



e-ISSN 2588-0721
DOI: [10.33936/riemat.v11i2.8522](https://doi.org/10.33936/riemat.v11i2.8522)

RIEMAT

Página web de la revista: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat>



Artículo Original

Respuesta operativa de la planta embotelladora Tecniagua para garantizar el abastecimiento de agua segura después del terremoto de Manabí

Operational response of the Tecniagua bottling plant to ensure the supply of safe water following the Manabí earthquake.

Valeria Esther Vera-Vargas ^{a*}, Hector Leodey Vines-Pacheco ^b

^a Instituto de Admisión y Nivelación, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6948-2886>

^b Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0078-7099>

* Autor para correspondencia.

valeria.vera@utm.edu.ec

Recibido: 21/06/2026

Aceptado: 09/07/2026

Publicado: 13/08/2026

Citacion sugerida: Vera-Vargas, V. & Vines-Pacheco, H. (2026). Respuesta operativa de la planta embotelladora Tecniagua para garantizar el abastecimiento de agua segura después del terremoto de Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología. RIEMAT*, 11(2), 33-45. <https://doi.org/10.33936/riemat.v11i2.8522>

Resumen

El terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016 en la costa ecuatoriana provocó severas afectaciones en la infraestructura y los servicios básicos, limitando el acceso a agua segura para consumo humano en diversas comunidades de la provincia de Manabí. En este contexto, el suministro oportuno de agua segura es una intervención prioritaria para proteger la salud pública y reducir los riesgos asociados a la interrupción de los sistemas de abastecimiento durante situaciones de emergencia. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la capacidad operativa de la planta purificadora universitaria Tecniagua para el abastecimiento de agua segura posterior al evento sísmico. La investigación se desarrolló mediante un estudio de caso con enfoque analítico, sustentado en el análisis de registros operativos y administrativos de la planta, complementados con documentación y registros fotográficos del periodo de estudio. Los resultados evidenciaron que la planta disponía de una capacidad instalada estimada entre 5000 y 7000 litros diarios y mantuvo actividades continuas de producción, envasado y distribución de agua purificada durante aproximadamente cuatro meses. En este periodo se distribuyeron 9000 bidones, 1280 pacas y 3320 fundas, equivalentes a aproximadamente 228 560 litros de agua purificada. Asimismo, la organización y la participación operativa permitieron mantener la continuidad de los procesos de producción y distribución durante la emergencia. Se concluye que las infraestructuras universitarias con capacidad para el tratamiento de agua pueden complementar las capacidades locales de respuesta ante desastres, constituyéndose en recursos estratégicos para el abastecimiento de agua segura y el fortalecimiento de la gestión del riesgo en contextos de emergencia.

Palabras clave: agua segura, abastecimiento de agua, resiliencia institucional, gestión de emergencias, universidades, terremotos

Abstract

The earthquake that struck the Ecuadorian coast on April 16, 2016, caused severe damage to infrastructure and basic services, limiting access to safe drinking water in several communities in the province of Manabí. In this context, the timely supply of safe water is a priority intervention to protect public health and reduce the risks associated with disruptions to supply systems during emergencies. This study aimed to analyze the operational capacity of the Tecniagua university water purification plant to supply safe water after the earthquake. The research was conducted as a case study with an analytical-descriptive approach, based on the analysis of the plant's operational and administrative records, supplemented by documentation and photographic records from the study period. The results showed that the plant had an estimated installed capacity of between 5,000 and 7,000 liters per day and maintained continuous production, bottling, and distribution of purified water for approximately four months. During this period, 9,000 drums, 1,280 bales, and 3,320 bags were distributed, equivalent to approximately 228,560 liters of purified water. Furthermore, the operational organization and student participation allowed for the continuity of production and distribution processes throughout the emergency. It is concluded that university infrastructure with water treatment capacity can complement local disaster response capabilities, becoming strategic resources for the supply of safe water and the strengthening of risk management in emergency contexts.

Keywords: safe water, water supply, institutional resilience, emergency management, universities, earthquakes



✉ riemat@utm.edu.ec

1. Introducción

El terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016 en Ecuador, con epicentro frente a las costas de la provincia de Manabí, constituye uno de los eventos sísmicos más significativos registrados en el país en las últimas décadas (Fuentes et al., 2020). Este fenómeno alcanzó una magnitud de 7,8 en la escala de momento sísmico y provocó graves afectaciones en infraestructura, edificaciones, redes de servicios básicos y sistemas productivos en diversas ciudades de la región costera (García et al., 2021; Sánchez-Cortez & Simbaña-Tasigano, 2024). Entre las principales consecuencias del evento se encontró la interrupción parcial de servicios esenciales, incluyendo el acceso a agua segura para consumo humano, lo cual incrementó la vulnerabilidad de la población durante los primeros días posteriores al desastre (Castillo & Santillán, 2021).

En escenarios de emergencia, el acceso al agua constituye un requisito esencial para proteger la salud pública y garantizar condiciones mínimas de bienestar (Cañizares-Fuentes et al., 2022; Pierre, 2019). La interrupción de los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento después de un desastre incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, especialmente enfermedades diarreicas agudas, hepatitis A y otras infecciones gastrointestinales, las cuales representan una de las principales causas de morbilidad en poblaciones desplazadas o afectadas por emergencias. Por esta razón, organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) consideran el suministro oportuno de agua segura una de las intervenciones prioritarias para reducir riesgos sanitarios y proteger la salud de la población durante las primeras fases de respuesta (OMS, 2022; Sphere Association, 2018).

La gestión del riesgo de desastres y la resiliencia territorial han resaltado la necesidad de mejorar las capacidades locales para prevenir, enfrentar y recuperarse de eventos extremos mediante el uso de ciencia y tecnología aplicada (Aitsi-Selmi et al., 2016; Macías-Rosado et al., 2025; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2018). Por ello, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres reconoce el papel de las instituciones y comunidades en la construcción de territorios más resilientes (Cutter et al., 2014; Organización de las Naciones Unidas, 2015).

En la ciudad de Portoviejo y otros cantones de la provincia de Manabí, el terremoto ocasionó daños significativos en la infraestructura que estaba destinada a la distribución de agua potable, provocando interrupciones prolongadas del servicio durante los primeros días posteriores al evento. Esta situación obligó a una parte importante de la población a recurrir al abastecimiento mediante tanqueros, agua embotellada y otras fuentes alternativas, aumentando la necesidad de implementar mecanismos complementarios que garantizaran el acceso a agua segura mientras se restablecían paulatinamente los sistemas convencionales de suministro. Esta disponibilidad de infraestructuras locales con capacidad para producir y distribuir agua apta para el consumo humano adquirió especial relevancia como apoyo a las acciones de respuesta humanitaria y protección de la salud pública (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2016; Sánchez-Cortez & Simbaña-Tasigano, 2024).

Dentro de este contexto, las universidades constituyen actores estratégicos debido a sus recursos humanos, capacidades tecnológicas e infraestructura disponible para apoyar procesos de prevención, respuesta y recuperación ante desastres (Bautista et al., 2021; Grupo del Banco Mundial, 2021).

Como parte de una iniciativa conjunta entre la Universidad Técnica de Manabí y la Agrupación de Jóvenes Emprendedores “Para Triunfar Hay Que Empezar”, se implementó la planta purificadora Teciagua con fines de formación práctica y emprendimiento universitario. Inicialmente concebida para la producción y comercialización de agua purificada dentro del campus, la planta involucraba a estudiantes en actividades relacionadas con la purificación, control de calidad, envasado, mantenimiento y distribución del producto.

La evidencia internacional demuestra que los terremotos pueden comprometer gravemente los sistemas de abastecimiento de agua potable, afectando el acceso de la población a servicios esenciales e incrementando su vulnerabilidad sanitaria. En Nepal, tras el terremoto de 2015, se registró una disminución del suministro de agua por red y un mayor uso de fuentes alternativas sin garantías de calidad para consumo humano. Asimismo, estudios recientes han demostrado que los eventos sísmicos pueden afectar la funcionalidad de las redes hidráulicas urbanas, evidenciando la necesidad de implementar sistemas alternativos de abastecimiento y estrategias de recuperación operativa (Bata et al., 2022; Wu et al., 2023). De igual forma, la experiencia japonesa ha resaltado la importancia de incorporar infraestructuras resilientes y planes de

contingencia que permitan acelerar el restablecimiento del servicio de agua potable después de los desastres (World Bank, 2017).

En América Latina también se han documentado experiencias que evidencian la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua frente a eventos extremos. Tras el terremoto de Chile de 2010 y el terremoto de Haití del mismo año, los daños en la infraestructura hidráulica afectaron el suministro de agua a miles de personas, impulsando estrategias de distribución de emergencia y el fortalecimiento de la coordinación interinstitucional para garantizar el acceso al agua potable (Gelting et al., 2013). De manera similar, los sismos ocurridos en México en 2017 pusieron de manifiesto la importancia de la planificación operativa y de la resiliencia de los servicios básicos para reducir los riesgos sanitarios derivados de la interrupción del abastecimiento de agua (Sphere Association, 2018).

La importancia de fortalecer sistemas alternativos para el abastecimiento de agua durante desastres continúa siendo un desafío vigente en América Latina. Un ejemplo reciente lo constituyen los terremotos ocurridos en Venezuela el 24 de junio de 2026, cuyos informes preliminares evidenciaron afectaciones a la infraestructura crítica y señalaron el acceso al agua potable, el saneamiento y la higiene como prioridades de la respuesta humanitaria (OCHA, 2026; OPS, 2026). Este escenario confirma la necesidad de contar con capacidades institucionales y operativas que permitan mantener o restablecer oportunamente los servicios esenciales frente a eventos extremos (Moroch Orellana et al., 2022; UNICEF, 2026).

En Ecuador, las investigaciones sobre el terremoto de 2016 se han centrado principalmente en las afectaciones a la infraestructura, los servicios básicos y los procesos de recuperación territorial (Castillo & Santillán, 2021; Sánchez-Cortez & Simbaña-Tasiguano, 2024). Aunque estos estudios han contribuido a comprender los impactos del desastre y la importancia de fortalecer la resiliencia local (Macías-Rosado et al., 2025), persiste una limitada evidencia sobre el papel de las infraestructuras universitarias productivas como mecanismos de apoyo para garantizar el acceso a agua segura durante emergencias. Esta ausencia de estudios dificulta valorar el potencial de las universidades para integrarse a estrategias locales de contingencia mediante la movilización de recursos tecnológicos, logísticos y humanos. Asimismo, limita la generación de evidencia que permita orientar políticas públicas y mejorar la planificación de la gestión del riesgo desde el ámbito de la educación superior.

Frente a esta brecha de conocimiento, el caso de la planta purificadora Tecniagua permite analizar cómo una infraestructura universitaria preexistente puede contribuir al abastecimiento de agua segura durante situaciones de emergencia. Asimismo, ofrece evidencia sobre la articulación entre capacidad operativa, organización estudiantil y recursos tecnológicos para fortalecer la respuesta local ante desastres. En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo contribuyó la activación operativa de la planta purificadora universitaria Tecniagua al abastecimiento de agua purificada durante la emergencia posterior al terremoto del 16 de abril de 2016 en Manabí?

Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la capacidad operativa de la planta purificadora universitaria Tecniagua para el abastecimiento de agua segura posterior al terremoto del 16 de abril de 2016 en Manabí, considerando los procesos de producción, envasado y distribución implementados por la comunidad universitaria.

2. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio y contexto institucional

El estudio se desarrolló en la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador, una de las zonas más afectadas por el terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016. En esta institución operaba la planta purificadora de agua Tecniagua, gestionada mediante un convenio entre la universidad y la agrupación de jóvenes emprendedores “Para Triunfar Hay Que Empezar”. En la Figura 1 se presenta la ubicación geográfica de la planta dentro del campus universitario, permitiendo identificar el contexto institucional en el que se desarrolló el caso de estudio y las actividades operativas analizadas.

Figura 1.

Localización de la planta purificadora Tecniagua en la Universidad Técnica de Manabí.



Nota. Elaboración propia a partir de imágenes satelitales de Google Maps.

Tras el evento sísmico, las interrupciones registradas en los sistemas de abastecimiento de agua potable en Portoviejo y otros cantones de Manabí generaron la necesidad de disponer de mecanismos alternativos para garantizar el suministro de agua apta para el consumo humano durante la fase inicial de respuesta. En este contexto, la planta Tecniagua constituyó una infraestructura universitaria con capacidad instalada para apoyar las acciones de abastecimiento de agua segura, convirtiéndose en la unidad de análisis de la presente investigación.

La planta fue concebida como una infraestructura productiva y formativa destinada a la producción de agua purificada y al fortalecimiento de competencias prácticas en estudiantes universitarios. Su operación integraba actividades de tratamiento, control de calidad, envasado, almacenamiento y distribución, asociadas a la gestión operativa de una unidad productiva.

Antes del evento sísmico, Tecniagua funcionaba bajo un modelo de emprendimiento universitario autosostenible orientado al abastecimiento de agua purificada dentro del campus universitario.

Debido a estas características, la planta representó un caso de estudio pertinente para analizar la capacidad operativa de una infraestructura universitaria destinada al abastecimiento de agua segura durante un contexto de emergencia, considerando los procesos de producción, envasado y distribución implementados durante el periodo analizado.

2.2 Infraestructura y proceso de producción

La planta Tecniagua disponía de un sistema de purificación diseñado para producir agua apta para consumo humano mediante un proceso secuencial de tratamiento y control de calidad. La línea de purificación comprendía las etapas de filtración inicial para la retención de sedimentos y partículas, una segunda filtración para remover partículas finas, tratamiento mediante filtro de carbón activado para disminuir el cloro residual, olores y materia orgánica, seguido de un proceso de ósmosis inversa para la remoción de sales, contaminantes y microorganismos. Posteriormente, el agua purificada era almacenada en un tanque con capacidad aproximada de 2 500 L, desde donde se abastecían las líneas de envasado.

La planta disponía de dos líneas de producción: una destinada al envasado automático de botellas de 500 mL y otra para el llenado de bidones de 20 L. Ambos procesos incluían etapas de llenado, sellado, etiquetado o colocación de tapa, inspección del producto terminado y almacenamiento previo a su distribución.

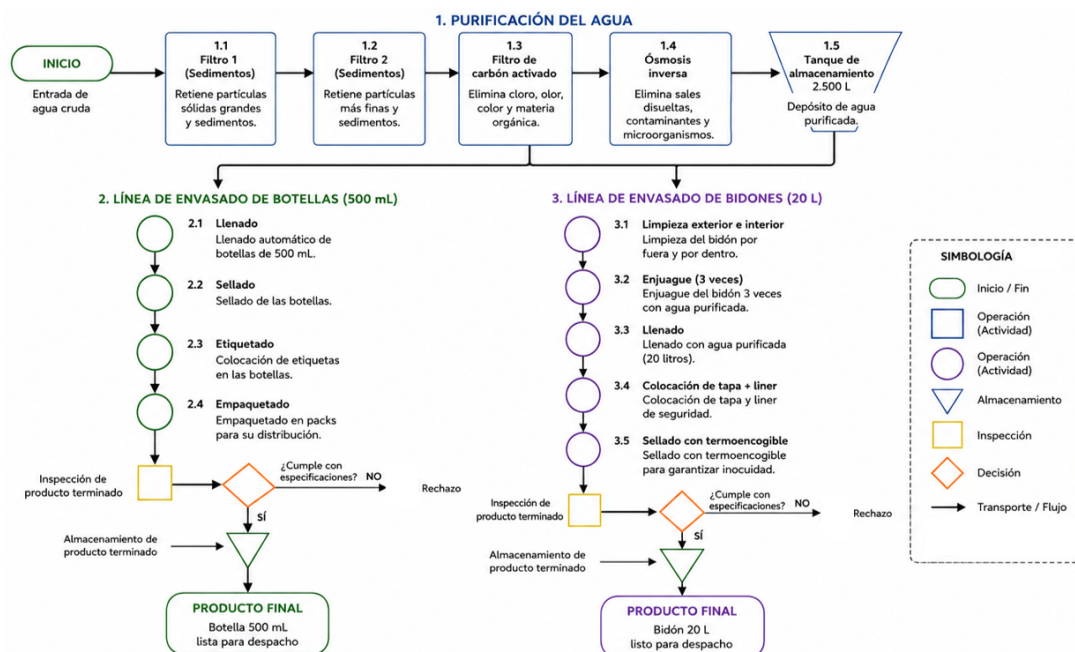
Como parte del proceso operativo, en cada línea de producción se realizaban puntos de inspección para verificar el cumplimiento de las especificaciones establecidas antes del almacenamiento y despacho del producto, permitiendo asegurar la calidad en cada etapa del proceso del agua purificada y distribuida durante

el periodo analizado.

En la Figura 2 se presenta de manera esquemática el proceso de purificación, envasado y control implementado en la planta Tecniagua para la producción de agua purificada destinada al consumo humano.

Figura 2.

Sistema de producción de agua purificada de la planta Tecniagua.



Nota. Elaboración propia con base en la descripción operativa de la planta Tecniagua.

De acuerdo con los registros operativos de la planta y la documentación técnica institucional, la disponía de una capacidad instalada de producción estimada entre 5000 y 7000 litros diarios de agua purificada. Esta capacidad constituía un recurso estratégico para el abastecimiento de agua dentro del campus universitario y representó una ventaja operativa posterior al terremoto, al posibilitar la continuidad de la producción para fines de apoyo comunitario.

Considerando los estándares mínimos de abastecimiento de agua recomendados para situaciones de emergencia, esta capacidad de producción permitía potencialmente atender las necesidades básicas de varios cientos de personas por día, constituyéndose en un indicador relevante para evaluar la contribución de la planta a la respuesta humanitaria desarrollada durante el periodo de estudio.

2.3 Participación estudiantil y organización del trabajo.

La operación de la planta Tecniagua se sustentaba en la participación de estudiantes pertenecientes a la agrupación de jóvenes emprendedores “Para Triunfar Hay Que Empezar”, quienes desempeñaban funciones asociadas a las diferentes etapas del proceso productivo. Entre las actividades desarrolladas se incluían la purificación del agua, el control operativo de calidad, el llenado y envasado, el embalaje, el mantenimiento básico de equipos, así como las labores de almacenamiento y logística de distribución.

Este esquema organizativo integraba procesos de formación práctica y emprendimiento universitario mediante la participación directa de los estudiantes en la gestión operativa de la planta.

Para efectos de esta investigación, la organización del trabajo estudiantil fue considerada como un componente de la capacidad operativa de la planta, analizándose su participación en los procesos de producción, envasado y distribución desarrollados durante el periodo de estudio.

2.4 Activación operativa durante el evento sísmico.

El periodo de análisis correspondió a la fase de respuesta posterior al terremoto del 16 de abril de 2016, durante la cual la planta Tecniagua modificó su modalidad habitual de funcionamiento para priorizar la producción y distribución de agua purificada.

La activación operativa fue analizada considerando la reorganización de los recursos humanos, la utilización de la infraestructura disponible y la continuidad de los procesos de producción, envasado y distribución implementados durante el periodo de emergencia.

Este proceso constituyó la unidad de análisis del estudio, permitiendo evaluar la capacidad operativa de la planta para mantener el abastecimiento de agua segura durante la respuesta al desastre.

2.5 Formatos de envasado y distribución

Durante el periodo analizado, la producción de agua purificada fue distribuida en diferentes formatos de envasado con el fin de facilitar su almacenamiento, transporte y entrega. Los principales formatos considerados fueron botellas individuales, bidones de mayor capacidad y fundas plásticas. Los diferentes formatos de envasado fueron considerados como parte del análisis de la capacidad operativa, debido a su relación con los procesos de almacenamiento, transporte y distribución del agua purificada.

Las variables e indicadores considerados para el análisis de la capacidad operativa de la planta se presentan en la Tabla 1. Estas variables permitieron evaluar la producción, distribución, organización operativa y cobertura potencial del abastecimiento de agua durante el periodo de estudio.

Tabla 1.

Variables e indicadores analizados.

Variable	Indicador	Unidad de medida	Fuente de información
Capacidad operativa	Capacidad instalada de producción	Litros/día	Registros administrativos y operativos de la planta
Producción	Volumen de agua producido	Litros	Registros operativos de producción
Envasado	Agua envasada por tipo de presentación (botellas, bidones y fundas)	Unidades	Registros operativos
Distribución	Agua distribuida por tipo de presentación	Unidades	Registros operativos
Periodo de operación	Duración del abastecimiento durante la emergencia	Meses	Registros administrativos de la planta
Cobertura potencial	Personas potencialmente abastecidas según el estándar Sphere	Personas/día	Estimación derivada de los registros de producción

Nota. Elaboración propia a partir de registros operativos de Tecniagua, documentación institucional y criterios de abastecimiento en emergencias establecidos por Sphere (2018) y WHO (2013).

2.6 Enfoque metodológico

La investigación se desarrolló como un estudio de caso con enfoque analítico-descriptivo de carácter técnico-operativo, orientado a analizar la capacidad operativa de la planta purificadora universitaria Tecniagua para el abastecimiento de agua segura durante la emergencia posterior al terremoto del 16 de abril de 2016 en Manabí, considerando los procesos de producción, envasado y distribución implementados por la comunidad universitaria.

Las fuentes de información estuvieron constituidas por:

- Registros operativos de producción, envasado y distribución de agua purificada generados durante el

periodo de estudio.

b) Registros administrativos, operativos y de producción generados por la Agrupación de Jóvenes Emprendedores “Para Triunfar Hay Que Empezar”, responsable de la administración de la planta Tecniagua durante el periodo analizado.

c) Registros fotográficos utilizados para documentar las actividades operativas desarrolladas durante la emergencia.

Como fuente complementaria de contextualización se consideró información proporcionada por personas que participaron directamente en la operación de la planta durante el periodo analizado. Esta información fue utilizada exclusivamente para corroborar y contextualizar los registros operativos y administrativos, sin constituir la fuente principal de análisis del estudio.

El periodo de análisis comprendió los cuatro meses posteriores al terremoto del 16 de abril de 2016, intervalo durante el cual la planta Tecniagua destinó su capacidad operativa a la producción y distribución de agua purificada para apoyo comunitario.

Las variables analizadas incluyeron la capacidad diaria de producción, los formatos de envasado y distribución, la organización del trabajo operativo, la duración del periodo de funcionamiento y la cobertura potencial del abastecimiento.

Los registros recopilados fueron organizados en matrices de sistematización para analizar los indicadores de producción, distribución y operación de la planta. A partir de esta información se estimaron los volúmenes acumulados de agua purificada y la cobertura potencial del abastecimiento, utilizando como referencia el estándar mínimo de 15 litros por persona por día establecido por Sphere Association (2018). Los resultados fueron interpretados desde una perspectiva técnico-operativa, orientada a valorar la capacidad operativa de la planta Tecniagua para contribuir al abastecimiento de agua segura durante el periodo analizado.

Debido a que la investigación se sustentó principalmente en el análisis de registros administrativos, operativos y documentación histórica de la planta, no implicó intervención directa sobre seres humanos. La información complementaria utilizada tuvo un carácter exclusivamente contextual y fue tratada preservando la confidencialidad de las personas involucradas.

3. Resultados y Discusión

3.1 Capacidad operativa y producción de agua purificada durante la emergencia

De acuerdo con los registros administrativos y operativos de la planta Tecniagua, la infraestructura disponía de una capacidad instalada de producción estimada entre 5000 y 7000 litros diarios de agua purificada. Esta capacidad representó el potencial operativo disponible para responder a las necesidades de abastecimiento durante la emergencia posterior al terremoto del 16 de abril de 2016.

Durante los cuatro meses analizados, la planta mantuvo actividades continuas de producción, envasado y distribución de agua purificada destinadas prioritariamente al apoyo comunitario. La producción se realizó utilizando diferentes formatos de envasado, incluyendo botellas individuales de 500 mL, bidones de 20 L y fundas con capacidades aproximadas entre 10 y 15 L, lo que permitió adaptar la distribución a las necesidades logísticas de los sectores atendidos.

Los registros operativos muestran que la producción efectiva presentó un comportamiento relativamente estable durante el periodo analizado, con promedios diarios de entre 15 y 17 pacas, 110 y 115 bidones, y entre 40 y 43 fundas distribuidas por día (Tabla 2). Estos resultados evidencian la continuidad operativa de la planta durante el periodo de emergencia y constituyen la base para analizar su capacidad de abastecimiento en función de la producción efectivamente distribuida.

Tabla 2.

Producción promedio del agua purificada durante el periodo de operación posterior al terremoto (cuatro meses).

Mes	Promedio diario de pacas	Promedio diario de bidones	Promedio diario de fundas	Producción mensual estimada (pacas)	Producción mensual estimada (bidones)	Producción mensual estimada (fundas)
Mes 1	16	112	41	320	2240	820
Mes 2	15	110	40	300	2200	800
Mes 3	17	115	43	340	2300	860
Mes 4	16	113	42	320	2260	840
Total	—	—	—	1280	9000	3320
Promedio mensual	16	113	42	320	2250	830

Nota. La producción mensual estimada se calculó considerando 20 días efectivos de operación por mes. Cada paca contenía 24 botellas de 500 mL (12 L por paca), cada bidón 20 L y cada funda 10 L.

Los registros operativos muestran que la producción efectiva se mantuvo relativamente estable durante los cuatro meses analizados, con un promedio mensual de 2250 bidones, 320 pacas y 830 fundas distribuidas (Tabla 2). El formato predominante correspondió a los bidones de 20 litros, los cuales representaron el principal medio de abastecimiento de agua purificada durante la emergencia, seguido por las fundas de 10 litros y, en menor proporción, las pacas de botellas de 500 mL.

En términos acumulados, durante el periodo de estudio se distribuyeron 9000 bidones, 1280 pacas y 3320 fundas, equivalentes a aproximadamente 228 560 litros de agua purificada. Estos resultados evidencian la continuidad operativa de la planta durante la fase de respuesta y la capacidad de mantener de forma sostenida los procesos de producción, envasado y distribución para el abastecimiento de agua segura.

La Figura 3 presenta evidencia fotográfica de las actividades de producción y distribución de agua purificada desarrolladas por la Agrupación de Jóvenes Emprendedores “Para Triunfar Hay Que Empezar” durante la respuesta posterior al terremoto de 2016.

Figura 3.

Actividades de producción y envasado de agua purificada en la planta Tecniagua durante la respuesta al terremoto de Manabí de 2016.



Nota. Archivo fotográfico de la planta Tecniagua. Universidad Técnica de Manabí, 2016.

Con el propósito de analizar la capacidad operativa de la planta Tecniagua durante la emergencia, se calcularon indicadores derivados a partir de los registros de producción y distribución de agua purificada. Estos indicadores permitieron estimar el volumen total de agua efectivamente distribuida durante los cuatro meses de operación, así como la cobertura potencial del abastecimiento, utilizando como referencia el estándar mínimo de 15 litros por persona por día establecido por Sphere Association (2018). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Indicadores operativos derivados de la distribución de agua purificada durante el periodo de apoyo comunitario.

Indicador	Valor estimado
Bidones distribuidos (4 meses)	9000 unidades
Litros distribuidos mediante bidones	180 000 L
Pacas distribuidas (4 meses)	1280 unidades
Litros distribuidos mediante pacas	15 360 L
Fundas distribuidas (4 meses)	3320 unidades
Litros distribuidos mediante fundas	33 200 L
Volumen total efectivamente distribuido	228 560 L
Capacidad instalada de producción	5000–7000 L/día
Producción potencial acumulada (80 días efectivos)	400 000–560 000 L
Cobertura potencial del abastecimiento*	15 237 personas-equivalente

Nota. La cobertura potencial se estimó utilizando como referencia el estándar mínimo de 15 L/persona/día recomendado por Sphere Association (2018). La producción potencial acumulada corresponde a una estimación basada en la capacidad instalada de la planta durante 80 días efectivos de operación.

Los bidones de 20 litros constituyeron el principal mecanismo de abastecimiento implementado durante la emergencia, alcanzando un volumen aproximado de 180 000 litros de agua purificada durante los cuatro meses analizados. Este formato representó cerca del 79 % del volumen total efectivamente distribuido, evidenciando la importancia de emplear recipientes de mayor capacidad para optimizar las actividades de almacenamiento, transporte y entrega en situaciones de emergencia. A este volumen se sumaron 15 360 litros distribuidos mediante pacas de botellas de 500 mL y 33 200 litros suministrados a través de fundas de 10 litros, utilizadas como una alternativa complementaria para facilitar el abastecimiento de agua purificada.

En conjunto, el volumen total efectivamente distribuido durante el periodo analizado fue de aproximadamente 228 560 litros de agua purificada. Considerando el estándar mínimo de 15 litros por persona por día recomendado por Sphere Association (2018) para situaciones de emergencia, este volumen habría permitido cubrir potencialmente el abastecimiento equivalente de 15 237 personas. Aunque esta estimación no representa el número real de beneficiarios, constituye un indicador útil para dimensionar la capacidad operativa de la planta durante la respuesta al terremoto.

Si bien la planta disponía de una capacidad instalada estimada entre 5000 y 7000 litros diarios, la producción efectiva promedio fue inferior a dicho potencial debido a las condiciones operativas propias de la emergencia. Entre los principales factores se encontraron la disponibilidad intermitente de agua proveniente de la red pública, las limitaciones en el abastecimiento de la cisterna de almacenamiento y el rechazo aproximado del 50 % del sistema de ósmosis inversa, condiciones que restringieron el volumen diario de agua purificada producido.

Estos resultados evidencian que la planta Tecniagua mantuvo una operación continua durante los cuatro meses posteriores al terremoto, constituyéndose en un recurso de apoyo para complementar el abastecimiento de agua segura en las comunidades afectadas y demostrando la capacidad operativa de una infraestructura universitaria para responder a un contexto de emergencia.

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que la planta purificadora universitaria Tecniagua constituyó un recurso operativo relevante para complementar el abastecimiento de agua segura durante los meses posteriores al terremoto del 16 de abril de 2016. La infraestructura disponía de una capacidad instalada estimada entre 5000 y 7000 litros diarios; sin embargo, la producción efectivamente distribuida fue inferior a dicho potencial debido a las condiciones operativas propias del contexto de emergencia, entre ellas la disponibilidad intermitente de agua proveniente de la red pública, las limitaciones en el abastecimiento de la cisterna de almacenamiento y el rechazo aproximado del 50 % del sistema de ósmosis inversa. Estos resultados ponen de manifiesto que la capacidad instalada representa el potencial máximo de producción, mientras que la producción efectiva depende de las condiciones reales de operación durante una emergencia.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Adhikari (2022), quien señala que los terremotos pueden comprometer significativamente los sistemas convencionales de abastecimiento de agua, haciendo necesaria la implementación de mecanismos alternativos para garantizar el acceso al recurso. De manera similar, Bata et al. (2022) y Wu et al. (2023) destacan que la continuidad del abastecimiento de agua después de eventos sísmicos depende en gran medida de la disponibilidad de infraestructura técnica, capacidades operativas y recursos logísticos preexistentes. En este sentido, la experiencia de Tecniagua demuestra que la existencia previa de una planta de purificación permitió mantener la producción y distribución de agua durante cuatro meses, complementando las acciones de respuesta desarrolladas tras el desastre.

Otro hallazgo relevante fue la organización operativa implementada para sostener las actividades de producción, envasado y distribución. La participación de estudiantes integrantes de la Agrupación de Jóvenes Emprendedores “Para Triunfar Hay Que Empezar” permitió mantener la continuidad de los procesos operativos durante la emergencia, evidenciando el potencial de las universidades para movilizar recursos humanos e infraestructura técnica en apoyo a la gestión de desastres. Estos resultados coinciden con Bautista et al. (2021), quienes reconocen a las instituciones de educación superior como actores estratégicos para fortalecer la respuesta institucional mediante la articulación de capacidades técnicas, logísticas y organizativas.

Desde la perspectiva de la gestión del riesgo, los resultados sugieren que las infraestructuras universitarias destinadas originalmente a actividades académicas, de emprendimiento o prestación de servicios pueden integrarse como recursos complementarios dentro de los sistemas locales de preparación y respuesta ante desastres. Esta experiencia respalda los principios del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (ONU, 2015), al evidenciar la importancia de aprovechar las capacidades institucionales existentes para fortalecer la resiliencia y la continuidad de servicios esenciales durante situaciones de emergencia.

Desde la perspectiva de la salud pública, el abastecimiento oportuno de agua segura constituye una intervención prioritaria para reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en contextos de desastre, particularmente aquellas asociadas al consumo de agua contaminada y a las deficiencias en saneamiento e higiene. En este sentido, la capacidad operativa demostrada por la planta Tecniagua representa un aporte potencial para la protección de la salud de las poblaciones afectadas. No obstante, el presente estudio se centró exclusivamente en el análisis de la capacidad operativa de la planta y no evaluó indicadores epidemiológicos, por lo que no es posible establecer inferencias sobre efectos directos del abastecimiento de agua en la reducción de enfermedades o en otros resultados sanitarios.

Entre las limitaciones del estudio se encuentran su carácter retrospectivo y la utilización de registros administrativos y operativos como principales fuentes de información, así como la imposibilidad de determinar con precisión el número real de beneficiarios atendidos durante el periodo de apoyo comunitario. Asimismo, la investigación no evaluó indicadores de impacto sanitario ni otros desenlaces poblacionales, por lo que futuras investigaciones podrían incorporar medidas epidemiológicas, indicadores de cobertura efectiva y análisis de la articulación institucional para ampliar la comprensión del aporte de infraestructuras universitarias en la gestión de emergencias.

A pesar de estas limitaciones, la experiencia analizada aporta evidencia empírica sobre la capacidad operativa de una infraestructura universitaria para complementar el abastecimiento de agua segura durante un desastre, destacando el potencial de las universidades para fortalecer la respuesta local mediante la movilización coordinada de infraestructura, recursos humanos y capacidades técnicas disponibles.

4. Conclusiones

El presente estudio permitió analizar la capacidad operativa de la planta purificadora universitaria Tecniagua para el abastecimiento de agua segura durante la emergencia posterior al terremoto del 16 de abril de 2016 en Manabí. Los resultados evidenciaron que una infraestructura universitaria previamente instalada pudo mantener actividades de producción, envasado y distribución de agua purificada durante aproximadamente cuatro meses, constituyéndose en un recurso de apoyo para complementar el abastecimiento de agua segura en un contexto de interrupción de los servicios básicos.

La planta disponía de una capacidad instalada estimada entre 5000 y 7000 litros diarios; sin embargo, la producción efectiva estuvo condicionada por las características operativas de la emergencia, particularmente la disponibilidad intermitente de agua proveniente de la red pública y las limitaciones propias del proceso de purificación. Durante el periodo analizado se distribuyeron 9000 bidones, 1280 pacas y 3320 fundas, equivalentes a aproximadamente 228 560 litros de agua purificada.

La organización de las actividades de producción, envasado y distribución, junto con la participación de los estudiantes integrantes de la Agrupación de Jóvenes Emprendedores “Para Triunfar Hay Que Empezar”, constituyó un componente operativo relevante para mantener la continuidad del funcionamiento de la planta durante la emergencia.

Los hallazgos obtenidos sugieren que las universidades que disponen de infraestructura técnica para la producción de agua pueden complementar las capacidades locales de respuesta ante desastres, aportando recursos operativos que contribuyan al abastecimiento de agua segura cuando los sistemas convencionales presentan interrupciones temporales. No obstante, el presente estudio se limitó al análisis de la capacidad operativa de la planta y no evaluó indicadores epidemiológicos ni el impacto sanitario del abastecimiento de agua sobre la población atendida.

Declaración de disponibilidad de datos

Los autores declaran que los datos utilizados en este estudio se encuentran descritos en el manuscrito y debidamente citados a lo largo del documento. Asimismo, las fuentes de los datos están disponibles en la sección de referencias, con el fin de garantizar la transparencia y la reproducibilidad de los resultados.

Declaración sobre el uso de IA generativa y tecnologías asistidas por IA en el proceso de redacción

Durante la preparación de este manuscrito, los autores utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa con el fin de apoyar la mejora de la redacción, el estilo del texto y la organización de algunas secciones del documento. Estas herramientas fueron empleadas únicamente como asistencia en el proceso de elaboración del manuscrito.

Posteriormente, los autores revisaron cuidadosamente todo el contenido generado o sugerido por dichas herramientas, realizaron las correcciones pertinentes y validaron la información presentada para asegurar su precisión, coherencia académica y rigor científico. Los autores asumen la responsabilidad total por el contenido final del manuscrito.

Declaración de contribución de los autores CRediT

Valeria Esther Vera-Vargas: conceptualización, investigación, redacción – borrador original. **Hector Leodey Vínces-Pacheco:** metodología, análisis formal, tabulación o procesamiento de datos.

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran que no tiene ningún interés financiero ni relación personal que pudiera influir en el trabajo descrito en este artículo.

5. Referencias

- Adhikari, N. (2022). Natural disaster and households' access to drinking water: Evidence from Nepal's earthquake. *Economic Journal of Nepal*, 45(1–2). <https://doi.org/10.3126/ejon.v45i1-2.58535>
- Aitsi-Selmi, A., Murray, V., Wannous, C., Dickinson, C., Johnston, D., Kawasaki, A., Stevance, A.-S., & Yeung, T. (2016). Reflections on a Science and Technology Agenda for 21st Century Disaster Risk Reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7(1), 1-29. <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0081-x>
- Bautista, C. E. S., Figueroa, C., & Ortega, I. D. M. (2021). El papel de la universidad en el marco de una sociedad en emergencia. *Revista Boletín Redipe*, 10(3), 331-341. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i3.1238>
- Bata, M. T. H., Carrillo, G. A., Alcocer-Yamanaka, V. H., Alarcón-Herrera, M. T., & Mählknecht, J. (2022). Urban water supply systems' resilience under earthquake scenario. *Scientific Reports*, 12, 19537. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23126-8>
- Cañizares-Fuentes, W., Mena, G. P., & Santana-Veliz, C. (2022). Atención de salud después de un terremoto. *FACSALUD-UNEMI*, 6(10), 10-17. <https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol6iss10.2022pp10-17p>
- Castillo, C., & Santillán, J. (2021). ¿Qué aprendimos del terremoto de abril de 2016? Respuesta del Gobierno ecuatoriano a la emergencia. *Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración*, (10), 33-53. ISSN: 2661-6513. <https://doi.org/10.32719/25506641.2021.10.2>
- Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. (2014). The geographies of community disaster resilience. *Global Environmental Change*, 29, 65-77. ISSN: 0959-3780. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.08.005>
- Fuentes, W. R. C., Abi-Hanna, G. J. B., & García, M. E. M. (2020). Percepción de funcionarios sobre la gestión del Sistema de Salud de Chone, ante el terremoto de Pedernales. *Revista Médica-Científica CAMBIOS HECAM*, 19(2), 69-75. <https://doi.org/10.36015/cambios.v19.n2.2020.669>
- García, L., Palacios, J., Mendoza, A., & Rodríguez, J. (2021). Análisis de reforzamiento sísmico del edificio de docentes No. 1 de la Universidad Técnica de Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología*, 6(1), 36-44. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/3688>
- Gelting, R., Bliss, K., Patrick, M., Lockhart, G., & Handzel, T. (2013). Water, sanitation and hygiene in Haiti: Past, present, and future. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 89(4), 665–670. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.13-0217>
- Grupo del Banco Mundial. (2021). *A cinco años del terremoto, Ecuador sigue trabajando en su resiliencia frente a desastres*. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2021/04/27/a-cinco-a-os-del-terremoto-ecuador-sigue-trabajando-en-su-resiliencia-frente-a-desastres>
- Macías-Rosado, J. P., Cobeña-Loor, W. D., & Vanegas-Peña, S. (2025). Resiliencia urbana post-terremoto. Caso de estudio: Zona Cero de la ciudad de Portoviejo. *Revista Arquitectura +*, 10(20), 24-43. <https://doi.org/10.5377/arquitectura.v10i20.21412>
- Morocho Orellana, J. C., Inca Balseca, C. L., Cornejo Reyes, P. J., & Mena Reinoso, Á. P. (2022). Vulnerabilidad sísmica en edificaciones educativas ecuatorianas evaluadas mediante modelos matemáticos de análisis dinámico. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 7(4 (ABRIL 2022)), 50. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3937>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (2026). *Respuesta ante el terremoto en Venezuela*. <https://www.paho.org/es/terremotos-venezuela-2026>
- Pierre, D. (2019). Desastres naturales y desigualdad: Evidencia en América Latina y El Caribe. *Boletín de Coyuntura*, (20), 4-8. ISSN: 2600-5727. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8489018>

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). *Ecuador tras el terremoto. La Estrategia de Recuperación del PNUD*. UNDP. <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/ecuador-tras-el-terremoto-la-estrategia-de-recuperacion-del-pnud>
- Sánchez-Cortez, J. L., & Simbaña-Tasiguan, M. (2024). Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: Una visión general de los acontecimientos y lecciones aprendidas. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 8(2), 83-98. <https://doi.org/10.55467/reder.v8i2.159>.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2016). *Informe de situación del terremoto del 16 de abril de 2016*. Gobierno del Ecuador. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-actual-terremoto-magnitud-7-8/>
- Sphere Association. (2018). *The Sphere handbook: Humanitarian charter and minimum standards in humanitarian response* (4th ed.). Sphere Association. <https://spherestandards.org/handbook>
- United Nations Children's Fund. (2026). *Venezuela earthquake response: Situation report*. UNICEF. <https://www.unicef.org/documents/venezuela-humanitarian-situation-report-no2-earthquake-27-june-2026>
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2026). *Venezuela: Earthquake situation report*. OCHA. <https://www.unocha.org/venezuela>
- World Bank. (2017). *Lifelines: The resilient infrastructure opportunity*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1430-3>
- World Health Organization. (2013). *Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies*. World Health Organization. https://bdd.pseau.org/outils/ouvrages/wedc_who_technical_notes_water_sanitation_hygiene_in_emergencies.pdf
- World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed., incorporating the 1st and 2nd addenda). World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- Wu, H., Zhang, Y., Li, X., & Wang, J. (2023). A quantitative evaluation model for the seismic resilience of water supply systems. *Sustainability*, 15(16), 12137. <https://doi.org/10.3390/su151612137>