



GEMELO DIGITAL COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE

Instituto Universitario de la Paz

ISBN en línea: 978-628-7858-11-4

GEMELO DIGITAL COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE

Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ

Editorial: Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ

Representante legal: Oscar Orlando Porras Atencia

ISBN en línea: 978-628-7858-11-4

Autores: William Gonzalo Rojas Durán, Sergio Antonio Rodríguez Arrieta, Efrain Yesidt Carvajal Carvajal, Eduard Orozco Pérez, Luz Dary Yepez Lobo, Sandra Milena Cuadros Ballesteros, Ana Rosa Ávila Rodríguez y Edwin Alexander Villa Plazas, Docentes UNIPAZ.

Dirección: Centro de Investigaciones Santa Lucía, km 14 vía Bucaramanga, Vereda el Zarzal. Barrancabermeja, Santander Colombia.

Teléfonos: 057 - 6032701.

Portal Institucional: www.unipaz.edu.co

Julio de 2026.

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio sin autorización de los autores.

Tabla de Contenido

¿Qué es un Gemelo Digital?	04
Gemelos digitales en ecosistemas	05
Gemelo digital como estrategia de aprendizaje	06
Gemelo digital utilizando cámaras 3D	07
Planificación de la estrategia	08
Captura de datos	08
Procesamiento de los datos	12
Post procesamiento de datos	13
Experiencia inmersiva	14
Impacto Social	15
Conclusiones	17
Referencias	18



¿Qué es un gemelo digital?

Los gemelos digitales son una representación virtual precisa y dinámica de un objeto, sistema o entorno físico, que permite la simulación, monitoreo y análisis en tiempo real (Grieves y Vickers, 2017). La National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2012) los considera una hoja de ruta tecnológica clave para la gestión de sistemas complejos. La Figura 1 representa el entorno digital de aprendizaje al Sendero bosque primario adyacente a cultivo de caucho del Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ en el cual se realizó esta inmersión. Para interactuar en este espacio y vivir una experiencia virtual, visite el siguiente enlace: <https://tour.panoee.net/ias-gemelo-digital>

Figura 1. Entorno digital de aprendizaje.

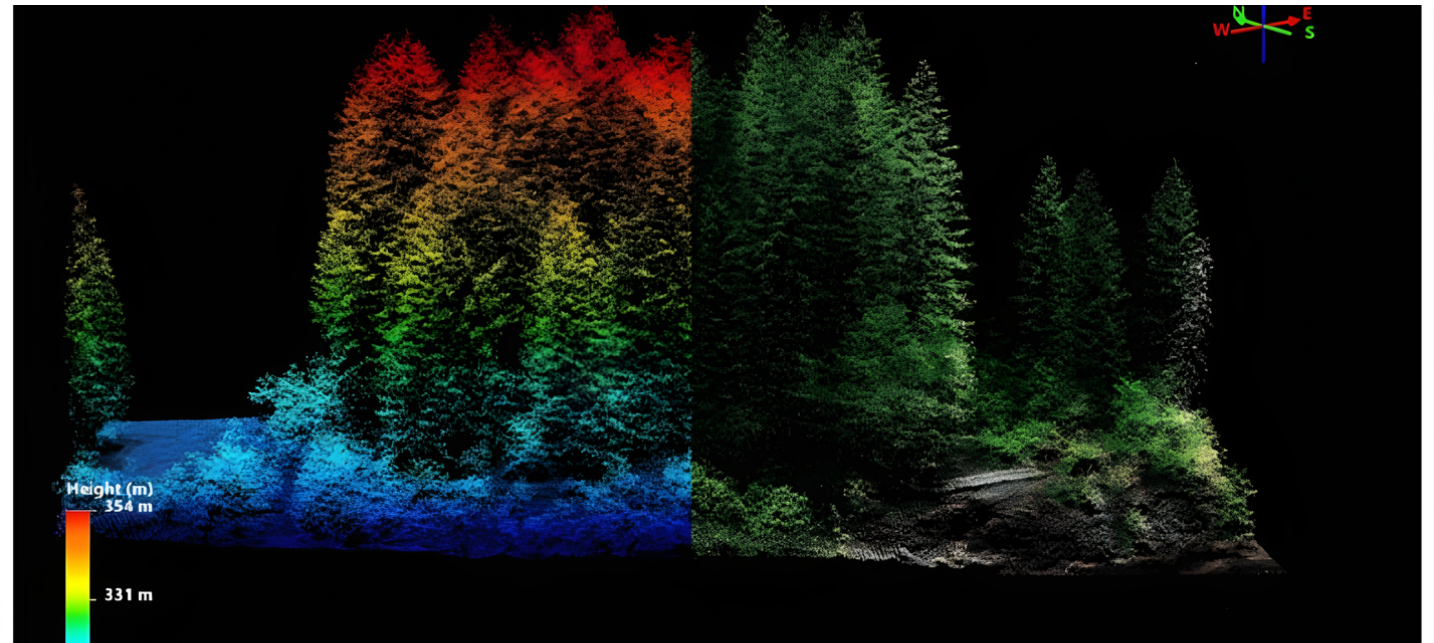


Nota. Elaboración propia a partir del Software Matterport.

Gemelos digitales en ecosistemas

El uso de nuevas herramientas digitales han transformado la educación ambiental, ampliando las posibilidades pedagógicas para representar, analizar y gestionar ecosistemas de manera eficiente e interactiva. En este contexto, los gemelos digitales se han posicionado como una innovación tecnológica clave, al construir representaciones virtuales dinámicas de sistemas físicos que integran datos en tiempo real, modelos predictivos y herramientas de simulación para el seguimiento ambiental (Liu et al., 2024). Estas tecnologías permiten no solo la observación remota de los ecosistemas, sino también la evaluación de escenarios de cambio y la toma de decisiones informadas en procesos de gestión ambiental sostenible (Zhou et al., 2023). La Figura 2 muestra el programa de entrenamiento en teledetección aplicada de la NASA.

Figura 2. Applied Remote Sensing Training Program, NASA.



Nota. Elaborado por la NASA

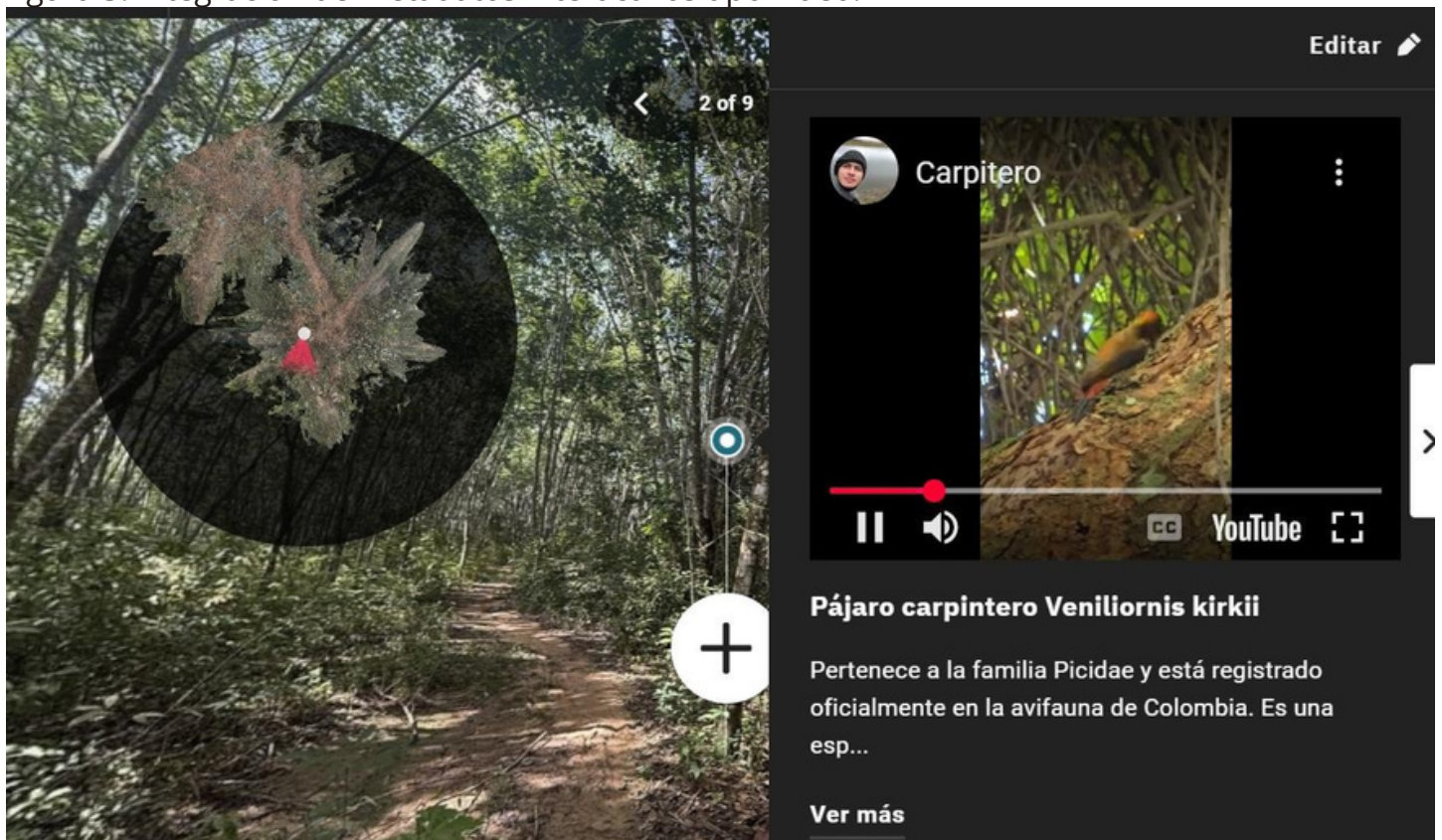
Gemelo digital como estrategia de aprendizaje

El gemelo digital desarrollado en este proyecto se llevó a cabo en un relicto boscoso ubicado en el Centro de Investigaciones Santa Lucía de UNIPAZ. Su propósito fue caracterizar zonas de difícil acceso dentro del ecosistema y transformarlas en un recurso digital interactivo. Este enfoque permite utilizar estos espacios como una estrategia de aprendizaje innovadora, facilitando su exploración, análisis y comprensión sin las limitaciones propias del terreno.

Gemelo digital utilizando cámaras 3D

El uso de cámaras 3D con sensores RGB juega un papel importante en la realización de este proyecto. Estas cámaras realizan escaneos de 360° alrededor de su eje, utilizando sensores ubicados a ángulos de -15° , 0° y 15° para capturar la escena desde diferentes perspectivas. Por su parte, las cámaras equipadas con sensores LiDAR pueden alcanzar coberturas de hasta 360° en el plano horizontal y 295° en el plano vertical, ofreciendo una reconstrucción espacial más amplia y precisa. La Figura 3 muestra el entorno virtual, incorporando hipervínculos, etiquetas y capas informativas sobre especies vegetales, tipos de cobertura y especies de fauna.

Figura 3. Integración de metadatos interactivos tipo video.



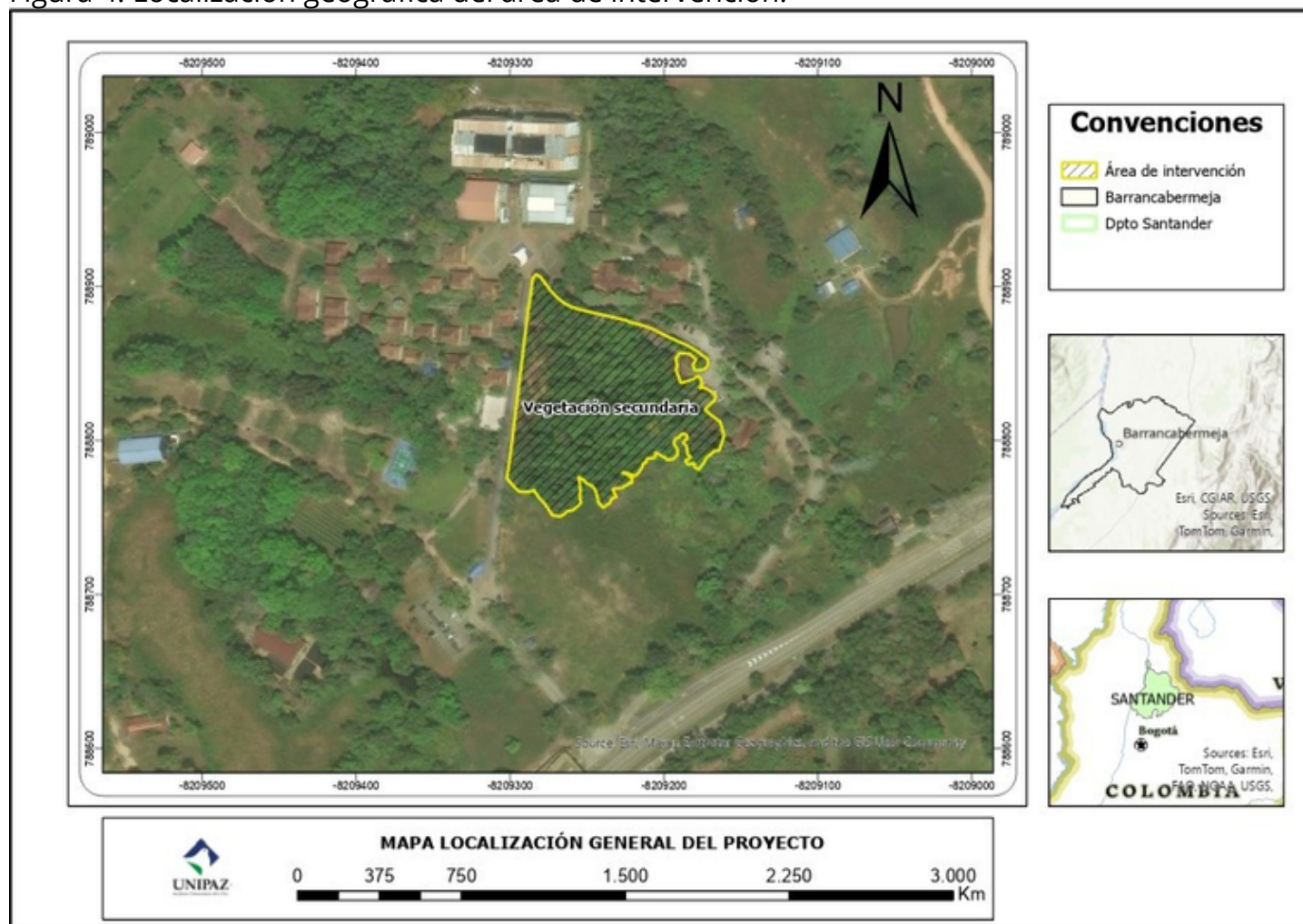
Planificación de la estrategia

En la estrategia se seleccionaron los dispositivos necesarios para el levantamiento fotográfico, cámaras 3D, GPS y drones. La identificación del área de interés permitió determinar la zona a escanear y se definió la cámara 3D para el respectivo escaneo. Finalmente, se diseñó el plan de captura, estableciendo la ruta de escaneo y los parámetros técnicos requeridos, como la resolución y el número de puntos de captura.

Captura de datos

La captura de datos se realizó mediante escaneos en múltiples puntos alrededor del área de interés, ubicado en el relicto boscoso del Centro de Investigaciones Santa Lucía, en jurisdicción del Distrito Especial de Barrancabermeja (Santander), en el km 14 de la vereda El Zarzal, sobre la Ruta del Cacao que comunica Barrancabermeja con Bucaramanga. El proceso se llevó a cabo en las coordenadas $7,0681304^{\circ}$ N y $73,7448671^{\circ}$ W mediante el Software ArcGIS Pro como se ilustra en la Figura 4., Esri. (2024). ArcGIS Pro (versión 3.2) [Software de escritorio].

Figura 4. Localización geográfica del área de intervención.



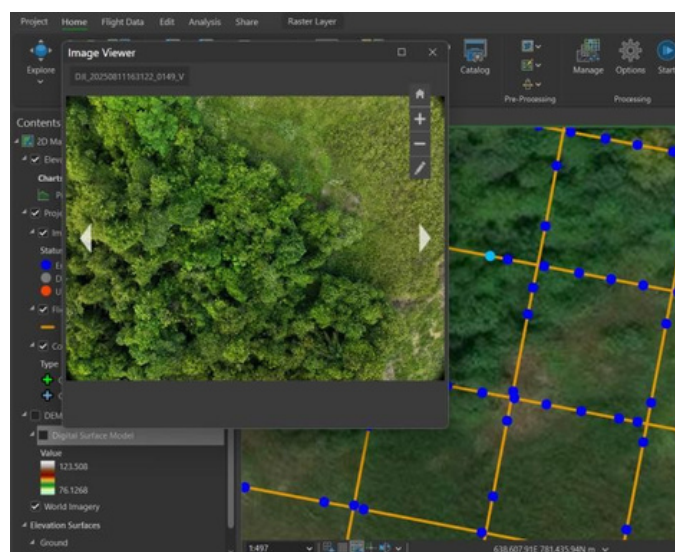
Nota. Elaboración propia a partir del Software ArcGIS Pro.

En el proceso de recolección de información espacial, se logró definir y georreferenciar con precisión el área de estudio correspondiente a los ecosistemas forestales de la UNIPAZ. Mediante el uso de sensores LiDAR y cámaras 3D acopladas a vehículos aéreos no tripulados (UAVs), se obtuvieron escaneos aéreos y terrestres de alta resolución, generando una base de datos espacial tridimensional con un nivel de detalle adecuado para el estudio como se observa en la Figura 5.

La recolección permitió capturar la morfología del terreno, la estructura vertical y la distribución espacial de los elementos naturales, conformando una nube de puntos densa y precisa, fundamental para la etapa posterior del modelamiento digital en el Software ArcGIS Drone2map

El levantamiento de imágenes tridimensionales (3D) a lo largo del área de estudio, se realizó con el propósito de recolectar los insumos necesarios para la construcción del gemelo digital del ecosistema.

Figura 5. Procesamiento de imágenes de vuelo drone.

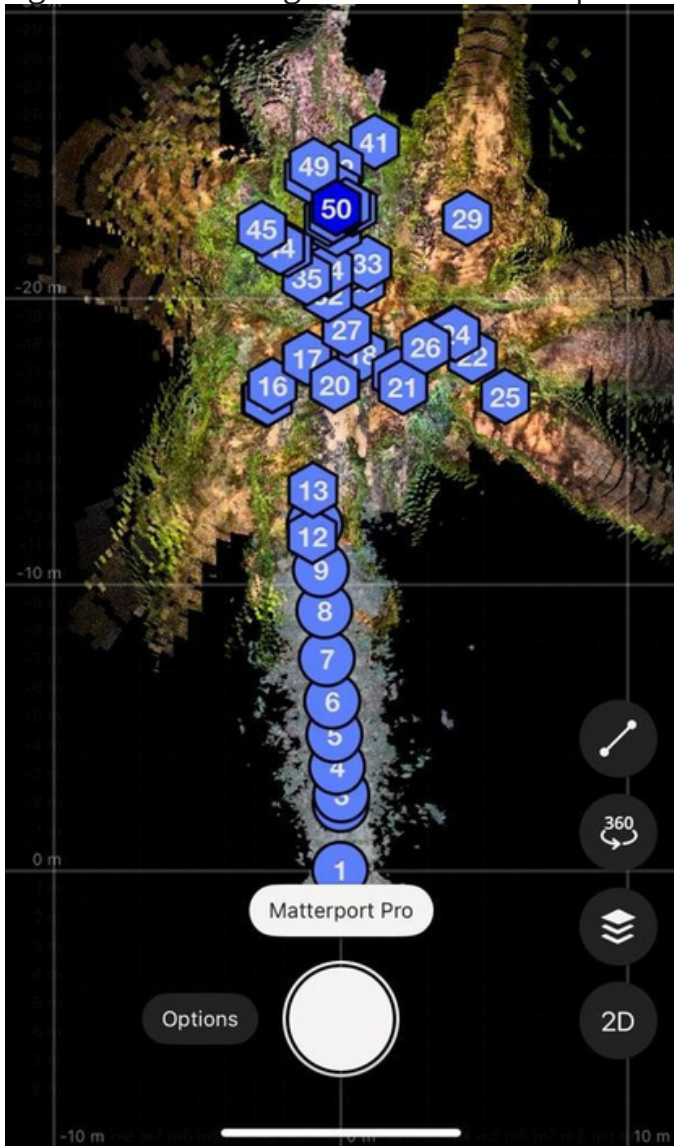


Nota. Elaboración propia a partir del Software ArcGisDrone2Map.

En total, se realizaron 50 registros espaciales con espaciamiento promedio entre 1 y 2 metros de distancia, determinado según las condiciones del entorno, por ejemplo; la luminosidad, la morfología del terreno y la densidad de la vegetación presente en el área.

La Figura 6, constituye la base de los registros de continuidad visual y espaciales obtenidos para la geometría del modelo digital, etapa del procesamiento y optimizando la calidad del modelamiento en el escaneo y reduciendo posibles vacíos en la nube de puntos generada. Por otro lado, se realizó el proceso de caracterización de flora y fauna, recolectando información biológica correspondiente a las especies más representativas presentes en el área mencionada anteriormente. Esta información recolectada permitió identificar las especies con mayor valor ecológico y representación estructural, insumo fundamental para la construcción del gemelo digital y para la integración de contenidos educativos y ecológicos dentro del entorno interactivo. Para más detalles sobre el proceso de caracterización ver (Orozco, P. & Gallardo, N, 2025).

Figura 6. Puntos registrados en Matterport.



Nota. Elaboración propia a partir del Software Matterport.

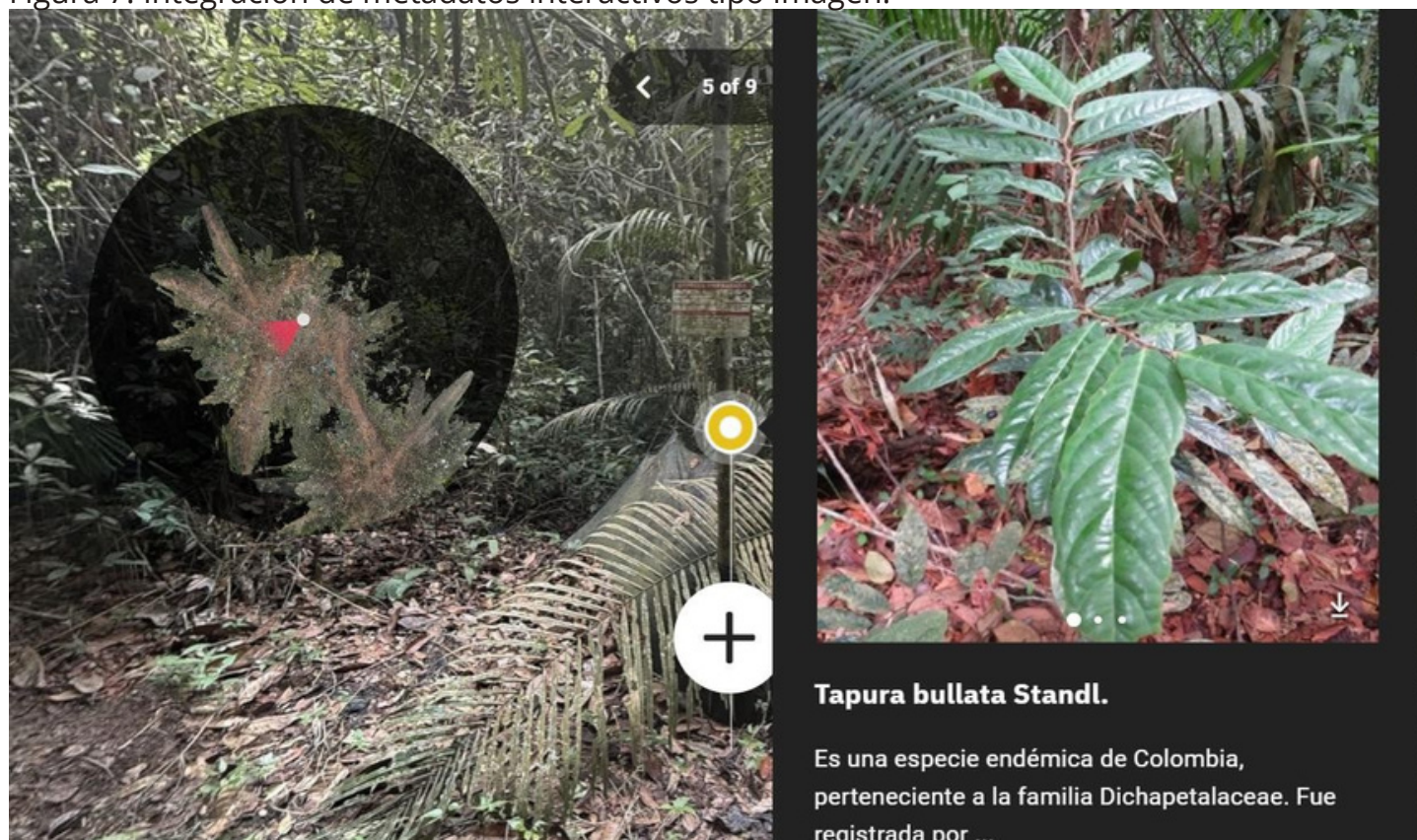
Procesamiento de los datos

El procesamiento de los datos inició con la organización, depuración y transformación de los datos espaciales capturados en campo, con el propósito de generar una representación digital precisa del ecosistema forestal. El procesamiento de la información permitió estructurar y consolidar la base digital mediante la conversión de escaneados en nubes de puntos tridimensionales, ensamble y alineación espacial de los escaneos aéreos y terrestres y la generación de Modelos Digitales de Superficie y de terreno.

Post procesamiento de datos

El postprocesamiento incluyó la caracterización de los elementos presentes en el modelo, asignando identificaciones y descripciones a los objetos y áreas de interés para facilitar su reconocimiento.

Figura 7. Integración de metadatos interactivos tipo imagen.



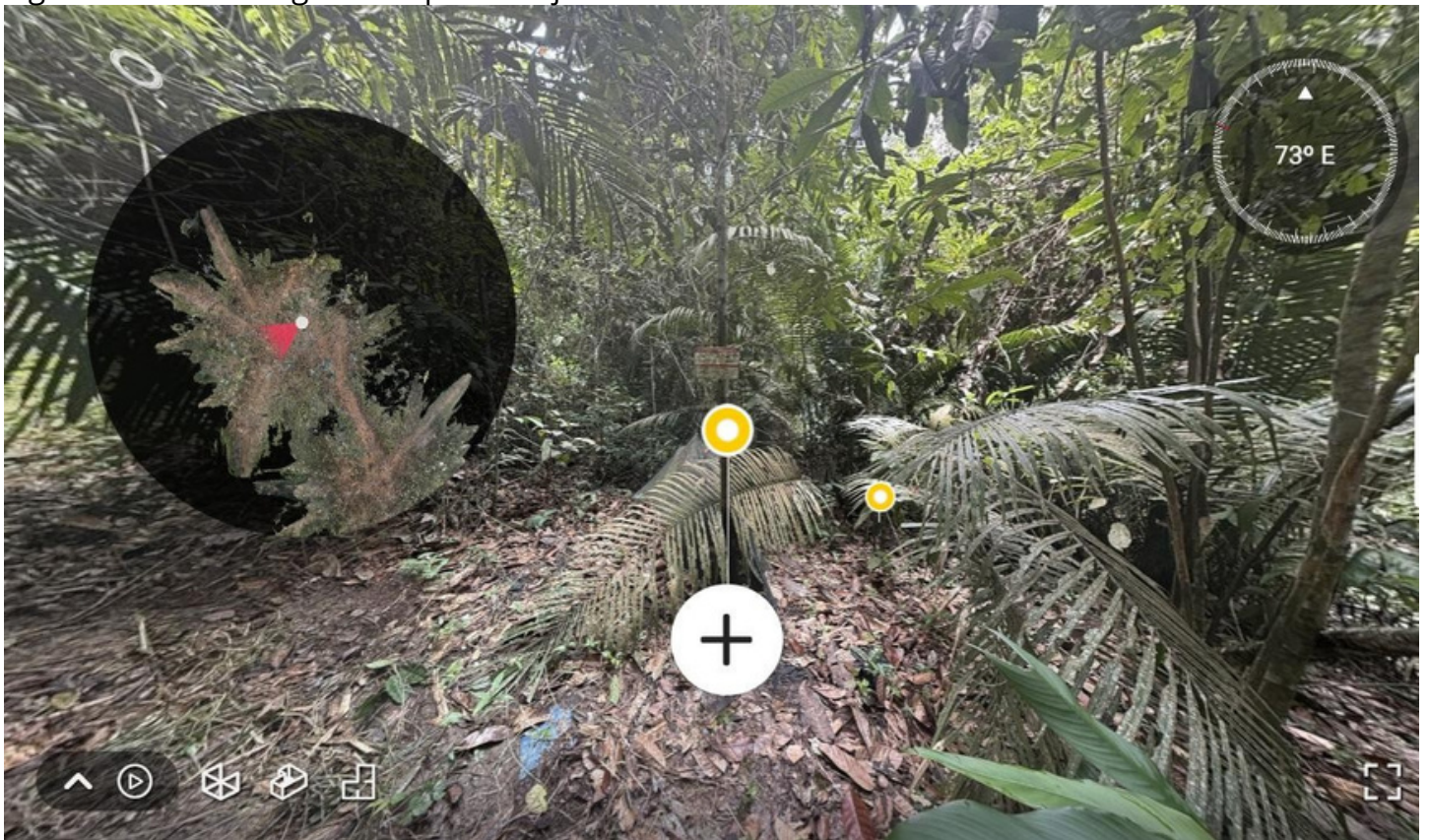
Nota. Elaboración propia.

Adicionalmente, se integraron los metadatos interactivos en el entorno virtual, incorporando hipervínculos, etiquetas y capas informativas sobre especies vegetales, tipos de cobertura y especies de fauna, como puede ser observado en la Figura 7.

Experiencia inmersiva

Este espacio digital fue diseñado como una herramienta pedagógica y dinámica, la cual integra componentes tecnológicos, ambientales y educativos, para lugares de difícil acceso y orientados al fortalecimiento de las competencias en innovación, gestión ambiental y sostenibilidad. La Figura 8 describe el entorno digital de aprendizaje de la estrategia creada. Asimismo, se puede acceder al [link](#) citado anteriormente para realizar un recorrido virtual inmersivo y vivir esta experiencia.

Figura 8. Entorno digital de aprendizaje.

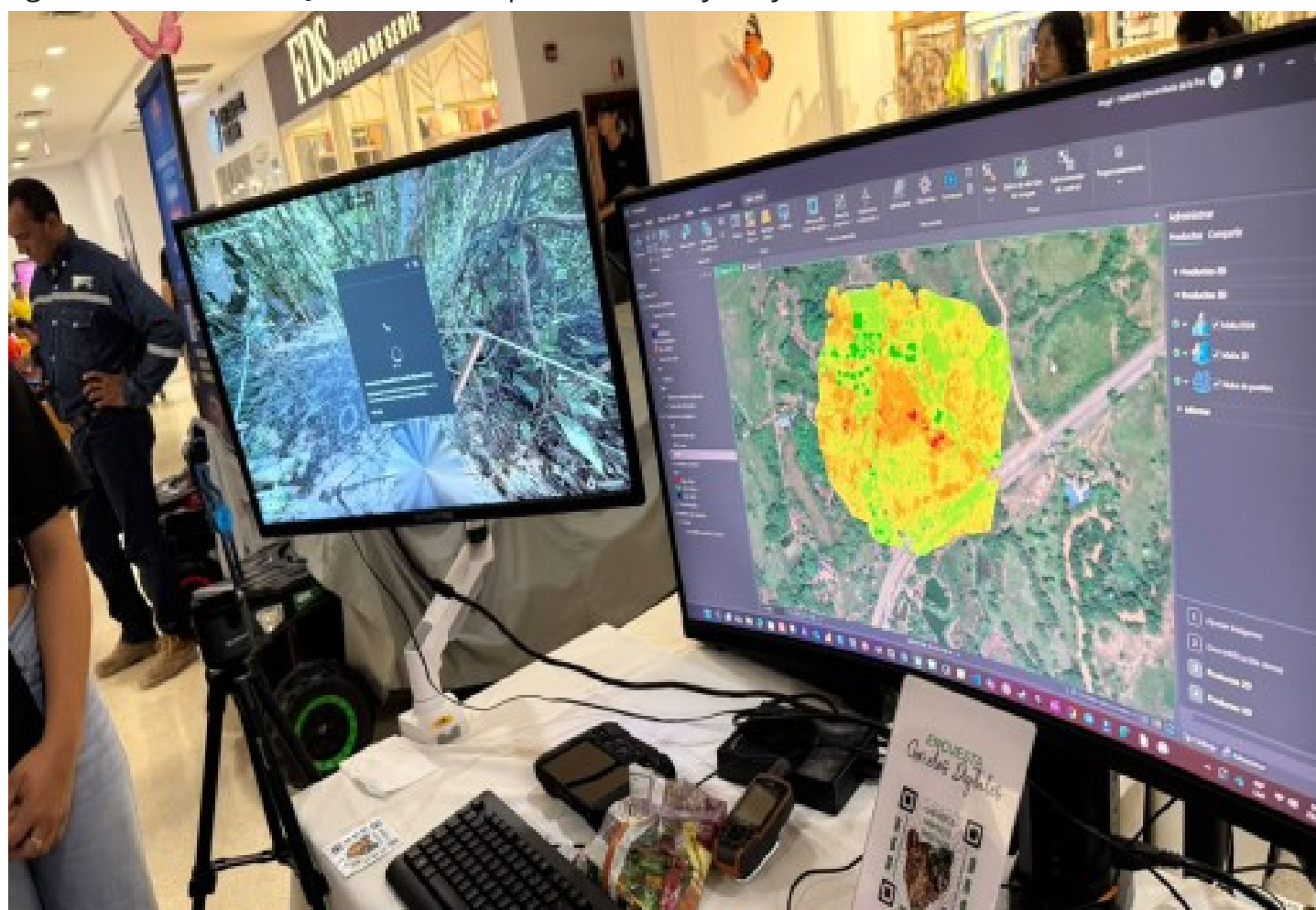


Nota. Elaboración propia.

Impacto Social

En el marco de las actividades de la XII Jornada de Emprendimiento y Proyección Social organizada por el Instituto Universitario de la Paz en octubre de 2025, se llevó a cabo la promoción y divulgación del entorno digital de aprendizaje desarrollado a partir del gemelo digital del ecosistema mencionado. Las Figuras 9, 10 y 11, muestra las diferentes herramientas utilizadas durante las actividades

Figura 9. Socialización Jornada de Emprendimiento y Proyección Social.



Nota. Elaboración propia.

Estas jornadas constituyen espacios académicos orientados a fortalecer la apropiación del conocimiento ambiental y la sensibilización hacia la sostenibilidad a través de la experimentación directa con herramientas tecnológicas emergentes.

Figura 10. Interacción con gafas virtuales.



Nota. Elaboración propia.

Durante las actividades, se realizaron demostraciones interactivas del recorrido virtual, permitiendo a estudiantes, docentes y visitantes explorar los componentes del ecosistema mediante gafas de realidad virtual.

Figura 11. Socialización con los participantes de la jornada.



Nota. Elaboración propia.

La participación activa de los asistentes evidenció un alto nivel de interés y aceptación, consolidando el gemelo digital como una estrategia de aprendizaje transversal y de apoyo a la formación ambiental. Los resultados de las encuestas realizadas pueden ser consultadas en (Alvarino, G & Pumarejo, N. 2025).

Conclusiones

El desarrollo del gemelo digital en el relicto boscoso del Centro de Investigaciones Santa Lucía demuestra el potencial de esta tecnología como herramienta innovadora para la caracterización, exploración y aprendizaje en ecosistemas de difícil acceso. La integración de cámaras 3D, drones, GPS y plataformas especializadas como Matterport permitió obtener una representación precisa y dinámica del entorno, facilitando su análisis sin las limitaciones del terreno. Asimismo, la interacción de los usuarios con el modelo digital evidenció su valor pedagógico, al promover experiencias inmersivas que fortalecen la comprensión del espacio y sus elementos.

En conjunto, este proyecto resalta el papel de los gemelos digitales como una estrategia educativa y tecnológica que contribuye al estudio, la conservación y la apropiación del conocimiento ambiental.

Referencias

Alvarino, G & Pumarejo, C. (2025). Diseño de gemelo digital como estrategia de aprendizaje en una cobertura de vegetación secundaria en el Instituto Universitario de la Paz [Trabajo de grado, Especialización en Gestión Ambiental]. Instituto Universitario de la Paz.

Esri. (2024). ArcGIS Pro (versión 3.2) [Software SIG]. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. Disponible en: <https://www.esri.com>

Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. En K.-J. Kahlen, S. Flumerfelt & A. Alves (Eds.), Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems (pp. 85–113). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4

Liu, X., Zhang, Y Zhao, F. Digital twins for environmental management: a systematic review of frameworks and applications. Journal of Cleaner Production, vol. 442, 2024, 141295.

Matterport INC. (2023). Matterport Platform Overview: 3D Digital Twins for Industry and Education. <https://matterport.com>

NASA. (2012). NASA Digital Twin: A Technology Roadmap. Washington: NASA Technical Reports.

Orozco, P. & Gallardo N, J. (2025). Diseño de un entorno digital de aprendizaje interactivo basado en gemelos digitales de ecosistemas forestales del Instituto Universitario de la Paz [Trabajo de grado, Especialización en Gestión Ambiental]. Instituto Universitario de la Paz.

Zhou, J.; Chen, D.; Wang, Q. Digital twin-based environmental management for sustainability transitions. *Environmental Modelling & Software*, vol. 167, 2023, 105688.