



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

Trabajo de Grado

ESTRATEGIAS DE GEOCONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA FORMACIÓN VARGAS PEÑA DEL GRUPO ITACURUBÍ, EN EL DISTRITO DE ITAUGUÁ, DEPARTAMENTO CENTRAL, PARAGUAY, AÑO 2025

CARLOS ANTONIO ESPÍNOLA RUÍZ

**Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y
Naturales, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para
aprobar la asignatura.**

SAN LORENZO - PARAGUAY

JUNIO – 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

Trabajo de Grado

ESTRATEGIAS DE GEOCONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA FORMACIÓN VARGAS PEÑA DEL GRUPO ITACURUBÍ, EN EL DISTRITO DE ITAUGUÁ, DEPARTAMENTO CENTRAL, PARAGUAY, AÑO 2025

CARLOS ANTONIO ESPÍNOLA RUÍZ

Orientador: Prof. MSc. NÉSTOR DAMIAN SALINAS FRANCO

**Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y
Naturales, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la
aprobación de la asignatura**

SAN LORENZO - PARAGUAY

JUNIO – 2025

**ESTRATEGIAS DE GEOCONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO
GEOLÓGICO DE LA FORMACIÓN VARGAS PEÑA DEL GRUPO
ITACURUBÍ, EN EL DISTRITO DE ITAUGUÁ, DEPARTAMENTO
CENTRAL, PARAGUAY, AÑO 2025**

Autor: CARLOS ANTONIO ESPÍNOLARUÍZ

Profesora: PROF. MSC. SONIA MABEL MOLINAS RUÍZ DÍAZ

Orientador: PROF. MSC. NÉSTOR DAMIAN SALINAS FRANCO

Co-Orientador: LIC. ALCIDES MAXIMILIANO CABALLERO

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para aprobar la asignatura.

Aprobado en fecha 30 de junio de 2025.

MESA EXAMINADORA DE TRABAJO DE GRADO

MIEMBROS:

Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín

Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Prof. MSc. Narciso Cubas Villalba

Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

Prof. MSc. Sonia Mabel Molinas Ruíz Díaz

Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

DEDICATORIA

A mis padres, Evaristo Espínola Villalba y a María Elida Ruíz Martínez.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser la fuente inagotable de fortaleza, inspiración y sabiduría en mi vida. En los momentos de incertidumbre y dificultad, su presencia me dio la paz necesaria para continuar con determinación este camino. A la Virgen María, cuya protección maternal y guía espiritual han sido un refugio constante, sosteniéndome con fe en cada paso de este proceso.

A mi amada abuela Lucía Martínez, por ser una figura entrañable de amor, sabiduría y temple. Su experiencia de vida, marcada por la sencillez, la humildad y la resiliencia, ha sido para mí un ejemplo silencioso pero poderoso que me motivó a seguir adelante, incluso cuando parecía difícil. Su vejez no es solo una fuente de respeto, sino también de inspiración, recordándome el valor de la constancia y el sacrificio con dignidad.

A mis padres, Evaristo Espínola Villalba y María Elida Ruíz Martínez, por haberme inculcado desde temprana edad los valores que hoy rigen mi vida: el esfuerzo, la honestidad, la responsabilidad y el amor por el conocimiento. Su apoyo incondicional, tanto emocional como material, ha sido el pilar que sostuvo cada uno de mis logros. Gracias por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba.

A mis hermanos y hermanas, por su compañía sincera, sus palabras de aliento, sus gestos de apoyo y su cariño constante. Cada uno de ellos, desde su lugar, aportó una fuerza silenciosa pero fundamental para que este proyecto llegara a su fin. Su afecto y comprensión fueron una fuente de equilibrio en medio de las exigencias académicas.

A la Lic. Clara Velázquez, no solo por su papel fundamental en mi vida académica, sino también por su entrañable amistad, que ha sido un refugio constante en los momentos de incertidumbre. Desde el inicio, fue ella quien me impulsó a elegir la carrera de Geología, creyendo en mi potencial incluso antes de que yo mismo lo hiciera. Su apoyo incondicional, sus consejos sinceros y su guía constante a lo largo de toda la carrera fueron una luz que me orientó en cada

decisión importante. Más allá del rol académico, su presencia cercana, siempre alentadora y solidaria, me dio fuerzas para seguir adelante cuando el camino se volvía difícil. Cada paso que di estuvo acompañado por su palabra oportuna, convirtiéndose en una influencia profunda y esencial que marcó mi formación con humanidad, sabiduría y afecto

A la Lic. Neida Velázquez, profesional en el área de Estadística, por su valiosa ayuda y apoyo permanente en la validación del instrumento de recolección de datos aplicado en este trabajo de grado, así como en los análisis estadísticos que sustentan los resultados obtenidos. Su compromiso, dedicación y generosidad al compartir sus conocimientos contribuyeron significativamente al rigor metodológico de esta investigación, permitiéndome alcanzar un nivel de mayor precisión y fiabilidad en los resultados.

Al Prof. MSc. Néstor Salinas, por su invaluable orientación como tutor principal de este trabajo de grado. Su acompañamiento cercano, asesoramiento técnico y académico, así como su compromiso constante con el desarrollo de esta investigación, fueron fundamentales en cada una de sus etapas. Agradezco profundamente su disposición para guiarme con claridad y paciencia, aportando no solo conocimientos científicos, sino también motivación y confianza para afrontar los desafíos propios del proceso investigativo. Su apoyo fue clave para la correcta estructuración metodológica del trabajo y para alcanzar los objetivos propuestos, contribuyendo significativamente a la calidad y solidez del presente estudio.

Al Lic. Alcides Caballero, por su valiosa participación como co-orientador de esta investigación y por su generosidad al compartir sus conocimientos técnicos. Gracias a su compromiso y asistencia en la elaboración de las impresiones 3D, fue posible fortalecer una estrategia clave para la sensibilización y valorización del patrimonio geológico abordado en este estudio. Asimismo, agradezco profundamente su apoyo y orientación en la preparación de los mapas geológicos incluidos en este trabajo, los cuales fueron fundamentales para una representación clara y precisa del contexto geológico investigado.

Expreso mi sincero agradecimiento a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, por brindar el respaldo institucional necesario para el desarrollo de esta investigación. Su compromiso con la formación académica y científica ha sido fundamental para el logro de este objetivo.

Finalmente, agradezco a los docentes, compañeros y demás miembros de la Universidad Nacional de Asunción que, de distintas maneras, han contribuido con mi formación académica, profesional y personal a lo largo de esta etapa universitaria.

ESTRATEGIAS DE GEOCONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA FORMACIÓN VARGAS PEÑA DEL GRUPO ITACURUBÍ, EN EL DISTRITO DE ITAUGUÁ, DEPARTAMENTO CENTRAL, PARAGUAY, AÑO 2025

Autor: CARLOS ANTONIO ESPÍNOLA

RUÍZ

Orientador: PROF. MSC. NÉSTOR DAMIAN SALINAS FRANCO

Co-Orientador: LIC. ALCIDES MAXIMILIANO CABALLERO

Resumen

La Formación Vargas Peña, perteneciente al Grupo Itacurubí y ubicada en el distrito de Itauguá, Paraguay, constituye un geosito de relevancia científica y educativa por su contenido fósil del periodo Silúrico, como trilobites, braquiópodos, graptolitos y otros. Actualmente, enfrenta un deterioro acelerado por la extracción de arcilla y la falta de protección legal. Este trabajo propone estrategias de geoconservación mediante el análisis de fragilidad y vulnerabilidad, el uso de impresión 3D y actividades educativas. El análisis evidenció que la mayoría de los geopuntos presentan vulnerabilidad alta a muy alta, debido a factores como la cercanía a actividades antrópicas y el deterioro natural. Como herramienta didáctica, se incorporó la impresión 3D de fósiles con tecnologías accesibles, cuyas réplicas fueron utilizadas exitosamente en actividades escolares. Las acciones educativas se dirigieron a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty, la institución más cercana al área de estudio. Las encuestas aplicadas antes y después del taller revelaron mejoras notables en el conocimiento, percepción y disposición estudiantil hacia la conservación del patrimonio geológico. Se concluye que la integración de tecnología, educación ambiental y participación estudiantil es una estrategia efectiva para la gestión sostenible del patrimonio geológico en Paraguay.

Palabras clave: Patrimonio geológico; geoconservación; Formación Vargas Peña; fragilidad; impresión 3D; fósiles; percepción estudiantil.

GEOCONSERVATION STRATEGIES FOR THE GEOLOGICAL HERITAGE OF THE VARGAS PEÑA FORMATION OF THE ITACURUBÍ GROUP, IN THE DISTRICT OF ITAUGUÁ, CENTRAL DEPARTMENT, PARAGUAY, YEAR 2025

Author: CARLOS ANTONIO ESPÍNOLA RUÍZ

Advisor: PROF. MSC. NÉSTOR DAMIAN SALINAS FRANCO

Co-Advisor: LIC. ALCIDES MAXIMILIANO CABALLERO

Abstract

The Vargas Peña Formation, part of the Itacurubí Group and located in the district of Itauguá, Paraguay, constitutes a geosite of scientific and educational significance due to its fossil content from the Silurian period, including trilobites, brachiopods, graptolites, among others. Currently, it is undergoing accelerated deterioration due to clay extraction and the lack of legal protection. This study proposes geoconservation strategies through fragility and vulnerability analysis, the use of 3D printing, and educational activities. The analysis revealed that most geopoints exhibit high to very high vulnerability, mainly due to their proximity to anthropogenic activities and natural degradation. As a didactic tool, 3D printing of fossils was incorporated using accessible technologies, with the replicas successfully employed in school activities. Educational efforts were directed at ninth-grade students of Escuela Básica No. 1020 of Yvyraty, the institution closest to the study area. Surveys conducted before and after the awareness workshop showed significant improvements in student knowledge, perception, and willingness to engage in the conservation of geological heritage. It is concluded that the integration of technology, environmental education, and student participation is an effective strategy for the sustainable management of geological heritage in Paraguay.

Keywords: Geological heritage; geoconservation; Vargas Peña Formation; fragility; 3D printing; fossils; student perception.

INDICE

I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1.Objetivo General.....	3
1.3.2.Objetivos Específicos	4
1.4. Hipótesis	4
1.4.1.Hipótesis de investigación (Hi):	4
1.4.2.Hipótesis nula (Ho):.....	4
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Marco Legal.....	6
2.1.1.Constitución Nacional del Paraguay – Artículo 81.....	6
2.1.2.Ley N.º 5621/2016 “De Protección del Patrimonio Cultural”	7
2.1.3.Ley N.º 294/93 “De Evaluación de Impacto Ambiental”	7
2.1.4.Ordenanza Municipal N.º 041/2008 de Itauguá.....	7
2.1.5.Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Itauguá.	8
2.2. Marco Conceptual.....	8
2.2.1.Geodiversidad.	8
2.2.2.Geopatrimonio.	9
2.2.3.Geoconservación.	9
2.2.4.Geositio.....	9
2.2.5.Geopunto.	10
2.2.6.Geoparque.....	10
2.2.7.Inventario de Geositios.	10
2.3. Geología Regional.	11
2.4. Geología Local	12
2.4.1.Formación Vargas Peña.	14
2.4.2.Eventos Tectónicos y la Formación de la Cuenca del Paraná.....	15
2.4.3.Actividad de extracción en la cantera San Fernando.	15
2.4.4.Estrategia de técnica de impresiones de 3D.	16
2.4.4.1. Revisión de proyectos y estudios previos.	16
2.4.5. Estrategia de inventarios geológicos.....	18
2.4.5.1. Valor científico.....	18
2.4.5.2. Valor educativo	19

2.4.5.3. Valor turístico.....	19
2.4.5.4. Fragilidad y vulnerabilidad.....	20
2.4.5.5. Inventarios geológicos.....	20
2.5. Estrategia de Geoeducación y Divulgación.....	20
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo de investigación.....	22
3.2. Diseño de la investigación.....	22
3.3. Materiales y Métodos.....	23
3.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.3.1.1. Identificación de factores de fragilidad y vulnerabilidad, análisis documental de normativas aplicables.....	23
3.3.1.2. Instrumento de recolección de datos de fragilidad y vulnerabilidad.....	25
3.3.1.3. Criterios para la evaluación del riesgo de degradación del patrimonio geológico.....	26
3.3.2. Características del área de estudio.....	29
3.3.2.1. Ubicación y características generales.....	29
3.3.2.2. Características de la población encuestada.....	29
3.3.2.3. Infraestructura y servicios.....	29
3.3.2.4. Patrimonio geológico: Formación Vargas Peña.....	29
3.3.2.5. Justificación del sitio de estudio.....	30
3.3.2.6. Ubicación del área de estudio.....	30
3.3.2.7. Demografía.....	33
3.3.2.8. Situación socioeconómica.....	34
3.3.2.9. Clima y geografía.....	34
3.4. Población y muestra.....	34
3.4.1. Población de la muestra.....	34
3.5. Impresión en 3D de fósiles.....	35
3.5.1. Evaluación y verificación de modelos tridimensionales en geoconservación.....	36
3.6. Percepción de los estudiantes sobre la importancia de la conservación del patrimonio.....	37
3.6.1. Formulario de encuesta, para el antes y después de la realización del taller de sensibilización. Diseño y validación del instrumento de recolección de datos.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	39
4.1. Resultados.....	394
4.1.1. Identificación de factores de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá, deterioro conforme a Brilha (2016, 2022).....	39
4.1.2. Creación de modelos 3D de fósiles representativos.....	55

4.1.3. Organización del taller de sensibilización en la Escuela Básica N° 1020 Yvyraty de Itauguá.....	63
4.1.4. Desarrollo de material educativo para el taller.	65
4.1.5. Resultados de datos de las encuestas antes y después del taller de sensibilización.	67
4.2. Discusiones.....	103
4.2.1. Fragilidad y Vulnerabilidad por geopuntos.....	103
4.2.2. Impresión 3D como Estrategia Didáctica y de Conservación del Patrimonio Geológico.....	104
4.2.3. Interpretación y discusión de gráficos de percepción.	107
4.3. Aceptación o rechazo de la hipótesis	107
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
5.1. Conclusiones.....	114
5.2. Recomendaciones	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	123

INDICE DE FIGURAS

1 Actividad de extracción en la cantera San Fernando.....	16
2 Equipos utilizados en la estrategia de impresión 3D como herramienta de geoconservación.	18
3. Taller de sensibilización con alumnos del 9no grado Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty.....	21
4 Mapa de ubicación del área de estudio en el distrito de Itauguá, Departamento Central.	31
5 Geositio con localización de geopuntos y Cantera San Fernando.	33
6 Mapa de la fragilidad y vulnerabilidad geológica del geositio	55
7 Exposición sobre la protección del patrimonio geológico.	64
8 Distribución de respuestas al ítem A	69
9 Distribución comparativa de respuestas al ítem A2.	71
10 Distribución comparativa de respuestas al ítem A3	72
11 Distribución de respuestas al ítem A4.....	74
12 Frecuencia de respuestas al ítem B1	78
13 Frecuencia de respuestas al ítem B2	80
14 Frecuencia de respuestas al ítem B3	81
15 Frecuencia de respuestas al ítem B4	83
16 Frecuencia de respuestas al ítem B5	85
17 Participación estudiantil antes y después del taller sobre protección del patrimonio geológico	88
18 Participación estudiantil en charlas ambientales antes del taller y percepción de utilidad del taller después de la actividad	90
19 Interés estudiantil en colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles, antes y después del taller	92
20 Disposición estudiantil para compartir información sobre el patrimonio geológico en su comunidad, antes y después del taller	94
21 Comparación visual de frecuencias sobre el conocimiento de la tecnología de impresión 3D antes y después del taller de sensibilización	97
22 Comparación visual de frecuencias sobre el interés en ver réplicas de fósiles impresos en 3D antes y después del taller de sensibilización.....	99
23 Comparación visual de frecuencias sobre la utilidad de los modelos impresos en la educación de niños y jóvenes, antes y después del taller de sensibilización.	100
24 Comparación visual de frecuencias sobre la percepción de utilidad de la impresión 3D para conservar fósiles, antes y después del taller de sensibilización	102
25 Promedio de riesgo geológico por geopunto en la Formación Vargas Peña de Itauguá	103

INDICE DE TABLAS

1 Descripción de los geopuntos identificados dentro del geosito de interés.....	32
2 Ficha de inventario de geopuntos, fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.....	25
3 Ficha de inventario del geopunto N°1.	39
4 Ficha de inventario del geopunto N°2	41
5 Ficha de inventario del geopunto N°3	42
6 Ficha de inventario del geopunto N°4	43
7 Ficha de inventario del geopunto N°5	45
8 Ficha de inventario del geopunto N°6	46
9 Ficha de inventario del geopunto N°7	47
10 Ficha de inventario del geopunto N°8	49
11 Ficha de inventario del geopunto N°9	50
12 Ficha de inventario del geopunto N°10	51
13 Evaluación de riesgos geológicos en los geopuntos de la Formación Vargas Peña de Itauguá	53
14 Procedimiento para la obtención de réplicas en impresión 3D del fósil de trilobites y braquiópodos.	57
15 Estadísticos descriptivos de la Sección A.	67
16 Frecuencias absolutas y relativas de las respuestas al ítem A1	68
17 Distribución de frecuencias de respuestas al ítem A2.....	70
18 Frecuencia de respuestas al ítem A3	72
19 Frecuencia de respuestas al ítem A4	73
20 Estadísticos descriptivos de la Sección B.....	75
21 Frecuencia de respuestas al ítem B1	77
22 Frecuencia de respuestas al ítem B2	79
23 Frecuencia de respuestas al ítem B3	81
24 Frecuencia de respuestas al ítem B4	82
25 Frecuencia de respuestas al ítem B5	84
26 Estadísticos descriptivos de la Sección C: Participación antes y después del taller de sensibilización	86
27 Frecuencia de respuesta del ítem C1.....	87
28 Frecuencia de respuesta del ítem C2.....	89
29 Frecuencia de respuesta del ítem C3.....	91
30 Frecuencia de respuesta del ítem C4:	93
31 Estadísticos descriptivos de la Sección D.....	95
32 Frecuencia de respuestas a la afirmación "Conozco la tecnología de impresión 3D" antes y después del taller de sensibilización	96
33 Frecuencia de respuestas a la afirmación "Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D" antes y después del taller de sensibilización.	98
34 Frecuencia de respuestas a la afirmación "Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes" antes y después del taller de sensibilización	100
35 Frecuencia de respuestas a la afirmación "Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles" antes y después del taller de sensibilización.....	101

INDICE DE ABREVIATURAS

3D	Tres Dimensiones
APA	American Psychological Association
DGEEC	Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos
etal	Et alia (y otros)
FACEN-UNA	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Asunción
GIS	(Sistema de Información Geográfica)
GP	Geopunto
GPS	(Sistema de Posicionamiento Global)
Hi	Hipótesis de investigación
Ho	Hipótesis nula
IDG	Inventario de Lugares de Interés Geológico
LIG	Lugar de Interés Geológico
PDF	Portable Document Format
PLA	(ácido poliláctico, bioplástico)
QGIS	Quantum Geographic Information System
R	Lenguaje de programación R
s.f.	Sin fecha
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

INDICE DE SIMBOLOS

cm	Centímetro
g/cm³	Gramos por centímetro cúbico
Ha	Hectárea
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
m	Metro
mm	Milímetro
n.º	Número
t	Tonelada

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Aplicación inicial de encuestas sobre conocimiento en geoconservación. Prueba piloto de la encuesta y procesos para su validación correspondiente.	123
Anexo 2 Consistencia interna del instrumento de encuesta.....	127
Anexo 3 Formulario de encuesta aplicada antes y después del taller.....	130
Anexo 4 Nota dirigida a la Directora de la Escuela N° 1020 Yvyraty de Itauguá.	133
Anexo 5 Afiche de invitación para el taller educativo.	134
Anexo 6: Registros de asistencia y participación en el taller de sensibilización.....	135

I. INTRODUCCION

La Formación Vargas Peña, perteneciente al Grupo Itacurubí y localizada en el distrito de Itauguá, Departamento Central del Paraguay, constituye un importante patrimonio geológico debido a su valor estratigráfico y paleontológico. Este geosítio conserva registros fósiles que datan del período Silúrico, específicamente del Llandoveryano, que comenzó hace 443 millones de años y culminó hace 433 millones de años aproximadamente. Entre los fósiles identificados se encuentran trilobites, braquiópodos, crinoideos, graptolitos, conularidos y moluscos, los cuales ofrecen información valiosa para el estudio de los ecosistemas marinos antiguos y la reconstrucción de ambientes paleogeográficos (Vera, 2014; Uriz *et al.*, 2018).

No obstante, esta formación geológica se encuentra actualmente en riesgo debido a actividades extractivas inadecuadas, especialmente la explotación desregulada de arcilla. Estas prácticas han generado un proceso de deterioro progresivo del sitio (Espínola & Salinas, 2022), afectando tanto la integridad física, así también su valor científico, educativo y turístico (Brilha, 2016). Esta situación se ve agravada por la limitada aplicación de normativas ambientales y por el escaso conocimiento de la población sobre la importancia del patrimonio geológico que los rodea.

En el marco legal paraguayo, existen disposiciones relevantes para la protección del patrimonio natural y cultural, como la Ley N.º 5621/16 de protección del patrimonio cultural y el Artículo 81 de la Constitución Nacional, que promueve la conservación ambiental y el uso sostenible de los recursos

naturales. Sin embargo, la ausencia de estrategias prácticas de conservación ha dificultado la aplicación efectiva de estos marcos normativos en sitios como la Formación Vargas Peña.

Ante esta situación, la investigación tiene como objetivo aplicar estrategias de geoconservación para preservar y valorizar el patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña. Para ello, se plantean tres acciones: identificar los factores de fragilidad y vulnerabilidad del geosito (Brilha, 2016), elaborar réplicas fósiles en 3D como herramienta de conservación y divulgación (Saorín *et al.*, 2016), y evaluar la percepción ambiental en estudiantes de noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty, promoviendo la conciencia educativa sobre este patrimonio.

El inventario de rasgos geológicos es clave para la geoconservación, ya que permite registrar elementos de valor científico, educativo y turístico, así como identificar su fragilidad y vulnerabilidad. En este contexto, (Espínola & Salinas, 2023; Salinas *et al.*, 2023) destacan a la Cantera Fosilífera San Fernando como un geosito de alto interés paleontológico, debido a la presencia de fósiles marinos del Silúrico que contribuyen al conocimiento paleoambiental del Paraguay

Este enfoque integrador busca combinar ciencia, tecnología y educación como pilares fundamentales para la protección del geosito. La implementación de talleres de sensibilización y actividades de divulgación científica con los estudiantes se orienta a fomentar una cultura de conservación que empodere a los actores locales. De este modo, se pretende establecer un modelo de geoconservación replicable en otras regiones del país, articulando esfuerzos entre la comunidad educativa, el ámbito académico y las instituciones públicas.

1.1 Planteamiento del problema

El patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña, parte del Grupo Itacurubí, se encuentra en proceso de degradación debido a prácticas extractivas

inadecuadas que afectan su estabilidad, reducen su valor científico y limitan su potencial educativo y turístico (Brilha, 2016; Uriz *et al.*, 2018). Esta situación se ve agravada por la falta de control en la explotación del material arcilloso y el escaso conocimiento de la comunidad local sobre la importancia de este patrimonio y las estrategias de conservación. Ante este escenario, se plantea la necesidad de identificar estrategias de geoconservación eficaces que consideren la fragilidad del sitio y el uso de tecnologías como la impresión 3D, cuya aplicación ha demostrado ser útil para la educación y la sensibilización en contextos similares (Saorín *et al.*, 2016), con el fin de preservar y difundir el valor geológico de esta formación.

1.2 Justificación

El patrimonio geológico, como recurso fundamental para la ciencia, la educación y el turismo, enfrenta en Paraguay serias amenazas, particularmente en la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, donde la extracción descontrolada de arcilla ha generado un progresivo deterioro del geositio, comprometiendo su valor paleontológico y educativo. A pesar del respaldo legal brindado por la Ley N.º 5621/16 y la Constitución Nacional, la falta de regulación efectiva y de conciencia ciudadana ha impedido una protección adecuada. En este contexto, resulta esencial identificar los factores de fragilidad del sitio (Brilha, 2016) y promover estrategias de geoconservación sostenibles, incorporando tecnologías como la impresión 3D, que ha demostrado ser eficaz para la documentación, educación y sensibilización sobre el patrimonio natural (Saorín *et al.*, 2016). Este enfoque busca, además, fomentar la participación activa de la comunidad local de Itauguá en la preservación de su patrimonio geológico.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Aplicar estrategias de geoconservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025.

1.3.2. Objetivos Específico

- Identificar los principales factores de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025.
- Realizar réplicas con tecnología de impresión en 3D de fósiles como herramienta para la documentación, preservación y difusión del valor geológico de la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025.
- Conocer la percepción de los estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty, sobre la importancia de la conservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña, del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis de investigación (Hi):

La implementación de estrategias de conservación, como la impresión 3D y la sensibilización de estudiantes del noveno grado, tendrá un impacto en la preservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña.

1.4.2. Hipótesis nula (Ho):

La implementación de estrategias de conservación, como la impresión 3D y la sensibilización de estudiantes del noveno grado, no tendrá un impacto en la preservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña.

II. MARCO TEÓRICO

El patrimonio geológico comprende aquellos elementos naturales que reflejan la historia geológica de una región, tales como formaciones rocosas, estructuras tectónicas, fósiles, minerales y paisajes geológicos de significativo interés científico, educativo, cultural y recreativo (Brilha *et al.*, 2022). Este patrimonio representa un legado invaluable que necesita ser preservado no solo para las generaciones actuales, sino también para las futuras, dada su relevancia para el conocimiento de los procesos terrestres y su potencial para el desarrollo sostenible.

La geoconservación, en este contexto, se entiende como el conjunto de acciones orientadas a la identificación, valoración, protección, gestión y promoción del patrimonio geológico, considerando su fragilidad ante factores naturales y antropogénicos (Brilha *et al.*, 2022; Martínez, 2008).

Patrimonio Geológico en Paraguay, según Salinas *et al.* (2023) el Paraguay tiene una geodiversidad importante, y particularmente en la región oriental del país, con afloramientos de rocas que van desde el Paleoproterozoico hasta los sedimentos del Cuaternario, los mismos mencionan que la apreciación de esta extensa geodiversidad comenzó hace solo una década con un enfoque en el valor patrimonial y la preservación de ciertos sitios geológicos, realizaron un trabajo de inventariado cualitativo de geositios dentro del territorio del Proyecto Geoparque Ñande Yvytykuéra donde consideraron el valor científico, educativo y turístico, además su fragilidad y vulnerabilidad, y según sus resultados el

geosítio con mayor valor científico son las areniscas columnares de Cerro Koi, entre los sitios con mayor potencial educativo se encuentran el Cerro Ñemby, el Cerro Perú y el Cerro Yaguarón, el de mayor valor turístico se encuentra San Bernardino y en cuanto a fragilidad y vulnerabilidad, el geosítio Lutitas Fosilíferas de Itauguá destaca por el deterioro y la pérdida de su geodiversidad, atribuida a una sobreexplotación del material.

Particularmente, en el caso de la Formación Vargas Peña, ubicada en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, su notable diversidad sedimentológica y paleontológica que abarca registros fósiles y estructuras deposicionales, la convierte en un sitio de alto valor patrimonial (Espínola & Salinas, 2022; Espínola & Salinas, 2023). Según Brilha *et al.*, (2022), la identificación y protección de áreas geológicas de relevancia no solo impulsa la investigación científica, sino que también fomenta el desarrollo de propuestas educativas y turísticas sostenibles. En esta línea, la necesidad de aplicar estrategias de geoconservación en la Formación Vargas Peña ha sido resaltada por diversos autores. Martínez (2008) subraya la importancia de estas acciones como parte de un enfoque integral de preservación, mientras que Vera (2014), en su propuesta específica para el yacimiento fosilífero de esta formación al oeste del Graben de Ypacaraí, plantea medidas concretas de conservación que refuerzan la urgencia de su protección y uso responsable.

2.1.Marco Legal

2.1.1. Constitución Nacional del Paraguay – Artículo 81

La Constitución establece que el Estado tiene la obligación de proteger, conservar y recuperar el medio ambiente y el patrimonio natural. Este mandato constitucional proporciona el fundamento para todas las acciones orientadas a la preservación de los recursos naturales del país, incluyendo implícitamente aquellos de valor geológico.

2.1.2. Ley N.º 5621/2016 “De Protección del Patrimonio Cultural”

Esta ley reconoce al patrimonio paleontológico, compuesto por yacimientos y fósiles con valor científico, educativo y cultural, así también como parte del patrimonio cultural nacional. Este patrimonio es considerado de dominio del Estado, lo que implica una responsabilidad directa en su resguardo y gestión adecuada.

Además, la ley establece el Sistema Nacional del Patrimonio Cultural, que debe ser integrado por los gobiernos departamentales y municipales. Estas entidades, en el marco de sus atribuciones, están llamadas a implementar políticas y acciones de conservación del patrimonio dentro de sus jurisdicciones.

2.1.3. Ley N.º 294/93 “De Evaluación de Impacto Ambiental”

Esta normativa exige la realización de estudios de impacto antes de ejecutar cualquier actividad que pueda afectar significativamente al medio ambiente. Esta legislación permite identificar y mitigar los riesgos potenciales que puedan comprometer la integridad de sitios con valor geológico, como aquellos pertenecientes a la Formación Vargas Peña.

2.1.4. Ordenanza Municipal N.º 041/2008 de Itauguá

A nivel local, esta ordenanza establece procedimientos para la protección del medio ambiente en todo el municipio de Itauguá. Entre sus disposiciones, promueve la conservación de los recursos naturales y culturales, y establece mecanismos para prevenir y controlar actividades que puedan causar impactos ambientales negativos. Esta normativa refuerza el compromiso del municipio con la protección de su patrimonio natural y cultural.

Este conjunto de normativas proporciona el respaldo jurídico necesario para futuras estrategias de geoconservación propuestas en esta investigación, orientadas a preservar los recursos patrimoniales de la Formación Vargas Peña, ubicada en el distrito de Itauguá.

2.1.5. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Itauguá

El Municipio de Itauguá cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental (POTA), aprobado por la Ordenanza Municipal N.º 223/01 con fecha 27 de noviembre del año 2001. Este instrumento normativo establece lineamientos para el uso del suelo, la planificación urbana y la protección del entorno natural dentro del distrito. Fue desarrollado con el apoyo de organizaciones técnicas y ambientales como Alter Vida y el Grupo de Estudios Ambientales (GEAM), en el marco de la protección integral de la cuenca del Lago Ypacaraí y la región metropolitana de Asunción (GEAM, s.f.). El POTA identifica zonas de valor ambiental, paisajístico y ecológico que requieren protección, lo cual representa una oportunidad normativa para integrar acciones de geoconservación en el área de la Formación Vargas Peña.

No obstante, se debe considerar que este plan fue aprobado hace más de dos décadas, por lo que su vigencia y actualización son aspectos críticos, especialmente frente al crecimiento urbano acelerado, los cambios en los usos del suelo y las amenazas que enfrenta el patrimonio geológico local. En este sentido, resulta pertinente impulsar su revisión e incluir criterios específicos para la conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Geodiversidad

Se refiere a la variedad natural de elementos geológicos presentes en la Tierra, incluyendo minerales, rocas, fósiles, formas del relieve, suelos y procesos geológicos y geomorfológicos activos. Esta diversidad constituye la base física del entorno natural y proporciona el contexto para la biodiversidad, así como múltiples beneficios ecológicos, científicos, culturales y económicos. Según Brilha *et al.*, (2022), la geodiversidad abarca todos los componentes abióticos del sistema terrestre y es fundamental para comprender la evolución del planeta, la gestión sostenible del territorio y la conservación del patrimonio natural.

2.2.2. Geopatrimonio

Se entiende como una selección representativa y significativa de elementos de la geodiversidad que poseen un alto valor científico, educativo, estético, cultural o recreativo. Este concepto no abarca toda la geodiversidad, sino aquellos rasgos geológicos que merecen ser identificados, protegidos y gestionados adecuadamente debido a su importancia para las generaciones presentes y futuras. De acuerdo con Brilha *et al.*, (2022), el geopatrimonio está conformado por sitios geológicos relevantes como formaciones rocosas, fósiles, estructuras tectónicas o formas del relieve que permiten reconstruir la historia de la Tierra y fomentar la educación geocientífica, además de contribuir al desarrollo territorial sostenible mediante iniciativas como el geoturismo o los geoparques.

2.2.3. Geoconservación

Es el conjunto de acciones orientadas a la protección, manejo y valorización del geopatrimonio, con el objetivo de asegurar su preservación a largo plazo y facilitar su uso sostenible. Implica estrategias tanto pasivas, como la declaración de áreas protegidas mediante leyes o decretos, como activas, tales como la educación ambiental, la interpretación geológica y el turismo responsable. Brilha *et al.*, (2022) destacan que la geoconservación no solo busca evitar la degradación de los sitios de valor geológico, sino también promover su integración en políticas públicas, planificación territorial y actividades educativas y económicas. Así, la geoconservación se convierte en una herramienta clave para garantizar que los valores del patrimonio geológico puedan ser conocidos, disfrutados y utilizados por las futuras generaciones.

2.2.4. Geositio

Es un lugar que contiene uno o más elementos de geodiversidad con un valor geológico destacado, ya sea científico, educativo, turístico o estético. Se trata de espacios donde las características geológicas pueden ser observadas, interpretadas y utilizadas para la investigación, la enseñanza o la valorización del entorno natural. Según Brilha *et al.*, (2022), los geositios representan

unidades básicas del geopatrimonio, y su identificación es esencial para las estrategias de geoconservación, dado que permiten reconocer y proteger sitios clave para entender la historia geológica de una región.

2.2.5. Geopunto

Se plantea esta subdivisión como una ubicación específica dentro de un geosítio o área geológica de interés que presenta características geológicas particulares, representativas o sobresalientes. Puede incluir afloramientos con abundancia de fósiles determinados, cambios de facies sedimentarias o litológicas, estructuras tectónicas visibles, mineralizaciones singulares, entre otros elementos. Los geopuntos permiten destacar y comunicar aspectos clave del patrimonio geológico, y son fundamentales para su estudio, interpretación y conservación.

2.2.6. Geoparque

Es un territorio con límites claramente definidos que contiene un número significativo de geosítios de valor internacional, cuya gestión se orienta al desarrollo sostenible mediante la protección del patrimonio geológico, la educación y el turismo. Más que una figura de conservación, el geoparque busca generar beneficios sociales, económicos y culturales para las comunidades locales, articulando la geodiversidad con otros aspectos del patrimonio natural y cultural. De acuerdo con Brilha *et al.*, (2022), los geoparques representan una herramienta de gestión integrada que promueve el conocimiento geocientífico, la identidad territorial y la participación comunitaria, siendo avalados a nivel internacional por programas como los Geoparques Mundiales de la UNESCO.

2.2.7. Inventario de Geosítio

Es un proceso sistemático que implica la identificación, documentación y evaluación de lugares con valor geológico significativo. Este proceso es esencial para la geoconservación, ya que permite establecer prioridades en la protección y gestión de estos sitios. Según Brilha (2016), un inventario bien estructurado

debe considerar criterios como el valor científico, educativo, turístico y la vulnerabilidad del sitio.

2.3. Geología Regional

La Región Oriental del Paraguay, presenta una morfología ondulada que son continuaciones del Macizo Brasileño (Putzer, 1962). Esta región presenta una geología compleja, dominada por unidades sedimentarias de edades comprendidas entre el Paleozoico y el Mesozoico, asentadas sobre un basamento metamórfico e ígneo del precámbrico que aflora principalmente en sectores de sur y norte de esta región del país, pero que en su mayoría permanece cubierto por depósitos más recientes (Harrington, 1950, 1956; Eckel, 1959).

Durante el Paleozoico, la evolución tectónica del área favoreció el desarrollo de cuencas sedimentarias, como la Cuenca del Paraná, dentro de la cual se encuentra el Grupo Itacurubí, una unidad litoestratigráfica de edad silúrica que registra ambientes sedimentarios predominantemente costeros y marinos someros (Putzer, 1962; Fulfaro, 1996). Este grupo está compuesto por tres formaciones principales: Formación Eusebio Ayala, Formación Vargas Peña y Formación Cariy. (Harrington, 1972).

La Formación Eusebio Ayala está caracterizada por una alternancia de areniscas finas a medianas, lutitas y limolitas de tonalidades grises y rojizas, que indican condiciones fluviales y deltaicas con eventos de regresión marina. Por su parte, la Formación Vargas Peña se compone predominantemente de lutitas y limolitas blancas y amarillentas con intercalaciones de areniscas finas, interpretadas como depósitos de llanura de marea y ambientes marinos someros. Esta formación es de particular interés en el presente estudio por representar parte significativa del patrimonio geológico del Distrito de Itauguá. Finalmente, la Formación Cariy está constituida por areniscas de grano fino a medio, generalmente de color rojo a ocre, asociadas a ambientes fluviales entrelazados (Fulfaro, 1996); Proyecto PAR 83/005, 1986).

Estratigráficamente por encima del Grupo Itacurubí se disponen unidades del Grupo Asunción, correspondiente a los períodos Cretácico y Paleógeno, cuya principal unidad es la Formación Patiño como relleno de la fosa tectónica producto del Rift de Asunción que posteriormente culminó con intrusiones ultraalcalinas en el Paleógeno (Gomes *et al.*, 2013). Esta unidad está integrada por depósitos de fanglomerados, aglomerados y areniscas gruesas a medias de coloración rojiza a ocre (Sprechmann *et al.*, 1981).

Infrayaciendo al Grupo Itacurubí se sitúan los depósitos del Grupo Caacupé, de edad Ordovícica, con características sedimentarias fluviales y costeras. Este grupo incluye secuencias de conglomerados, areniscas, y, asociados a sistemas fluviales entrelazados a ambientes marinos someros (Harrington, 1972).

La correlación entre estas unidades permite comprender la evolución paleoambiental y tectónica de la Región Oriental del Paraguay, donde los registros sedimentarios del Grupo Itacurubí constituyen una evidencia clave de las transgresiones marinas del Devónico, mientras que las formaciones suprayacentes del Grupo Asunción e infrayacentes del Grupo Caacupé reflejan cambios paleoclimáticos y procesos continentales posteriores (Harrington, 1972).

2.4. Geología Local

Dentro del Distrito de Itauguá, la Formación Vargas Peña constituye una de las unidades geológicas más representativas del registro estratigráfico local. Esta formación, que forma parte del Grupo Itacurubí, está compuesta principalmente por lutitas caoliníticas blancas, ocasionalmente intercaladas con delgados niveles de areniscas muy finas (Uriz *et al.*, 2018).

Las lutitas de esta formación albergan una abundante fauna fósil marina, en la que destacan graptolitos de los géneros *Diplograptus* y *Climacograptus*, así como trilobites y braquiópodos. La composición paleontológica, junto con las características sedimentológicas, permite interpretar un ambiente de

sedimentación marino de plataforma poco profunda, correspondiente al Silúrico Inferior, específicamente al Llandoveryano. (Vera, 2014).

La Formación Vargas Peña no solo es significativa por su litología y contenido fosilífero, sino también por su potencial como patrimonio geológico, ya que representa un registro valioso para la reconstrucción paleoambiental y paleogeográfica del Paraguay Oriental (Uriz *et al.*, 2018).

Si bien estudios iniciales, como los de Harrington (1950, 1956) y Eckel (1959), atribuían su desarrollo a ambientes predominantemente fluvio-deltaicos del Devónico, investigaciones más recientes han reafirmado el carácter marino silúrico de esta formación, poniendo de manifiesto la necesidad de una revisión estratigráfica más precisa.

Harrington (1972) amplió el conocimiento sobre la riqueza fosilífera de la Formación Vargas Peña, describiendo la presencia de braquiópodos, trilobites, gasterópodos cuya diversidad y excelente preservación permiten reconstruir los ecosistemas marinos costeros y de plataformas continentales del Silúrico. Estos fósiles son de particular interés científico debido a su contribución en la interpretación de las interacciones entre ambientes marinos y sistemas fluviales antiguos.

El Proyecto PAR 83/005 (1986), subraya la importancia paleontológica de la Formación Vargas Peña, mencionando su potencial para investigaciones de biostratigrafía y su utilidad para establecer correlaciones estratigráficas en el sur de América del Sur. El conjunto fósil encontrado refleja una conexión transitoria con los mares que invadieron la región durante el Silúrico Inferior, evidenciando cambios paleoclimáticos y fluctuaciones eustáticas globales.

Fulfaro (1996) señalaron que, además de la calidad de los fósiles, la ubicación estratégica del sitio facilita comparaciones con otras unidades sedimentarias de la Cuenca del Paraná, reforzando el valor geológico y

paleontológico de la región como testimonio de las condiciones paleoambientales del sur de América en el Silúrico.

2.4.1. Formación Vargas Peña.

La Formación Vargas Peña pertenece al Silúrico Inferior (Llandoveryano) y forma parte del Grupo Itacurubí (Vera, 2014). Esta formación es fundamental para la reconstrucción paleoambiental de la región, ya que marca un período crucial en la evolución de la cuenca del Paraná.

La unidad está predominantemente compuesta por lutitas caoliníticas blancas, que son intercaladas con areniscas muy finas y, en menor medida, con limolitas. Las lutitas caoliníticas son especialmente notables por su color blanco y su origen marino, ya que presentan una alta cantidad de fósiles marinos bien preservados, lo que ayuda a determinar el ambiente de sedimentación de la formación (Putzer, 1962).

La fauna fósil encontrada en la Formación Vargas Peña incluye principalmente graptolitos (*Diplograptus*, *Climacograptus*), trilobites, braquiópodos, y gasterópodos, los cuales indican un ambiente de sedimentación marina de plataforma poco profunda. Estos fósiles sugieren un mar poco profundo que invadió la región en el Silúrico Inferior, con características de un entorno marino de baja energía (Fulfaro, 1996).

En base a las características sedimentológicas de la Formación Vargas Peña, sugieren una sedimentación en ambientes de plataforma continental. Las lutitas caoliníticas de color blanco, junto con las areniscas finas, son indicativas de una baja energía en el medio marino, lo que favoreció la deposición de sedimentos finos. Las capas intercaladas de areniscas y limolitas reflejan fluctuaciones en el nivel del mar, lo que puede haber provocado cambios en las condiciones de sedimentación y la fauna asociada (Fulfaro, 1996).

En este sentido, los estudios de escorrentía y cambios eustáticos son relevantes para entender cómo las variaciones del nivel del mar influyeron en la composición y distribución de los sedimentos en la formación. Estos cambios estuvieron influenciados por condiciones tectónicas regionales y fluctuaciones globales en el nivel del mar (Harrington, 1950).

Varios estudios geológicos y paleontológicos han permitido establecer correlaciones entre la Formación Vargas Peña y otras formaciones de la región, como las del Grupo Itacurubí y formaciones en las cuencas adyacentes de Argentina y Brasil. La presencia de fósiles marinos similares en estas formaciones, como los trilobites, ha facilitado la comparación de los ambientes de sedimentación y ha permitido ajustar las dataciones relativas de la formación (Fulfaro, 1996).

2.4.2. Eventos Tectónicos y la Formación de la Cuenca del Paraná

Según Putzer (1962) y el Proyecto PAR 83/005 (1986), los eventos tectónicos más significativos que afectaron la cuenca del Paraná incluyen el levantamiento y la subsidencia que ocurrieron durante el Silúrico y Devónico, lo que permitió la formación de una serie de cuencas de sedimentación. Este ciclo tectónico facilitó la alternancia entre ambientes marinos y terrestres en la cuenca, lo que se refleja en la estratigrafía de la Formación Vargas Peña, donde se observa una secuencia de lutitas caoliníticas y areniscas finas que fueron depositadas en diferentes condiciones eustáticas y tectónicas.

2.4.3. Actividad de extracción en la cantera San Fernando

La cantera San Fernando, ubicada en la compañía Yvyraty del distrito de Itauguá, constituye un sitio de extracción de lutitas pertenecientes a la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí. Esta actividad es llevada a cabo por la empresa Cerámica Itauguá S.A., para la elaboración de productos cerámicos como ladrillos, tejas y pisos. La empresa opera desde 1999 bajo una modalidad de

autogestión obrera, lo que significa que los mismos trabajadores son responsables de su administración y producción (ABC Color, 2024).

La explotación se realiza a cielo abierto y tiene como objetivo principal abastecer la demanda local de materiales de construcción (Figura 1). Las lutitas extraídas son seleccionadas y procesadas para lograr productos cerámicos de buena calidad, aprovechando las propiedades físicas y químicas de esta roca, como su plasticidad y contenido de arcilla (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones [MOPC], 2020).



Figura 1: Actividad de extracción en la cantera San Fernando.
Fuente: Fotografía propia, 2025.

2.4.4. Estrategia de técnica de impresiones de 3D

2.4.4.1. Revisión de proyectos y estudios previos

El proyecto desarrollado por Saorín *et al.*, (2016), constituye un referente en la aplicación de tecnologías emergentes en la preservación y difusión del patrimonio fósil. En su estudio, los autores implementaron soluciones de bajo coste para capturar, procesar y reproducir digitalmente fósiles marinos procedentes del archipiélago canario. La iniciativa se centró en la generación de modelos tridimensionales accesibles al público y útiles en contextos educativos, promoviendo una mayor comprensión y valoración del patrimonio natural.

Una de las fortalezas del trabajo radica en su enfoque educativo y divulgativo. Los modelos 3D obtenidos se integraron en una colección en línea de libre acceso, facilitando su utilización en aulas, museos y entornos formativos no formales. Este enfoque permitió que tanto docentes como estudiantes pudieran interactuar con réplicas exactas de fósiles sin necesidad de acceder a los originales, lo que favorece la inclusión y democratización del conocimiento científico (Saorín *et al.*, 2016).

En cuanto a la estrategia metodológica, el estudio recurrió a técnicas como la fotogrametría y el escaneo tridimensional para la digitalización de los fósiles. Posteriormente, los modelos fueron editados con software de código abierto y finalmente impresos en 3D utilizando impresoras accesibles y materiales económicos. Asimismo, el equipo construyó una infraestructura virtual para el almacenamiento y consulta de los modelos, lo que facilitó su reutilización en distintos niveles educativos y científicos (Saorín *et al.*, 2016).

El trabajo de Saorín *et al.*, ofrece una base sólida y replicable para proyectos que, como el de este trabajo de grado, buscan fortalecer la geoconservación y la enseñanza del patrimonio geológico mediante tecnologías asequibles. Su enfoque participativo e interdisciplinario evidencia cómo es posible articular esfuerzos entre el ámbito académico y la tecnología aplicada para generar productos educativos útiles, sostenibles y culturalmente relevantes (Saorín *et al.*, 2016).

La impresión tridimensional constituye una tecnología de fabricación aditiva que permite materializar modelos digitales mediante la superposición sucesiva de capas de material (Figura 2). Su accesibilidad y bajo costo favorecido su aplicación en el ámbito educativo y en la conservación del patrimonio, posibilitando la creación y difusión de réplicas físicas de alto valor didáctico, como en el caso del patrimonio fósil marino de Canarias (Saorín *et al.*, 2016).

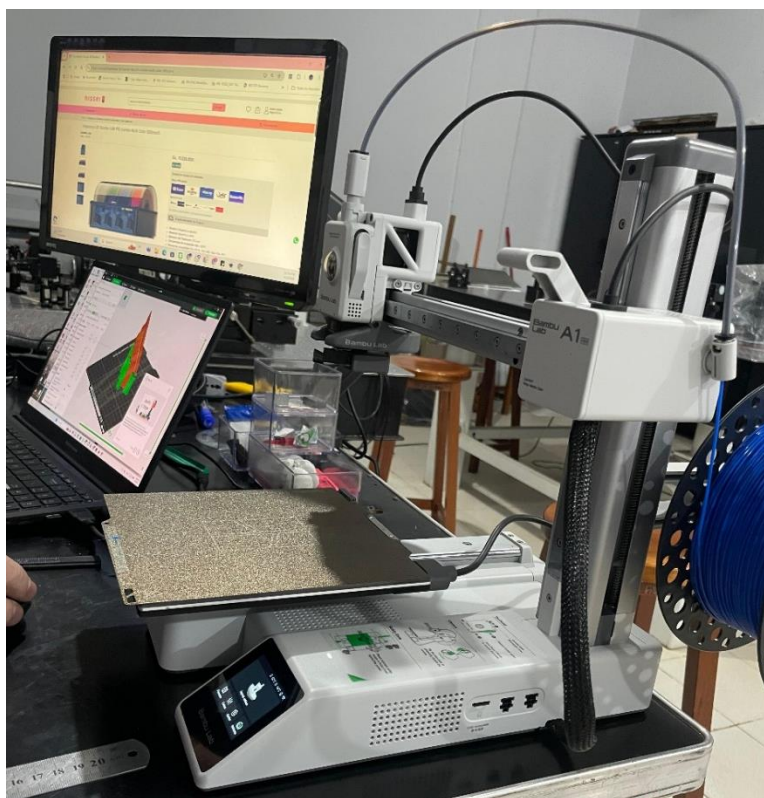


Figura 2: Equipos utilizados en la estrategia de impresión 3D como herramienta de geoconservación.

Fuente: Fotografía propia, 2025.

2.4.5. Estrategia de inventarios geológicos

2.4.5.1. Valor científico

Los inventarios geológicos permiten identificar áreas de notable importancia científica debido a sus características únicas o representativas de

procesos geológicos relevantes. Según Brilha (2016), estos lugares son esenciales para el avance del conocimiento geocientífico, ya que ofrecen evidencias para investigaciones actuales y futuras. Además, como destacan Brilha *et al.*, (2022), estos sitios forman parte de las "Áreas Clave de Geoherencia" (*Key Geoheritage Areas, KGA*), cuya conservación resulta prioritaria para preservar el registro de la historia de la Tierra.

2.4.5.2. Valor educativo

El valor educativo de los sitios geológicos inventariados radica en su capacidad de servir como escenarios naturales para la enseñanza de conceptos geológicos, tanto a nivel académico como divulgativo. Brilha (2016) señala que estos lugares permiten el aprendizaje activo y visual de procesos que de otro modo serían difíciles de comprender en entornos de aula. Así, los inventarios facilitan la identificación de geositos apropiados para programas de geoeducación y actividades didácticas accesibles a diferentes niveles de público.

2.4.5.3. Valor turístico

El potencial turístico de los geositos reside en su atractivo natural, histórico o paisajístico, que puede ser aprovechado para promover el geoturismo sostenible. De acuerdo con Brilha *et al.* (2022), los inventarios ayudan a seleccionar aquellos sitios con características geológicas capaces de integrarse en rutas turísticas, generando beneficios socioeconómicos locales y fortaleciendo la conciencia sobre la importancia de la geoconservación.

2.4.5.4. Fragilidad y vulnerabilidad

La identificación de la fragilidad y vulnerabilidad de los geositos constituye una parte fundamental de los inventarios. Brilha (2016) propone evaluar factores como la susceptibilidad a la degradación natural y a los impactos antrópicos. Esta evaluación permite establecer medidas de protección y manejo

adecuado, asegurando la preservación de los valores científicos, educativos y turísticos del patrimonio geológico.

2.4.5.5. Inventarios geológicos

La elaboración de inventarios geológicos, siguiendo las directrices de Brilha (2016) y Brilha *et al.*, (2022), implica un proceso sistemático de selección, descripción, evaluación y priorización de sitios de interés geológico. Estos inventarios constituyen la base para desarrollar políticas de geoconservación eficaces, promover la valoración social del patrimonio geológico y orientar acciones de uso sustentable.

2.5. Estrategia de Geoeducación y Divulgación

La geoeducación y la divulgación del patrimonio geológico son pilares fundamentales para fomentar una cultura de respeto y conservación del geodiversidad. Brilha (2016) destaca que es esencial diseñar materiales educativos y actividades de comunicación dirigidas a diferentes públicos, desde escolares hasta comunidades locales y visitantes. Asimismo, Brilha *et al.*, (2022) subrayan la importancia de emplear estrategias innovadoras y participativas, como rutas interpretativas, talleres prácticos y el uso de tecnologías digitales, para hacer accesible el conocimiento geocientífico y fortalecer la conexión emocional de la sociedad con los geositos.

La actividad fue desarrollada como parte de la estrategia de geoconservación comunitaria en el área del geosítio de la Formación Vargas Peña, con énfasis en la valoración del patrimonio geológico local (Figura 3). La institución educativa se encuentra ubicada en la compañía Yvyraty, del distrito de Itauguá, Paraguay.



**Figura 3: Taller de sensibilización con alumnos del noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty.
Fuente: Fotografía propia, 2025.**

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio se enmarca dentro de un enfoque descriptivo-explicativo, ya que tiene como finalidad caracterizar el estado actual del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, en el distrito de Itauguá, e identificar los principales factores que contribuyen a su fragilidad y vulnerabilidad. Al mismo tiempo, busca explicar cómo la implementación de estrategias de geoconservación, basadas en tecnologías innovadoras como la impresión 3D y en acciones de sensibilización dirigidas a estudiantes del noveno grado, puede incidir positivamente en su preservación. Este enfoque permite no solo describir y analizar la problemática, sino también proponer soluciones prácticas fundamentadas en evidencia (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

3.2. Diseño de la investigación.

El diseño adoptado para esta investigación es de tipo exploratorio y transeccional (también conocido como de corte transversal), ya que la recolección de datos se realizará en un solo momento determinado (Hernández Sampieri *et al.*, 2014). Este diseño permite identificar y analizar los factores que contribuyen al deterioro del geosítio correspondiente a la Formación Vargas Peña. No obstante, dentro del mismo marco temporal, se contempla la aplicación de encuestas en dos fases antes y después de las actividades de sensibilización con el fin de evaluar posibles cambios de conocimiento, percepción y

compromiso de los estudiantes con respecto a la conservación del patrimonio geológico. Para la obtención de datos cuantitativos se utilizará una escala tipo Likert, mientras que los resultados cualitativos permitirán complementar el análisis desde una perspectiva más interpretativa.

3.3. Materiales y Métodos

La presente investigación adopta un enfoque metodológico mixto, combinando herramientas cualitativas y cuantitativas con el propósito de obtener una comprensión integral de los procesos vinculados a la conservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña. Este enfoque permite abordar tanto los aspectos técnicos de la geodiversidad, como el conocimiento, la percepción y el grado de sensibilización de los estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty, en relación con la importancia de preservar dicho patrimonio. Asimismo, se considera la dimensión social de la geoconservación, enfatizando la participación comunitaria como eje clave para la implementación de estrategias sostenibles (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

3.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1.1. Identificación de factores de fragilidad y vulnerabilidad, análisis documental de normativas aplicables

El análisis documental de esta investigación se enfocó en la revisión crítica de instrumentos legales y normativos que inciden en la protección del patrimonio geológico en el distrito de Itauguá. La revisión incluyó normativas de nivel constitucional, leyes nacionales, ordenanzas municipales y planes de ordenamiento territorial. Este examen permitió identificar tanto los marcos legales existentes como las limitaciones normativas que afectan la conservación del geosítio objeto de estudio.

La Constitución Nacional del Paraguay, en su artículo 81, establece la obligación del Estado de proteger y recuperar el medio ambiente y el patrimonio

natural, lo cual ofrece un respaldo jurídico amplio para las acciones de conservación (Constitución Nacional, 1992). En el ámbito legislativo, la Ley N.º 5621/2016 reconoce al patrimonio paleontológico como parte del patrimonio cultural del país, asignando su resguardo al Estado y a los gobiernos subnacionales, mediante la implementación de políticas de conservación cultural y científica (Congreso Nacional, 2016).

Por otra parte, la Ley N.º 294/93 sobre Evaluación de Impacto Ambiental exige estudios previos para toda intervención con potencial impacto ambiental significativo, herramienta clave para la protección de sitios con valor geológico como los afloramientos de la Formación Vargas Peña (Congreso Nacional, 1993). A nivel local, la Ordenanza Municipal N.º 041/2008 establece lineamientos para la conservación de los recursos naturales y culturales dentro del municipio de Itauguá, fortaleciendo el compromiso municipal con la protección ambiental (Municipalidad de Itauguá, 2008).

Además, el Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental del Municipio de Itauguá (Ordenanza N.º 223/01), elaborado con el apoyo de entidades técnicas como Alter Vida y el Grupo de Estudios Ambientales (GEAM), delimita zonas de interés ecológico y propone medidas para su conservación. Sin embargo, su antigüedad más de dos décadas desde su aprobación evidencia la necesidad urgente de actualización e incorporación de criterios específicos para la conservación geológica (GEAM, s.f.; STP, 2017).

La integración de estas normativas constituye una base sólida para la implementación de estrategias de geoconservación propuestas en esta investigación. No obstante, se detectan vacíos normativos y limitaciones institucionales que deben abordarse para fortalecer la protección del patrimonio geológico local, tal como lo advierten Brilha *et al.* (2022), quien destaca la importancia de considerar el marco legal en el diagnóstico de amenazas y oportunidades para la conservación geológica.

3.3.1.2. Instrumento de recolección de datos de fragilidad y vulnerabilidad.

La investigación empleará como herramienta principal de evaluación cuantitativa ficha de inventario de geopuntos, adaptada específicamente para registrar factores de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña de Itauguá. Este instrumento se fundamenta en los lineamientos metodológicos propuestos por Brilha (2016, 2022), con énfasis en variables medibles y comparables que permitan una valoración objetiva del estado de conservación de los geopuntos evaluados.

Este instrumento facilitará el análisis sistemático y comparativo de los factores de riesgo que afectan al patrimonio geológico local (Tabla 1). Con variables cuantitativas observables en campo, la ficha permite obtener información objetiva que servirá como base para la priorización de medidas de manejo y conservación en los diferentes geopuntos.

Tabla 1: Ficha de inventario de geopuntos, fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de fragilidad y vulnerabilidad de Geopuntos						
Nº	Fecha:		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre						
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía		
Coordenadas			Cota:		Nominación:	
Propietario	Publico	Estatad	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1		
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	2	1		
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1		
D. Accesibilidad	4	3	2	1		

Fuente: Elaboración propia, adaptada de Brilha (2016).

E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1
Otros datos relevantes				

3.3.1.3. Criterios para la evaluación del riesgo de degradación del patrimonio geológico

Para evaluar la fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña, se adoptaron los criterios propuestos por Brilha (2016) relativos al riesgo de degradación. Estos criterios permiten cuantificar el grado de amenaza al que está expuesto un geosito, mediante una escala de puntuación que contempla seis factores establecidos por el autor, más un criterio complementario incorporado en esta investigación.

A continuación, se describen los factores considerados:

A. Deterioro de elementos geológicos

Este criterio evalúa la posibilidad de que los elementos geológicos del sitio sufran algún tipo de deterioro.

- 4 puntos: Posibilidad de deterioro de todos los elementos geológicos.
- 3 puntos: Posibilidad de deterioro de los elementos geológicos principales.
- 2 puntos: Posibilidad de deterioro de elementos geológicos secundarios.
- 1 punto: Posibilidad menor de deterioro de elementos geológicos secundarios.

B. Proximidad a zonas o actividades con potencial para causar degradación

Considera la cercanía del geosítio a áreas o actividades humanas que podrían provocar su deterioro.

- 4 puntos: Sitio ubicado a menos de 50 m de una zona o actividad potencialmente degradante.
- 3 puntos: Sitio ubicado a menos de 200 m.
- 2 puntos: Sitio ubicado a menos de 500 m.
- 1 punto: Sitio ubicado a menos de 1 km.

C. Protección legal

Analiza la existencia de normas jurídicas o mecanismos de control que resguarden el sitio.

- 4 puntos: Sitio sin protección legal y sin control de acceso.
- 3 puntos: Sitio sin protección legal, pero con control de acceso.
- 2 puntos: Sitio con protección legal, pero sin control de acceso.
- 1 punto: Sitio con protección legal y con control de acceso.

D. Accesibilidad

Evalúa la facilidad de acceso físico al sitio, lo cual puede incidir en su exposición al deterioro.

- 4 puntos: Sitio a menos de 100 m de un camino asfaltado y con estacionamiento para buses.
- 3 puntos: Sitio a menos de 500 m de un camino asfaltado.
- 2 puntos: Sitio accesible en bus por camino de tierra.
- 1 punto: Sitio sin acceso directo por carretera, pero a menos de 1 km de un camino accesible por bus.

E. Densidad de población

Considera la densidad demográfica del municipio, la cual puede influir en la presión antrópica sobre el geosito.

- 4 puntos: Sitio en un municipio con más de 1.000 habitantes por km².
- 3 puntos: Entre 250 y 1.000 habitantes por km².
- 2 puntos: Entre 100 y 250 habitantes por km².
- 1 punto: Menos de 100 habitantes por km².

F. Urgencia física o legal (criterio complementario)

Este criterio se incorpora de forma complementaria a los propuestos por Brilha (2016), con el fin de considerar aspectos cualitativos que no forman parte explícita de dicha metodología, pero que resultan relevantes para la planificación de estrategias de geoconservación. En particular, se valora la inminencia de amenazas físicas como construcciones, erosión acelerada o vandalismo, así como la necesidad de una intervención legal inmediata para garantizar la protección del sitio.

Los niveles de evaluación propuestos son los siguientes:

- 4 puntos: Amenaza física inminente y sin protección legal vigente.
- 3 puntos: Amenaza física potencial y sin protección legal vigente.
- 2 puntos: Amenaza física menor o intermitente, con protección legal parcial.
- 1 punto: Sin amenazas físicas visibles y con protección legal efectiva.

Este criterio permite identificar situaciones de urgencia que requieren atención prioritaria en términos de conservación del patrimonio geológico.

Cada uno de los criterios descritos se califica con una puntuación de 1 a 4. La suma de los puntajes obtenidos permite establecer un valor total del riesgo de degradación, lo cual facilita la priorización de acciones de geoconservación para los distintos geositos evaluados.

3.3.2. Características del área de estudio

3.3.2.1. Ubicación y características generales

La comunidad de Yvyraty se encuentra en la zona rural del distrito de Itauguá, Departamento Central del Paraguay, al noreste del núcleo urbano. Esta localidad forma parte del área metropolitana de Asunción y presenta un entorno mixto urbano-rural, caracterizado por cerros como el Cerro Patiño y cursos de agua como el arroyo Yvyraty. Estos elementos naturales contribuyen tanto a la biodiversidad como a la geodiversidad del área, lo cual la posiciona como un sitio estratégico para la educación ambiental y la geoconservación.

3.3.2.2. Características de la población encuestada

De acuerdo con el Censo Nacional de Población y Viviendas del 2022, el distrito de Itauguá cuenta con una población total de 93.213 habitantes. Yvyraty, al ubicarse en una zona rural, presenta una densidad poblacional menor en comparación con el resto del distrito. La comunidad mantiene formas de vida tradicionales y un tejido social estrechamente vinculado a su entorno natural.

3.3.2.3. Infraestructura y servicios

Yvyraty dispone de servicios básicos como energía eléctrica, suministrada por la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), y agua potable, provista por juntas de saneamiento locales. En cuanto a infraestructura educativa, cuenta con instituciones como la Escuela Básica N.º 1020 Yvyraty y el Colegio Nacional Héroes del Chaco. En 2018, estas instituciones atendieron a más de 600 estudiantes (Ministerio de Educación y Ciencias [MEC], 2018), siendo la Escuela Básica N.º 1020 la más cercana al área de estudio.

3.3.2.4. Patrimonio geológico: Formación Vargas Peña

La Formación Vargas Peña, correspondiente al Grupo Itacurubí, se remonta al Silúrico Llandoveryano, con una antigüedad aproximada de 443 millones de años. Está compuesta principalmente por lutitas micáceas y alberga fósiles marinos de gran valor científico y didáctico, como trilobites, braquiópodos y graptolitos (Harrington, 1972). Estos afloramientos son accesibles desde la comunidad de Yvyraty, lo que refuerza su potencial como recurso educativo para la sensibilización sobre el patrimonio geológico.

3.3.2.5. Justificación del sitio de estudio

La elección de Yvyraty como área de estudio se fundamenta en su cercanía a afloramientos representativos de la Formación Vargas Peña, así como en la existencia de instituciones educativas que permiten la implementación de actividades de sensibilización ambiental. En particular, se priorizó la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty por ser la única institución primaria en la zona inmediata al sitio geológico y por contar con estudiantes del noveno grado, el último nivel de la Educación Escolar Básica, lo cual representa una oportunidad clave para generar conciencia en edades formativas.

3.3.2.6. Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en la Región Oriental del Paraguay, aproximadamente a 37 km de la ciudad de Asunción. Aflora en la cantera San Fernando y sus alrededores, situada en el distrito de Itauguá, Departamento Central, sobre la margen suroeste del lago Ypacaraí (Figura 4). Esta zona corresponde a la Formación Vargas Peña, perteneciente al Grupo Itacurubí, caracterizada por la presencia de lutitas caoliníticas blancas, altamente fosilíferas. Tanto los sedimentos como los fósiles hallados sugieren un ambiente de depósito de origen marino.

Vías de acceso: Desde la Ruta Mariscal José Félix Estigarribia (asfaltada), se accede mediante el desvío hacia el camino del MOPC, el cual cuenta con un tramo empedrado de aproximadamente 1 km hasta llegar a la Cantera Fosilífera.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

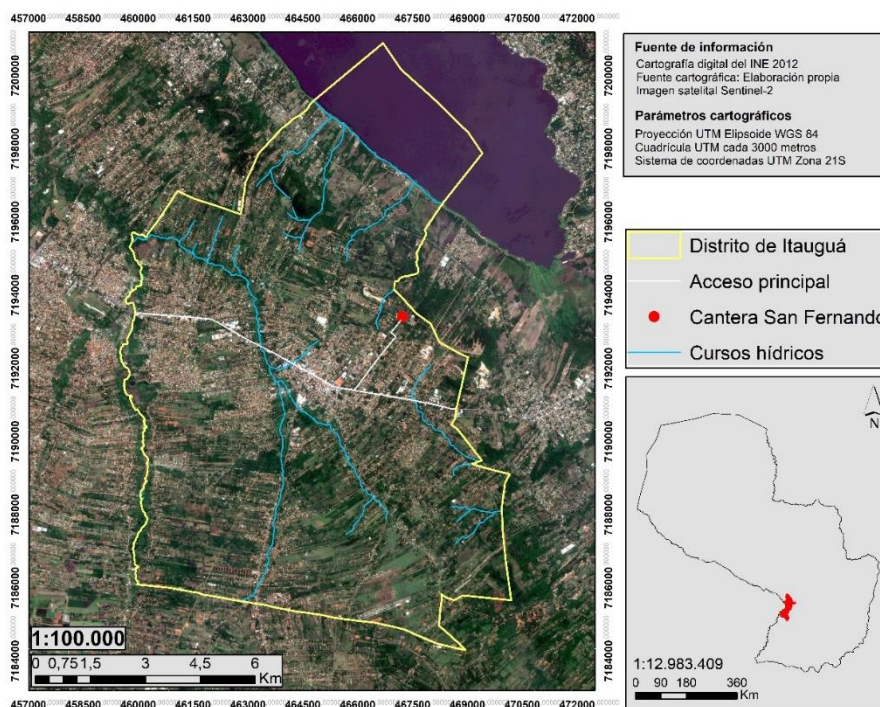


Figura 3: Mapa de ubicación del área de estudio en el distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay.

Fuente: Mapa elaborado por el autor con base en cartografía digital del Instituto Geográfico Militar (IGM, 2012) y mapa base de ESRI. Proyección UTM Elipsoide WGS 84, cuadrícula UTM cada 3000 metros, sistema de coordenadas UTM Zona 21S.

Dentro de la cantera principal denominada *San Fernando* y en sus inmediaciones, se identificaron varios geopuntos relevantes para esta investigación, ubicados en su mayoría en la compañía Yvyraty y uno en la compañía Cañadita, del distrito de Itauguá. A continuación, se detallan los geopuntos registrados (Tabla 2) y (Figura 5).

Tabla 2: Descripción de los geopuntos identificados dentro del geosito de interés

Geopuntos	Coordenadas UTM (E / N)	Altitud (m s.n.m.)	Compañía.	Densidad poblacional (hab/km ²) del Distrito
GP1	466776,38 E/7193065,6 N	114	Yvyraty	810,55
GP2	466972,13 E/7193072,45 N	118	Yvyraty	
GP3	466768,5 E/7193155,41 N	112	Yvyraty	
GP4	466913,93 E/7193258,18 N	120	Yvyraty	
GP5	467007,2 E/7193303,77 N	125	Yvyraty	
GP6	466742,29 E/7193377,92 N	116	Yvyraty	
GP7	466539,52 E/7193477,98 N	107	Yvyraty	
GP8	466548,23 E/7193571,16 N	107	Yvyraty	
GP9	466445,42 E/7193517,29 N	109	Yvyraty	
GP10	466076,48 E/7193652,36 N	101	Cañadita	

Fuente: Elaboración propia. Las coordenadas se encuentran expresadas en el sistema UTM, zona 21J (Datum WGS 84). La altitud se presenta en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.).

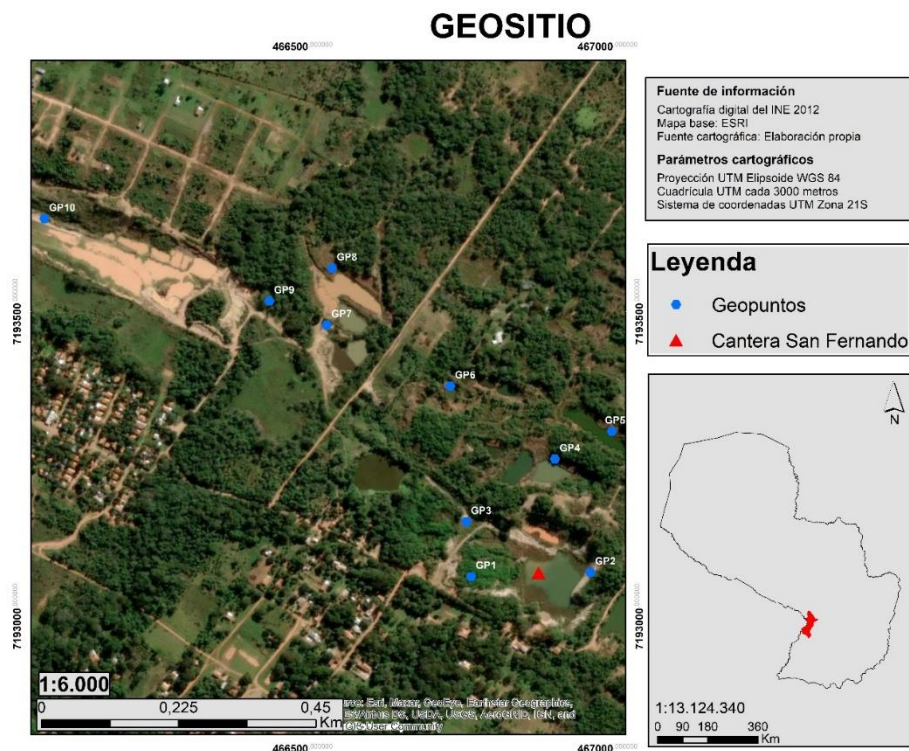


Figura 4: Geositio con localización de geopuntos y Cantera San Fernando, utilizados para el análisis de fragilidad y vulnerabilidad geológica en la Formación Vargas Peña, distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay.

Fuente: Mapa elaborado por el autor con base en cartografía digital del Instituto Geográfico Militar (IGM, 2012) y mapa base de ESRI.
Proyección UTM Elipsoide WGS 84, cuadrícula UTM cada 3000 metros, sistema de coordenadas UTM Zona 21S.

3.3.2.7. Demografía

Itauguá cuenta con una población estimada de un total de 93.213 habitantes, según los últimos datos censales. La densidad poblacional ha crecido debido a la expansión urbana desde el área metropolitana de Asunción. La mayoría de la población se distribuye en zonas residenciales y semiurbanas (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos [DGEEC], 2022).

3.3.2.8. Situación socioeconómica

La economía local se basa principalmente en el comercio, la pequeña industria y los servicios. Itauguá es conocida por su producción artesanal de ñandutí, lo que también aporta a la economía cultural y turística del distrito. No obstante, persisten desigualdades en el acceso a servicios básicos y empleo formal, especialmente en sectores más alejados del centro urbano (Ministerio de Hacienda, 2022).

3.3.2.9. Clima y geografía

El clima del área corresponde al tipo subtropical húmedo, con precipitaciones bien distribuidas durante el año y temperaturas que oscilan entre los 17 °C y 30 °C. Geográficamente, el terreno se caracteriza por colinas suaves, suelos rojos lateríticos y la presencia de formaciones sedimentarias que afloran en la región. La zona es parte del sistema hidrográfico del lago Ypacaraí y presenta condiciones ambientales sensibles a la intervención antrópica (Meteorología e Hidrología - DINAC, 2021).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población de la muestra

La población considerada en esta investigación corresponde a los habitantes de la comunidad de Yvyraty, ubicada en la zona rural del distrito de Itauguá, Departamento Central del Paraguay. Esta comunidad, de carácter semiurbano y tradicional, forma parte del área metropolitana de Asunción y se encuentra próxima a afloramientos de la Formación Vargas Peña, una unidad geológica de alto valor científico y educativo.

En este estudio se contemplan dos grupos poblacionales estratégicos: por un lado, los pobladores adultos cercanos a la cantera San Fernando, quienes participaron en la validación del instrumento de recolección de datos mediante una encuesta piloto aplicada a 30 personas; y, por otro lado, los estudiantes del

noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty, quienes constituyen el público objetivo de las actividades de sensibilización en geoconservación. Esta selección responde tanto a la cercanía geográfica con el sitio de estudio como al hecho de que el noveno grado representa el último nivel de la educación escolar básica, lo cual permite un abordaje educativo más efectivo y pertinente.

Esta articulación entre la comunidad, el entorno natural y el sistema educativo convierte a Yvyraty en un contexto idóneo para analizar la percepción social y el impacto de estrategias de conservación del patrimonio geológico.

3.5. Impresión en 3D de fósiles

El estudio de Saorín *et al.*, (2016) se desarrolló bajo una metodología práctica dividida en varias fases claramente definidas:

- **Selección de fósiles:** Se eligieron especímenes fósiles marinos representativos del patrimonio paleontológico de Canarias, considerando su valor educativo y estado de conservación.
- **Captura de los modelos 3D:** Para la digitalización de los fósiles, se utilizaron dos métodos principales:
 - **Fotogrametría digital**, consistente en la toma de múltiples fotografías desde diferentes ángulos, las cuales fueron procesadas con software especializado (como *Agisoft Photoscan*) para generar modelos tridimensionales.
 - **Escaneo 3D** con escáneres de bajo coste, en algunos casos adaptados artesanalmente, que permitieron captar con precisión las formas y detalles de las piezas.
- **Edición digital:** Los modelos generados se editaron con programas como *MeshLab* y *Blender*, los cuales permitieron reparar errores de malla, simplificar estructuras y preparar los archivos para la impresión.

- **Impresión 3D:** Se utilizaron impresoras 3D de bajo coste (como *RepRap* y *Prusa i3*) que empleaban filamento PLA, un material económico y biodegradable. Los modelos impresos fueron usados en entornos educativos como réplicas manipulables.

- **Creación de la colección online:** Los modelos digitales fueron alojados en una plataforma web accesible al público general y a instituciones educativas. Los archivos podían visualizarse en 3D, descargarse o integrarse en recursos didácticos.

- **Aplicación educativa:** Los modelos fueron empleados en diversas actividades pedagógicas con alumnos de distintos niveles educativos, evaluando su utilidad como herramienta didáctica en el aprendizaje de la paleontología.

Este enfoque metodológico destaca por su viabilidad técnica y económica, siendo adaptable a distintos contextos donde se busque valorizar el patrimonio geológico o paleontológico a través de recursos accesibles.

3.5.1. Evaluación y verificación de modelos tridimensionales en geoconservación

La generación de modelos tridimensionales de fósiles con fines educativos y de conservación requiere una etapa de validación mediante software especializado. Herramientas como MeshLab y Blender, utilizadas en estudios como el de Saorín *et al.*, (2016), permiten analizar la calidad geométrica y topológica de las réplicas digitales, corregir errores de malla y preparar los archivos para impresión 3D. Estas aplicaciones facilitan la detección de imperfecciones que podrían comprometer la fidelidad del modelo respecto al espécimen original, garantizando así la precisión, proporción y utilidad de las réplicas.

Además, la verificación de precisión incluye la comparación entre los modelos digitales y los fósiles originales, empleando técnicas como escaneo 3D, fotogrametría y análisis de ajuste morfológico. Este proceso puede

complementarse con validaciones por parte de expertos o docentes, asegurando que las réplicas sean herramientas efectivas para la educación y la preservación del patrimonio geológico (Saorín *et al.*, 2016).

3.6. Percepción de los estudiantes sobre la importancia de la conservación del patrimonio

3.6.1. Formulario de encuesta, para el antes y después de la realización del taller de sensibilización. Diseño y validación del instrumento de recolección de datos

Como parte del proceso metodológico, se elaboró inicialmente un formulario de encuesta estructurado con ítems cerrados en escala de Likert, diseñado para ser aplicado antes y después del taller de sensibilización. Este instrumento buscó evaluar el nivel de conocimiento, percepción y grado de participación de los encuestados respecto a la conservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña.

Con el objetivo de validar la claridad, pertinencia y coherencia interna del cuestionario, se procedió a la aplicación de una encuesta piloto. Esta fase involucró a un grupo de 30 pobladores adultos residentes en las inmediaciones de la cantera San Fernando, cuya cercanía al geositio y conocimiento contextual aportaron insumos relevantes para la validación inicial del instrumento.

Posteriormente, se evaluó la fiabilidad interna del cuestionario mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach para cada una de sus secciones. Esta prueba estadística permitió analizar la consistencia interna de los ítems, determinando el grado de correlación entre ellos y su capacidad para medir constructos homogéneos. Según los criterios de interpretación comúnmente aceptados (George & Mallery, 2003; Tavakol & Dennick, 2011), los valores obtenidos fueron evaluados para garantizar una fiabilidad adecuada del instrumento.

Los resultados del análisis de fiabilidad fueron los siguientes:

Sección A – Conocimientos: $\alpha = 0.7219$, considerado de buena fiabilidad. Se detectó que el ítem A4 no aportó varianza al análisis, por lo que se recomienda su revisión para optimizar el instrumento.

Sección B – Percepción: $\alpha = 0.996$, indicando una fiabilidad excelente, aunque posiblemente con redundancia entre algunos ítems.

Sección C – Participación: $\alpha = 0.816$, lo que representa una buena consistencia interna entre los ítems de esta dimensión.

Sección D – Impresión 3D: $\alpha = 0.793$, también clasificado como bueno, respaldando su inclusión como parte de las estrategias de sensibilización.

Una vez validado el formulario, se procedió a su aplicación definitiva con el público objetivo del estudio: estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty, situada en las cercanías del geositio. Esta población fue seleccionada estratégicamente por representar el último nivel de la educación escolar básica, permitiendo así implementar un enfoque educativo adaptado a su nivel formativo y contexto territorial.

Finalmente, el análisis estadístico aplicado en este estudio se basó en la estadística descriptiva, empleando un diseño pre-experimental de medición antes y después del taller de sensibilización. Como herramienta para el procesamiento y análisis de los datos recolectados, se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), programa estadístico que permitió el cálculo automatizado de estadísticos descriptivos, la generación de tablas de frecuencias y la elaboración de gráficos comparativos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Identificación de factores de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

En este apartado se presentan las fichas de caracterización de inventario de geopuntos para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá, conforme a Brilha (2016, 2022). (Tablas desde el 3 al 12).

Tabla 1: Ficha de inventario del geopunto N°1, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos						
Nº: 1	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto N° 1					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466776,38 E	7193065,6 N	Cota:	114 m	Nominación:	GP1
Propietario	Publico	Estatal	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1		
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial	4	3	2	1		

para causar degradación				
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1
D. Accesibilidad	4	3	2	1
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1
Otros datos relevantes	Durante el reconocimiento de campo se observó el contacto estratigráfico entre el afloramiento correspondiente a la Formación Vargas Peña y un horizonte superior compuesto por arena arcillosa, con un espesor estimado de aproximadamente un metro. Este nivel superior presenta una cobertura vegetal densa, especialmente en la parte alta del talud. En la base del mismo, se registró la presencia de una acumulación de agua, lo que podría indicar procesos de escorrentía superficial o de infiltración asociados al material sedimentario expuesto.			



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 2: Ficha de inventario del geopunto N°2, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos						
N°: 2	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto N° 2					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466972,13 E	7193072,45 N	Cota:	118 m	Nominación:	GP2
Propietario	Publico	Estatat	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1		
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	2	1		
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1		
D. Accesibilidad	4	3	2	1		
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1		
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1		
Otros datos relevantes	Se identificaron lutitas pertenecientes a la Formación Vargas Peña con estratos visiblemente inclinados, los cuales se encuentran en contacto discordante (discordancia angular) con depósitos suprayacentes correspondientes a la Formación Patiño del Grupo Asunción. La parte superior del afloramiento presenta cobertura vegetal, mientras que en la zona baja se observa una acumulación de agua, posiblemente asociada a procesos de escorrentía o retención en depresiones topográficas.					



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 3: Ficha de inventario del geopunto N°3, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos						
Nº: 3	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto N° 3					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466768,5 E	7193155,41 N	Cota:	112 m	Nominación:	GP3
Propietario	Publico	Estatal	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1		
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	2	1		
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1		
D. Accesibilidad	4	3	2	1		

E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1
Otros datos relevantes	Se observaron lutitas correspondientes a la Formación Vargas Peña, se identificó una capa de óxido de hierro, posiblemente relacionada con procesos de meteorización o circulación de fluidos mineralizantes. La parte superior del afloramiento muestra cobertura vegetal, mientras que en la zona baja se registra acumulación de agua, lo que podría deberse a retención en zonas deprimidas o a escurrimiento superficial.			



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 4: Ficha de inventario del geopunto N°4, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos						
Nº: 4	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto N° 4					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466913,93 E	7193258,18 N	Cota:	120 m	Nominación:	GP4
Propietario	Publico	Estatal	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:

Fragilidad y vulnerabilidad				
A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	2	1
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1
D. Accesibilidad	4	3	2	1
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1
Otros datos relevantes	Se observaron areniscas correspondientes a la Formación Eusebio Ayala con buzamiento definido. En estos estratos se identificaron trazas fósiles atribuibles a <i>Cruziana</i> y <i>Skolithos</i> , lo que sugiere un ambiente de sedimentación somero y bien oxigenado, posiblemente de tipo marino marginal. La parte alta del afloramiento presenta cobertura vegetal, mientras que en la zona baja se evidencia acumulación de agua, probablemente vinculada a escorrentía superficial o a la morfología del relieve.			



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 5: Ficha de inventario del geopunto N°5, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá

Inventario de Geopuntos						
N°: 5	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto N° 5					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	467007,2 E	7193303,77 N	Cota:	125 m	Nominación:	GP5
Propietario	Publico	Estatal	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1		
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	2	1		
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1		
D. Accesibilidad	4	3	2	1		
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1		
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1		
Otros datos relevantes	Se identificaron areniscas de la Formación Eusebio Ayala con evidencias de intensa meteorización, caracterizadas por numerosas fracturas y estructuras de fallamiento. Los planos estructurales presentan rumbos y buzamientos medidos en N 60° W, N 30° E y 45° NE, lo que indica un sistema tectónico complejo posiblemente vinculado a eventos posteriores a la sedimentación. En el mismo afloramiento se reconoce la presencia de lutitas correspondientes a la Formación Vargas Peña. La zona alta del perfil cuenta con abundante cobertura vegetal, mientras que en la parte baja se observa acumulación de agua, probablemente asociada a la topografía y a procesos de escurrimiento o retención superficial					



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 6: Ficha de inventario del geopunto N°6, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos						
Nº: 6	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto Nº 6					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466742,29 E	7193377,92 N	Cota:	116 m	Nominación:	GP6
Propietario	Publico	Estatal	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4		3	2	1	
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4		3	2	1	
C. Protección: física y/o legal	4		3	2	1	

D. Accesibilidad	4	3	2	1
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1
Otros datos relevantes	Se observó un escarpe de falla que afecta a las areniscas de la Formación Eusebio Ayala, las cuales se encuentran en contacto tectónico con las lutitas de la Formación Vargas Peña. La dirección de la falla fue medida en N 10° W, lo que indica una orientación predominante del plano de ruptura. La parte superior del escarpe presenta cobertura vegetal, mientras que en la parte baja se identificó acumulación de agua, posiblemente relacionada con la morfología del relieve y la retención en zonas deprimidas asociadas a la estructura.			



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 7: Ficha de inventario del geopunto N°7, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos						
Nº: 7	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto N° 7					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466539,52 E	7193477,98 N	Cota:	107 m	Nominación:	GP7

Propietario	Publico	Estatad	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro :
-------------	---------	---------	-----------	---------	-------------------	-----------

Fragilidad y vulnerabilidad

A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	2	1
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1
D. Accesibilidad	4	3	2	1
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1
Otros datos relevantes	Se observó una discordancia entre la Formación Patiño y la Formación Vargas Peña, evidenciada por una clara discontinuidad estratigráfica. El afloramiento presenta signos de deterioro, presumiblemente ocasionados por la acumulación persistente de agua en forma de una laguna local, lo cual ha favorecido procesos de erosión y debilitamiento del material expuesto. La cobertura vegetal en la zona es escasa, lo que podría estar relacionado tanto con las condiciones de anegamiento como con la naturaleza del sustrato.			



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 8 : Ficha de inventario del geopunto N°8, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos						
N°: 8	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto N° 8					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466548,23 E	7193571, 16 N	Cota:	107 m	Nominación:	GP8
Propietario	Publico	Estatul	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1		
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	2	1		
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1		
D. Accesibilidad	4	3	2	1		
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1		
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1		
Otros datos relevantes	En el sitio se identificó la presencia superpuesta de tres unidades litoestratigráficas: la Formación Eusebio Ayala, la Formación Vargas Peña y la Formación Patiño. La secuencia expuesta permite observar sus relaciones de contacto, lo que representa un punto de interés para el análisis estratigráfico local. La parte alta del afloramiento presenta cobertura vegetal, mientras que en la zona baja se registró acumulación de agua, posiblemente debido a escorrentía o a la morfología del terreno, que favorece la retención hídrica en sectores deprimidos					



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 9: Ficha de inventario del geopunto N°9, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos						
Nº: 9	Fecha: 17-05-2025		Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz			
Nombre	Geopunto N° 9					
Ubicación						
Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466445,42 E	7193517,29 N	Cota:	109 m	Nominación:	GP9
Propietario	Publico	Estatal	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4		3	2	1	
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4		3	2	1	

C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1
D. Accesibilidad	4	3	2	1
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1
Otros datos relevantes	En el área se constató actividad extractiva activa, lo que ha generado evidentes movimientos de masa y modificaciones en la morfología del terreno. Estas alteraciones afectan tanto al paisaje geológico como al territorio asociado a la biodiversidad local. Se identificó la presencia de materiales correspondientes a la Formación Vargas Peña y la Formación Patiño. La parte alta del sitio conserva cierta cobertura vegetal, mientras que en la parte baja se observa acumulación de agua, posiblemente asociada a procesos de escorrentía y a las perturbaciones antrópicas del entorno.			



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Tabla 10: Ficha de inventario del geopunto N°10, para la evaluación de fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de Itauguá.

Inventario de Geopuntos		
Nº: 10	Fecha: 17-05-2025	Responsable: Carlos Antonio Espínola Ruíz
Nombre	Geopunto Nº 10	
Ubicación		

Departamento	Central	Distrito	Itauguá	Compañía	Yvyraty	
Coordenadas en UTM	466076,48 E	7193652,36 N	Cota:	101 m	Nominación:	GP10
Propietario	Publico	Estatal	Municipal	Privado	Área Protegida	Otro:
Fragilidad y vulnerabilidad						
A. Deterioro de elementos geológicos	4	3	2	1		
B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	2	1		
C. Protección: física y/o legal	4	3	2	1		
D. Accesibilidad	4	3	2	1		
E. Densidad de población, compañía.	4	3	2	1		
F. Urgencia de protección: física y/o legal	4	3	2	1		
Otros datos relevantes	Se identifica una explotación activa del área, así como movimientos de masa y presencia significativa de biodiversidad. La zona presenta actividad antrópica notable y se encuentran expuestas tanto la Formación Vargas Peña como la Formación Patiño. Estas formaciones geológicas muestran diversas capas de oxidación con tonalidades que varían entre blanco, amarillo, rojo, morado y azul. En la parte alta del terreno predomina la cobertura vegetal, mientras que en la zona baja se observa acumulación de agua.					



Fuente: Fotografía propia. Tabla elaborada por el autor, adaptada de Brilha (2016, 2022).

Considerando los datos analizados en las (Tablas 3 a 12), que sirvieron de base para la evaluación individual de la fragilidad y vulnerabilidad de los geopuntos, en la (Tabla 13) se presentan los valores ponderados finales, los cuales permiten interpretar de forma integrada el nivel de riesgo asociado a cada punto evaluado. Complementariamente, la (Figura 6) expone el mapa de fragilidad y vulnerabilidad, facilitando la comprensión espacial de los resultados y permitiendo identificar las zonas más comprometidas dentro del geosito.

Tabla 11: Evaluación de fragilidad y vulnerabilidad en los geopuntos de la Formación Vargas Peña de Itauguá

Fuente: Geopuntos numerados del GP1 al GP10. Elaboración propia, adaptada del modelo propuesto por Brilha (2016).

Geositos / Sitios de Geodiversidad/Geopuntos		GEOPUNTOS DE LA FORMACIÓN VARGAS PEÑA DE ITAUGUÁ									
		GEOPUNTO N° 1. GP1	GEOPUNTO N° 2. GP2	GEOPUNTO N° 3. GP3	GEOPUNTO N° 4. GP4	GEOPUNTO N° 5. GP5	GEOPUNTO N° 6. GP6	GEOPUNTO N° 7. GP7	GEOPUNTO N° 8. GP8	GEOPUNTO N° 9. GP9	GEOPUNTO N° 10. GP10
Criterios Geológicos	A. Deterioro de elementos geológicos	3	2	3	2	2	4	4	3	4	3
	B. Proximidad a zonas/actividades con potencial para causar degradación	4	3	3	2	2	2	4	3	4	4
	C. Protección: física y/o legal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	D. Accesibilidad	3	4	4	4	4	4	2	4	4	3
	E. Densidad de población, compañía.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	F. Urgencia de protección: físicay/o legal	4	4	4	3	1	3	3	3	4	3
Ponderado		3.6	3.6	3.6	3.2	2.8	3.2	3.2	3.4	3.8	3.4

MAPA DE FRAGILIDAD Y VULNERABILIDAD

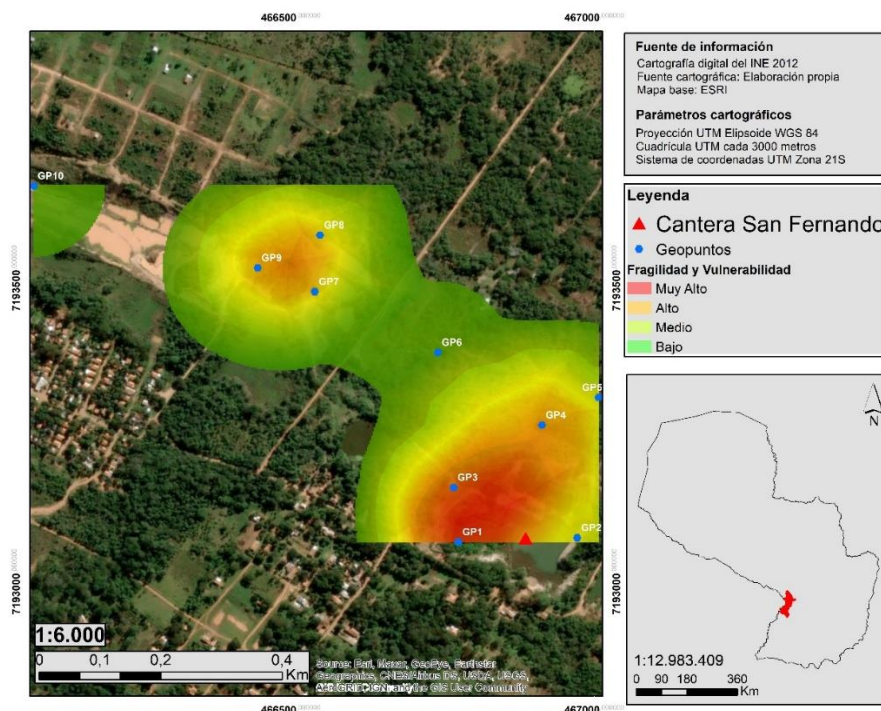


Figura 5: Mapa de la fragilidad y vulnerabilidad geológica del geosito en la Formación Vargas Peña, distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay.

Fuente: Elaboración propia basada en cartografía digital del Instituto Geográfico Militar (IGM, 2012) y mapa base de ESRI. El mapa utiliza una representación tipo mapa de calor, donde los colores indican niveles de vulnerabilidad: rojo (muy alto), naranja (alto), amarillo (medio) y verde (bajo). Proyección UTM, Elipsoide WGS 84, sistema de coordenadas UTM Zona 21S, con cuadrícula cada 3000 metros.

4.1.2. Creación de modelos 3D de fósiles representativos

Con el objetivo de generar réplicas tridimensionales que sirvan como herramientas didácticas sin comprometer la integridad de los fósiles originales, se seleccionaron ejemplares representativos hallados en la cantera San Fernando, perteneciente a la Formación Vargas Peña. El proceso comenzó con la captura de imágenes detalladas de los fósiles mediante un teléfono celular iPhone 12 Pro Max, aprovechando su cámara de alta resolución. Para lograr un escaneo

tridimensional, se utilizó la aplicación gratuita 3D Scanner App, instalada en el mismo dispositivo, realizando múltiples tomas desde distintos ángulos para una reconstrucción digital precisa.

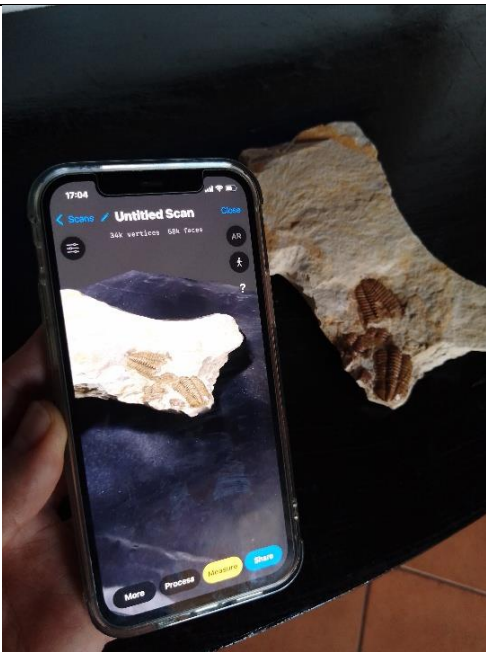
Las imágenes escaneadas fueron exportadas y procesadas en el software libre Ultimaker Cura 4.0, que permitió editar, escalar y preparar los modelos para su impresión. Esta etapa incluyó el ajuste de parámetros técnicos necesarios para garantizar la calidad y fidelidad de las réplicas.

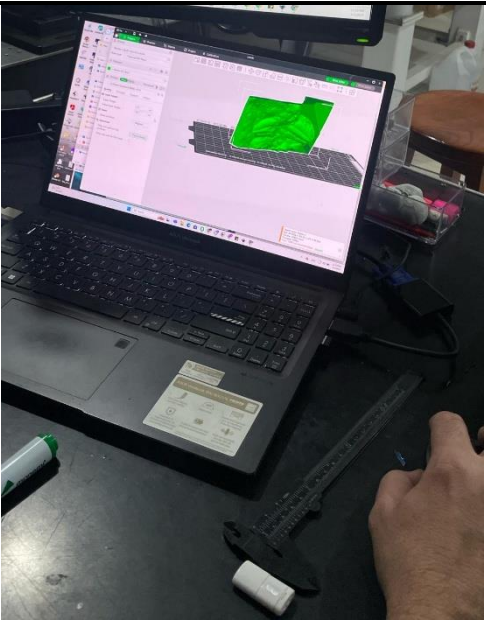
La impresión 3D se realizó en el Laboratorio de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, utilizando una impresora Bambu Lab A1, un modelo de escritorio que cuenta con calibración automática, conectividad inalámbrica, compatibilidad con diversos tipos de filamento (como PLA, PETG y TPU), y una pantalla táctil a color que facilita su operación. Se empleó filamento adecuado para esta impresora, asegurando la resistencia y el detalle de las piezas producidas.

Este proceso permitió obtener réplicas tridimensionales exactas de los fósiles, que serán utilizadas como recurso tangible en las actividades educativas y de sensibilización comunitaria.

En la (Tabla 14) se presenta el proceso desarrollado para la obtención de réplicas de fósiles, que comprende desde la selección de los ejemplares originales hasta la producción final de los modelos tridimensionales mediante impresión 3D. Estas réplicas constituyen una herramienta didáctica clave que será utilizada durante el taller de sensibilización, como parte de las estrategias de geoconservación propuestas en este trabajo. Su implementación no solo facilita la comprensión del patrimonio geológico por parte de la comunidad educativa, sino que también promueve una mayor valoración y apropiación de este recurso natural, contribuyendo así a su preservación a largo plazo.

Tabla 12: Procedimiento para la obtención de réplicas en impresión 3D del fósil de trilobites y braquiópodos.

Etapas del proceso	Descripción del procedimiento	Herramientas utilizadas	Espacio para las Fotografías.
1. Observación del fósil original.	Se seleccionó un fósil marino de trilobites hallado en la cantera San Fernando, correspondiente a la Formación Vargas Peña.	Fósil original (trilobites).	
2. Escaneo 3D con celular	Se realizó el escaneo del fósil mediante la captura de múltiples fotografías desde diferentes ángulos, generando un modelo tridimensional.	iPhone 12 Pro Max, App “3D Scanner App” (gratuita)	

3. Edición digital del modelo 3D	El modelo escaneado fue procesado digitalmente para corregir errores, ajustar detalles y preparar el archivo para impresión.	Software “Ultimaker Cura 4.0”	
4. Impresión 3D del modelo	Se realizó la impresión del modelo 3D utilizando tecnología FDM, con filamento PLA azul. El equipo se encuentra en el laboratorio de Física de la FACEN-UNA.	Impresora “Bambu Lab A1” -Resolución: hasta 50 micrones -Tecnología: FDM - Material: PLA.	

5. Resultado final	Se obtuvo la réplica tridimensional del fósil de trilobites, conservando los detalles principales. Este modelo será usado como recurso educativo en talleres.	Modelo impresa en 3D	
--------------------	---	----------------------	--

De la misma manera se obtuvieron dos ejemplares más, uno de trilobites y braquiópodo.

6. Resultado final	Se obtuvo la réplica tridimensional del fósil de trilobites de tamaño más pequeño que el anterior, conservando los detalles	Modelo impresa en 3D	
--------------------	---	----------------------	--

	principales. Este modelo será usado como recurso educativo en talleres.		
7. Resultado final	Se obtuvo la réplica tridimensional del fósil de braquiópodo, conservando los detalles principales. Este modelo será usado como recurso educativo en talleres.	Modelo impresa en 3D	

La siguiente impresión en 3D es de trilobites, se obtuvo del "Modelo 3D por defecto del software Bambu Studio V 2.0.1.50", preparado con fines didácticos.

8. Resultado final	Se obtuvo la réplica tridimensional del fósil de trilobites, conservando los detalles principales. Este modelo será usado como recurso educativo en talleres.	Modelo impresa en 3D	
Utilización del resultado N° 8, para realizar réplicas de Trilobites con ayuda de plastilina.			

9. Resultado final	El procedimiento consiste en la impresión de réplicas fósiles en 3D a partir de modelos digitales, utilizando filamento PLA. Luego, se emplea plastilina para obtener impresiones al presionarla sobre las réplicas, simulando la formación de moldes fósiles en sedimentos blandos. Esta técnica permite ilustrar de	Modelo impreso en 3D, réplica con plastilina.	
--------------------	--	--	--

	forma tangible los procesos de fosilización y conservación geológica.		
--	---	--	--

Fuente: Fotografías propias. Tabla elaborada por el autor, basada en Saorín et al. (2016).

4.1.3. Organización del taller de sensibilización en la Escuela Básica N° 1020 Yvyraty de Itauguá.

A partir de los resultados de la encuesta piloto, se elaboró una nota formal dirigida a la dirección de la institución educativa solicitando autorización para la implementación del taller. La solicitud fue aceptada favorablemente, y se acordó la realización del evento para el lunes 12 de mayo de 2025, en horario de 07:30 a 08:30 horas, dentro de las instalaciones de la escuela.

Con el objetivo de fomentar la participación e interés del estudiantado, se diseñó un afiche informativo titulado Taller Educativo: Geoconservación y Patrimonio Geológico de Itauguá, que destacaba los fósiles marinos del período Silúrico y el uso de tecnología 3D como herramienta innovadora en la educación ambiental. Estos afiches fueron colocados en lugares visibles dentro del entorno escolar, y además se difundieron a través de las redes sociales oficiales del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, logrando una mayor visibilidad y alcance.

Durante la jornada del taller, se desarrollaron charlas introductorias sobre geología y geoconservación, seguidas de actividades prácticas e interactivas, que incluyeron el uso de réplicas fósiles impresas en 3D y otros materiales didácticos elaborados previamente. Se promovió la participación activa del alumnado mediante dinámicas grupales, juegos educativos y ejercicios guiados. Asimismo,

se aplicaron encuestas estructuradas en escala Likert antes y después del taller, con el fin de medir el nivel de conocimiento y la percepción de los estudiantes sobre la importancia de conservar el patrimonio geológico local.

Esta actividad formó parte de un proyecto de extensión universitaria vinculado a la carrera de Geología, lo que permitió la participación activa de estudiantes universitarios como colaboradores en las tareas logísticas y pedagógicas del evento. De este modo, se promovió el fortalecimiento de la formación académica con enfoque social, integrando ciencia, educación y comunidad.

El propósito fundamental de esta jornada fue despertar una conciencia colectiva sobre el valor del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña, incentivando su aprecio, comprensión y protección mediante un enfoque participativo, inclusivo y contextualizado. Taller de sensibilización (Figura 7).



Figura 6: Exposición sobre la protección del patrimonio geológico frente a alumnos del noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de la compañía Yvyraty, distrito de Itauguá
Fuente: Fotografía propia, 2025.

4.1.4. Desarrollo de material educativo para el taller.

Con el propósito de contribuir al logro del objetivo específico de conocer la percepción de los estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty sobre la importancia de la conservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña, se diseñó e implementó un taller educativo adaptado a su nivel de comprensión.

Los recursos utilizados en el taller incluyeron modelos tridimensionales elaborados a partir de fósiles reales hallados en la Formación Vargas Peña, los cuales sirvieron como base para la creación de materiales didácticos tanto impresos como digitales. Estos fueron específicamente diseñados para facilitar la sensibilización de los estudiantes en torno al valor científico y cultural del patrimonio geológico local.

La elaboración de réplicas fósiles mediante tecnología de impresión 3D fue posible gracias al apoyo técnico del Laboratorio de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. Las réplicas incluyeron ejemplares representativos de trilobites y braquiópodos, y fueron impresas en distintos tamaños, lo que permitió su manipulación directa por parte de los estudiantes sin comprometer la integridad de los especímenes originales. Complementariamente, se exhibieron fósiles reales recolectados en la cantera San Fernando del distrito de Itauguá, posibilitando una comparación directa entre los originales y sus réplicas tridimensionales.

Con el objetivo de reforzar el aprendizaje a través de la experiencia práctica, se desarrolló una actividad didáctica utilizando plastilina. En esta dinámica, los estudiantes generaron impresiones negativas presionando la plastilina sobre las réplicas fósiles, lo que permitió ilustrar de forma tangible el proceso de formación de moldes fósiles en sedimentos arcillosos, como los que caracterizan a la Formación Vargas Peña. Esta actividad favoreció la comprensión de los procesos de fosilización y de conservación geológica.

En cuanto a los materiales digitales, se preparó una presentación en PowerPoint con fotografías originales del geosito y de los fósiles identificados, con el fin de ilustrar visualmente la relevancia científica y patrimonial del área. Además, se diseñaron fichas didácticas ilustradas, infografías y recursos audiovisuales proyectables, que abordaron los siguientes contenidos en un lenguaje claro y accesible para los estudiantes:

- ¿Qué es la geología?
- ¿Qué es la Formación Vargas Peña?
- ¿Qué son los fósiles y cuáles se encuentran en Itauguá?
- ¿Qué es el patrimonio geológico y por qué es importante conservarlo?
- ¿Qué es un geosito?
- ¿Qué es la geoconservación?
- ¿Qué amenazas enfrenta el sitio y cómo puede contribuir la comunidad?
- ¿Qué es la impresión 3D y cómo se utilizó en el taller?

El taller tuvo como objetivo principal conocer la percepción y la disposición de los estudiantes hacia la conservación del patrimonio geológico. Para ello, se aplicaron encuestas estructuradas con escala tipo Likert antes y después de la actividad, diseñadas en lenguaje accesible y adaptadas al nivel educativo del grupo. Los ítems abordaron temáticas como conocimientos generales sobre geología y fósiles, valoración del patrimonio geológico, grado de compromiso comunitario y percepción sobre el uso de tecnologías como la impresión 3D en la educación y conservación geológica. La comparación entre los resultados del pretest y posttest permitió evaluar el impacto del taller como estrategia de sensibilización.

4.1.5. Resultados de datos de las encuestas antes y después del taller de sensibilización.

Esta sección presenta el análisis cuantitativo de los resultados obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, del distrito de Itauguá, antes y después de su participación en el taller de sensibilización sobre el patrimonio geológico local. El propósito del análisis es evaluar el impacto de la intervención educativa en cuatro dimensiones clave: conocimiento (Sección A), percepción (Sección B), participación comunitaria (Sección C) e impresión del modelo tridimensional de fósiles (Sección D).

Cada subsección incluye tablas con estadísticos descriptivos, frecuencias absolutas y relativas, así como figuras comparativas que permiten identificar patrones, cambios y niveles de mejora en las respuestas de los participantes (Tablas desde el 15 al 35) y las (Figuras desde el 8 al 24). Los resultados se interpretan en función de las medias, medianas, modas y desviaciones típicas, lo que facilita una comprensión integral del efecto del taller en el fortalecimiento del vínculo entre los estudiantes y el patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña.

Tabla 13: Estadísticos descriptivos de la Sección A; Conocimientos antes y después del taller de sensibilización.

Estadísticos	ANTES DEL TALLER				DESPUÉS DEL TALLER			
	Conozco que es la geología	Conozco qué es el patrimonio geológico	Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles	He oído hablar de la Formación Vargas Peña	Conozco que es la geología	Conozco qué es el patrimonio geológico	Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles	He oído hablar de la Formación Vargas Peña
N	38	38	38	38	38	38	38	38
Media	1,71	1,50	2,29	1,34	4,89	4,89	5.00	4,97

Mediana	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Moda	1	1	1	1	5	5	5	5
Desv. típ.	1,313	1,033	1,707	0,966	0,000	0,311	0,000	0,162

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Sección A: Conocimiento

En la (Tabla 15), se visualiza datos estadísticos descriptivos que muestran un aumento significativo en los niveles de conocimiento de los encuestados tras la realización del taller. Las medias de todos los ítems evaluados se incrementaron considerablemente.

“Conozco qué es la geología” pasó de una media de 1,71 a 4,89.

“Conozco qué es el patrimonio geológico” aumentó de 1,50 a 4,89.

“Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles” se elevó de 2,29 a 5,00.

“He oído hablar de la Formación Vargas Peña” creció de 1,34 a 4,97.

En todos los casos, la mediana cambió de 1,00 (mínimo en la escala) a 5,00 (máximo), lo que indica que más del 50% de los participantes alcanzó el nivel más alto de conocimiento posterior al taller.

Asimismo, la moda en todos los ítems fue 1 antes del taller y 5 después, lo que confirma una tendencia clara de mejora generalizada en las respuestas.

La desviación típica disminuyó notablemente tras la intervención, pasando de valores altos (entre 0,966 y 1,707) a valores mínimos (entre 0,000 y 0,311), lo que sugiere una menor dispersión en las respuestas y una mayor homogeneidad en los niveles de conocimiento adquiridos.

Tabla 14: Frecuencias absolutas y relativas de las respuestas al ítem A1: “Conozco qué es la geología”, antes y después del taller de sensibilización

Ítem A1. Conozco que es la geología				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	27	71,1	0	0
En desacuerdo	4	10,5	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1	2,6	0	0
De acuerdo	3	7,9	4	10,5
Totalmente de acuerdo	3	7,9	34	89,5
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025). fr = frecuencia absoluta; % = porcentaje.

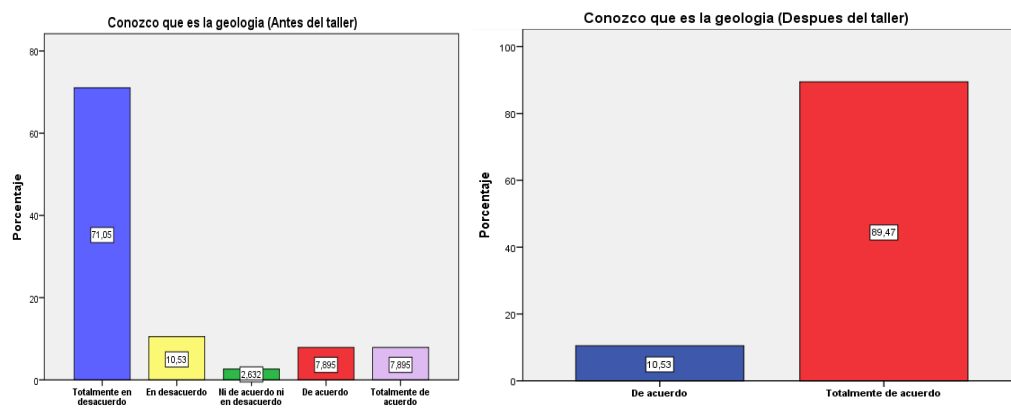


Figura 7: Distribución de respuestas al ítem A1: “Conozco qué es la geología”, antes y después del taller de sensibilización

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem A1: Conozco qué es la geología

En la (Tabla 16) y la (Figura 8), se interpreta los siguientes resultados que muestran una variación notable en las respuestas antes y después del taller.

Antes del taller, el 71,1% de los encuestados indicó estar totalmente en desacuerdo con conocer qué es la geología, seguido por un 10,5% que respondió en desacuerdo. Solo el 15,8% manifestó algún grado de acuerdo.

Después del taller, el 89,5% de los participantes seleccionó la opción totalmente de acuerdo y el 10,5% restante eligió de acuerdo. No se registraron respuestas en las opciones de desacuerdo o neutralidad.

Estos datos reflejan un cambio claro en la distribución de las respuestas, con un desplazamiento hacia las opciones más altas de la escala Likert tras la intervención educativa.

Tabla 17: Distribución de frecuencias de respuestas al ítem A2: “Conozco qué es el patrimonio geológico”, antes y después del taller de sensibilización

Tabla A2: Conozco qué es el patrimonio geológico				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	29	76,3	0	0
En desacuerdo	3	7,9	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	7,9	0	0
De acuerdo	2	5,3	4	10,5
Totalmente de acuerdo	1	2,6	34	89,5
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

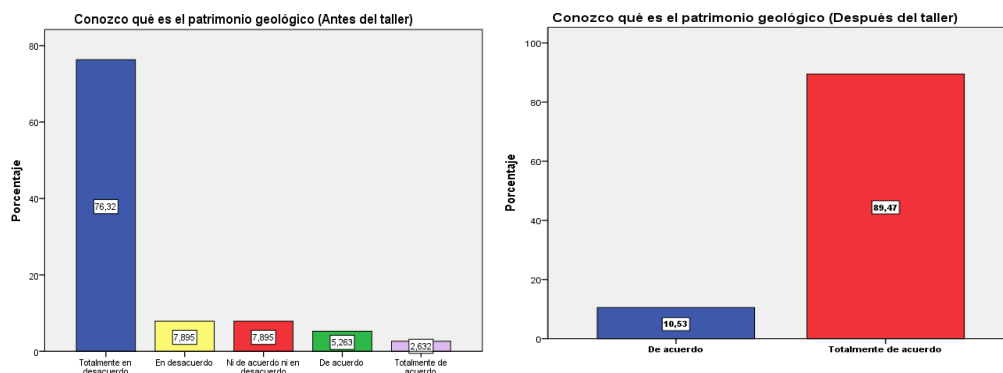


Figura 8: Distribución comparativa de respuestas al ítem A2: “Conozco qué es el patrimonio geológico”, antes y después del taller de sensibilización.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem A2: Conozco qué es el patrimonio geológico

En la (Tabla 17) y en la (Figura 9), se puede interpretar lo siguiente; Antes de la realización del taller, el 76,3% de los encuestados señaló estar totalmente en desacuerdo con conocer qué es el patrimonio geológico, mientras que un 15,8% se distribuyó entre las opciones en desacuerdo y ni de acuerdo ni en desacuerdo. Solo el 7,9% manifestó algún grado de acuerdo.

Después del taller, la tendencia se invirtió completamente: el 89,5% respondió estar totalmente de acuerdo y el 10,5% indicó estar de acuerdo. No se registraron respuestas en las categorías de desacuerdo o neutralidad.

Estos resultados indican una variación clara en la distribución de las respuestas hacia los niveles superiores de la escala tras la intervención educativa.

Tabla 15: Frecuencia de respuestas al ítem A3: “Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles”, antes y después del taller de sensibilización

Ítem A3: Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	22	57,9	0	0
En desacuerdo	3	7,9	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1	2,6	0	0
De acuerdo	4	10,5	0	0
Totalmente de acuerdo	8	21,1	38	100,0
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

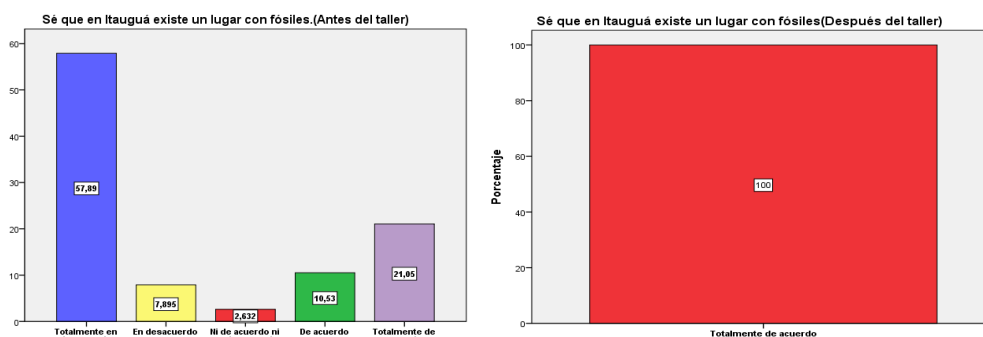


Figura 9: Distribución comparativa de respuestas al ítem A3: “Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles”, antes y después del taller de sensibilización

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty,

Resultados – Ítem A3: Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles

En la (Tabla 18) y en la (Figura 10) se interpreta lo siguiente; Antes del taller, el 57,9% de los participantes manifestó estar totalmente en desacuerdo con conocer la existencia de un lugar con fósiles en Itauguá, mientras que un 7,9% se ubicó en la categoría en desacuerdo. Además, el 21,1% indicó estar totalmente de acuerdo con esta afirmación.

Después del taller, la totalidad de los encuestados (100%) seleccionó la opción totalmente de acuerdo, sin respuestas en las demás categorías.

Estos resultados reflejan un aumento considerable en el conocimiento sobre la existencia de fósiles en Itauguá luego del taller, evidenciando un cambio claro en la percepción de los estudiantes.

Tabla 16: Frecuencia de respuestas al ítem A4: “He oído hablar de la Formación Vargas Peña”, antes y después del taller de sensibilización.

Ítem A4: He oído hablar de la Formación Vargas Peña				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	33	86,8	0	0
En desacuerdo	1	2,6	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1	2,6	0	0
De acuerdo	2	5,3	1	2,6
Totalmente de acuerdo	1	2,6	37	97,4
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

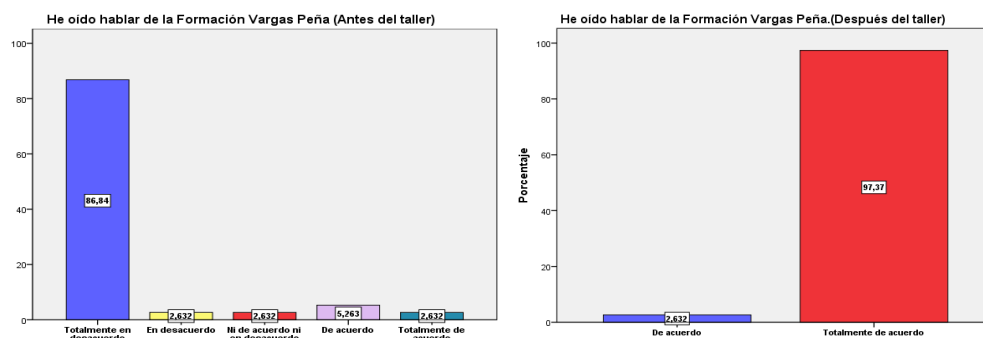


Figura 10: Distribución de respuestas al ítem A4: “He oído hablar de la Formación Vargas Peña” antes y después del taller de sensibilización
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem A4: He oído hablar de la Formación Vargas Peña

En la (Tabla 19) y en la (Figura 11), se interpreta lo siguiente; Antes del taller, el 86,8% de los encuestados indicó estar totalmente en desacuerdo con haber oído hablar de la Formación Vargas Peña, mientras que un 2,6% respondió en desacuerdo y otro 2,6% se ubicó en la opción ni de acuerdo ni en desacuerdo. Solo un 7,9% manifestó algún grado de acuerdo con esta afirmación.

Después del taller, el 97,4% seleccionó la opción totalmente de acuerdo y el 2,6% restante respondió de acuerdo. No se registraron respuestas en las categorías de desacuerdo o neutralidad.

Estos resultados indican un aumento notable en el conocimiento sobre la Formación Vargas Peña tras la intervención educativa, reflejando un cambio significativo en la familiaridad de los estudiantes con este patrimonio geológico.

Resultados – Sección B: Percepción

Tabla 17: Estadísticos descriptivos de la Sección B; Percepción antes y después del taller sobre geología y patrimonio geológico

Preguntas	ANTES DEL TALLER					DESPUÉS DEL TALLER				
	N	Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	N	Media	Mediana	Moda	Desv. Típ
B1. La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural	38	1,82	1,00	1	1,312	38	4,84	5,00	5	0,679
B2. El patrimonio geológico o debe ser protegido por su valor científico	38	1,61	1,00	1	1,079	38	4,76	5,00	5	0,714
B3. La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural	38	1,97	1,00	1	1,305	38	4,66	5,00	5	0,938

B4. Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados	38	2,95	3,00	1	1,739	38	4,97	5,00	5	0,162
B5. Es importante enseñar a los niños sobre la geología local	38	3,97	5,00	5	1,515	38	5,00	5,00	5	0,000

Fuente: Escala de Likert de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo). N = número de participantes. Elaboración propia a partir de los resultados de la Sección B – Percepción de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados: Sección B – Percepción

En esta sección se presenta la (Tabla 20), el análisis descriptivo de los ítems relacionados con la percepción de la comunidad respecto al patrimonio geológico, antes y después de la intervención educativa (taller de sensibilización). Para ello, se utilizaron estadísticas descriptivas como la media, mediana, moda y desviación típica, con base en una escala tipo Likert de 1 a 5 (1 = Totalmente en desacuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo).

Antes del taller, los resultados muestran una percepción general baja sobre la importancia de la geología y del patrimonio geológico. Por ejemplo, en el ítem B1 “La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural”, se obtuvo una media de 1,82 (DT = 1,31), mediana = 1,00 y moda = 1. Esta tendencia se repite en los ítems B2 relacionados con la protección del patrimonio geológico (M = 1,61; DT = 1,08) y B3 la extracción de arcilla (M =

1,97; DT = 1,31), lo que evidencia una percepción inicial muy limitada en la comunidad.

En contraste, después del taller, se observa una mejora significativa en todos los ítems evaluados. La media del ítem B1 “La geología es una ciencia importante...” aumentó a 4,84 (DT = 0,68), con una mediana y moda de 5, lo que indica un consenso generalizado. Similarmente, los ítems B2 “El patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico” y B3 “La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural” alcanzaron medias de 4,76 (DT = 0,71) y 4,66 (DT = 0,94), respectivamente.

El ítem B4 “Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados” mostró un cambio notable, pasando de una media de 2,95 (DT = 1,74) a 4,97 (DT = 0,16), indicando un aumento considerable en la valoración del patrimonio paleontológico local.

Finalmente, el ítem B5 “Es importante enseñar a los niños sobre la geología local” fue el único que tuvo una media relativamente alta antes del taller (M = 3,97), aunque aún se incrementó posteriormente a un valor máximo de 5,00 (DT = 0,00), evidenciando unanimidad en la respuesta tras la intervención.

En conjunto, estos resultados sugieren que los talleres de sensibilización tuvieron un impacto positivo y consistente en la percepción comunitaria sobre la importancia y conservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña.

Tabla 18: Frecuencia de respuestas al ítem B; “La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural”, antes y después del taller

Ítem B1: La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	24	63,2	1	2,6
En desacuerdo	6	15,8	0	0

Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	5,3	0	0
De acuerdo	3	7,9	2	5,3
Totalmente de acuerdo	3	7,9	35	92,1
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: fr = frecuencia; % = porcentaje. Se presentan los datos del ítem B1 de la encuesta antes y después del taller. Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

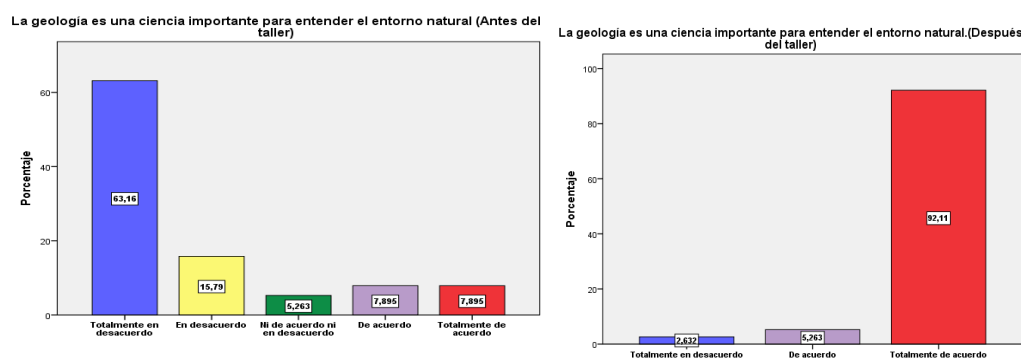


Figura 11: Frecuencia de respuestas al ítem B1: “La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural”, antes y después del taller

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem B1: La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural.

En la (Tabla 21) y en la (Figura 12), se interpretan los datos, donde muestran un cambio significativo en la percepción de los estudiantes sobre la importancia de la geología tras la realización del taller. Antes de la actividad, un 79% de los encuestados (63,2% totalmente en desacuerdo y 15,8% en desacuerdo) no consideraban a la geología como una ciencia relevante para

entender el entorno natural. Sin embargo, después del taller, el 92,1% de los participantes manifestó estar totalmente de acuerdo con esta afirmación.

Este resultado constituye un indicador sólido del impacto educativo del taller, reflejando un cambio de percepción favorable. El aumento en el nivel de acuerdo sugiere que los contenidos y estrategias didácticas implementadas fueron efectivos para promover la valoración de la geología como una herramienta fundamental para comprender los procesos naturales del entorno.

Tabla 19: Frecuencia de respuestas al ítem B2: “El patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico”, antes y después del taller

Ítem B2: El patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	26	68,4	1	2,6
En desacuerdo	6	15,8	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	5,3	0	0
De acuerdo	3	7,9	5	13,2
Totalmente de acuerdo	1	2,6	32	84,2
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: fr = frecuencia; % = porcentaje. Elaboración propia a partir de los resultados del ítem B2 de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

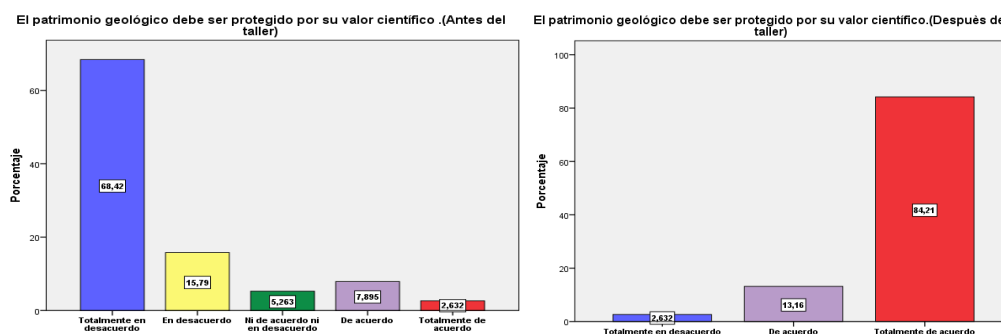


Figura 12: Frecuencia de respuestas al ítem B2: “El patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico”, antes y después del taller

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta

aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty,

Itaiguá (2025).

Resultados – Ítem B2: El patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico.

En la (Tabla 22) y en la (Figura 13), se pueden interpretar donde los resultados obtenidos reflejan un cambio significativo en la percepción de los participantes respecto al valor científico del patrimonio geológico y la necesidad de su protección, antes y después del taller de sensibilización.

Antes del taller, la mayoría de los encuestados (68,4%) se mostraba totalmente en desacuerdo con la afirmación, mientras que solo un pequeño porcentaje (2,6%) estaba totalmente de acuerdo. Este dato inicial evidencia un bajo nivel de concienciación o desconocimiento sobre el valor científico del patrimonio geológico.

Sin embargo, después del taller, se observa un giro notable en las respuestas. El 84,2% manifestó estar totalmente de acuerdo con que el patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico, y otro 13,2% indicó estar de acuerdo. Las respuestas en desacuerdo o neutrales desaparecieron por completo.

Esta variación demuestra la efectividad del taller como estrategia de sensibilización, al lograr que los participantes reconozcan el valor científico del patrimonio geológico y la importancia de su conservación. La actividad cumplió un rol fundamental en transformar percepciones, aportando al objetivo general del estudio relacionado con la promoción de estrategias de geoconservación.

Tabla 20: Frecuencia de respuestas al ítem B3: “La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural”, antes y después del taller

Ítem B3: La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	23	60,5	2	5,3
En desacuerdo	1	2,2	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	7	18,4	0	0
De acuerdo	6	15,8	5	13,2
Totalmente de acuerdo	1	2,6	31	81,6
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: fr = frecuencia; % = porcentaje. Elaboración propia a partir de los resultados del ítem B3 de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

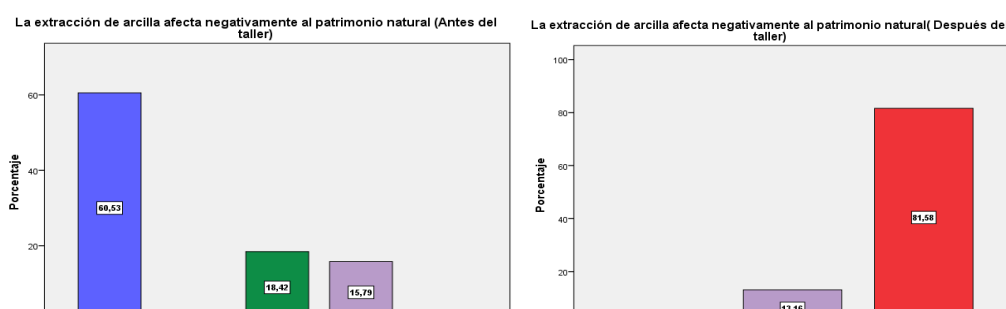


Figura 13: Frecuencia de respuestas al ítem B3: “La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural”, antes y después del taller

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem B3: La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural.

En la (Tabla 23) y en la (Figura 14), gracias a los datos del ítem B3 revelan un cambio sustancial en la percepción de los participantes respecto al impacto negativo de la extracción de arcilla sobre el patrimonio natural, antes y después del taller de sensibilización.

Antes del taller, el 60,5% de los encuestados manifestó estar totalmente en desacuerdo con la afirmación, lo que indica un bajo nivel de conciencia sobre los efectos ambientales y geológicos de esta actividad. Solo un 2,6% estuvo totalmente de acuerdo con que la extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural, y un 18,4% optó por una postura neutral (ni de acuerdo ni en desacuerdo), lo que sugiere desconocimiento o indiferencia ante el tema.

En contraste, después del taller, se evidenció una transformación significativa en la opinión de los participantes: el 81,6% indicó estar totalmente de acuerdo, y un 13,2% expresó estar de acuerdo. Las posturas en desacuerdo o neutrales desaparecieron completamente.

Este cambio indica que el taller cumplió una función pedagógica importante al informar sobre las consecuencias de la extracción de arcilla en los geosítios, particularmente aquellos pertenecientes a la Formación Vargas Peña. Se confirma así la efectividad de las estrategias de sensibilización implementadas, al aumentar el nivel de conocimiento y percepción crítica respecto a las amenazas antrópicas que enfrenta el patrimonio geológico local.

Tabla 21: Frecuencia de respuestas al ítem B4: “Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados”, antes y después del taller

Ítem B4: Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	14	36,8	0	0
En desacuerdo	3	7,9	0	0

Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	10,5	0	0
De acuerdo	5	13,2	1	2,6
Totalmente de acuerdo	12	31,6	37	97,4
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: fr = frecuencia; % = porcentaje. Elaboración propia a partir de los resultados del ítem B4 de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

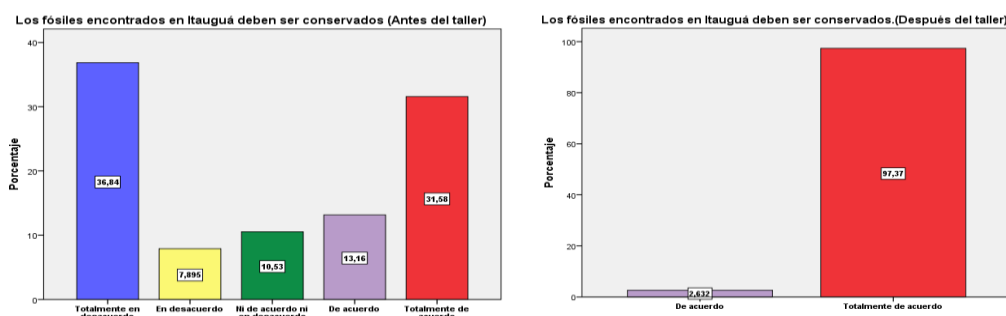


Figura 14: Frecuencia de respuestas al ítem B4: “Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados”, antes y después del taller
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem B4: Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados.

La información presentada en la (Tabla 24) y en la (Figura 15), muestra un notable cambio de actitud en los participantes respecto a la conservación de los fósiles hallados en el distrito de Itauguá, luego de recibir el taller de sensibilización.

Antes del taller, un 36,8% de los encuestados se mostró totalmente en desacuerdo con la necesidad de conservar los fósiles, mientras que un 7,9% se declaró simplemente en desacuerdo. Sumado a esto, un 10,5% adoptó una postura neutral, lo que en conjunto evidencia un limitado reconocimiento del valor paleontológico de estos elementos. Solo un 31,6% manifestó estar totalmente de acuerdo, y un 13,2% de acuerdo con su conservación.

Después del taller, la percepción cambió drásticamente: el 97,4% de los participantes respondió estar totalmente de acuerdo con que los fósiles deben ser conservados, y el 2,6% restante indicó estar de acuerdo. Las respuestas en desacuerdo o neutrales desaparecieron por completo.

Este resultado confirma la eficacia del taller como herramienta educativa para resaltar la importancia del patrimonio paleontológico local. El conocimiento adquirido permitió a los participantes valorar los fósiles no solo como restos geológicos, sino como parte fundamental del legado natural y científico del distrito de Itauguá, lo cual fortalece el objetivo de fomentar estrategias de geoconservación comunitaria.

Tabla 22: Frecuencia de respuestas al ítem B5: “Es importante enseñar a los niños sobre la geología local”, antes y después del taller

Ítem B5: Es importante enseñar a los niños sobre la geología local				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	7	18,4	0	0
En desacuerdo	0	0	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1	2,6	0	0
De acuerdo	9	23,7	0	0
Totalmente de acuerdo	21	55,3	38	100
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: fr = frecuencia; % = porcentaje. Elaboración propia a partir de los resultados del ítem B5 de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

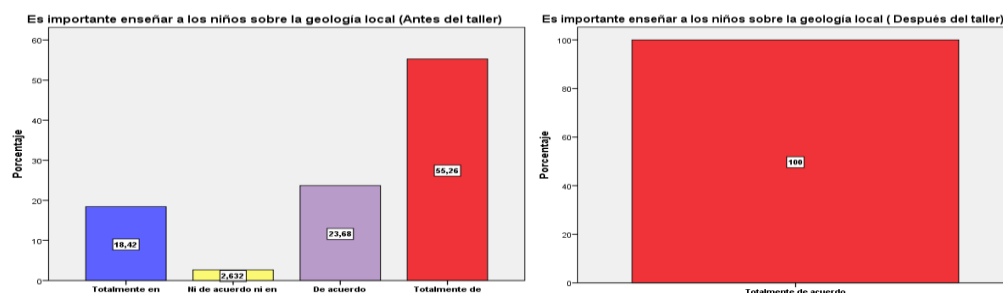


Figura 15: Frecuencia de respuestas al ítem B5: “Es importante enseñar a los niños sobre la geología local”, antes y después del taller

Fuente: Elaboración propia, encuesta aplicada a estudiantes del 9º grado de la Escuela de Yvyraty, Itauguá (2025)

Resultados – Ítem B5: Es importante enseñar a los niños sobre la geología local

En la (Tabla 25) y en la (Figura 16), se interpreta los resultados del ítem B5 evidencian un aumento significativo en la valoración de la educación geológica en edades tempranas tras la realización del taller de sensibilización.

Antes del taller, aunque más de la mitad de los encuestados (55,3%) ya estaba totalmente de acuerdo con la importancia de enseñar geología local a los niños, todavía se observaban posturas contrarias: un 18,4% respondió estar totalmente en desacuerdo, y un 2,6% se mantuvo en una posición neutral. Además, un 23,7% indicó estar simplemente de acuerdo, lo cual, si bien es una percepción positiva, aún no refleja un nivel de convicción total.

Después del taller, el 100% de los participantes se mostró totalmente de acuerdo con la afirmación, eliminando por completo cualquier grado de indiferencia o desacuerdo. Este cambio demuestra que la actividad fue efectiva para generar una comprensión colectiva sobre el valor de integrar contenidos geológicos en la educación infantil, especialmente en contextos locales como Itauguá, donde existe un rico patrimonio geológico y paleontológico.

En conjunto, estos resultados reflejan que la sensibilización no solo incrementó el nivel de conocimiento, sino que también fortaleció la convicción de los participantes respecto a la necesidad de formar futuras generaciones con conciencia geológica, aspecto clave para la sostenibilidad de las estrategias de geoconservación.

Resultados – Sección C: Participación

Tabla 26: Estadísticos descriptivos de la Sección C: Participación antes y después del taller de sensibilización.

Estadísticos	ANTES DEL TALLER				DESPUÉS DEL TALLER			
	Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico o	He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente	Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles.	Estoy dispuesto/a a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad	Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico o	He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente	Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles.	Estoy dispuesto/a a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad
N	38	38	38	38	38	38	38	38
Media	4,47	2,42	3,92	4,39	4,97	4,97	4,84	4,87
Mediana	5,00	1,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Moda	5	1	5	5	5	5	5	5
Desv. típ.	1,109	1,687	1,514	1,054	0,162	0,162	0,679	0,665

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados de la Sección C: Participación.

En la (Tabla 26) se pueden visualizar los datos donde muestran un aumento significativo en todos los ítems evaluados tras la intervención educativa. Antes del taller, el ítem “Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico” presentó una media de 4,47 (DE = 1,109), mientras que después del taller aumentó a 4,97 (DE = 0,162), lo que indica un incremento en el interés por involucrarse en actividades de geoconservación.

En relación con la experiencia previa, el ítem “He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente” obtuvo una media baja antes del taller ($M = 2,42$; $DE = 1,687$), reflejando escasa participación anterior. No obstante, tras el taller, la media ascendió a 4,97 ($DE = 0,162$), lo que sugiere un efecto positivo en la motivación para involucrarse en futuras actividades ambientales.

Asimismo, el ítem “Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles” mostró un aumento en la media de 3,92 ($DE = 1,514$) antes del taller a 4,84 ($DE = 0,679$) después del mismo. Finalmente, el ítem “Estoy dispuesto/a a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad” pasó de una media de 4,39 ($DE = 1,054$) a 4,87 ($DE = 0,665$), lo que indica una mayor disposición hacia la difusión del conocimiento adquirido.

En conjunto, estos resultados evidencian el impacto positivo del taller de sensibilización en la disposición participativa de los estudiantes, tanto en el plano individual como comunitario, favoreciendo su involucramiento en acciones de geoconservación desde una perspectiva educativa y social.

Tabla 23: Frecuencia de respuesta del ítem C1: “Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico”, antes y después del taller de sensibilización

Ítem C1:	Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico	Me interesa participar en futuras actividades similares a este taller
RESPUESTA	Antes del Taller	Después del Taller

	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	2	5,3	0	0
En desacuerdo	1	2,6	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	7,9	0	0
De acuerdo	3	7,9	1	2,6
Totalmente de acuerdo	29	76,3	37	97,4
Total	38	100	38	100

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025)

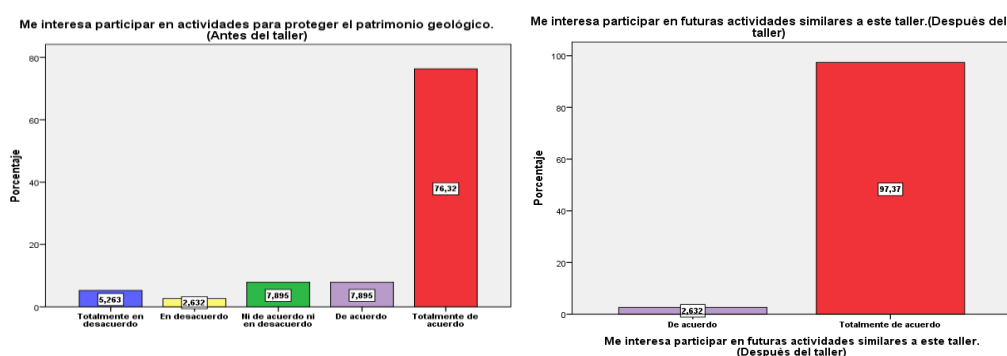


Figura 16: Participación estudiantil antes y después del taller sobre protección del patrimonio geológico

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem C1: Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico y Me interesa participar en futuras actividades similares a este taller.

En la (Tabla 27) y en la (Figura 17), se visualiza la distribución de frecuencias del ítem C1: “Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico”, aplicado antes y después del taller de sensibilización.

Antes de la actividad, el 76,3 % de los encuestados ($n = 29$) se manifestaron totalmente de acuerdo con la afirmación, mientras que el 7,9 % ($n = 3$) estuvieron de acuerdo y otro 7,9 % ($n = 3$) adoptaron una postura neutral. Por otro lado, un 2,6 % ($n = 1$) indicó estar en desacuerdo y un 5,3 % ($n = 2$) totalmente en desacuerdo.

Después del taller, se observa un notable aumento en la intención de participación: el 97,4 % ($n = 37$) declaró estar totalmente de acuerdo en participar en futuras actividades similares, y apenas el 2,6 % ($n = 1$) se mostró simplemente de acuerdo. No se registraron respuestas en las categorías de desacuerdo o neutralidad, lo que sugiere un impacto positivo del taller en la motivación estudiantil hacia la participación en acciones de geoconservación.

Estos resultados evidencian un cambio favorable en la percepción de los estudiantes sobre la importancia de proteger el patrimonio geológico, reforzando la efectividad del taller como estrategia de sensibilización.

Tabla 24: Frecuencia de respuesta del ítem C2: “He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente” y “Este taller me pareció útil y me motivó a participar más en temas ambientales”, antes y después del taller de sensibilización

Ítem C2:	He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente		Este taller me pareció útil y me motivó a participar más temas ambientales	
RESPUESTA	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	19	50	0	0
En desacuerdo	5	13,2	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1	2,6	0	0
De acuerdo	5	13,2	1	2,6
Totalmente de acuerdo	8	21,1	37	97,4
Total	38	100	38	100

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

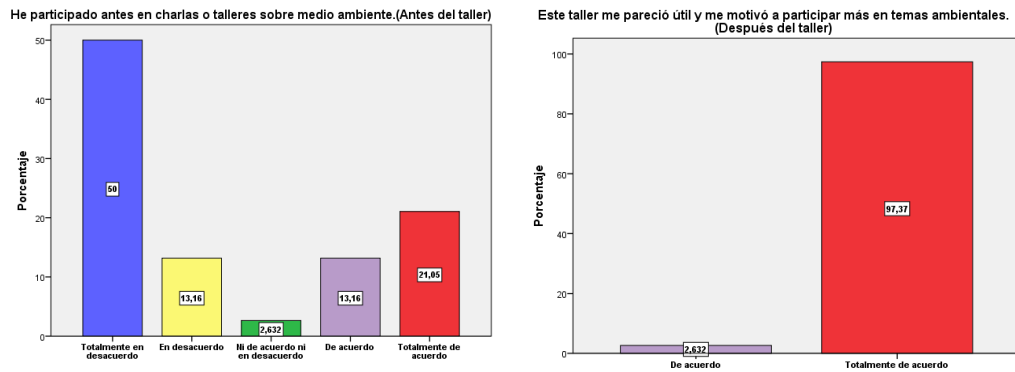


Figura 17: Participación estudiantil en charlas ambientales antes del taller y percepción de utilidad del taller después de la actividad

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem C2: He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente y Este taller me pareció útil y me motivó a participar más temas ambientales

En el ítem C2 se exploró la experiencia previa de los estudiantes con actividades ambientales, así como su percepción del taller. La afirmación evaluada antes del taller fue: “He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente”, mientras que la evaluación posterior fue: “Este taller me pareció útil y me motivó a participar más en temas ambientales” (Tabla 28) y (Figura 18).

Antes del taller, la mitad de los estudiantes (50 %, n = 19) manifestó estar totalmente en desacuerdo con haber participado previamente en actividades relacionadas con el medio ambiente, y un 13,2 % (n = 5) declaró estar en desacuerdo, lo que indica un nivel bajo de exposición previa a este tipo de contenidos. Solo un 21,1 % (n = 8) expresó estar totalmente de acuerdo con haber tenido experiencias similares.

Después del taller, se observa un cambio notorio en la percepción y motivación de los estudiantes: el 97,4 % (n = 37) afirmó estar totalmente de acuerdo con que el taller fue útil y los motivó a involucrarse más en temas ambientales, mientras que ninguna respuesta se ubicó en las categorías de desacuerdo o ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Estos resultados reflejan que, a pesar del escaso contacto previo con actividades ambientales, el taller logró despertar un alto nivel de interés y motivación en los estudiantes, resaltando el valor de las intervenciones educativas como herramientas eficaces para fomentar la conciencia y el compromiso ambiental desde etapas escolares.

Tabla 25: Frecuencia de respuesta del ítem C3: “Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles”, antes y después del taller de sensibilización

Ítem C3	Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles			
	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	6	15,8	1	2,6
En desacuerdo	2	5,3	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	5,3	0	0
De acuerdo	7	18,4	2	5,3
Totalmente de acuerdo	21	55,3	35	92,1
Total	38	100	38	100

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

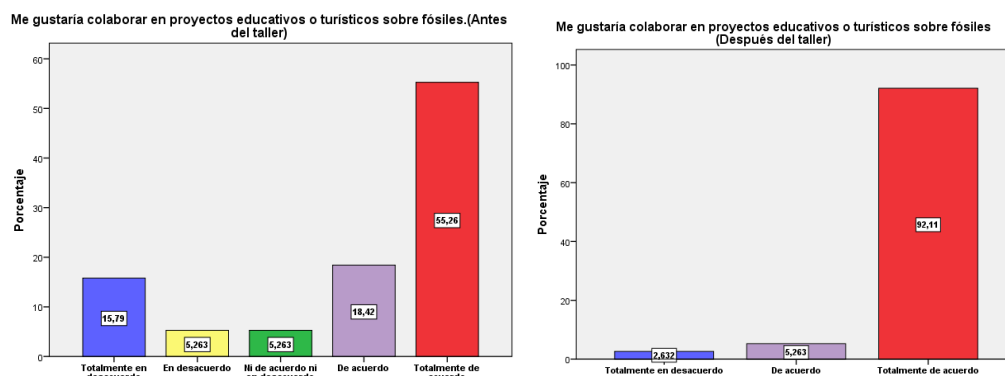


Figura 18: Interés estudiantil en colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles, antes y después del taller

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem C3: Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles

El ítem C3 evaluó el interés de los estudiantes en colaborar en iniciativas vinculadas al patrimonio paleontológico mediante la afirmación: “Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles” (Tabla 29) y (Figura 19).

Antes del taller, el 55,3 % (n = 21) de los participantes se mostró totalmente de acuerdo con esta afirmación, y un 18,4 % (n = 7) indicó estar de acuerdo, lo que representa un nivel inicial de interés moderadamente alto. Sin embargo, también se observó que un 15,8 % (n = 6) se manifestó totalmente en desacuerdo y un 5,3 % (n = 2) en desacuerdo, mientras que otro 5,3 % (n = 2) optó por una postura neutral.

Después del taller, el interés aumentó significativamente: el 92,1 % (n = 35) de los estudiantes expresó estar totalmente de acuerdo con colaborar en este tipo de proyectos, y ningún participante eligió las opciones de desacuerdo o

neutralidad. Solo un 2,6 % (n = 1) manifestó estar totalmente en desacuerdo, lo cual representa una reducción notable en las respuestas negativas.

Estos resultados sugieren que el taller de sensibilización tuvo un impacto positivo en la disposición de los estudiantes a participar activamente en iniciativas educativas o turísticas relacionadas con los fósiles, fortaleciendo el potencial de la educación no formal como estrategia para fomentar la apropiación del patrimonio geológico y paleontológico local.

Tabla 26: Frecuencia de respuesta del ítem C4: “Estoy dispuesto a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad”, antes y después del taller de sensibilización

Ítem C4	Estoy dispuesto a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad			
	Antes del Taller		Después del Taller	
Respuesta	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	1	2,6	1	2,6
En desacuerdo	2	5,3	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	10,5	0	0
De acuerdo	5	13,2	1	2,6
Totalmente de acuerdo	26	68,4	36	94,7
Total	38	100	38	100

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025)

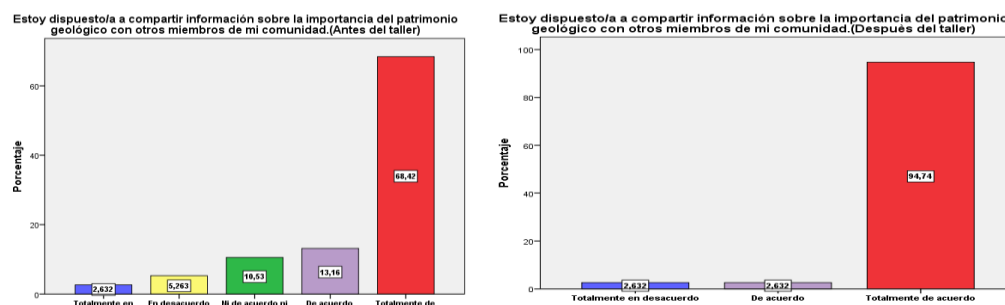


Figura 19: Disposición estudiantil para compartir información sobre el patrimonio geológico en su comunidad, antes y después del taller
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem C4: Estoy dispuesto a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad

El ítem C4 evaluó la disposición de los estudiantes a actuar como agentes multiplicadores del conocimiento adquirido, mediante la afirmación: “Estoy dispuesto a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad” (Tabla 30) y (Figura 20).

Antes del taller, el 68,4 % ($n = 26$) de los estudiantes indicó estar totalmente de acuerdo con esta afirmación, mientras que un 13,2 % ($n = 5$) seleccionó la opción de acuerdo, sumando así un 81,6 % de respuestas positivas. No obstante, un 10,5 % ($n = 4$) manifestó una postura neutral (ni de acuerdo ni en desacuerdo), y un 7,9 % ($n = 3$) se ubicó en categorías de desacuerdo o totalmente en desacuerdo.

Después del taller, el porcentaje de estudiantes que se mostraron totalmente de acuerdo aumentó a 94,7 % ($n = 36$), lo que representa una mejora significativa en la predisposición a compartir información sobre el patrimonio geológico. Las respuestas neutrales y de desacuerdo desaparecieron casi por completo, con excepción de un único caso (2,6 %) que se mantuvo en la categoría totalmente en desacuerdo.

Estos resultados demuestran que el taller no solo fortaleció el interés individual de los estudiantes, sino que también incentivó un sentido de

responsabilidad colectiva al motivarlos a difundir lo aprendido en su entorno. Este efecto es fundamental para la sostenibilidad de las estrategias de geoconservación, al promover la participación activa de la comunidad escolar como difusora del valor del patrimonio geológico local.

Resultados – Sección D: Impresión 3D

Tabla 27: Estadísticos descriptivos de la Sección D: Tecnologías de conservación (impresión 3D) antes y después del taller de sensibilización

Estadísticos	ANTES DEL TALLER				DESPUÉS DEL TALLER			
	Conozco la tecnología de impresión 3D.	Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D.	Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes.	Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles.	Conozco la tecnología de impresión 3D	Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D.	Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes.	Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles.
N	38	38	38	38	38	38	38	38
Media	3,00	4,50	3,34	2,50	4,97	5,00	4,95	4,95
Mediana	3,00	5,00	4,00	2,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Moda	1 ^a	5	5	1	5	5	5	5
Desv. típ.	1,903	1,109	1,632	1,555	0,162	0,000	0,226	0,226

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Sección D: Impresión 3D

La (Tabla 31) presenta los estadísticos descriptivos relacionados con el conocimiento y la percepción de la tecnología de impresión 3D antes y después del taller de sensibilización. Los resultados reflejan un cambio significativo en la valoración de esta tecnología como herramienta de conservación y educación geológica.

Antes del taller, el ítem “Conozco la tecnología de impresión 3D” obtuvo una media de 3,00 (mediana = 3,00; moda = 1), lo que indica un nivel de conocimiento moderado a bajo, con una dispersión elevada (desviación típica = 1,903). En contraste, después del taller, la media aumentó considerablemente a 4,97 (mediana = 5,00; moda = 5), con una dispersión mínima (desviación típica = 0,162), lo que sugiere una mejora notable en el conocimiento sobre esta tecnología.

Asimismo, la percepción de interés en observar réplicas de fósiles impresos en 3D también mejoró. La media de este ítem pasó de 4,50 (mediana = 5,00; desviación típica = 1,109) a 5,00 (mediana = 5,00; desviación típica = 0,000), alcanzando un consenso absoluto tras el taller.

En cuanto al ítem “Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes”, la media se incrementó de 3,34 a 4,95, con un aumento en la concentración de respuestas positivas (reducción de la desviación típica de 1,632 a 0,226), lo que indica una aceptación más firme del potencial educativo de la impresión 3D.

Finalmente, la afirmación “Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles” mostró un crecimiento importante en la media, pasando de 2,50 (mediana = 2,00; moda = 1; desviación típica = 1,555) a 4,95 (mediana = 5,00; moda = 5; desviación típica = 0,226), lo cual refleja un cambio significativo en la percepción del valor de esta herramienta para la geoconservación.

En conjunto, los resultados sugieren que el taller de sensibilización tuvo un impacto positivo en el conocimiento, la valoración y la aceptación del uso de tecnologías como la impresión 3D en la conservación del patrimonio geológico.

Tabla 28: Frecuencia de respuestas a la afirmación "Conozco la tecnología de impresión 3D" antes y después del taller de sensibilización

Ítem D1: Conozco la tecnología de impresión 3d.				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%

Totalmente en desacuerdo	16	42,1	0	0
En desacuerdo	3	7,9	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0	0	0
De acuerdo	3	7,9	1	2,6
Totalmente de acuerdo	16	42,1	37	100,0
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

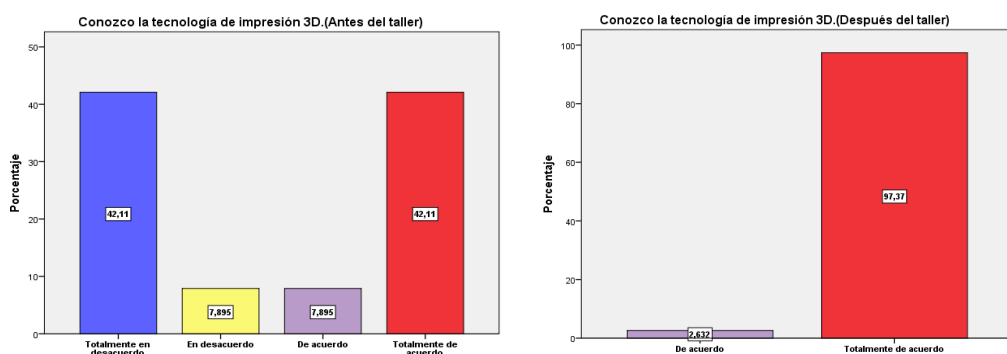


Figura 20: Comparación visual de frecuencias sobre el conocimiento de la tecnología de impresión 3D antes y después del taller de sensibilización.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem D1: Conozco la tecnología de impresión 3D

En la (Tabla 32) y la (Figura 21), se puede interpretar cuanto sigue; Antes del taller de sensibilización, el 42,1 % de los estudiantes manifestó estar totalmente en desacuerdo con la afirmación “Conozco la tecnología de impresión 3D”, y un 7,9 % indicó estar en desacuerdo, lo cual evidencia un escaso nivel de conocimiento previo sobre esta herramienta tecnológica. Asimismo, un 7,9 % estuvo de acuerdo y otro 42,1 % totalmente de acuerdo, mostrando una polarización en las respuestas iniciales. Sin embargo, después del taller, se

observa un cambio significativo: el 97,4 % de los participantes afirmaron estar totalmente de acuerdo, mientras que apenas un 2,6 % se mostró de acuerdo. No se registraron respuestas en los niveles de desacuerdo o indecisión. Este cambio sugiere que la intervención educativa fue altamente efectiva para aumentar el nivel de familiaridad de los estudiantes con la tecnología de impresión 3D, una herramienta clave en estrategias de geoconservación.

Tabla 29: Frecuencia de respuestas a la afirmación "Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D" antes y después del taller de sensibilización.

Ítem D2: Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3d				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	3	7,9	0	0
En desacuerdo	7	18,4	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0	0	0
De acuerdo	0	0	0	0
Totalmente de acuerdo	28	73,7	38	100
Total	38	10	38	100

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

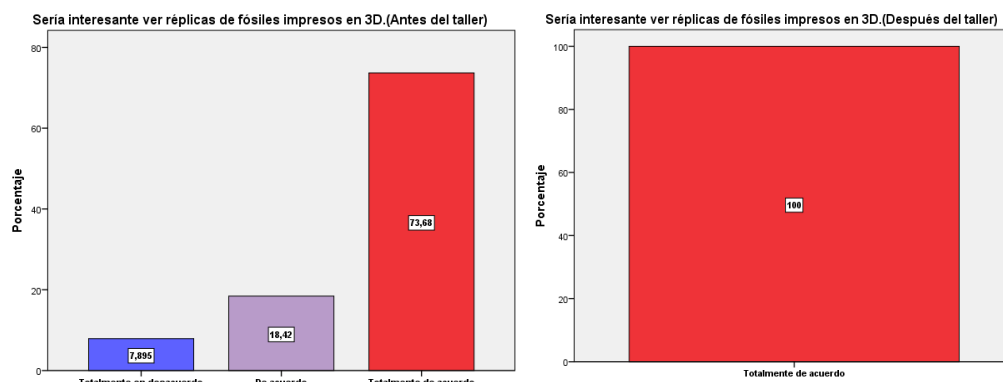


Figura 21: Comparación visual de frecuencias sobre el interés en ver réplicas de fósiles impresos en 3D antes y después del taller de sensibilización.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025)

Resultados – Ítem D2: Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D

En la (Tabla 33) y en la (Figura 22), se observa un cambio significativo en la percepción del estudiantado respecto a la afirmación "Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D". Antes del taller, el 73,7 % (n = 28) estaba totalmente de acuerdo, mientras que un 7,9 % (n = 3) se mostró totalmente en desacuerdo y un 18,4 % (n = 7) en desacuerdo. Tras el taller, el 100 % de los encuestados (n = 38) manifestaron estar totalmente de acuerdo con la afirmación, lo que evidencia una mejora notable en la apreciación del valor educativo y divulgativo de la tecnología de impresión 3D aplicada a réplicas fósiles. Estos resultados reflejan la eficacia del taller en sensibilizar y generar interés en herramientas tecnológicas aplicadas a la geoconservación.

Tabla 30: Frecuencia de respuestas a la afirmación "Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes" antes y después del taller de sensibilización

Ítem D3: Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	9	23,7	0	0
En desacuerdo	4	10,5	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	44	10,5	0	0
De acuerdo	7	18,4	2	5,3
Totalmente de acuerdo	14	36,8	36	94,7
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

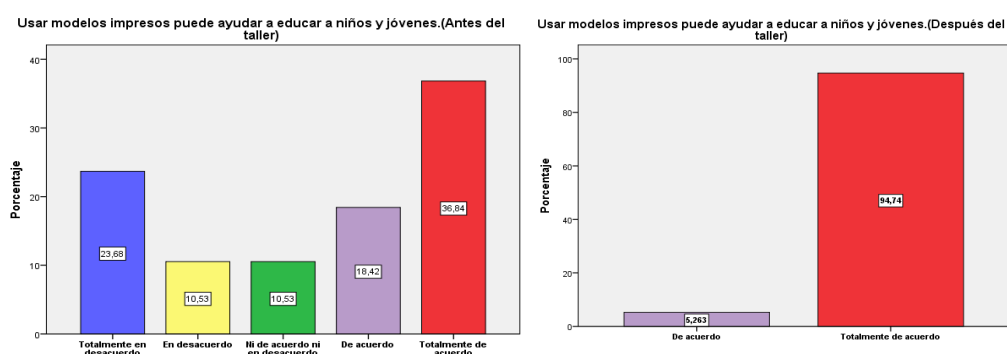


Figura 22: Comparación visual de frecuencias sobre la utilidad de los modelos impresos en la educación de niños y jóvenes, antes y después del taller de sensibilización.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem D3: Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes

En la (Tabla 34) y en la (Figura 23), se interpreta lo siguiente; Antes del taller, las respuestas estaban distribuidas entre varias categorías: el 23,7 % (n = 9) manifestó estar totalmente en desacuerdo, el 10,5 % (n = 4) en desacuerdo, el 10,5 % (n = 4) en la opción neutral, el 18,4 % (n = 7) estuvo de acuerdo y el 36,8 % (n = 14) totalmente de acuerdo. Después del taller, se observó una mejora significativa en la percepción del uso educativo de la impresión 3D: el 94,7 % (n = 36) seleccionó “totalmente de acuerdo” y el 5,3 % (n = 2) “de acuerdo”, desapareciendo completamente las respuestas negativas o neutrales.

Estos resultados indican que el taller logró sensibilizar y fortalecer la visión del alumnado respecto a la utilidad pedagógica de los modelos fósiles impresos en 3D.

Tabla 31: Frecuencia de respuestas a la afirmación "Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles" antes y después del taller de sensibilización.

Ítem D4: Creo que la impresión 3d puede ser útil para conservar fósiles				
Respuesta	Antes del Taller		Después del Taller	
	Fr	%	Fr	%
Totalmente en desacuerdo	16	42,1	0	0
En desacuerdo	4	10,5	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	8	21,1	0	0
De acuerdo	3	7,9	2	5,3
Totalmente de acuerdo	7	18,4	36	94,7
Total	38	100,0	38	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

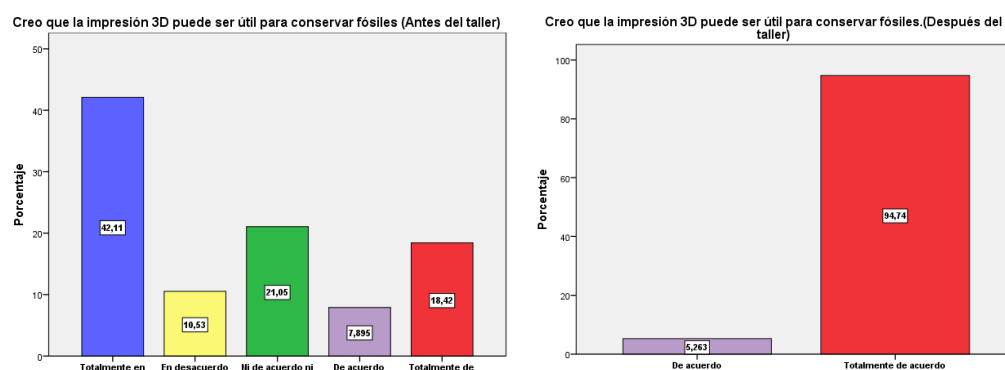


Figura 23: Comparación visual de frecuencias sobre la percepción de utilidad de la impresión 3D para conservar fósiles, antes y después del taller de sensibilización.

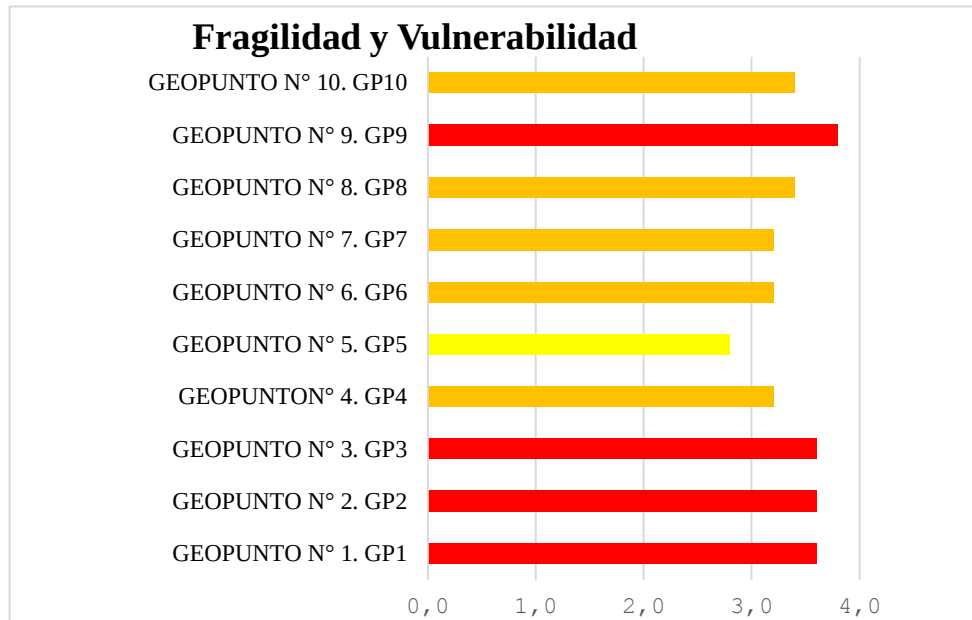
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica Yvyraty, Itauguá (2025).

Resultados – Ítem D4: Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles

En la (Tabla 35) y la (Figura 24), se muestra que, antes del taller, la percepción sobre la utilidad de la impresión 3D en la conservación de fósiles era predominantemente baja: el 42,1 % ($n = 16$) estuvo totalmente en desacuerdo, el 10,5 % ($n = 4$) en desacuerdo, y el 21,1 % ($n = 8$) eligió una posición neutral. Solo un 7,9 % ($n = 3$) estuvo de acuerdo y un 18,4 % ($n = 7$) totalmente de acuerdo. Sin embargo, después del taller se evidenció un cambio positivo notable, ya que el 94,7 % ($n = 36$) seleccionó “totalmente de acuerdo” y el 5,3 % ($n = 2$) “de acuerdo”, mientras que no se registraron respuestas negativas ni neutrales. Este cambio resalta el impacto del taller en la valoración del potencial de la impresión 3D como herramienta de geoconservación.

4.2. Discusiones

4.2.1. Fragilidad y vulnerabilidad por geopuntos en la Formación Vargas Peña de Itauguá



MA	Muy Alto
A	Alto
M	Medio
B	Bajo

Muy alto si $4.00 \geq X_i > 3.50$
Alto si $3.50 \geq X_i > 3.01$
Medio si $3.00 \geq X_i > 2.01$
Bajo si $2.00 \geq X_i$

Figura 24: Promedio de Fragilidad y Vulnerabilidad por geopunto en la Formación Vargas Peña de Itauguá

Fuente: Elaboración propia, adaptada de Brilha (2016). La escala de clasificación del riesgo geológico es la siguiente: MA (Muy Alto) si $X_i > 3.50$, color rojo; A (Alto) si $3.50 > X_i > 3.01$, color naranja; M (Medio) si $3.00 > X_i > 2.01$, color amarillo; y B (Bajo) si $2.00 > X_i$, color verde.

Scherer Cárdenas (2021).

Los resultados obtenidos en la evaluación de vulnerabilidad del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña (Figura 25) evidencian un escenario de riesgo generalizado, caracterizado por la predominancia de niveles de vulnerabilidad muy alto (MA) y alto (A) en la mayoría de los geopuntos analizados. Este diagnóstico se sustentó en múltiples criterios como el deterioro geológico, la proximidad a fuentes de degradación, la falta de protección física o legal, la accesibilidad, la densidad de población y la urgencia de protección.

En particular, el Geopunto 9 (GP9) registró el mayor valor ponderado (3.8), lo que lo posiciona como el sitio con mayor vulnerabilidad. Este hallazgo resulta alarmante, ya que sugiere una exposición crítica a factores antrópicos y naturales que amenazan su integridad geológica. Los geopuntos GP1, GP2, GP3, GP8 y GP10, también clasificados en la categoría MA, comparten características como la escasa protección legal y la cercanía a zonas urbanas, lo que acentúa su fragilidad y la necesidad de una intervención urgente.

Estos hallazgos se alinean con los principios de la geoconservación establecidos por Gordon (2020), quien enfatiza la importancia de integrar la protección del geopatrimonio dentro de esquemas más amplios de manejo del paisaje y áreas protegidas. El autor destaca que la identificación de geositos vulnerables debe ir acompañada de estrategias de manejo planificadas que combinen medidas legales, educativas y de gestión territorial sostenible. La presencia de múltiples puntos con alta vulnerabilidad en Itauguá refuerza la urgencia de aplicar este enfoque holístico.

Además, Gordon (2020) subraya la necesidad de conectar a las personas con la naturaleza a través de la conservación del escenario natural (“conserving nature’s stage”), lo cual es especialmente relevante en este contexto. El deterioro observado en los geopuntos más críticos se asocia, en parte, a la falta de conciencia pública sobre su valor geocientífico y educativo. Por ello, se hace imprescindible promover la sensibilización de la comunidad local mediante programas de educación geocientífica y participación activa, lo

cual puede fortalecer el sentido de pertenencia y responsabilidad hacia el patrimonio geológico.

Por otro lado, el único geopunto clasificado con vulnerabilidad media (GP5) representa una excepción relativa en el contexto general, aunque no está exento de riesgos. Su menor urgencia de protección sugiere una oportunidad para implementar acciones preventivas antes de que el deterioro aumente. Esta observación también se alinea con lo planteado por Gordon (2020), quien sostiene que la planificación de la geoconservación debe priorizar tanto la mitigación de amenazas inmediatas como la gestión preventiva a largo plazo.

En suma, los resultados de esta investigación confirman que el geosito de la Formación Vargas Peña se encuentra en una situación de vulnerabilidad significativa, que requiere la implementación urgente de estrategias de geoconservación. Estas deben incluir, como recomienda Gordon (2020), la declaratoria de protección legal, el monitoreo continuo, la regulación de actividades antrópicas cercanas y el fortalecimiento del vínculo entre la sociedad y el patrimonio geológico. Solo mediante un enfoque integral, adaptado a las características específicas del territorio, será posible garantizar la preservación y puesta en valor de este patrimonio geológico.

4.2.2. Impresión 3D como Estrategia Didáctica y de Conservación del Patrimonio Geológico

La implementación de la impresión 3D en la presente investigación representó un avance significativo en términos de innovación educativa y conservación del patrimonio geológico local. Esta estrategia permitió la elaboración de réplicas tridimensionales exactas de fósiles marinos, principalmente trilobites y braquiópodos, provenientes de la cantera San Fernando, parte de la Formación Vargas Peña. A partir de un enfoque de bajo costo, accesible y replicable, se logró desarrollar modelos tangibles sin comprometer la integridad de los fósiles originales, un aspecto crucial para iniciativas de geoconservación (Saorín et al., 2016).

El procedimiento técnico incluyó desde el escaneo tridimensional mediante aplicaciones móviles hasta la impresión en impresoras de escritorio con tecnología FDM, como la Bambu Lab A1. La utilización del iPhone 12 Pro Max y la aplicación 3D Scanner App, si bien corresponde a una solución no profesional, resultó suficiente para capturar detalles relevantes de los fósiles, lo cual demuestra el potencial de las tecnologías móviles en entornos académicos y comunitarios con recursos limitados. Esta metodología se alinea con estudios recientes que destacan la democratización de la digitalización 3D como herramienta didáctica en geociencias (Gómez-Heras et al., 2020; Martí *et al.*, 2022).

Las réplicas obtenidas no solo conservaron características morfológicas esenciales, sino que también fueron funcionales para múltiples fines pedagógicos. Un ejemplo destacado fue la combinación de las impresiones 3D con plastilina para simular moldes de fósiles en sedimentos blandos, lo que permitió explicar procesos tafonómicos de forma visual y manipulativa. Este enfoque multisensorial es congruente con principios de educación no formal y aprendizaje experiencial, los cuales potencian la comprensión y apropiación de los contenidos geológicos por parte de la comunidad (Falk & Dierking, 2018).

Además, la elección de materiales como el filamento PLA no solo responde a razones de facilidad de uso y calidad de detalle, sino también a criterios de sostenibilidad, al tratarse de un bioplástico derivado del maíz, compostable en condiciones industriales (Rahman & Rosli, 2020). Esta consideración es relevante al integrar prácticas tecnológicas con una conciencia ambiental coherente con los objetivos de la geoconservación.

En términos de alcance social, las réplicas fueron utilizadas en taller educativo y actividades de sensibilización, consolidándose como herramientas de mediación entre el conocimiento científico y los estudiantes. Así, la impresión 3D no fue un fin en sí mismo, sino un medio eficaz para fomentar el valor

cultural, educativo y científico del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña.

En conclusión, esta experiencia piloto demuestra la viabilidad técnica y pedagógica del uso de impresión 3D en contextos de conservación geológica, especialmente en áreas con restricciones presupuestarias. La combinación de herramientas digitales de libre acceso, equipos de bajo costo y metodologías participativas puede ser replicada en otros geositos del Paraguay, consolidando un modelo de geoconservación integrador, educativo y sustentable.

4.2.3. Interpretación y discusión de gráficos de percepción.

Discusión de resultados: Sección A – Conocimientos

La comparación de los resultados obtenidos antes y después del taller revela una mejora significativa y generalizada en los conocimientos geológicos de los estudiantes participantes. Los incrementos observados en los puntajes promedio de los ítems evaluados reflejan un fortalecimiento claro en la comprensión de conceptos básicos y especializados relacionados con la geología y el patrimonio geológico local.

Destaca el aumento notable en el conocimiento sobre la Formación Vargas Peña, con un incremento del 271 %, así como en la definición de geología y patrimonio geológico, con incrementos del 186 % y 226 %, respectivamente. Estos resultados evidencian la efectividad del taller para introducir conceptos técnicos previamente desconocidos y consolidar saberes fundamentales.

Además, la reducción considerable en la desviación estándar después del taller indica que la variabilidad en las respuestas disminuyó, lo que sugiere que los estudiantes alcanzaron niveles similares de comprensión independientemente de su conocimiento previo. Este efecto nivelador se ve reforzado por el aumento de la mediana en todos los ítems, que pasó de 1,00 a 5,00, señalando que al

menos la mitad de los participantes alcanzó el nivel máximo de conocimiento tras la intervención.

Estos hallazgos apuntan a un impacto educativo universal, evidenciando la alta receptividad de los estudiantes al contenido impartido y la capacidad de la estrategia didáctica para generar aprendizajes significativos en un tiempo limitado. Asimismo, se identifica la existencia de conocimientos previos relacionados con la presencia de fósiles en Itauguá, lo cual puede ser aprovechado para fortalecer futuras acciones educativas.

En resumen, el taller logró mejorar sustancialmente el nivel de conocimientos geológicos, demostrando que intervenciones educativas estructuradas y bien diseñadas pueden ser herramientas eficaces para la geoconservación mediante la sensibilización y formación en comunidades escolares.

Discusión – Sección B: Percepción

Los resultados obtenidos en la Sección B revelan un cambio significativo en la percepción comunitaria sobre el patrimonio geológico tras la realización del taller de sensibilización. Antes de la intervención, las medias reflejaban una valoración baja en aspectos clave como la importancia de la geología, la protección del patrimonio, el impacto de las actividades extractivas y la conservación de fósiles. Este patrón inicial indicaba un desconocimiento o falta de conciencia ambiental entre los participantes.

Posterior al taller, se registraron incrementos sustanciales en las medias de todos los ítems, destacándose la valoración del papel científico, educativo y ambiental del patrimonio geológico. Por ejemplo, la percepción sobre la importancia de la geología para comprender el entorno natural aumentó de 1,82 a 4,84, y el reconocimiento de la necesidad de protección del patrimonio pasó de 1,61 a 4,76. Estos avances evidencian no solo un incremento en el conocimiento,

sino también una transformación en la actitud y compromiso hacia la conservación geológica.

Además, la reducción o desaparición de respuestas negativas y neutrales, acompañada del aumento de respuestas en niveles altos de acuerdo, confirma que el taller fomentó una percepción favorable y proactiva respecto al patrimonio geológico local. La mejora completa en la aceptación de la enseñanza de geología desde edades tempranas, con una media perfecta de 5,00, refuerza la efectividad de la estrategia para promover valores educativos sostenibles.

En síntesis, estos resultados avalan la función del taller como una herramienta clave para sensibilizar y motivar a la comunidad, fortaleciendo las bases sociales indispensables para implementar estrategias de geoconservación sostenibles en la Formación Vargas Peña

Discusión – Sección C: Percepción

Los resultados obtenidos en la Sección C evidencian un impacto notable del taller de sensibilización sobre la percepción y la disposición participativa de los estudiantes en relación con la conservación del patrimonio geológico. Se observaron mejoras sustanciales en todos los ítems analizados, lo que confirma la efectividad de la intervención educativa.

El ítem relacionado con el interés en participar en actividades de protección del patrimonio geológico mostró una media inicial elevada ($M = 4,47$), que se incrementó aún más tras el taller ($M = 4,97$), alcanzando casi la unanimidad en respuestas “totalmente de acuerdo” (97,4 %). Este hallazgo indica que los estudiantes ya mostraban una predisposición positiva, pero que fue consolidada por la experiencia educativa.

En cuanto a la participación previa en charlas ambientales, el puntaje inicial fue considerablemente bajo ($M = 2,42$), reflejando escasa exposición a este tipo de actividades. No obstante, la media posterior fue significativamente

más alta ($M = 4,97$), con el 97,4 % de los participantes considerando el taller útil y motivador. Este resultado sugiere que, pese a la falta de experiencias previas, los estudiantes son altamente receptivos a este tipo de contenidos cuando se les brinda la oportunidad.

El interés por colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles también se vio fortalecido tras la actividad. Antes del taller, un 55,3 % se manifestó totalmente de acuerdo con la afirmación, cifra que ascendió a 92,1 % después del mismo. Esta evolución muestra que la educación no formal puede despertar vocaciones y fomentar el compromiso en temas de geoconservación y patrimonio paleontológico.

Finalmente, la disposición a compartir información con otros miembros de la comunidad aumentó de una media de 4,39 a 4,87. El porcentaje de estudiantes que expresó estar totalmente de acuerdo pasó de 68,4 % a 94,7 %, evidenciando un fortalecimiento del rol de los estudiantes como agentes multiplicadores del conocimiento adquirido.

En conjunto, estos resultados respaldan la hipótesis de que la educación ambiental centrada en el patrimonio geológico tiene un efecto positivo en la concienciación, motivación y disposición participativa de los estudiantes. Este tipo de talleres no solo impactan en el plano individual, sino que promueven también una actitud proactiva hacia la difusión del valor geológico en el entorno comunitario, aspecto clave para el éxito de las estrategias de geoconservación a nivel local.

Discusión de Sección D- Impresión de 3D

Los resultados obtenidos en la Sección D evidencian un cambio significativo en el conocimiento y la percepción de los estudiantes sobre la tecnología de impresión 3D como herramienta de conservación y educación geológica. Antes del taller de sensibilización, el nivel de conocimiento era bajo a moderado, con un alto porcentaje de desacuerdo o desconocimiento respecto a

la tecnología. Sin embargo, tras la intervención educativa, la mayoría de los estudiantes manifestó un conocimiento claro y un reconocimiento unánime del valor de la impresión 3D.

Además, el interés en observar réplicas de fósiles impresos en 3D alcanzó un consenso total, lo que indica que la sensibilización logró no solo informar sino también motivar la curiosidad y el aprecio por esta tecnología. La percepción sobre la utilidad pedagógica de los modelos impresos mostró una evolución similar, pasando de respuestas dispersas a un respaldo casi unánime, lo que resalta el potencial de la impresión 3D para fortalecer procesos educativos dirigidos a niños y jóvenes.

Finalmente, la afirmación referente a la utilidad de la impresión 3D para la conservación de fósiles experimentó el cambio más marcado, reflejando un reconocimiento creciente del valor de la tecnología para la geoconservación. La desaparición casi total de respuestas negativas tras el taller indica un efecto positivo claro de la capacitación en la valoración de herramientas innovadoras para preservar el patrimonio geológico.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que la estrategia de sensibilización mediante talleres es efectiva para mejorar el conocimiento, la valoración y la aceptación de tecnologías emergentes como la impresión 3D, contribuyendo así a fortalecer las bases para la geoconservación y la educación ambiental en la comunidad estudiantil.

4.3. Aceptación o rechazo de la hipótesis

La hipótesis de investigación (Hi) planteó que la implementación de estrategias de conservación, como la impresión 3D y la sensibilización de estudiantes del noveno grado, tendría un impacto positivo en la preservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña. En contraste, la hipótesis nula (Ho) postulaba que dichas estrategias no tendrían efecto significativo en la conservación de este patrimonio.

Con base en los resultados obtenidos y su discusión, se acepta la hipótesis de investigación (Hi). La intervención educativa mediante talleres de sensibilización demostró mejorar significativamente los conocimientos geológicos, la percepción positiva y la disposición participativa de los estudiantes en actividades de conservación, evidenciando incrementos superiores al 180 % en comprensión de conceptos clave y un cambio favorable en las actitudes hacia el patrimonio geológico. Adicionalmente, la introducción de la tecnología de impresión 3D como recurso didáctico generó una valoración unánime sobre su utilidad para la enseñanza y conservación, fomentando el interés y la apropiación comunitaria del patrimonio.

Estos resultados indican que la combinación de sensibilización y tecnologías innovadoras constituye una herramienta eficaz para fortalecer la geoconservación desde la educación, promoviendo tanto la formación de conocimientos técnicos como la consolidación de actitudes proactivas en la comunidad estudiantil. Por ende, la evidencia empírica refuta la hipótesis nula y confirma que estas estrategias inciden positivamente en la preservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El análisis de la fragilidad y vulnerabilidad del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña, en el distrito de Itauguá, reveló una situación de riesgo generalizado para la mayoría de los geopuntos evaluados. Aplicando la metodología de Brilha (2016, 2022), se identificaron niveles de vulnerabilidad alta y excepcional en la mayoría de los sitios, sin registrarse ningún caso de vulnerabilidad baja. Las principales causas de esta situación incluyen el deterioro físico de los elementos geológicos, la proximidad a actividades antrópicas, la falta de protección legal y la necesidad urgente de acciones de conservación.

El geopunto GP9 presentó el nivel más crítico de vulnerabilidad, requiriendo intervención inmediata. Otros puntos como GP1, GP2, GP3, GP8 y GP10 también necesitan atención prioritaria, mientras que GP4, GP6 y GP7 podrían beneficiarse de medidas de mitigación a corto plazo. GP5 fue el único clasificado como de vulnerabilidad moderada, con menor nivel de exposición, aunque aún presenta amenazas.

Por otra parte, la estrategia de impresión 3D demostró ser una herramienta innovadora, eficaz y de bajo costo tanto para la enseñanza de contenidos geológicos como para la conservación del patrimonio. La creación de réplicas de fósiles marinos trilobites y braquiópodos, permitió contar con

recursos educativos sin dañar los ejemplares originales. El uso de escaneo con dispositivos móviles e impresión con filamento PLA contribuyó con criterios de sostenibilidad, conservación y educación ambiental.

La implementación del taller de sensibilización tuvo un impacto positivo y significativo en el conocimiento, percepción y disposición participativa de los estudiantes. Se observó un aumento porcentual notable superior al 180 % en la comprensión de contenidos geológicos fundamentales, lo cual evidenció el éxito de la estrategia educativa aplicada. La percepción comunitaria también mejoró, pasando de un desconocimiento inicial a una actitud consciente y activa hacia la conservación del patrimonio geológico. La incorporación de tecnologías como la impresión 3D fue valorada positivamente, generando interés y participación estudiantil.

En conjunto, estos resultados confirman que la educación ambiental apoyada en tecnologías innovadoras puede fortalecer el vínculo entre la comunidad y su patrimonio geológico, promoviendo una cultura de conservación fundamentada en el conocimiento y la apropiación territorial.

5.2 Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones para fortalecer la conservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña:

Recomendaciones de carácter legal y normativo

- Impulsar la declaratoria oficial de protección legal de los geopuntos que forman parte del geosítio con mayor vulnerabilidad, conforme a la normativa ambiental y patrimonial vigente en Paraguay.
- Establecer mecanismos de control y fiscalización eficaces en áreas con intervenciones humanas activas o latentes (como canteras o zonas

urbanizadas), con el fin de evitar nuevas afectaciones a los elementos geológicos.

- Priorizar la protección de un sector específico del Geopunto 1 (GP1), ya que se trata de una zona con alta concentración de fósiles y que, según los resultados de esta investigación, presenta un nivel de fragilidad y vulnerabilidad muy alto (MA).

Recomendaciones educativas y de sensibilización comunitaria

- Diseñar e implementar programas de educación geocientífica dirigidos a estudiantes, docentes y actores comunitarios, promoviendo el reconocimiento y la apropiación social del patrimonio geológico.
- Continuar desarrollando e implementando talleres de sensibilización en otras comunidades e instituciones educativas, utilizando metodologías participativas que integren saberes locales y contenidos técnicos.
- Incorporar el patrimonio geológico en los currículos escolares oficiales, a fin de consolidar desde edades tempranas una cultura de respeto y protección del medio ambiente.

Recomendaciones tecnológicas y de sostenibilidad

Fomentar el uso de la impresión 3D como herramienta didáctica, especialmente en instituciones educativas con escasos recursos, para facilitar la enseñanza de contenidos geológicos.

- Capacitar a docentes, técnicos y líderes comunitarios en el uso de tecnologías de escaneo e impresión tridimensional, promoviendo su aplicación en contextos educativos y de conservación.
- Promover el uso de materiales sostenibles y biodegradables como el filamento PLA, alineando las prácticas tecnológicas con los principios de conservación ambiental.

Recomendaciones para la replicabilidad y seguimiento

- Crear y ampliar un catálogo de réplicas tridimensionales de fósiles y estructuras geológicas relevantes, con el objetivo de formar una colección educativa itinerante o digital.
- Adaptar el modelo de intervención aplicado en Itauguá a otros geositorios del país, como parte de una política nacional de geoconservación educativa y participativa.
- Establecer un sistema de monitoreo periódico que permita detectar cambios en el estado de conservación de los geopuntos, facilitando el ajuste de estrategias frente a riesgos emergentes.
- Diseñar programas de evaluación de impacto a mediano y largo plazo que analicen la efectividad de las acciones educativas y conservacionistas implementadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC Color. (2024, septiembre 21). Pilar fundamental para las empresas cerámicas. <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/comercial/88-aniversario-uip/2024/09/21/pilar-fundamental-para-las-empresas-ceramicas/>

Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: A review. *Geoheritage*, 8(2), 119–134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>

Brilha, J., Monge-Ganuzas, M., Woo, K.-S., Casadevall, T., Migoñ, P., Gunn, J., Erikstad, L., Page, K., Garcia, M. G., Mondejar, F., & El Hadi, H. (2022). Key Geoheritage Areas: Scoping study and guidelines. IUGS-UNESCO International Geoscience Programme (IGCP) Project 731. <https://geoheritage-iugs.org/kga/>

Congreso Nacional. (1993). Ley N.º 294/93: De Evaluación de Impacto Ambiental. <https://www.seam.gov.py>

Congreso Nacional. (2016). Ley N.º 5621/2016: De Protección del Patrimonio Cultural. <https://www.senatur.gov.py>

Constitución Nacional de la República del Paraguay. (1992). <https://www.bacn.gov.py>

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>

Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos. (2022). *Proyecciones de población por sexo y edad, Paraguay, 2000–2050*. DGEEC.

Dirección Nacional de Aeronáutica Civil. (2021). Informe climático anual. <https://www.dinac.gov.py>

Eckel, E. B. (1959). Geology and mineral resources of Paraguay: A reconnaissance (USGS Bulletin 1064). U.S. Geological Survey.

Espínola C & Salinas N (2022) A geoconservação do sítio fóssil da Formação Vargas Peña é urgente, visto por ser um dos geossítios do Projeto Geoparque Ñandeyvytyuera, no Paraguai. [In Proceedings of] *III Seminário Internacional de Pós-graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável e IV Workshop Internacional Pesquisa e Resiliência Ambiental*. Marechal Cândido Rondon – PR, Brasil

Espínola C & Salinas N (2023) Inventario de rasgos geológicos del distrito de Itauguá: una valoración cualitativa. *Semana de la Ciencia 10ma Ed. 2023*, FACEN-UNA.

Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2018). Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning. Rowman & Littlefield.

Fulfaro V. (1996) *Geología del Paraguay Oriental*. Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. (eds) Magmatismo Alcalino en Paraguay Central-Oriental Relaciones con Magmatismo en Brasil (1996) Edusp/Fapesp, Sao Paulo.

GEAM (Grupo de Estudios Ambientales). (s.f.). Plan de Ordenamiento Territorial y Ambiental del municipio de Itauguá. Recuperado el 2 de mayo de 2025, de <https://www.geam.org.py/v3/blog/plan-de-ordenamiento-territorial-y-ambiental-de-itaugua/>

George, D., & Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference (11.0 update) (4.^a ed.). Allyn & Bacon.

Gómez-Heras, M., Álvarez de Buergo, M., & Fort, R. (2020). 3D modeling in geosciences education: Challenges and opportunities. *Geoscience Communication*, 3(1), 21–31. <https://doi.org/10.5194/gc-3-21-2020>

Gomes CB., Comin-Chiaramonti P, Velazquez VF (2013). A synthesis on the alkaline magmatism of Eastern Paraguay. *Brazilian Journal of Geology*. 43: 745–761.

Gordon, J. E. (2020). Geoconservation principles and protected area management. *Resources, Environment and Sustainability*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2019.100002>

Harrington, H. J. (1950). *Geología del Paraguay Oriental* (Contribuciones Científicas, Sección E: Geología, Vol. 1, pp. 1–82). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Buenos Aires.

Harrington, H. J. (1956). Paraguay. En W. F. Jenks (Ed.), *Handbook of South American geology* (Memoria 65, pp. 99–114). Geological Society of America
Hernández-Sampieri, R., Fernández-

Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Harrington, H. J. (1972). Silurian of Paraguay. En W. B. N. Berry & A. J. Boucot (Eds.), *Correlation of the South American Silurian rocks* (Special Paper No. 133, pp. 41–50). Geological Society of America.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). Resultados finales del Censo Nacional de Población y Viviendas 2022. <https://www.ine.gov.py/resumen/257/resultados-finales-del-censo-nacional-de-poblacion-y-viviendas-2022>

Luis Saorín, J., De la Torre-Cantero, J., Meier, C., Melián Díaz, D., Ruiz Castillo, C., & Bonnet de León, A. (2016). Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste: Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 17(3), 89–108. <https://doi.org/10.14201/eks201617389108>

Martí, A., Navarro, G., & Martínez, M. (2022). Digitalización 3D y aprendizaje activo en geología: una revisión crítica. *Revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 40, 45–58.

Martínez, J. I. (2008). La conservación del patrimonio geológico: Una visión global. Universidad de Oviedo.

Ministerio de Educación y Ciencias. (2018). Datos del Establecimiento:
Escuela Básica N.º 1020 Yvyraty.
<https://datos.mec.gov.py/doc/establecimientos/1106027>

Ministerio de Hacienda. (2022). Informe social y económico del Paraguay 2022. <https://www.hacienda.gov.py>

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC). (s.f.). Empresas mineras habilitadas. <https://minasyenergia.mopc.gov.py/>

Municipalidad de Itauguá. (2001). Ordenanza Municipal N.º 223/01 por la cual se aprueba el Plan de Ordenamiento Territorial del distrito de Itauguá.

Municipalidad de Itauguá. (2008). Ordenanza N.º 041/2008: Por la cual se establece la protección del medio ambiente en el municipio de Itauguá.

Oviedo, H. C., & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572–580.

Proyecto PAR 83/005. (1986). Informe geológico final: Prospección geológica del Paraguay Oriental. Dirección de Recursos Minerales, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

Putzer, H. (1962). *Geologie von Paraguay*. Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde, Gebrüder Borntraeger. 1-10

Rahman, M. M., & Rosli, N. A. (2020). Bioplastics for sustainable future: A review. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 39(1), e13223. <https://doi.org/10.1002/ep.13223>

Rodríguez, L., & González, M. (2005). Nuevos registros de trilobites y braquiópodos en la Formación Vargas Peña, Paraguay. *Revista Paraguaya de Geología*, 12(1), 45–62.

Rodríguez, R., & González, R. (2005). Nuevas especies fósiles del Devónico de la región central del Paraguay. *Paleontología Sudamericana*, 22(3), 103–118.

Salinas, N., Celabe, R. M., & López, D. (2023). The Geological Heritage of Ñandeyvytykuera Geopark Project in Paraguay. *Geoconservation Research*, 6(2), 369-388. <https://doi.org/10.57647/j.gcr.2023.0602.23>

Santos, D., Fernández, J., & Almeida, M. (2012). Gastropods and bivalves from the Silurian of eastern Paraguay: Paleoenvironmental implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 37, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.02.001>

Scherer Cárdenas, D. A. (2021). *Identificación, caracterización y valoración de geositos y sitios de la geodiversidad en Cunco, IX Región de La Araucanía: Una herramienta para la geoconservación y el desarrollo sustentable* [Trabajo de título de grado] Universidad Católica de Temuco, Chile

STP (Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social). (2017). Lineamientos para el ordenamiento territorial en Paraguay. <https://www.stp.gov.py/v1/wp-content/uploads/2017/04/PMNDyOT-PY-FINAL.pdf>

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>

Uriz, N. J., Tortello, M. F., Bidone, A. R., & Siccardi, A. (2018). Vestigios de un reino perdido: Un mar de hace 440 millones de años en Paraguay. *Revista de la Fundación Museo de La Plata*, 30, 9–18.

Vera, S. R. P. (2014). Propuesta de Geoconservación del Yacimiento Fosilífero de la Formación Vargas Peña al Oeste del Graben de Ypacaraí [Tesis de grado, Universidad Nacional de Asunción]

ANEXO

Anexo 1: Aplicación inicial de encuestas sobre conocimiento en geoconservación. Prueba piloto de la encuesta y procesos para su validación correspondiente.

	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCION.
FORMULARIO DE ENCUESTA	
TÍTULO DEL TRABAJO:	
Estrategias de geoconservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025	
Tesista: Carlos Antonio Espínola Ruiz	
Tutor: Prof. MSc. Néstor Salinas.	
OBJETIVO DE LA ENCUESTA:	
Conocer la percepción de los estudiantes del noveno grado de la Escuela Básica N.º 1020 de Yvyraty, sobre la importancia de la conservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña, del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025.	
INSTRUCCIONES:	
Por favor, marque con una "X" la opción que mejor refleje su opinión para cada afirmación. Las opciones de respuesta están en una escala de 1 a 5:	
1.	Totalmente en desacuerdo
2.	En desacuerdo
3.	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4.	De acuerdo
5.	Totalmente de acuerdo
DATOS GENERALES:	
• Nombre y Apellido: _____	
• Edad: _____	
• Sexo: ☐ Femenino ☐ Masculino ☐ Otro	
• Ocupación: _____	
• Nivel educativo: ☐ Primaria ☐ Secundaria ☐ Terciaria ☐ Universitaria ☐ Otro: _____	
• Tiempo de residencia en la zona: ☐ Menos de 1 año ☐ 1 a 5 años ☐ Más de 5 años	
• Número de Teléfono (para organizar talleres): _____	
• Barrio o zona de residencia: _____	



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN.

ENCUESTA 1 - ANTES DEL TALLER

INSTRUCCIONES	
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

SECCIÓN A – CONOCIMIENTO

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5
A1	Conozco que es la geología	☐	☐	☐	☐	☐
A2	Conozco qué es el patrimonio geológico.	☐	☐	☐	☐	☐
A3	Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles.	☐	☐	☐	☐	☐
A4	He oído hablar de la Formación Vargas Peña.	☐	☐	☐	☐	☐
A5	¿Qué tipo de fósiles se encuentran en la formación Vargas Peña?	☐ Invertebrados	☐ Mamíferos	☐ Plantas	☐ Reptiles	☐ No sé

SECCIÓN B – PERCEPCIÓN

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5
B1	La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural.	☐	☐	☐	☐	☐
B2	El patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico.	☐	☐	☐	☐	☐
B3	La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural.	☐	☐	☐	☐	☐
B4	Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados.	☐	☐	☐	☐	☐
B5	Es importante enseñar a los niños sobre la geología local.	☐	☐	☐	☐	☐

SECCIÓN C – PARTICIPACIÓN

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5
C1	Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico.	☐	☐	☐	☐	☐
C2	He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente.	☐	☐	☐	☐	☐
C3	Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles.	☐	☐	☐	☐	☐
C4	Estoy dispuesto/a a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad.	☐	☐	☐	☐	☐

SECCIÓN D - TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN (IMPRESIÓN 3D)

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5
D1	Conozco la tecnología de impresión 3D.	☐	☐	☐	☐	☐
D2	Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D.	☐	☐	☐	☐	☐
D3	Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes.	☐	☐	☐	☐	☐
D4	Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles.	☐	☐	☐	☐	☐



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE ASUNCION.

ENCUESTA 2 - DESPUÉS DEL TALLER

SECCIÓN A – CONOCIMIENTO (post taller)

INSTRUCCIONES	
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	De acuerdo
4	Totalmente de acuerdo

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5
A1	Conozco que es la geología	☐	☐	☐	☐	☐
A2	Conozco qué es el patrimonio geológico.	☐	☐	☐	☐	☐
A3	Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles.	☐	☐	☐	☐	☐
A4	He oído hablar de la Formación Vargas Peña.	☐	☐	☐	☐	☐
A5	¿Qué tipo de fósiles se encuentran en la formación Vargas Peña?	☐ Invertebrados	☐ Mamíferos	☐ Plantas	☐ Reptiles	☐ No sé

SECCIÓN B – PERCEPCIÓN (post taller)

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5
B1	La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural.	☐	☐	☐	☐	☐
B2	El patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico.	☐	☐	☐	☐	☐
B3	La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural.	☐	☐	☐	☐	☐
B4	Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados.	☐	☐	☐	☐	☐
B5	Es importante enseñar a los niños sobre la geología local.	☐	☐	☐	☐	☐

SECCIÓN C – PARTICIPACIÓN (post taller)

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5
C1	Me interesa participar en futuras actividades similares a este taller.	☐	☐	☐	☐	☐
C2	Este taller me pareció útil y me motivó a participar más en temas ambientales.	☐	☐	☐	☐	☐
C3	Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles.	☐	☐	☐	☐	☐
C4	Estoy dispuesto/a a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad.	☐	☐	☐	☐	☐

SECCIÓN D - TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN (IMPRESIÓN 3D) (post taller)

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5
D1	Conozco la tecnología de impresión 3D.	☐	☐	☐	☐	☐
D2	Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D.	☐	☐	☐	☐	☐
D3	Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes.	☐	☐	☐	☐	☐
D4	Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles.	☐	☐	☐	☐	☐



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE ASUNCION.

SECCIÓN E - OPINIÓN ABIERTA (post taller)

1. ¿Qué fue lo que más le llamó la atención del taller?

2. ¿Qué acciones cree que podrían realizarse para proteger el patrimonio geológico de Itauguá?

Anexo 2 Consistencia interna del instrumento de encuesta.

Para evaluar la fiabilidad interna del cuestionario utilizado en esta investigación, se aplicó el coeficiente alfa de Cronbach a cada una de las secciones del instrumento. Esta medida permite estimar hasta qué punto los ítems que componen una escala están relacionados entre sí y, por lo tanto, si son consistentes al medir un mismo constructo (Oviedo & Campo-Arias, 2005). El coeficiente se calcula mediante la siguiente fórmula (Cronbach, 1951):

$$\alpha = (N \times \bar{c}) / [\bar{v} + (N - 1) \times \bar{c}]$$

Donde:

- α = coeficiente alfa de Cronbach
- N = número de ítems
- $\bar{c}$ = covarianza media entre los ítems
- $\bar{v}$ = varianza media de cada ítem

Los valores del coeficiente alfa de Cronbach suelen interpretarse de la siguiente manera:

$\alpha < 0.6$: baja fiabilidad interna.

$0.6 \leq \alpha < 0.7$: fiabilidad aceptable, con margen de mejora.

$0.7 \leq \alpha < 0.9$: buena fiabilidad interna.

$\alpha \geq 0.9$: fiabilidad excelente, aunque valores excesivamente altos podrían indicar redundancia entre ítems (George & Mallery, 2003; Tavakol & Dennick, 2011).

A continuación, se describen los resultados obtenidos por cada dimensión evaluada:

Sección A – Conocimientos

El análisis de consistencia interna para esta sección arrojó un coeficiente alfa de Cronbach de 0.7219, lo que se considera un nivel bueno de fiabilidad interna, situándose dentro del rango óptimo para instrumentos en fases exploratorias. Este resultado sugiere que los ítems están adecuadamente correlacionados entre sí y que miden coherentemente el nivel de conocimientos relacionados con el patrimonio geológico.

No obstante, se identificó que el ítem A4 presentó un valor constante (2) en todas las respuestas, lo que implica que no aportó varianza al análisis y, por tanto, afectó negativamente al valor global de consistencia. A pesar de ello, los ítems A1 y A2 demostraron una contribución significativa a la fiabilidad del conjunto. Se recomienda revisar el ítem A4 para futuras aplicaciones, con el objetivo de optimizar el rendimiento del instrumento.

Sección B – Percepción

En esta sección, el coeficiente alfa de Cronbach fue de 0.996, lo que representa un nivel excelente de fiabilidad interna. Este valor indica una alta homogeneidad entre los ítems, proporcionando evidencia robusta de que todos

ellos están midiendo eficazmente el mismo constructo: la percepción de los participantes sobre el patrimonio geológico. Sin embargo, valores tan elevados también pueden sugerir cierta redundancia entre ítems, por lo que podría considerarse una futura revisión para eliminar preguntas similares.

Sección C – Participación

El valor obtenido fue de 0.816, interpretado como una fiabilidad interna buena. Esto refleja una adecuada coherencia entre los ítems, indicando que la escala mide de forma consistente el grado de participación comunitaria en iniciativas de conservación geológica.

Sección D – Impresión 3D

La sección que evalúa las actitudes hacia el uso de la impresión 3D como herramienta de geoconservación arrojó un alfa de Cronbach de 0.793, lo cual también se considera bueno. Los ítems muestran una consistencia aceptable, lo que respalda la validez del instrumento para explorar esta dimensión innovadora dentro de la estrategia de sensibilización.

Anexo 3 Formulario de encuesta aplicada antes y después del taller



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE ASUNCION.

FORMULARIO DE PRUEBA PILOTO

Título del trabajo:

Estrategias de geoconservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025

Tesista: Carlos Antonio Espinola Ruiz

Tutor: MSc. Néstor Salinas

OBJETIVO DE LA ENCUESTA PILOTO:

Verificar si los ítems son comprensibles, relevantes y apropiados para medir el conocimiento, la percepción y la participación de la comunidad sobre el patrimonio geológico y su conservación.

INSTRUCCIONES:

Por favor, marque con una "X" la opción que mejor refleje su opinión para cada afirmación. Las opciones de respuesta están en una escala de 1 a 5:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

- Marque con una "X" la opción que mejor refleje su opinión.

- Después de responder a cada ítem, indique si el enunciado le pareció claro. Use:

✓ Claro ? Confuso #Sugerencia: _____

DATOS GENERALES:

- Nombre y Apellido: _____
- Edad: _____
- Sexo: ☐ Femenino ☐ Masculino ☐ Otro
- Ocupación: _____
- Nivel educativo: ☐ Primaria ☐ Secundaria ☐ Terciaria ☐ Universitaria ☐ Otro: _____
- Tiempo de residencia en la zona: ☐ Menos de 1 año ☐ 1 a 5 años ☐ Más de 5 años
- Número de Teléfono (para organizar talleres): _____
- Barrio o zona de residencia: _____



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE ASUNCION.

ENCUESTA PILOTO – PARA ANTES Y DESPUES DEL TALLER

SECCIÓN A – CONOCIMIENTO

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5	¿Comprendió?
A1	Conozco que es la geología	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
A2	Conozco qué es el patrimonio geológico.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
A3	Sé que en Itauguá existe un lugar con fósiles.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
A4	He oído hablar de la Formación Vargas Peña.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
A5	¿Qué tipo de fósiles se encuentran en la Formación Vargas Peña?						
	☐ Invertebrados						
	☐ Mamíferos						
	☐ Plantas						
	☐ Reptiles						
	☐ No sé						
Comentarios sobre esta sección (comprensión de las preguntas, vocabulario, etc.):							

SECCIÓN B – PERCEPCIÓN

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5	¿Comprendió?
B1	La geología es una ciencia importante para entender el entorno natural.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
B2	El patrimonio geológico debe ser protegido por su valor científico.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
B3	La extracción de arcilla afecta negativamente al patrimonio natural.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
B4	Los fósiles encontrados en Itauguá deben ser conservados.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
B5	Es importante enseñar a los niños sobre la geología local.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #

Comentarios sobre esta sección:



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE ASUNCION.

SECCIÓN C – PARTICIPACIÓN

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5	¿Comprendió?
C1	Me interesa participar en actividades para proteger el patrimonio geológico.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
C2	He participado antes en charlas o talleres sobre medio ambiente.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
C3	Me gustaría colaborar en proyectos educativos o turísticos sobre fósiles.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
C4	Estoy dispuesto/a a compartir información sobre la importancia del patrimonio geológico con otros miembros de mi comunidad.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #

Comentarios sobre esta sección:

SECCIÓN D – TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN (IMPRESIÓN 3D)

Ítem	Enunciado	1	2	3	4	5	¿Comprendió?
D1	Conozco la tecnología de impresión 3D.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
D2	Sería interesante ver réplicas de fósiles impresos en 3D.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
D3	Usar modelos impresos puede ayudar a educar a niños y jóvenes.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #
D4	Creo que la impresión 3D puede ser útil para conservar fósiles.	☐	☐	☐	☐	☒	✓ / ? / #

Comentarios sobre esta sección:

PREGUNTAS ABIERTAS (Post taller en la versión final)

1. ¿Qué fue lo que más le llamó la atención del taller?

2. ¿Qué acciones cree que podrían realizarse para proteger el patrimonio geológico de Itauguá?

EVALUACIÓN GENERAL DEL FORMULARIO

- ¿Hubo palabras o frases que no comprendió? ¿Cuáles?
- ¿Alguna pregunta le resultó confusa o repetitiva?
- ¿Tiene alguna sugerencia para mejorar este cuestionario?

Anexo 4 Nota dirigida a la Directora de la Escuela N° 1020 Yvyraty de Itauguá.



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE ASUNCIÓN.

Itauguá, 06 de mayo del 2025

Lic. Carolina Meza

Directora

Escuela Básica N.º 1020 Yvyraty

Presente

Asunto: Solicitud de permiso para taller educativo.

De mi mayor consideración:

Me dirijo a usted para solicitar el permiso correspondiente para la realización de un taller educativo en la Escuela Básica N.º 1020 Yvyraty, dirigido a estudiantes del 9.º grado en adelante, docentes, padres de alumnos y público en general, a llevarse a cabo durante el mes de mayo del corriente año, en una fecha a ser ajustada conforme a la disponibilidad de tiempo de la institución educativa.

Este taller se enmarca en la elaboración de un trabajo de grado de la Carrera de Geología, titulado "Estrategias de geoconservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025", y tiene como objetivo sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de este geosítio ubicado en Itauguá, perteneciente al Grupo Itacurubí. Esta formación es relevante por la presencia de fósiles marinos del periodo Silúrico, aunque actualmente enfrenta un acelerado deterioro debido a prácticas extractivas.

La actividad incluirá charlas educativas, uso de modelos en impresión 3D de fósiles y materiales de apoyo didáctico, promoviendo la conservación del patrimonio geológico mediante la educación y la participación comunitaria.

Agradeciendo de antemano su atención y apoyo, quedamos a disposición para coordinar los aspectos necesarios para su implementación.

Atentamente,

Carlos Antonio Espinola Ruíz

Estudiante de la Carrera de Geología

FACEN – UNA

Tel.: 0986 934177

Correo: carlos.espinola@facenuna.edu.py

Prof. MSc Néstor Salinas

Tutor

FACEN – UNA

Tel.: 0976 392187

Correo: nestorsalinas@facen.una.py



Recibido
06/05/2025

Lic. Carolina Meza Barero
Directora
Mat. N° 36981

Anexo 5 Afiche de invitación para el taller educativo.



Taller educativo Gratuito

Geoconservación y Patrimonio Geológico de Itauguá.

Horario

 Lugar: Escuela Básica N.º 1020 "Yvyraty" (Itauguá)
 Fecha: Lunes 12 de mayo de 2025
 Horario: 07:30 a 08:30 hs
 Público: Estudiantes, docentes, padres y comunidad en general.

¿Por qué participar?

- Conocerás los fósiles únicos de la Formación Vargas Peña (trilobites, braquiópodos y más) del período Silúrico.
- Aprenderás sobre las amenazas a este geositio por la extracción de arcilla y cómo ayudar a protegerlo.
- Interactuarás con réplicas 3D de fósiles! Una herramienta innovadora para la conservación.

En el Marco de un Trabajo de grado de Geología.

- Estrategias de geoconservación del patrimonio geológico de la Formación Vargas Peña del Grupo Itacurubí, en el Distrito de Itauguá, Departamento Central, Paraguay, año 2025.



 Autor: Carlos Antonio Espínola Ruíz/Tutor: Prof. MSc. Néstor Salinas
Estudiante de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la
Universidad Nacional de Asunción

¡Sumate y sé parte de la protección de nuestro patrimonio natural!
 Consultas: 0986 934 177

Anexo 6: Registros de asistencia y participación en el taller de sensibilización



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN.

Planilla de Registro de Firmas - Taller educativo sobre Geoconservación y Patrimonio Geológico de Itauguá.

📍 Lugar: Escuela Básica N° 1020 "Yvyraty" (Itauguá)

📅 Fecha: Lunes 12 de mayo de 2025

🕒 Horario: 07:30 a 08:30hs

👤 Público: Estudiantes, docentes, padres y comunidad en general.

Nº	Nombres y Apellidos	Firma
1	Ana Lucía Vera Arce	Ana Lucía Vera Arce
2	Celeste Rosmarie Leon Treles	Celeste Leon
3	Estefanía vera	Estefanía V.
4	Luz Villalba	Luz
5	Marina vera	Marina
6	Carlos Lopez	Carlos
7	Lucas Balbuena	Lucas
8	Estefanía Rosmarie Leon Treles	Estefanía
9	Carlos Ezequiel Velazquez	Carlos Ezequiel Velazquez
10	Carlos Mateo Silva	Carlos Mateo Silva
11	Juan Daniel Duarte	Juan Daniel Duarte
12	Adrián Fernando Ramírez	Adrián Fernando Ramírez
13	Thiago Ezequiel Salcedo	Thiago Salcedo
14	Carlos Manuel Silva	Carlos Manuel Silva
15	Lidia Amarilla	Lidia Amarilla
16	Jonathan Amarilla	Jonathan Amarilla
17	Thiago Fabián Silva	Thiago Fabián Silva
18	Edgar Joel Rincón Gómez	Edgar
19	Evelyn Nicole Ruiz Díaz Araujo	Evelyn Ruiz Díaz
20	Daniela Concepción Ramírez Aguero	Daniela Ramírez
21	Micaela Monserrat Ramírez Aguero	Micaela Ramírez
22	Milena Anibal Fariña Ruiz Díaz	Milena Fariña
23	Salma Valentina Gaulán Leguizamón	Salma Gaulán
24	Samira Ayelen Cabrera Domínguez	Samira Cabrera
25	Valeria Montenegro Benítez	Valeria Montenegro
26	Alan Sebastián Gómez Benítez	Alan Gómez
27	Andrés Emanuel Arévalo Ortega	Andrés Arévalo
28	Tobías Paredes	Tobías Paredes
29	Nicolas Anibal Fariña Ruiz Díaz	Nicolas Fariña
30	Jeremías Gamal	Jeremías
31	Elvia Gabriel Tenorio Valdez	Elvia Tenorio
32	Araceli Durando	Araceli
33	Nelson Valdez	Nelson Valdez
34	Jessica Pamela García González	Jessica García
35	Daniela Luiza Torres Echeverría	Daniela T.
36	Damaris Nizi González Flechas	Damaris González
37	Gisselle Esterhazy Candia Ortiz	Gisselle Candia
38	Gluzan Jackson Lopez	Gluzan Lopez
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		