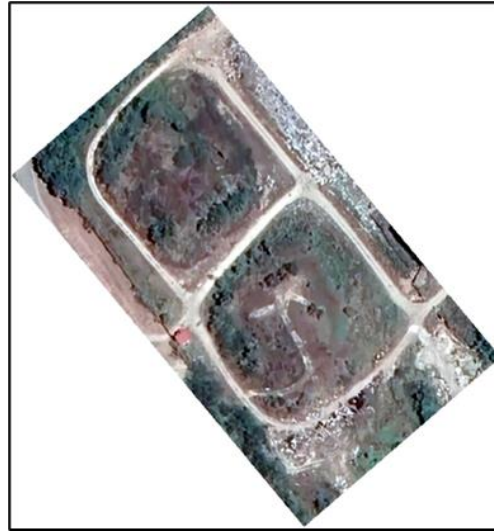
Imagen del Relleno Sanitario 2014



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 17

Imagen del Relleno Sanitario 2023

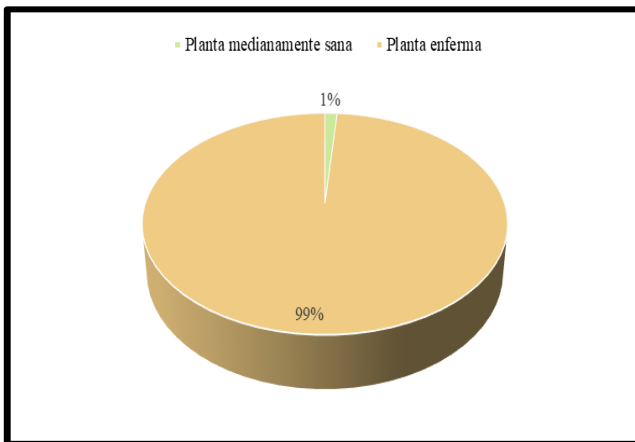


Fuente: Google Earth Pro.

Para estos análisis la principal limitación fue la obtención de las imágenes de fuentes gratuitas, debido a que condicionan los datos a las fechas de los insumos disponibles, para obtener resultados que modelen la realidad del sitio con mayor precisión se tienen que realizar levantamientos periódicos en campo mediante el vuelo de un dron multiespectral.

Figura 18

Calidad del suelo en la Zona Analizada



Conclusiones

Dentro de nuestras conclusiones pudimos evaluar la tasa de crecimiento del relleno sanitario dentro de nuestro periodo de estudio por un lado entre el 2014 al 2018 aumento en un 20.87%, luego entre el periodo de 2018 al 2020 aumento a un 51% del área total para el desarrollo del relleno sanitario, después entre el 2020 y el 2023 al 74.6% pero entre el 2023 a la fecha se control o solo aun crecimiento de 0.77 ha, lo que se puede representar a dos efectos o se está mejorando la manera del manejo de los residuos sólidos, o se ha suspendido la entrada ilegal de los desperdicios.

En cuanto al NDVI en las imágenes presentadas (fuentes gratuitas) pudimos observar la disminución de la calidad del suelo la formula representa el nivel del infrarrojo (Evalúa la calidad vegetal) y la banda del visible rojo como con el pasar de los tipos de desechos sólidos que llegan al lugar el sistema permeable del relleno sanitario no es tan eficaz por lo que las aguas subterráneas del lugar deben estar contaminadas y como desde el 2018 al 2023 se acrecentó más esta situación.

La situación del relleno sanitario de El Jobo debe ser evaluada por las autoridades competentes como el Municipio de Antón, la Autoridad de Aseo, el Ministerio de Ambiente, el Ministerio de Salud, entre otras para que se puedan tomar medidas pertinentes para darle seguimiento a las quejas constantes producidas, ya sea por los malos olores e incendios ocurridos ante esta disconformidad, se sugiere evaluar el manejo del relleno sanitario tomando en cuenta factores como su cercanía a los poblados de la zona y el impacto directo al medio ambiente.

Aunque los rellenos sanitarios representen una solución organizada para la gestión de desechos, entre sus impactos primarios incluyen la contaminación visual, la generación de toxinas, lixiviados y gases de efecto invernadero. Entonces, enterrar residuos en el suelo, incluso con un manejo controlado, impacta significativamente la calidad del suelo como se pudo evidenciar con los resultados presentados.

Referencias Bibliográficas

- ASECA. (12 de Julio de 2022). La problemática de los rellenos sanitarios, ¿Cómo funcionan los rellenos sanitarios? Obtenido de <https://aseca.com/la-problematica-de-los-rellenos-sanitarios/>
- Autoridad de Aseo. (s.f.) (21 de abril de 2014). Saneamiento y clausura de los vertederos de cielo abierto, Saneamiento y Adecuación Provisional del Vertedero Controlado de El Jobo, Antón Provincia de Coclé. Obtenido de <https://www.aud.gob.pa/index.asp?sec=proyectos/vertederos&id=eljobo>
- EOS DATA ANALYTICS. (s.f.) (01 de diciembre de 2023): Índice De Vegetación De Diferencia Normalizada, Detección De Cambios Con El Índice NDVI. Obtenido de <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/>
- INEGI. (s.f.). Investigación, Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/investigacion/ndvi/#documentacion>

- Mendoza Aquino, M., Mamani Vargas, B. R., & Castro Machaca, Y. R. (5 de octubre de 2023). Teledetección vertederos a cielo abierto de residuos sólidos municipales en una provincia de Tacna. *Ingeniería investiga*, 5. doi:
<https://doi.org/10.47796/ing.v5i0.825>
- Migdaris Murillo. (2021). Evaluación de Impactos y Problemáticas Existentes en las comunidades aledañas al relleno sanitario Cerro Patacón, Ciudad de Panamá. Universidad de Panamá Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de Ingeniería Agrícola
<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=7799d0e5221d793d2f287a9e7ebcfb3977517a3d1be6a25784207e759e20e75JmltdHM9MTczNzU5MDQwMA&ptn=3&ver=2&shh=4&fclid=1a9282b9-578c-6d7c-2f46-93d056966c2e&psq=Evaluaci%03%0b3n+de+Impactos+y+Problem%03%0a1ticas+Existentes+en+las+comunidades+aleda%03%0b1as+al+relleno+sanitario+Cerro+Patac%03%0b3n%2c+Ciudad+de+Panam%03%0a1.+Universidad+de+Panam%03%0a1+Facultad+de+Ciencias+Agropecuarias+Escuela+de+Ingenier%03%0ada+Agr%03%0adc+ola&u=a1aHR0cDovL3VwLXJpZC51cC5hYy5wYS82NTYzLzIvbWlnZGFyaXNfbXVyaWxsby5wZGY&ntb=1>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, (s.f.) 7 de julio 2020. Sistemas de tratamiento, Depósito en vertedero. Obtenido de
<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/deposito-en-vertedero.html>
- Panamá América. (10 de abril de 2024). Residentes de varias comunidades exigen el cierre del vertedero de Antón. Obtenido de
<https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/residentes-de-varias-comunidades-exigen-el-cierre-del-vertedero-de-anton-1234343>
- Testa, Marlene. (3 de abril de 2024). La Estrella de Panamá. Obtenido de Cuatro incendios al mismo tiempo en Coclé, incluyendo el vertedero de Antón:
<https://www.laestrella.com.pa/panama/cuatro-incendios-al-mismo-tiempo-en-cocle-incluyendo-el-vertedero-de-anton-DN6791849>
- Toribio, G. (15 de octubre de 2019). Cursos teledetección, NDVI, ¿qué es y para qué sirve? Obtenido de <https://www.cursosteledeteccion.com/ndvi-que-es-y-para-que-sirve/>