

<https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2022-05>

# CARACTERIZACIÓN DE LA MAPIA COMO COMPONENTE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS Y SEMITIBIAS

**Velásquez López, Juliana**

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Bogotá, Colombia  
Juliana.velasquez@uniminuto.edu.co  
ORCID: 0000-0002-2169-4801

**Sánchez Melo, Juan Nicolás**

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Bogotá, Colombia  
Juan.sanchez-m@uniminuto.edu.co  
ORCID: 0000-0002-2394-0025

**Espinel Redondo, Carolina**

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Bogotá, Colombia  
carolina.espinel@uniminuto.edu.co  
ORCID: 0000-0001-9628-9387

**Acevedo-Pérez, Jhon Vladimir**

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Bogotá, Colombia  
Jhon.acevedo@uniminuto.edu  
ORCID: 0000-0001-5337-3351

## RESUMEN

El material pétreo impregnado con asfalto (MAPIA) es un tipo de asfalto natural que está compuesto principalmente de arenas finas impregnadas de material bituminoso. El uso en pavimentos de este material es óptimo a bajas temperaturas, al igual que su explotación en forma natural que genera bajos impactos al medio ambiente. (Sanabria, A. et al., 2021). Con el análisis del uso de la mapia en mezclas asfálticas en estado tibio (WMA) y semi-tibio (HWMA) se busca analizar la posibilidad de prolongar el ciclo de vida (LCA) en el uso cotidiano ya que en el estudio se ha evidenciado su utilización en mezclas frías (García, A., & Kikut Cruz, K., 2020). En cuanto a los ensayos se han realizado los clásicos, pero no se han analizado a profundidad con microscopio SEM (*Scanning electronic Microscopy*), AFM (*Atomic Force Microscopy*), para analizar composición química, características y propiedades de superficie, basados en estos resultados establecer si se reducen los efectos de gases invernadero (GHG) y plantearla como alternativa para la pavimentación de vías con bajos volúmenes de tránsito.

**Palabras clave:** AFM, HWMA, LCA, MAPIA, WMA.

## ABSTRACT

Asphalt-impregnated stone material (MAPIA) is a type of natural asphalt that is composed of fine sands impregnated with bituminous material. The use of this material in pavements is optimal at low temperatures, as is its exploitation in a natural way that generates low impacts on the environment (Sanabria, A. et al., 2021). With the analysis of the use of mapia in warm (WMA) and semi-tibia (HWMA) asphalt mixtures, we seek to analyze the possibility of prolonging the life cycle (LCA) in daily use, since the study has shown its use in cold mixtures (García, A., & Kikut Cruz, K., 2020). As for the tests, the classic tests have been performed, but they have not been analyzed in depth with SEM (Scanning electronic Microscopy), AFM (Atomic Force Microscopy), to analyze chemical composition, characteristics and surface properties, based on these results to establish whether the effects of greenhouse gases (GHG) are reduced and to propose it as an alternative for paving roads with low traffic volumes.

**Keywords:** AFM, HWMA, LCA, MAPIA, WMA.

## 1. INTRODUCCIÓN

La pavimentación de vías en el área urbana y rural genera desarrollo social y económico de las regiones, para construir las es importante optimizar el uso de materiales, su costo y durabilidad, teniendo en cuenta disponibilidad y alistamiento. Se requiere de materiales de alta disponibilidad y propiedades geomecánicas que garanticen el cumplimiento de la durabilidad prevista en el proyecto con costo razonable de mantenimiento. A su vez resulta ideal, que estos materiales sean de relativa abundancia y que para su procesamiento se emplee tecnología limpia tradicional y de bajo impacto ambiental (Biro et al., 2009). A este grupo de materiales corresponden los asfaltos naturales, incluida la MAPIA. En Colombia existen formaciones geológicas que incluyen mantos de gravas y arenas que en algún momento de la historia del planeta se impregnaron de crudos de petróleo, los cuales trataron de salir a la superficie por presión, dejando yacimientos de mezclas asfálticas naturales consideradas como materiales pétreos impregnados con asfalto, nombre que abarca dos grandes grupos como son los “Conglomerados Asfálticos Naturales”, como las Asfaltita encontradas en la “Mina San Pedro” en el departamento del Tolima, y los “Morteros asfálticos naturales”, como la MAPIA de las minas que existen en los departamentos de Caldas (Municipio de La Dorada) y Caquetá entre otros.(Sánchez, 2018). La industrialización inclusiva y sostenible, junto con la innovación y la infraestructura, pueden dar rienda suelta a las fuerzas económicas y competitivas que generan el empleo y los ingresos. Estas desempeñan un papel clave a la hora de introducir y promover nuevas tecnologías. (Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS 2020).

## 2. OBJETIVO GENERAL

Analizar composición química, características y propiedades de superficie en la MAPIA con técnicas de microscopía SEM (*Scanning electronic Microscopy*) y AFM (*Atomic Force Microscopy*) para establecer parámetros y condiciones de comportamiento para tener en cuenta en mezclas WMA y HWMA con una aproximación al análisis del (LCA).

## 3. MARCO CONCEPTUAL

Para conocer el comportamiento en pavimentos se pretende analizar la MAPIA en mezclas WMA y HWMA, caracterizando los cambios en las propiedades físicas y mecánicas, con ello abarcar uno de los grandes objetivos del desarrollo sostenible (ODS) tal como lo es el No. 9 Industria, Innovación e Infraestructura. Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos. (Objetivos de desarrollo sostenible 2020). Y finalmente poder obtener una nueva alternativa para la infraestructura vial que sea amigable con el medio ambiente.

### 3.1 Asfalto natural

Asfalto natural (asfaltita): Material presente en la naturaleza, impregnado en areniscas, aluviones y calizas. Proviene de la refinación natural del petróleo, que a su vez contiene partículas que se evaporan al contacto con el aire debido a la migración del petróleo a la superficie por medio de rocas porosas y fisuras. (Sánchez, 2018).

### 3.2 AFM

La técnica AFM-IR se basa en la detección de la absorción IR por la punta de una fuerza atómica microscopio (AFM). La muestra está iluminada por un láser sintonizable pulsado que puede ajustarse a la absorción longitudes de onda en una o más regiones de la muestra. La absorción de fotones infrarrojos conduce a un rápido calentamiento local de las regiones absorbentes de la muestra. La punta del AFM detecta esta expansión térmica de regiones absorbentes de IR con una resolución espacial muy por debajo del límite de difracción convencional (Dazzi & Prater, 2016).

### 3.3 SEM

La microscopía electrónica de barrido (SEM) se fundamenta en la emisión de un barrido de haz de electrones sobre la muestra, los cuales interactúan con la misma produciendo diferentes tipos de señales que son recogidas por detectores. Finalmente, la información obtenida en los detectores es transformada para dar lugar a una imagen de alta definición, con una resolución de 0,4 a 20 nanómetros. Para terminar, se obtiene una imagen de alta resolución de la topografía de la superficie de la muestra. El SEM cuenta con un filamento que genera un haz de electrones que impactan con la muestra. El funcionamiento del SEM consiste en aplicar un voltaje entre una muestra conductora y filamentos, dando como resultado un electrón emisión del filamento a la muestra (Batchellor D. y Russell, P., 2014). Con esta información se puede obtener información superficial de forma y topografía, textura y composición (ATRIA Innovation, 2020).

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Se espera realizar una revisión de diferentes estudios relacionados con la elaboración e implementación de la mezcla asfáltica WMA y HWMA con MAPIA como alternativa de mejoramiento, rehabilitación y construcción de la malla vial en Colombia. Teniendo en cuenta, la mitigación del impacto ambiental implementando los ODS. Además, se busca que ventajas traería implementar la MAPIA como alternativa de mejoramiento rehabilitación y construcción de la Malla Vial en Colombia (Núñez et al., 2019).

Por otra parte, el país debería encaminar sus proyectos hacia el desarrollo de la infraestructura vial y, especialmente, a mejorar la conectividad de la red principal con las vías secundarias y terciarias. Usualmente, se utiliza pavimentos de tipo flexible, pero su estructura sufre daños constantes y prematuros, debido a condiciones climáticas (temperatura y humedad), a los diseños convencionales, al tránsito y demás factores. Por consiguiente, se busca poner en práctica el uso de otros materiales como la MAPIA, provenientes de fuentes naturales que disminuyan las inversiones de alto costo con similar calidad de vida útil que la de las mezclas asfálticas en frío (Núñez et al., 2019).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La MAPIA, a pesar de la fácil explotación y excelente calidad, no suele explotarse desde hace mucho ya que, al obtenerse en las refinerías petroleras, resulta mucho más económica su producción de este modo (Núñez et al., 2019). Realizando una comparación entre ambos asfaltos, una de las características que las diferencia es su costo. Además, la forma de producción del asfalto destilado genera altos niveles de contaminación ambiental y emisión de

gases tóxicos, lo cual a nivel mundial ha creado una conciencia en la búsqueda de disminuir dicha contaminación y emisión de gases de efecto invernadero.

Según lo anterior, y dada la necesidad de buscar y encontrar materiales y medidas que reduzcan el impacto ambiental negativo, aprovechando la existencia de yacimientos en Colombia se ve la favorabilidad de utilizar el asfalto natural como una alternativa para mejorar algunas propiedades y comportamientos de las mezclas convencionales (Núñez et al., 2019).

Con este proyecto se pretende analizar parámetros y condiciones de comportamiento para tener en cuenta en el diseño de mezclas WMA y HWMA con MAPIA y hacer una aproximación al análisis del (LCA), teniendo en cuenta nuevas tecnologías que contribuyan a la conservación del medio ambiente y se optimicen el rendimiento de la mezcla asfáltica.

Considerando la MAPIA una alternativa para construcción de la capa de rodadura en vías, de bajos volúmenes de tránsito esta se ha empleado desde hace 25 años en diversos proyectos con niveles de tránsito NT1 (Nivel de tránsito No 1. Corresponde a vías en que el tránsito de diseño de las obras por construir es inferior a  $0.5 \times 10^6$  ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (EPM.,2018)), entre los cuales se destacan los que se relacionan en la tabla 1 basado en la vida útil, incluso 20 años después de su instalación. (Sánchez, 2018).

**Tabla 1.**

*Obras ejecutadas con MAPIA*

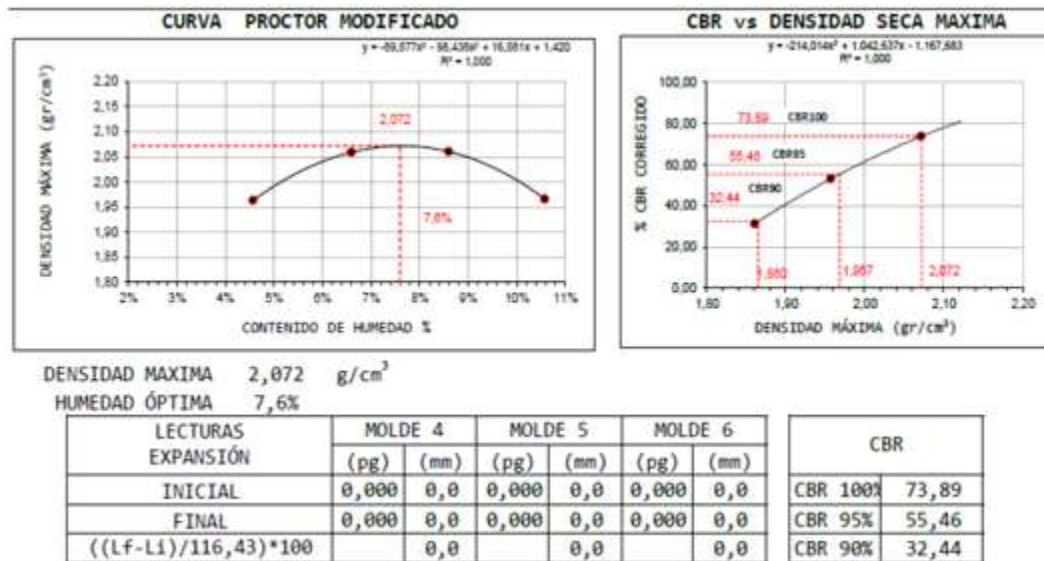
<b>EMPRESA</b>	<b>PROYECTO</b>	<b>AÑO</b>
<b>Hidromiel S. A. - Constructora Norberto-Odebrecht</b>	Proyecto Hidroeléctrico Miel 1	1997 - 1998
<b>ISAGEN, Municipio de Norcasia - Caldas</b>	Construcción de las obras necesarias para la recuperación en MAPIA de la vía ubicada en Cra 4 calles 8 a 11.	2001
<b>Alcaldía Municipal La Dorada</b>	Asfalto natural para reparacheo plaza de mercado y plazoleta Santander.	2001
<b>Alcaldía Municipal Puerto Boyacá - Boyacá</b>	Mejoramiento de vías urbanas del municipio Puerto Boyacá.	2002
<b>Alcaldía Municipal Chinchiná - Caldas</b>	Protección superficial en la Urbanización Horizonte de municipio de Chinchiná	2003
<b>Unión temporal vías Colombia</b>	Mantenimiento de la carretera Honda Río Ermitaño	2003
<b>Alcaldía La Dorada – Caldas</b>	Rehabilitación de la central de abastos calle 21 entre cra. 1 y 2 del Municipio de la Dorada.	2004
<b>ISAGEN</b>	Adecuación de la vía que conduce a la base militar subestación Miel.	2005
<b>Consorcio Manso Amani</b>	Asfalto natural para pavimentación y repavimentación de calles y carreteras	2012
<b>Mansarovar Energy Colombia LTDA</b>	Suministro y aplicación de carpeta de rodadura en frío con MAPIA en tramos vía Campo Velásquez y Asociación Nare	2012 - 2013

*Fuente: Utilización de asfalto natural en la Construcción de pavimentos en Colombia. Una recopilación bibliográfica (2018)*

En la figura 1 se evidencia un laboratorio de resistencia en suelos con el ensayo de CBR donde se muestran cambios entre la subbase granular SBG y la subbase granular estabilizada con asfalto natural SBMAN.

**Figura 1.**

Prueba (Light Weight Deflectometer) LWD Base estabilizada con mezcla asfáltica natural BEMAN. Vía Puente Hierro – Norcasia. Soporte Mezcla densa en caliente.



Fuente: Base – Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural como soporte de mezcla densa en caliente y placa huella (2019)

En la Tabla 2 se evidencia que en la SBG promedio alcanza valores del 30% en el parámetro de la resistencia con el ensayo CBR y en el caso de la SBMAN se obtiene valores superiores de resistencia con un porcentaje hasta el 75% de CBR.

**Tabla 2.**

Datos obtenidos

ENSAYOS	UNIDAD	TIPO DE MATERIAL	
		SBG	SBMAN
Compresión simple	kg/cm <sup>2</sup>	1,5	5,6
CBR	%	30	74
Coefficiente estructural a3	-	0,11	0,20

Fuente: Base – Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural como soporte de mezcla densa en caliente y placa huella (2019)

## 6. CONCLUSIONES

Ahora que hemos visto lo anterior, se estima que debido a las altas emisiones de gases (Arecibia, 2013) GHG (Green House Gases) entre otros, que genera un asfalto producido en refinería se logre implementar la MAPIA como alternativa, esperando se reduzca la emisión de GHG. Además de ello, lograr conocer el comportamiento de la MAPIA a partir de la

caracterización con FEM en mezclas WMA y HWMA para lograr implementar avances que proporcionen la utilización de estas en vías secundarias y terciarias, para mejorar el comportamiento de la vía según los componentes encontrados. Con la poca información que se tiene se ha podido conocer que es de gran apoyo para la economía de infraestructura vial, ya que es de bajo costo y se obtiene con mayor facilidad.

## REFERENCIAS

- ATRIA Innovation (2020). Microscopía electrónica de barrido (SEM), ¿Para qué sirve? <https://www.atriainnovation.com/microscopia-electronica-de-barrido-sem-utilidades/>
- Batchellor, D. & Russell, P. (2014). SEM and AFM: complementary techniques for high resolution surface. [https://www.researchgate.net/profile/Dale-Batchelor/publication/237459648\\_SEM\\_and\\_AFM\\_Complementary\\_Techniques\\_for\\_High\\_Resolution\\_Surface\\_Investigations/links/00b7d52dedba748204000000/SEM-and-AFM-Complementary-Techniques-for-High-Resolution-Surface-Investigations.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dale-Batchelor/publication/237459648_SEM_and_AFM_Complementary_Techniques_for_High_Resolution_Surface_Investigations/links/00b7d52dedba748204000000/SEM-and-AFM-Complementary-Techniques-for-High-Resolution-Surface-Investigations.pdf)
- Biro, S., Gandhi, T., & Amirkhanian, S. (2009). Determination of zero shear viscosity of warm asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 23(5), 2080–2086. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.08.015>
- Colombiana de Asfaltos. (s.f.). *Colombianadeasfaltos.com*. <https://colombianadeasfaltos.com/mapia/>
- Colombiana de asfaltos. (2019). Base – Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural como soporte de mezcla densa en caliente y placa huella. <https://colombianadeasfaltos.com/>
- Dazzi, A. & Prater, C. B. (2016, 13 diciembre). AFM-IR: Technology and Applications in Nanoscale Infrared Spectroscopy and Chemical Imaging. *Chemical Reviews*, 117(7), 5146-5173. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00448>
- Dubravský, M., & Mandula, J. (2015). Modified asphalt binder with natural zeolite for warm mix asphalt. *Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering*, 10(2), 61–68. <https://doi.org/10.2478/sspice-2015-0018>
- EPM. (2018). *Norma de construcción Pavimentos Asfáltico*. EPM. [https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores\\_y\\_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/NC\\_MN\\_OC05\\_04\\_Pavimento\\_asfaltico\\_compressed.pdf?ver=tirV5QjM1g8CP\\_CM96-zlrg%3D%3D#:~:text=NT1%3A%20Nivel%20de%20tr%C3%A1nsito%20uno,en%20el%20carril%20de%20dise%C3%B1o](https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/NC_MN_OC05_04_Pavimento_asfaltico_compressed.pdf?ver=tirV5QjM1g8CP_CM96-zlrg%3D%3D#:~:text=NT1%3A%20Nivel%20de%20tr%C3%A1nsito%20uno,en%20el%20carril%20de%20dise%C3%B1o)
- García, A. y Kikut Cruz, K. (2020). Microscopía de fuerza atómica como herramienta en la investigación de asfaltos. *Infraestructura vial*, 22(40), 20–27. <https://doi.org/10.15517/iv.v22i40.42057>
- Gómez Galván, M. (2018). Vista de Pavimentación con asfalto natural “MAPIA”. Estudio de caso: Proyecto mejoramiento de la vía El Diviso – Torcoroma del municipio de San Martín, Cesar. *Revista Ingenio*, 16(1). <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2334/2904>
- Gómez-Galván, M., Gallardo-Amaya, R., & Macgregor-Torrado, A. A. (2019). Pavimentación con asfalto natural “MAPIA”. Estudio de caso: Proyecto mejoramiento de la vía El Diviso – Torcoroma del municipio de San Martín, Cesar. *Revista Ingenio*, 16(1), 10–15. <https://doi.org/10.22463/2011642x.2334>
- Kök, B. V., Yılmaz, M., Turgut, P., & Kuloğlu, N. (2012). Evaluation of the mechanical properties of natural asphalt-modified hot mixture. *International Journal of Materials Research (Zeitschrift Für Metallkunde)*, 103(4), 506–512. <https://doi.org/10.3139/146.110654>
- Leiva, P., Loría, L.G. y Navas, A. (2011). Comparación entre modelación de respuestas de pavimentos flexibles coanálisis de multicapa elástica, y elemento finito. XVI CILA

- Congreso Iberoamericano de Asfalto [ponencia]. [https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/716/IBP2212\\_11.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/716/IBP2212_11.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Li, T., Jin, Q., Jiang, P., Sun, H., Ding, Y., Yan, Z., & Shi, N. (2022). Performance optimization of modified gussasphalt binder prepared using natural asphalt. *Frontiers in materials*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.840380>
- Moran, M. (2015, enero 7). *Infraestructura. Desarrollo Sostenible.* <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- NanoAndMore. (s. f.). *What is AFM? Learn about Atomic Force Microscopy!* [https://www.nanoandmore.com/what-is-atomic-force-microscopy?gclid=CjwKCAjwp9qZBhBkEiwAsYFsbxMDO7LuU-QLmbL3DqTlhZNZBrito37D0QhHwp5sQUWdkCdTSSglPxoCh04QAvD\\_BwE](https://www.nanoandmore.com/what-is-atomic-force-microscopy?gclid=CjwKCAjwp9qZBhBkEiwAsYFsbxMDO7LuU-QLmbL3DqTlhZNZBrito37D0QhHwp5sQUWdkCdTSSglPxoCh04QAvD_BwE)
- Núñez Hernández, J., Salguero Velásquez, L. A. y Vera Chila, F. E. (2019). Asfalto natural alternativa de rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial del Alto Magdalena Colombia ? Revisión Sistemática. *Centro Sur*, 4(1). <http://portal.amelica.org/ameli/journal/384/3841574005/html/>
- Sanabria Torres, A. E., Arenas-Ariza, M.C., Acevedo-Pérez, J.V (2021). Vista de Estudio de la Asfaltita y aplicaciones en mezclas asfálticas tibias y semitibias. *Avances Investigación en Ingeniería*, 18(2). <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/7068/6988>
- Sanchez, Y. (2018). Utilización de asfalto natural en la construcción de pavimentos en Colombia: una recopilación bibliográfica. [Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada], repositorio institucional. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17358/SanchezTorresYizethDayana2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Santos Montero, D. A., & Luna Navarro, R. A. (2015). *Asfaltos naturales: La “Mapia” y “Asfaltita” alternativas de construcción en obras de infraestructura vial en el contrato ruta del sol tramo 1.* [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio institucional. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/2067>
- Sukhija, M., & Saboo, N. (2021). A comprehensive review of warm mix asphalt mixtures- laboratory to field. *Construction and Building Materials*, 274(121781), <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121781>
- Uribe, M. (2014, abril 23). Mapia: una optimización vial con técnica ecológico-económica. *Revista Semana*. <https://www.semana.com/mapia-una-optimizacion-vial-con-tecnica-ecologico-economica/384531-3/>
- Widyatmoko, I. (2016). Sustainability of bituminous materials. En J. M. Khatib (Ed.), *Sustainability of Construction Materials* (pp. 343–370). Elsevier.

<sup>i</sup> Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2022 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2022 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.