

Potencial de las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá para el desarrollo del geoturismo

Yinela Y. Solís M.^a^{1,2} , Ernesto Martínez^b^{1,2} ,
Rita Rodríguez^{1,2} , Eufemia Lam^{1,2} ,
Hillary Sandoval^{1,2} , Ana Sánchez^{1,2} 

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá, República de Panamá. ²Grupo de Investigación Propuesta de Geoparque Puente de las Américas

^{1,2}{yinela.solis, ernesto.martinez, rita.rodriguez1, eufemia.lam, hillary.sandoval, ana.sanchez17}@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v16.1.3870



Resumen: Las arenas negras de Panamá se encuentran en los cauces de ríos y las zonas costeras, la mayor concentración está en la “Riviera Pacífica de Panamá”. En geología la arena negra o ferrífera, es arena con altas concentraciones de minerales pesados. El objetivo de la investigación fue caracterizar las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá incentivando estudios que se puedan desarrollar para aumentar el geoturismo en la zona. Se revisaron investigaciones sobre el valor de la arena negra para fomentar el geoturismo, los orígenes de estas arenas e investigaciones previas sobre la Riviera Pacífica de Panamá. A través de análisis geoespacial se analizó el impacto del geoturismo en la zona. En el laboratorio se estudió una muestra de arena de Playa Gorgona a la que se realizó ensayos de granulometría, magnetismo y caracterización en microscopio de luz polarizada. Los resultados indicaron que las arenas tienen un aporte continental, debido al transporte fluvial de ríos en el Complejo Volcánico El Valle, resultado de la erosión de la Cordillera Central. Se concluyó que la muestra está compuesta por fragmentos de minerales como: cuarzo, magnetita, piroxenos, entre otros, rocas como andesitas y restos de conchas recientes. Las playas de arenas negras identificadas tienen un valor paisajístico y geológico que representan un recurso patrimonial con un alto potencial para el desarrollo del geoturismo, pero su aprovechamiento requiere mayores investigaciones y un enfoque multidisciplinario que conecte la geología con la educación, el turismo y la sostenibilidad.

Palabras clave: Arenas ferríferas, desarrollo sostenible, geositio, geoturismo, magnetita.

Title: Potential of the black sands of the Pacific Riviera of Panama for the development of geotourism.

Abstract: The black sands of Panama are found in river beds and coastal areas, the greatest concentration is in the “Pacific Riviera of Panama”. In geology, black or ferrous sand is sand with high concentrations of heavy minerals. The objective of the research is to characterize the black sands of the Pacific Riviera of Panama, encouraging studies that can be developed to increase geotourism in the area. Research on the value of black sand to promote geotourism, the origins of these sands, and previous research on the Pacific Riviera of Panama were reviewed. Through geospatial analysis, the impact of geotourism in the area was analyzed. In addition, a sand sample from Gorgona Beach was studied in the laboratory, with granulometry, magnetism and characterization tests carried out under a polarized light microscope. The results indicated that the sands have a continental contribution, due to the fluvial transport of rivers in the El Valle Volcanic Complex, a result of the erosion of the Central Mountain Range. It is concluded that the sample is composed of fragments of minerals such as: quartz, magnetite, pyroxenes, among others, rocks such as andesites and remains of recent shells. The black sand beaches identified have a landscape and geological value that represent a heritage resource with a high potential for the development of geotourism, but their use requires further research and a multidisciplinary approach that connects geology with education, tourism and sustainability.

Key words: Ferrous sand, sustainable development, geosite, geotourism, magnetite.

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 4 de octubre de 2023.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

Las arenas negras de Panamá se encuentran en los cauces de ríos y zonas costeras, ver figura 1. La mayor concentración observable está en las playas de la “Riviera Pacífica de Panamá” donde los colores negros y grises de todo tipo predominan, ante las comunes arenas blancas.

En geología se define la arena negra o ferrífera, como un tipo de arena constituido por altas concentraciones de minerales pesados, mayormente de magnetita[1], [2], [3], [4]. En ocasiones pueden aparecer otros minerales como: ilmenita, titanita, sílice y manganeso que son minerales formados a partir de actividad volcánica[1], [5], [6], [7], [8], [9], [10].

En la actualidad existe crecimiento del turismo consciente o alternativo[11]. Los turistas realizan preguntas que requieren manejo de terminologías científicas por los guías[12], [13], [14], [15].



Figura 1. Arena negra de la Riviera Pacífica de Panamá.

Los paquetes turísticos convencionales no ofrecen información de tipo científica, ni detallada de los fenómenos geológicos o geográficos que ocurren en los entornos turísticos. Este nuevo segmento puede ser cubierto por la línea del geoturismo[16], [17], [18], [19], [20], [21].

La Declaración de Arauca indica que el geoturismo debe definirse como un turismo que sustenta y mejora la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes[18], [22], [23].

Aunque el geoturismo se puede practicar en cualquier sitio con rasgos geológicos interesantes, ha encontrado una puesta en valor para el desarrollo sostenible en los territorios declarados como Geoparques Mundiales de la UNESCO o territorios que tienen aspiraciones en formar parte de esta lista[24]. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), otorga designaciones conocidas como "Sitios UNESCO", que son: sitios de Patrimonio de la Humanidad (desde 1972), Reservas de la Biosfera (desde 1971) y Geoparques Mundiales (desde 2015). Los países que cuentan con esta convalidación son reconocidos mundialmente lo que trae prestigio, alta visibilidad y valor agregado, asociado a la calidad[25]. Al mismo tiempo, se promueve el desarrollo sostenible del territorio, cumpliendo con la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas[26].

Con el alto valor del patrimonio geológico de Panamá, la Universidad Tecnológica de Panamá, impulsa el Proyecto Geoparque Puente de las Américas[27], [28]. Donde reafirma la importancia que tiene el conocimiento de la ciencia geológica en el uso de los recursos de la Tierra[19], [27], [29]. En este territorio, se realizan actividades para desarrollo económico, conservación, concientización, cuidado del ambiente, educación, entre otras que promueven un desarrollo sostenible[27]. Existiendo así una base para crear un nuevo segmento en el mercado turístico de las playas y realizar las investigaciones necesarias para verificar si sus características geológicas tienen el potencial para el desarrollo del geoturismo. Los sitios de interés geológico con valor científico pueden utilizar las áreas para el desarrollo de investigaciones científicas, laboratorios naturales para la geoeducación y el desarrollo del territorio[17], [30].

Basados en el inventario preliminar sobre puntos de interés geológicos desarrollados por el Grupo de Investigación: Propuesta de Geoparque Puente de las Américas de la Universidad Tecnológica de Panamá, dentro de los sitios por estudiar se encuentran las playas con arenas negras que se ubican en la Riviera Pacífica de Panamá. Estas zonas hasta la fecha no están clasificadas como geositos, principalmente por la falta de investigaciones científicas.

Considerando lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá incentivando estudios y actividades que se puedan desarrollar para aumentar el geoturismo en la zona.

2. Metodología

A continuación, se detallan los recursos y procedimientos de la recolección de datos empleados en este artículo, así como la identificación y desarrollo de los principales análisis.

2.1 Revisión literaria:

Revisión de diferentes artículos científicos e investigaciones publicadas referentes a:

- El valor de la arena negra para fomentar el geoturismo en diferentes países y el análisis del enfoque que puede emplearse como un caso de estudio en el área de la Riviera Pacífica de Panamá para valorizar el turismo sostenible de las comunidades circundantes.
- Los diferentes orígenes de las arenas negras, sus características y definición para generar hipótesis del origen de los depósitos que se encuentran en el área.
- Investigaciones previas sobre las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá.

2.2 Visitas a campo

Para la caracterización de las arenas en la zona de estudio, se llevó a cabo una inspección de campo en las playas Punta Barco, El Palmar, Playa Gorgona y Los Panamá, ubicadas en la provincia de Panamá Oeste, así como en la playa Bijao, en la provincia de Coclé. Durante el muestreo, se recolectaron especímenes representativos y se realizó una fotodocumentación detallada del fenómeno, con el objetivo de registrar sus características composicionales.

2.3 Análisis geoespacial

Se evaluó el impacto potencial del geoturismo en la zona mediante el uso de herramientas SIG avanzadas en ArcGIS Pro 3.1.0. Se aplicaron geoprocursos utilizando la herramienta buffer, estableciendo un radio de influencia de 2 km para analizar la relación espacial con elementos clave del entorno. Este análisis permitió obtener datos estadísticos de las comunidades cercanas, centros educativos, información hidrológica de las cuencas, la extensión del recorrido de las arenas negras hasta la línea de costa y la distancia a la carretera Panamericana.

2.4 Análisis de laboratorio y caracterización geológica

Se realizaron ensayos a una muestra colectada en Playa Gorgona la que se clasificó por el método de granulometría

(ASTM C136/ C136M – 19) para diferenciar el tamaño y estimar la estabilidad a la meteorización de los minerales que la componen. Para clasificar el tamaño de la arena se siguieron los criterios indicados por la American Geologists (Escala Wentworth modificada).

Se utilizó el método magnético para demostrar la presencia de minerales ferromagnéticos en las arenas negras[31].

La muestra se analizó macroscópicamente describiendo los granos minerales retenidos en el tamiz #200, según color, brillo, dureza y raya[32].

La estructura macroscópica de las muestras fue analizada mediante lupa de mano, permitiendo una descripción preliminar de sus características texturales. Para el estudio microscópico, se examinó una porción representativa de la muestra Playa Gorgona, bajo un microscopio de luz polarizada, registrándose imágenes con una cámara AmScope Serie MU, utilizando un objetivo de 4x/0.1 en nicoles cruzados. Este análisis permitió la identificación de las propiedades ópticas y la morfología de los minerales presentes en las arenas según la AGI Grafic, empleando las interacciones de la luz con los cristales. Los minerales se clasificaron en opacos, translúcidos o transparentes según su respuesta cromática bajo polarización cruzada.

3. Resultados

En esta sección se explora el valor de la arena negra para el geoturismo, hipótesis, ubicación y análisis geoespacial de la Riviera Pacífica. Además de la descripción química y caracterización geológica.

3.1 Valor de la arena negra para el geoturismo

La explotación de arenas negras se da en depósitos asociados a las playas y dunas, aunque existen depósitos muy finos en ambientes lacustres y depósitos profundos y pocos profundos estos se relacionan a antiguos sistemas costeros[33].

En Panamá existió una mina de arenas negras marinas que permitió la extracción de mineral de hierro, frente a la playa de Gorgona en depósitos poco profundos en los años 1971-1972, donde operaba Hierro Panamá S.A., una empresa conjunta al 50% entre Sumitomo Corporation de Japón y Minera Chame S.A. de Panamá[34]. El proceso de extracción utilizado era mediante electroimanes que la recogían y almacenaban para exportarla. Se produjeron 200.000 toneladas de concentrado de magnetita e ilmenita con 64% de Fe y 6% de TiO₂ y se exportaron 75.000 toneladas. Sin embargo, la planta localizada en Isla Bona se cerró debido a un accidente, dejando graves daños[34].

En 1993, el Ministerio de Comercio e Industrias, estableció un área de reserva minera sobre una zona de 61 000 hectáreas localizada en los distritos de Chame, Capira, San Carlos, Antón y Farallón[35]. Esto motiva a buscar formas sostenibles de emplear este recurso mineral para el desarrollo sostenible de las comunidades.

Aunque las arenas negras son utilizadas en ocasiones para ser explotadas como depósitos de hierro; debido a su rareza en el mundo actual se les ha dado un elevado valor turístico. Su origen relacionado con una historia geológica particular no visible, las marca como un punto a promocionar en nuevas ofertas

turísticas diferenciales e innovadoras que busquen enseñar a las próximas generaciones el respeto y admiración hacia la naturaleza[16]. Sus usos van más allá de solo un efecto visual, investigaciones han demostrado que tienen propiedades medicinales y funcionan como un exfoliante natural.

Un ejemplo de la actividad turística que existe son las costas de Hawái que contienen las playas de arenas negras más visitadas en el planeta, como la playa Punaluu, donde turistas van cada día a capturar hermosas fotografías y a tomar un poco de sol[36]. Otro sitio son las playas de Jeju en Corea del Sur, donde en el verano se pueden ver a las personas sumergidas en las arenas debido a que se les atribuye efectos positivos para calmar dolores musculares[37].

Otra evidencia del uso de las arenas negras para el geoturismo se aprecia en Tenerife, Islas Canarias, donde han identificado la necesidad de diversificar su oferta debido a los síntomas de agotamiento del producto de sol y playa; por tanto, ha requerido poner en marcha nuevos productos, servicios y experiencias turísticas[16], [38]. Tienen senderos turísticos en playas de arenas oscuras, presentando uno de los senderos más completos y mejor señalizados en todo el Atlántico, donde se pueden observar las vibrantes arenas negras tanto en la costa como alrededor del volcán que les dio origen.

Brasil, Colombia, Guatemala y Costa Rica, también se han sumado al desarrollo de estudios de zonas para impulsar el geoturismo, un tema que ha aumentado la cantidad de publicaciones científicas en los últimos años en diferentes países[39][19]. Tal es el caso de la tesis desarrollada en los alrededores del municipio de Bahía Solano, en el Departamento del Chocó, sobre la costa pacífica colombiana, donde se encuentran recursos naturales con un enorme potencial de ser explotados de manera no extractiva mediante el geoturismo, considerando su importancia geológica, se hace referencia a que el Chocó hace parte de lo que geológicamente se conoce como el "Bloque Panamá-Chocó" y uno de los recursos presentados son las playas de arenas negras[40].

Se determina que los destinos turísticos con el modelo tradicional de sol y playa presentan síntomas de agotamiento, y grandes potencias han optado por nuevos modelos y ofertas con enfoques más holísticos, renovados, en contacto con la naturaleza y con nuevas vivencias incluyendo el aprendizaje. El destino analizado está enfocado en turismo de sol, playa y turismo náutico, demandado principalmente por el turista panameño. Habiéndose registrado un descenso de más del 30% en los últimos 10 años de las llegadas desde el extranjero, según el Plan Maestro de Desarrollo Turístico Sostenible; se demuestra la necesidad de la creación de nuevos atractivos turísticos[41].

Fundamentado en la revisión realizada y en la tendencia a un turismo enfocado en relatar un contexto geológico (geoturismo), se evidencia que es importante promover los estudios geológicos en la zona descrita con el objetivo de que sirvan de base científica para resaltar la singularidad de la zona y poder promocionarla como destino para el geoturismo[42]. Por tanto, se propone el paso de un recurso como las arenas negras que se presentan en las playas de la Riviera Pacífica de Panamá a un atractivo turístico.

3.5.1 Composición química

En el año 2001, la arena de la zona se estudió para evaluar las propiedades de las magnetitas como agentes naturales anticorrosivos para la fabricación de pinturas; para realizar la caracterización las muestras se evaluaron mediante técnicas de absorción atómica, difracción de rayos X, espectroscopia Mössbauer y análisis fisicoquímico de propiedades[2], [47].

En la tabla 1, se pueden apreciar los componentes que forman la arena del área de playa Coronado, la cual muestra un elevado contenido de hierro (Fe), seguido de elementos como el aluminio (Al) ya en menor proporción con respecto al primero, otros como titanio (Ti), magnesio (Mg), silicatos (SiO₂), manganeso (Mn), vanadio (V), calcio (Ca), están en porcentajes apreciables y los que se encuentran en menor cantidad son cobre (Cu), zinc (Zn), cromo (Cr), níquel (Ni), siendo este último el que está en menor proporción.

Tabla 1. Composición química de la arena negra de Playa Coronado

Elemento	%	Elemento	%
Hierro (Fe)	64,950	Vanadio (V)	0,168
Aluminio (Al)	1,117	Calcio (Ca)	0,115
Titanio (Ti)	0,769	Cobre (Cu)	0,098
Magnesio (Mg)	0,589	Zinc (Zn)	0,054
Silicatos (SiO ₂)	0,47	Cromo (Cr)	0,022
Manganeso (Mn)	0,174	Níquel (Ni)	0,005

Fuente: [28]

Se señala que la composición mineralógica de las playas varía de un punto a otro, incluso en la misma playa como se muestra en la figura 3, por tanto, se requieren estudios en las demás zonas identificadas para obtener mayores detalles para su clasificación.



Figura 3. Arenas negras presentes en Playa Grande, San Carlos.

3.5.2 Caracterización geológica

Luego de revisada la información bibliográfica, los levantamientos realizados, los ensayos de laboratorio y las observaciones realizadas en las distintas playas, se deduce que las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá tienen un aporte predominantemente continental, debido al transporte fluvial, con la identificación de 14 ríos que desembocan en el área, naciendo en la zona montañosa del Complejo Volcánico El Valle, ver mapa de la figura 2. A lo largo de la cuenca hidrográfica 138 (Río Chame), se aprecia la zona de deposición, tanto en las escorrentías, como en los ríos donde existen rastros de las arenas negras. Visualizando en mayor acumulación mineral magnetitas y cuarzo que se muestran en la figura 4.



Figura 4. Arena negra presente en las orillas de los ríos.

Esto ofrece indicios que los minerales encontrados en la zona son el resultado de la erosión de la Cordillera Central en la zona ligada principalmente al Complejo Volcánico El Valle. Por ello, se realizaron estudios macroscópicos y microscópicos, con la muestra colectada en Playa Gorgona y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Análisis macroscópico de la muestra: está compuesta por fragmentos de minerales (cuarzo, magnetita, piroxenos, entre otros) rocas (andesitas) y restos de conchas recientes con tamaños máximos de 0.600 mm, según la American Geologists (Escala Wentworth modificada) clasificada como arena muy fina; como se aprecia en la tabla 2.

Los fragmentos retenidos en el tamiz #200 representan un 45% de la muestra total y un 43% corresponden a magnetita (Fe₃O₄), con brillo metálico, color negro de hierro, raya negra, fuertemente magnético y con una dureza de 6 ver tabla 2(f).

Tabla 2. Analisis macroscópico de las arenas de la Riviera Pacífica de Panamá

Peso total de la muestra: 235 g	
Muestra	Caracterización
 (a)	Tamiz # 30. Abertura del tamiz: 0.600mm. Retenido: 2 g. Descripción: La porción de muestra retenida en el tamiz #30 presenta fragmentos de conchas recientes, rocas y minerales como cuarzo y magnetita.
 (b)	Tamiz # 40. Abertura del Tamiz: 0.425 mm. Retenido: 10 g. Descripción: El material retenido en tamiz #40 presenta fragmentos de rocas y minerales de cuarzo.
 (c)	Tamiz # 50. Abertura del Tamiz: 0.297 mm. Retenido: 19 g. Descripción: Para el tamiz #50 la porción de muestra retenida presenta minerales de cuarzo y poca cantidad de magnetita.
 (d)	Tamiz # 60. Abertura del Tamiz: 0.250 mm. Retenido: 33 g. Descripción: Se presenta claramente minerales de magnetita en 40% y 60% de cuarzo retenidos en el tamiz #60.
 (e)	Tamiz # 100. Abertura del Tamiz: 0.150 mm. Retenido: 39 g. Descripción: La porción de muestra retenida en el tamiz #100 presenta claramente minerales de magnetita en 75% y 25% de cuarzo.
 (f)	Tamiz # 200. Abertura del Tamiz: 0.075 mm. Retenido: 106 g. Descripción: Para el tamiz #200 se presenta claramente minerales de magnetita en 95% y 5% de cuarzo.

- **Análisis microscópico:** en función de la forma del grano, se clasifica la arena, según la AGI Grafic, como arena de esfericidad de 2.5 (esféricos) y redondez entre 0.5 (muy angulares) y 1.5 (angulares), ver figura 5; esto evidencia que la fuente del origen del material se ubica en la Cordillera Central (Complejo Volcánico El Valle) a tan solo 25 km desde la costa. En función del contenido mineralógico, los fragmentos opacos de minerales observados corresponden a un 50% de magnetita (Fe_3O_4) cuya cristalografía es cúbica generalmente, en cristales de hábito octaédrico.

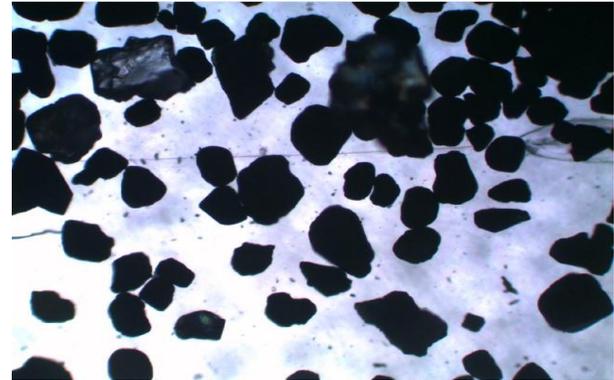


Figura 5. Magnetita, visto en nicoles paralelos. Origen de la muestra: playa Gorgona (X4);

Se encontraron en pocas cantidades minerales de alto relieve con hábitos cristalinos prismáticos rectangulares (más inestables), que corresponden a piroxenos, tanto ortopiroxenos como clinopiroxenos, concordantes con el tipo de roca del Volcán El Valle: Andesita de dos piroxenos[48], [49], [50], ver figura 6.

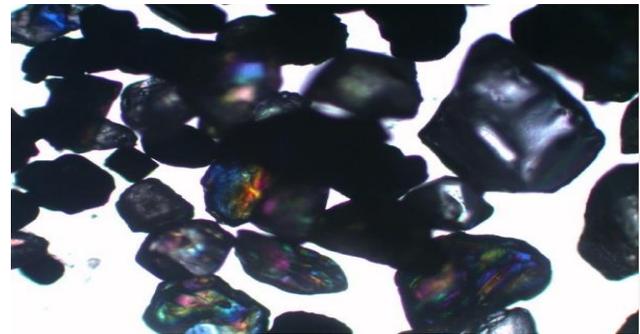


Figura 6. Mineral de piroxeno. Origen de la muestra: playa Gorgona (X4).

La composición mineralógica de las arenas negras reportadas en los estudios revisados para playa Coronado han comprobado la marcada presencia de hierro en las arenas, por lo que la arena negra de esta región se clasifica como una arena ferrífera, información que se ha evidenciado con la muestra analizada para este estudio.

3.6 Discusión

El texto presentado aborda de manera integral el estudio de las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá, vinculando su potencial para el geoturismo con un enfoque científico, educativo y sostenible.

El análisis de las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá resalta su potencial como un recurso de valor para el desarrollo del geoturismo en el país. Estas arenas, compuestas principalmente de magnetita y otros minerales formados por actividad volcánica, representan un patrimonio geológico subexplorado con características únicas en la región. A pesar de su abundancia, la falta de clasificación formal, así como geositos evidencia un vacío significativo en la investigación científica sobre estas formaciones.

La creciente demanda de turismo alternativo y consciente, alineado con las metas del geoturismo, subraya la necesidad de integrar la ciencia geológica en las experiencias turísticas. Esto podría transformar las playas de arenas negras en laboratorios naturales para la educación, promoviendo no solo la conservación del entorno, sino también la creación de oportunidades económicas para las comunidades locales. Iniciativas como el Proyecto Geoparque Puente de las Américas sientan un precedente en Panamá para la valorización de su patrimonio geológico, conectándolo con metas globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La investigación resalta ejemplos internacionales, como Hawái y Tenerife, donde las arenas negras se han integrado exitosamente en el turismo. Este enfoque puede replicarse en Panamá, promoviendo actividades como senderos interpretativos, educación geológica y aprovechamiento del recurso como atractivo visual y medicinal, en un marco de sostenibilidad.

El estudio establece una sólida base para posicionar las arenas negras de Panamá como un recurso clave en el geoturismo. Su éxito dependerá de integrar la ciencia, la educación y la sostenibilidad en las estrategias de desarrollo turístico, asegurando beneficios a largo plazo para las comunidades locales y el medio ambiente.

Entre los retos identificados está la necesidad de investigaciones más profundas para clasificar las playas como geositos y crear infraestructura adecuada para el turismo geológico. Asimismo, la promoción de la educación comunitaria y la colaboración entre instituciones científicas y turísticas será crucial para maximizar el impacto positivo del proyecto.

4. Conclusión

- Las arenas negras de las playas identificadas en esta investigación (Coronado, Punta Chame, Gorgona, Los Panamá, El Palmar, Chumico Redondo, Playa Blanca y Punta Barco), ver figura 2, tienen un valor paisajístico y geológico; al estar vinculadas a las erupciones de El Complejo Volcánico El Valle; Los estudios han determinado que el transporte de la arena se da de manera intensiva y ligera, soportado en la poca presencia de minerales alterables; pero que debido a la corta extensión que recorren hasta la salida al mar los minerales más fuertes como las magnetitas aún conservan su angulosidad.
- Las arenas negras de Panamá representan un recurso patrimonial con un alto potencial para el desarrollo del geoturismo, pero su aprovechamiento requiere más investigaciones y un enfoque multidisciplinario que conecte la geología con la educación, el turismo y la sostenibilidad.

- La revisión literaria ha identificado oportunidades significativas y vacíos críticos en el estudio del potencial geoturístico de las arenas negras. Aunque su caracterización geológica está bien documentada, la conexión con estrategias de valorización geoturística es limitada, representando un vacío clave. Existe un gran potencial para desarrollar rutas geoturísticas que destaquen su estética, composición mineralógica y valor cultural, fomentando el desarrollo económico y la conservación ambiental. No obstante, se requiere mayor investigación sobre la percepción social, impactos ecológicos y modelos de gestión sostenible que integren el conocimiento científico, social y económico, consolidando así el rol estratégico de las arenas negras en el geoturismo.
- El área de estudio puede aprovecharse para implementar el geoturismo a través de la creación de laboratorios naturales donde se realicen experimentos de magnetismo en las playas u otras actividades lúdicas de carácter educativo. El conocimiento científico de las arenas negras es utilizable para enriquecer el plan escolar de las escuelas, al tiempo que fomenta el conocimiento del área.

5. Agradecimiento

Se agradece a Jennifer Velazco estudiante del Colegio Dr. Harmodio Arias Madrid de Chame, por la donación del material proveniente de Playa Gorgona. A la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá por el uso del Laboratorio de suelos, geología y asfaltos.

Referencias

- [1] L. Aguirre M. and H. E. D. Alava, "Separación hidrometalúrgica del óxido de titanio asociado con magnetita en las arenas negras," 1996. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3345>
- [2] G. C. de Sánchez and C. Arroyave-Posada, "Evaluación de magnetitas naturales como pigmentos de pinturas anticorrosivas," *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, no. 24, pp. 90–103, Nov. 2001, doi: 10.17533/JUDEA.REVIN.326332.
- [3] R. Monge Valverde, "Contribución al estudio de las arenas negras magnéticas de Costa Rica," 1965. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/10669/76310>
- [4] L. Valderrama, R. Poblete, and C. Contreras, "Caracterización y Concentración de Muestras de Arenas de Caldera, Región de Atacama," *Revista de la Facultad de Ingeniería-Universidad de Atacama*, vol. 19, 2005.
- [5] Orellana, "Estudio de la concentración natural y artificial de arenas negras en General Villamil Playas," 1988, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3398>
- [6] J. A. Vargas, E. A. Castañeda, A. H. Forero, and S. C. Díaz, "Obtención de hierro a partir de arenas negras del Atlántico colombiano desembocadura del río Magdalena," *Revista de la facultad de ingeniería.*, vol. 26, no. 3, 2011.
- [7] L. V. Campusano, "Concentración De Minerales De Titanio Contenidos En Las Arenas De Playas De La Región De Atacama - Chile," *HOLOS*, vol. 1, p. 119, Jul. 2008, doi: 10.15628/HOLOS.2008.152.
- [8] J. A. Comas-Cabrales and Á. J. Becerra-Pinto, "Identificación electroquímica de ilmenita FeTiO₃ en concentrados y colas producto del beneficio de arenas negras," 2015.
- [9] C. R. Piriz Mc Coll, *Las arenas negras radioactivas del Uruguay*, vol. II, no. a. 1953.
- [10] C. Hernan. Arias A, "Concentraci3n De Arenas Negras Provenientes De Barbacoas (Nariño) Y Evaluaci3n De Su Procesamiento Por Molienda De

- Alta Energía Para La Obtención De Imágenes De Tamaño Nanométrico," Universidad Industrial de Santander, 2017.
- [11] L. S. Durans, E. da S. M. Neto, and E. G. Lacerda, "Revista Eletrônica Casa de Makunaima," *Revista Eletrônica Casa de Makunaima*, vol. 5, no. 2, pp. 69–87, Feb. 2023, doi: 10.24979/V5I2.1335.
- [12] R. Bórquez, F. Bourlon Pierre, and M. Moreno Escobedo, "El turismo científico y su influencia en la comunidad local: el estudio de caso de la red del turismo científico en Aysén, Chile," *Revista Turismo y Desarrollo Local*, vol. 12, no. 26, 2019.
- [13] M. García Revilla and O. Martínez Moure, "Turismo científico y ciudades del futuro," *International journal of scientific management and tourism*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [14] M. Bregolin and L. Rudzewicz, "Vinculando Ciência e Turismo em territórios de Geoparques: o papel das comunidades no desenvolvimento do Turismo Científico," *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente*, vol. 5, no. 2–3, 2023, doi: 10.21814/physisterrae.5560.
- [15] Mario Andrés Boza Loria, "Fomento del turismo científico en Costa Rica," *Biocenosis*, vol. 33, no. Especial, 2022, doi: 10.22458/rb.v33iespecial.4393.
- [16] J. D. Páez, R. B. Ramírez, and E. B. Yanes, "Geopatrimonio y geoturismo en espacios naturales protegidos volcánicos de Tenerife (Canarias, España)," *Cuadernos Geográficos*, vol. 60, no. 2, pp. 52–71, Jun. 2021, doi: 10.30827/CUADGEO.V60I2.15572.
- [17] D. F. B. Ovigli and J. M. Cuenca-López, "Educación patrimonial y geoturismo: estudio comparativo de prácticas educativas en geosítios de Brasil y España," *Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)*, vol. 17, no. 2, May 2024, doi: 10.34024/RBECOTUR.2024.V17.15639.
- [18] G. Meléndez-Hevia, J. C. Moreira, and L. Carcavilla-Urqui, "Geoturismo: El Paso De Un Recurso A Un Atractivo," *Terr@ Plural*, vol. 11, no. 2, pp. 327–337, Dec. 2017, doi: 10.5212/TerraPlural.v.11i2.0010.
- [19] I. Alejandra, C. Toribio, L. M. Pinargote Yépez, J. Guillermo, B. Almeida, and Y. Misaël Vázquez-Taset, "Estudio comparativo entre los Geoparques de Latinoamérica y los Sitios de Interés Geológico: Una mirada desde el geoturismo," *REVISTA INTERNACIONAL DE TURISMO, EMPRESA Y TERRITORIO*, vol. 5, no. 1, pp. 31–56, Jun. 2021, doi: 10.21071/riturem.v5i1.13251.
- [20] M. A. Tavera Escobar, N. Estrada Sierra, C. Errázuriz Henao, and M. Hermelin, "Georutas o itinerarios geológicos: un modelo de geoturismo en el Complejo Volcánico Glaciar Ruiz-Tolima, Cordillera Central de Colombia," *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, vol. 26, no. 2, pp. 219–240, Jul. 2017, doi: 10.15446/RCDG.V26N2.59277.
- [21] E. Ordoñez, C. Andrade, L. Auquilla, and M. Valdés, "El turismo científico y su contribución al desarrollo local sostenible," *Revista DELOS*, vol. 10, no. 29, 2017.
- [22] "Arouca-Statement." 2011.
- [23] Y. Y. Solís M., G. M. Poveda, E. Martínez, and R. D. Rodríguez, "Adecuación de senderos reutilizando caucho sintético en el Geosítio Piedra Jabón," *Revista de Iniciación Científica*, vol. 10, no. 1, pp. 29–35, Jan. 2024, doi: 10.33412/REV-RIC.V10.1.4000.
- [24] "Los Geoparques Mundiales de la UNESCO | UNESCO." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/es/igpp/geoparks/about>
- [25] "Memoria de la reunión internacional: Geoparques, Turismo Sostenible y Desarrollo Local - UNESCO Biblioteca Digital." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380262.locale=es>
- [26] J. E. Martínez Martín, "Conceptos y Metodologías de Educación en Geoparques: Aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible," 2023. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.ujc.edu/handle/20.500.12020/1346>
- [27] T. De Destroa, R. Rodríguez, E. Martínezb, H. Sandoval, and J. Sánchez, "Importancia de la implementación de geoparques en Panamá: Una revisión literaria," *Prisma Tecnológico*, vol. 13, no. 1, pp. 17–26, Feb. 2022, doi: 10.33412/PRI.V13.1.2993.
- [28] "Proyecto Geoparque puente de las Américas, Plan Maestro 2020-2021." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://rida2.utp.ac.pa/handle/123456789/15623>
- [29] L. González Torrerros, "Los valores del patrimonio geológico de la Sierra La Primavera: las oportunidades para el geoturismo," *Dimensiones Turísticas*, vol. 2, no. 2, pp. 27–52, Jan. 2018, doi: 10.47557/RGNK7688.
- [30] L. J. N. Franco, B. H. S. Rojas, and C. S. S. Cruz, "Geoturism: Tourist use of the geological potential in The San Benito and San Eugenio streets in the Municipality of Sibaté," *Turismo y Sociedad*, vol. 27, pp. 187–216, Jul. 2020, doi: 10.18601/01207555.N27.11.
- [31] F. Bautista, R. Cejudo-Ruiz, B. Aguilar-Reyes, and A. Gogichaishvili, "El potencial del magnetismo en la clasificación de suelos: una revisión," *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 66, no. 2, pp. 365–376, 2014, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222014000200012&lng=es&nrn=iso&tlng=es
- [32] H. Moreno Ramón, S. Ibañez Asensio, and J. M. Gisbert Blanquer, "Óxidos y Hidróxidos," Nov. 2011, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/13680>
- [33] G. Tejada Bedoya, Z. Sarmiento Mejía, and C. Huisa Ccoori, "Estudio de la recuperación del hierro detrítico de las arenas de las playas de Tacna," *Ciencia & Desarrollo*, vol. 0, no. 16, pp. 41–45, Apr. 2019, doi: 10.33326/26176033.2013.16.351.
- [34] S. D. Redwood and S. D. Redwood, "The history of mining and mineral exploration in Panama: From Pre-Columbian gold mining to modern copper mining," *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 72, no. 3, 2020, doi: 10.18268/BSGM2020V72N3A180720.
- [35] MiAmbiente, "Declaran a Isla Boná como Área Protegida - MiAmbiente." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://miambiente.gob.pa/declaracion-a-isla-bona-como-area-prottegida/>
- [36] "De la destrucción a la creación: Una nueva playa de arena negra nace en una isla de Hawái - Los Angeles Times." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.latimes.com/espanol/eeuu/la-es-de-la-destruccion-a-la-creacion-una-nueva-playa-de-arena-negra-nace-en-una-isla-de-hawai-20190106-story.html>
- [37] "Isla de Jeju, un paraíso natural en Corea - Go! Go! Hanguk." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://gogohanguk.com/es/blog/isla-jeju-un-paraiso-natural-en-corea/>
- [38] J. Dóniz Páez, R. Becerra-Ramírez, E. Beltrán Yanes, J. Dóniz Páez, R. Becerra-Ramírez, and E. Beltrán Yanes, "Geomorfositos en el Geoparque Mundial Unesco de El Hierro (Islas Canarias, España) para fomentar el geoturismo en espacios volcánicos," *Revista de geografía Norte Grande*, vol. 2021, no. 80, pp. 165–186, 2021, doi: 10.4067/S0718-34022021000300165.
- [39] "Conoce la sorprendente playa de Guatemala con arena negra." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://forbescentroamerica.com/2020/11/01/turismo-guatemala-playa-arena-negra-volcanica-monterrico>
- [40] J. Quintero Marín and B. Ríos, "Geoturismo en Colombia: Propuestas para la reserva privada Ecolodge El Almejal, Bahía de Solano, Departamento Chocó, Colombia," *Universidad Nacional de Colombia*, 2019.
- [41] Autoridad de Turismo de Panamá, "Plan Maestro de Turismo Sostenible de Panamá 2020-2025." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC215852/>
- [42] D. F. Ovigli Bovolenta and J. M. Cuenca-López, "Educación patrimonial y geoturismo: estudio comparativo de prácticas educativas en geosítios de Brasil y España," vol. 17, 2024. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://each.usp.br/turismo/publicacoesdeturismo/ref.php?id=17821>
- [43] P. A. Basile, Transporte de Sedimentos y Morfodinámica de Ríos Aluviales. UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario., 2018. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/2133/10738>
- [44] M. López López, "Arena como elemento conservador de la línea de costa," 2018, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=151367&info=resumen&idioma=SPA>
- [45] A. Salazar M, O. G. Lizano, and E. J. Alfaro, "Composición de sedimentos en las zonas costeras de Costa Rica utilizando Fluorescencia de Rayos-X (FRX)," *Rev Biol Trop*, vol. 52, pp. 61–75, 2004, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available:

- http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000600007&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [46] E. Navarro, L. Daesslé, V. Camacho-Ibar, M. Ortiz-Hernández, and E. Gutiérrez-Galindo, "La geoquímica de Fe, Ti y Al como indicadora de la sedimentación volcánoclastica en la laguna costera de San Quintín, Baja California, México," *Cienc Mar*, vol. 32, no. 2, pp. 205–217, 2006, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802006000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [47] J. Madhavaraju, J. S. Armstrong-Altrin, R. B. Pillai, and T. Pi-Puig, "Geochemistry of sands from the Huatabampo and Altata beaches, Gulf of California, Mexico," *Geological Journal*, vol. 56, no. 5, pp. 2398–2417, May 2021, doi: 10.1002/GJ.3864.
- [48] E. Martínez and R. Rodríguez, "Diseño de un modelo para crear un geoparque en El Valle de Antón," Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2017.
- [49] A. Domínguez et al., "Geochemical Insights into Health Risks from Potentially Toxic Elements in Rural Aqueducts of Cocle, Panama: Unveiling Links to Local Geology," *Water (Switzerland)*, vol. 17, no. 1, p. 110, Jan. 2025, doi: 10.3390/W17010110/S1.
- [50] H. Sandoval, T. Destro, R. Rodríguez, E. Martínez, E. Gutiérrez, and Y. Solís, "Study and description of the Soap Stone of Pajonal," *Proceedings - 2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2022*, pp. 733–739, 2022, doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00120.