

" Evaluación y Cuantificación del Impacto Social en Proyectos WASH de agua potable en
Colombia: caso Aquavida "

Mónica María Caro García
Paola Andrea Ospina Restrepo

Universidad EAFIT
Maestría en Sostenibilidad

Directora de trabajo de grado
Diana Carrero Rivera

20 de junio de 2024

Tabla de contenido

1. Resumen	6
2. Resumen en inglés	6
3. Listado de palabras claves	7
4. Highlights o mensajes destacados.....	7
5. Infográfico.....	7
6. Dedicatoria.....	9
7. Introducción	9
8. Marco teórico y revisión de la literatura	11
9. Metodología	15
9.1 Fuentes de datos y medición de variables	15
9.2 Selección de la muestra poblacional.....	17
9.3 Variables definidas	18
9.3.1 Análisis de la variable: Reducción de enfermedad.....	20
9.3.2 Análisis de la variable: Incremento de ahorros económicos debido a la reducción de gastos para acceder a agua apta para consumo	22
9.4 Desarrollo del modelo.....	25
9.4.1 Reducción de enfermedades.....	26
9.4.2 Incremento de ahorros económicos debido a la reducción de gastos familiares para acceder a agua apta para consumo.....	26
10. Consideraciones éticas	27
11. Hallazgos y resultados.....	28
11.1 Modelos para la variable dependiente “Reducción de enfermedades”.....	28
11.2 Modelos para la variable dependiente “Incremento ahorros económicos”.....	30
12. Discusión	32
12.1 Modelos para la variable Reducción de enfermedades.....	32
12.2 Modelos para la variable Incremento en ahorros económicos	33
12.3 Dedución a partir de los Modelos	34
13. Plan de acción	35
14. Conclusiones	38

15. Contribución a los ODS	40
16. Impacto del trabajo al desarrollo sostenible. Medición y monetización del impacto de hacer esta investigación. (Metodología de investigación 2)	40
16.1 Descripción del alcance del análisis	40
16.2 Síntesis del mapa de impacto	41
16.3 Supuestos de la valoración	41
16.4 Métodos de recolección de datos.....	41
16.5 Análisis de resultados	41
16.6 Usos potenciales de los resultados	42
17. Biografía de los autores y director/a de trabajo de grado	42
18. Agradecimientos y reconocimientos.....	43
19. Declaración del Uso de inteligencia artificial	44
20. Referencias bibliográficas	45
21. Apéndices	47

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de vías en las que el programa de filtros de agua de arcilla – Programa WASH incide en la salud y los ahorros de las familias beneficiadas.	14
Figura 2. Mapa de coberturas programa Aquavida, Fundación Grupo Argos.....	15
Figura 3 Vasija filtrante elaborada en arcilla microporosa y plata coloidal. Filtro Ekofil	16
Figura 4 Número de familias que percibieron una reducción de enfermedades asociadas al agua después del uso de filtro	21
Figura 5 Enfermedades que las familias percibieron una reducción asociada al agua después del uso de filtro.....	22
Figura 6 Número de familias percibieron un incremento en los ahorros económicos por reducción de los gastos familiares para acceder a agua apta para consumo después del uso de filtro.....	23
Figura 7 Número de familias acorde al tipo de ahorro obtenido.....	24
Figura 8 Ingresos promedio de las familias beneficiadas que percibieron reducción de gastos familiares	25

Índice de tablas

Tabla 1. Muestra población: departamentos y municipios en Colombia	17
Tabla 2. Variables analizadas recogidas vía encuesta (N = 705)	19
Tabla 3 Resultados Regresión logística Modelo 1 Reducción de enfermedades	28
Tabla 4 Resultado Regresión logística Modelo 2 Reducción de enfermedades	29
Tabla 5 Resultado Regresión logística Modelo 3 Reducción de enfermedades	29
Tabla 6 Resultado Regresión logística Modelo 1 Incremento ahorros económicos	30
Tabla 7 Resultado Regresión logística Modelo 2 Incremento ahorros económicos	31
Tabla 8 Resultado Regresión logística Modelo 3 Incremento ahorros económicos	32

1. Resumen

Garantizar el acceso sostenible y equitativo al agua y el saneamiento es una preocupación global, la cual se encuentra reflejada en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6. A nivel mundial, el avance en el acceso a servicios de agua potable de manera segura es notable pero insuficiente. Se prevé que para 2030 solo el 81% de la población mundial tendrá acceso a agua potable salubre en sus hogares. Colombia hace parte de este desafío; en el año 2023 se reporta que el 25 % de la población del país tiene acceso inadecuado al servicio de agua potable, siendo las zonas rurales las más afectadas. Los programas desarrollados por las organizaciones no gubernamentales toman relevancia en este contexto, como es el caso de Aquavida de la Fundación Grupo Argos, mediante la entrega de filtros de arcilla para potabilización a familias en zonas remotas del país. Para validar el impacto social de este programa tomamos las encuestas y entrevistas de una muestra de la población beneficiada en los 8 departamentos de Colombia para estimar, a partir de un modelo multivariado, la relación entre el uso del filtro de arcilla y la posible reducción en enfermedades y reducción de gastos en el hogar. La evidencia nos permite inferir que los programas WASH, como es el caso de los filtros de arcillas en poblaciones con déficit de acceso y calidad de agua, muestran beneficios en términos de impacto social y en incremento en ahorros económicos; por otro lado, nos permite inferir que existe una relación débil entre la percepción de la calidad del agua y la reducción de enfermedades.

Por otro lado, se observa una relación significativa entre el ahorro económico en las familias por reducción de gastos por compra de agua o compra de gas/energía eléctrica y el buen uso y estado del filtro de arcillas, sumado a una positiva percepción del agua del filtro, siendo las familias con ingresos menores a 0.4 SMMLV quienes experimentan un mayor impacto positivo en la reducción de gastos. Esto nos permite inferir que el buen uso del filtro genera una buena percepción en las familias de contar con agua potable para consumo. Por tanto, esta condición permite generar ahorros económicos al evitar la compra de agua en bolsa o embotellada o la compra de gas o energía eléctrica.

2. Resumen en inglés

Ensuring sustainable and equitable access to water and sanitation is a global concern, which is reflected in Sustainable Development Goal (SDG) 6. Globally, progress in access to safe drinking water services is notable but insufficient. It is expected that by 2030 only 81% of the world's population will have access to safe drinking water in their homes. Colombia is part of this challenge; In the year 2023, it is reported that 25% of the country's population has inadequate access to drinking water service, with rural areas being the most affected. The programs developed by non-governmental organizations become relevant in this context, as is the case of Aquavida of the Grupo Argos Foundation, through the delivery of clay filters for purification to families in remote areas of the country. To validate the social impact of this program, we took surveys and interviews from a sample of the beneficiary population in the 8 departments of Colombia to estimate, from a multivariate model, the relationship between the use of the clay filter and the possible reduction in illnesses and reduction of expenses at home. The evidence allows us to infer that WASH programs, such as clay filters

in populations with a lack of access and water quality, show benefits in terms of social impact and an increase in economic savings; on the other hand, they allow us infer that there is a weak relationship between the perception of water quality and the reduction of diseases.

On the other hand, a significant relationship is observed between economic savings in families due to reduced expenses for purchasing water or purchasing gas/electricity and the good use and condition of the clay filter, added to a positive perception of the water in the filter, being families with incomes less than 0.4 SMMLV. who experience a greater positive impact in reducing expenses. This allows us to infer that the good use of the filter generates a good perception in families of having drinking water for consumption, therefore this condition allows generating economic savings by avoiding the purchase of bagged or bottled water or the purchase of gas or electricity.

3. Listado de palabras claves

WASH (Agua, Saneamiento e Higiene)
 Impacto Social
 Valoración económica del impacto social
 Acceso a Agua Potable
 ODS 6 (Objetivo de desarrollo sostenible)
 Sostenibilidad Ambiental
 Participación Comunitaria
 Gestión del Agua en Colombia

4. Highlights o mensajes destacados

- "Nuestro estudio revela avances claves en el acceso al agua potable en Colombia, impulsando el #ODS6. ¡Un paso más hacia el agua para todos! #ImpactoSocial #WASH"
- "Resaltamos la importancia que tiene la inversión en WASH en poblaciones con déficit de acceso y calidad de agua en zonas rurales. #Aguapotable #ODS6 #DesarrolloSostenible"
- "Nuestro estudio resalta el papel vital de la #InversiónWASH en la mejora del #Incrementoahorrosfamiliares. #DesarrolloSostenible"
- "La #ValoraciónEconómicaImpactoSocial demuestra cómo medir efectivamente el #ImpactoSocial de proyectos WASH. #Innovación"
- "Nuestra investigación enfatiza la importancia en #Educación, #CorrectaOperacióndelFiltro y #SeguimientoyMonitoreo de las inversiones WASH. #ODS6 #FuturoSostenible"

5. Infográfico

Evaluación y Cuantificación del Impacto Social en Proyectos WASH de agua potable en Colombia: Caso Aquavida

01. Introducción y contexto

- **Objetivo del proyecto:** Evaluar el impacto social del proyecto WASH de agua potable asociado al uso del filtro de agua Ekofil de las poblaciones localizadas en las áreas de influencias del Grupo empresarial Argos.
- **ODS 6:** Agua limpia y saneamiento.
- **Situación en Colombia:** 25% de la población tiene acceso inadecuado al agua potable, especialmente en zonas rurales.



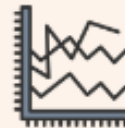
02. Metodología del Estudio



- **Fases del proyecto Aquavida:**
 - a. Diagnóstico: Identificación de necesidades en agua, saneamiento e higiene.
 - b. Implementación: Diseño e instalación de filtros de arcilla.
 - c. Seguimiento: Evaluación y monitoreo del uso y calidad del agua.
- **Selección de muestra:** Seguimiento a 705 hogares beneficiados con el filtro de agua, en 20 municipios de 8 departamentos de Colombia.

03. Variables Analizadas

- **Variables dependientes:**
 - Reducción de enfermedades.
 - Incremento en ahorros económicos.
- **Variables independientes:**
 - Buen uso del filtro.
 - Percepción del agua filtrada.
 - Limpieza del filtro.
 - Ubicación de la familia (zona rural o urbana).



04. Hallazgos preliminares



- Reducción de enfermedades:**
- 55% de las familias reportaron una disminución de enfermedades asociadas al agua.
 - Principalmente reducción de enfermedades digestivas (87%).
- Incremento en ahorros económicos:**
- 70% de las familias percibieron ahorros en gastos familiares
 - Ahorro promedio mensual: \$54,084.
 - Mayor impacto en familias con ingresos menores a 0,4 SMMLV.

05. Análisis Estocástico

- **Modelos para reducción de enfermedades:**
 - Variables significativas: Percepción positiva del agua filtrada.
- **Modelos para incremento en ahorros:**
 - Variables significativas: Buen uso del filtro, percepción positiva del agua filtrada.



06. Conclusiones y recomendaciones



- **Impacto positivo:** El uso de filtros de arcilla muestra beneficios en ahorros económicos, sin embargo no se encontró relación con la reducción de enfermedades.
- **Recomendaciones:**
 - Mejorar la selección y monitoreo de familias encuestadas.
 - Mejorar el diseño de la encuesta.
 - Implementar estrategias de cultura y seguimiento a las familias sobre el uso responsable del filtro.
 - Asegurar la correcta operación y mantenimiento del sistema.

6. Dedicatoria

Este trabajo de grado en primer lugar está dedicado a Dios, quien nos llegó de fortaleza y sabiduría en este caminar.

A nuestras familias por el apoyo constante, amor incondicional y aliento que han sido nuestra fortaleza a lo largo de este proceso. Desde el inicio de este proyecto, su presencia y tranquilidad nos han impulsado, brindándonos la confianza y la motivación necesarias para seguir adelante.

También a nuestros amigos y compañeros de trabajo, especialmente a Alejandra Restrepo Coordinadora Agua, Saneamiento e Higiene de la Fundación Grupo Argos, quien creyó en nosotras y nos apoyó en cada paso de este trabajo.

7. Introducción

La necesidad de garantizar el acceso sostenible y equitativo al agua y el saneamiento es una preocupación global, reflejada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en el Objetivo 6 “Agua limpia y Saneamiento”. A nivel mundial, el avance en el acceso a servicios de agua potable de manera segura es notable pero insuficiente. Entre 2016 y 2020, la cobertura global aumentó del 70% al 74%, pero aún se prevé que para 2030, solo el 81% de la población mundial tendrá acceso a agua potable salubre en sus hogares, dejando a 1.600 millones de personas sin este recurso esencial (UNICEF, 2021). Las poblaciones más vulnerables se encuentran en las zonas rurales, según el informe “Progresos en materia de agua para consumo, saneamiento e higiene en los hogares 2000-2020” de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF. Según este informe, entre el 2015 y 2020 estas poblaciones pasaron de una cobertura del 53% al 60% reflejando una brecha en el acceso universal, por tanto se estima que 8 de cada 10 personas que viven en zonas rurales carecen de servicios básicos (UNICEF, 2019) y muchas de ellas viven en países menos adelantados que presentan mayores retos y problemáticas para ampliar los servicios a las zonas rurales y a las poblaciones pobres y vulnerables. De esta manera en 2020, 1 de cada 4 personas carecía de servicios de agua para consumo gestionados de manera segura (UNICEF, 2021).

En Colombia el desafío es similar, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua 2023, el gobierno colombiano expresa la preocupación de que “12 millones de personas tienen acceso inadecuado al servicio de agua potable, esto representa 25% de la población del país. Así mismo, 3,2 millones de personas no tienen acceso a agua potable, problemática que se incrementa en el sector rural.” (La República, 2023).

Pese a que el gobierno de Colombia incluye en sus planes la ampliación de la cobertura del acceso de agua potable a las poblaciones vulnerables, al parecer los números no avanzan significativamente en el tiempo. La problemática abarca más complejidades ya que no solo es la disponibilidad del agua sino la calidad de esta, debido a la contaminación de los recursos

hídricos del país. Es por esto por lo que algunas organizaciones con ánimo y sin ánimo de lucro buscan implementar programas en agua, saneamiento e higiene (WASH por sus siglas en inglés) orientados a reducir el déficit de agua potable en determinadas regiones del país. Sin embargo, se ha encontrado que ciertas soluciones en WASH no han logrado obtener los resultados esperados en el tiempo, pues algunas familias pueden perder el valor de estas soluciones debido a los compromisos de largo plazo en relación con los costos acumulativos (costos de operación y mantenimiento) para darles continuidad a los beneficios (Waddington, 2019).

Este estudio busca estimar el impacto social del proyecto Aquavida desarrollado por la Fundación Grupo Argos en la implementación de la entrega de filtros de arcilla en comunidades de zonas de influencia de Cementos Argos, Celsia y Odinsa. Los objetivos de este estudio son: 1) evaluar las características del programa Aquavida como una solución para mejorar la calidad del agua para consumo humano, 2) desarrollar un modelo estadístico usando regresión logística partiendo de las encuestas realizadas en campo en la muestra poblacional elegida para la identificación de los beneficios y la estimación de un multiplicador que permita una valoración del impacto social de tales inversiones 3) identificar hallazgos enmarcados en oportunidades que le permita a las filiales del Grupo Argos potencializar el programa.

Desde un análisis preliminar se infirió que existía una relación directa entre la percepción de la calidad del agua y la reducción de enfermedades. Sin embargo, desde los modelos desarrollados nos permitió afirmar que las variables integradas no fueron suficientes para validar nuestra hipótesis así que aceptamos la hipótesis nula. Por otro lado, se observa una relación significativa del ahorro económico en las familias por reducción de gastos por compra de agua o compra de gas/energía eléctrica debido al buen uso del filtro. Esta percepción positiva de contar con agua potable para consumo impulsa a las familias a tomar decisiones inmediatas sobre los gastos del hogar, siendo las familias con ingresos menores a 0.4 SMMLV quienes experimentan un mayor impacto positivo en la reducción de gastos.

En el **Marco teórico** presentaremos los antecedentes en Colombia y la revisión de la literatura. La **Metodología** presenta el marco conceptual desde la descripción de métodos y procedimientos utilizados en el estudio. Las **siguientes secciones** se presentan los resultados y discusiones, para finalizar con las conclusiones sobre los hallazgos encontrados.

8. Marco teórico y revisión de la literatura

El acceso al agua potable y al saneamiento es un derecho humano reconocido internacionalmente y esencial para la realización de otros derechos humanos, sobre todo el derecho a la vida y a la dignidad, a una alimentación y vivienda adecuadas y a la salud y el bienestar, incluyendo el derecho a condiciones ocupacionales y ambientales saludables. (WWAP, 2016)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe del 2014 sobre prevención de la diarrea mediante mejoras en el agua, saneamiento e higiene reportó que “sobre 2.100 millones de personas que carecen de un suministro de agua potable gestionado de forma segura y más de la mitad de las 842.000 muertes relacionadas con WASH se atribuyen al agua potable no potable”, sin embargo pasado el tiempo, a nivel mundial el avance en el acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura es notable pero insuficiente. La OMS en su informe de estrategia de agua, saneamiento e higiene 2015-2025 plantea que las malas condiciones de agua, saneamiento e higiene siguen causando muertes por diarrea cada año y limitan la prevención y el tratamiento eficaces de otras enfermedades, como la desnutrición, las enfermedades tropicales desatendidas y el cólera, es por este motivo que desde el enfoque de cumplimiento de las metas del ODS 6, se siguen impulsando marcos de acción enfocados en directrices basadas en la salud y publicaciones sobre buenas prácticas sobre agua, saneamiento e higiene, que han sido diseñadas para ayudar a los países en la elaboración de normas nacionales y establecer sistemas de vigilancia eficaces. Sin embargo, los gobiernos son los encargados de materializar esta gestión y hacer posible reducir estas brechas entre el abastecimiento de agua en zonas urbanas y rurales. Por tanto, los estudios de investigación en agua potable en América del Sur, afirman que las regulaciones relacionadas han sido, en diversos grados, influenciadas por una u otra edición de las Directrices de la OMS (Basto, Heller et al. 2012) que buscan impulsar el cumplimiento de los ODS asociados a la salud de la humanidad.

De acuerdo con la OMS, 2006; CEPIS/OPS/OMS, 2002; OMS/UNICEF 2000, en países en desarrollo como Colombia, el mayor problema asociado con la contaminación hídrica es la descarga de organismos patógenos y sustancias tóxicas, particularmente en ríos y acuíferos (Camacho Botero, s.f.). En las áreas rurales y en el sector de agua y saneamiento del país, la principal preocupación se centra en la salud pública. La inaccesibilidad a servicios básicos de agua y alcantarillado, combinada con limitaciones económicas y una deficiente educación en higiene, crea un escenario de riesgo significativo para la salud, impactando especialmente a los niños. Pero no solo estos factores contribuyen a un entorno propenso a problemas de salud pública. Todo lo anterior conlleva a que la población presente enfermedades diarreicas, hepatitis A, tifoidea, cólera, y shigellosis, entre otras. Como también lo presentan Galezzo, M. et al. (2020) en sus conclusiones, indican que “las condiciones de abastecimiento de agua, higiene y saneamiento básico estuvieron asociadas con la ocurrencia de enfermedad diarreica, afectando alrededor de un cuarto de la población menor de cinco años. Urge un diseño efectivo de políticas que contribuyan al mejoramiento de condiciones ambientales y saneamiento en áreas rurales”.

La no provisión de servicios públicos básicos es reconocida como vehículo de dispersión de enfermedades que afectan principalmente a ciertos grupos de edad, quienes son propensos a contraer episodios de diarrea, cólera, fiebre tifoidea, entre otras. El Instituto Nacional de Salud indica que, en Colombia, la calidad del agua ocasiona el 71,6% de las muertes por enfermedad diarreica aguda en menores de 5 años y mayores de 60 años. (INS, 2019)

La garantía del acceso al agua potable en las comunidades rurales de Colombia es esencial para la promoción de la salud pública. Según Zapata Hidalgo (2016) conforme lo consagra la Constitución Política de Colombia, debe prestarse eficientemente y ser garantizada por el Estado, con el fin de mejorar la calidad de vida y el bienestar de todas las personas, sin discriminación alguna. La población rural de Colombia ha experimentado una discriminación por parte del Estado, que ha priorizado la prestación de servicios de agua potable exclusivamente en las áreas urbanas, a pesar de que incluso en algunas zonas urbanas no se proporciona acceso a agua en condiciones adecuadas en cuanto a cantidad y calidad (p.14)

Antes de definir intervenciones y programas de salud preventiva, (por ejemplo, entornos saludables, hábitos saludables, etc.) se debe solucionar la necesidad de agua potable de la población. Si se hiciera, se tendría que intervenir menos en salud curativa (Zapata Hidalgo, 2016). Sin embargo, La provisión de servicios de agua potable y saneamiento básico es un reto que enfrentan los gobiernos nacional, departamental y municipal en Colombia por su impacto directo en la salud de la población y los efectos en términos económicos y sociales (Moreno Méndez, s.f.)

Esto plantea importantes desafíos, aunque no son insuperables. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015, incluye entre sus objetivos de desarrollo sostenible la erradicación de la pobreza y la garantía de la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, lo cual se encuentra reflejado en el ODS 6. Los lineamientos de política sectorial establecidos en la Ley 1955 de 2019, Plan Nacional de Desarrollo 2018 -2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, buscaban la universalización de los servicios públicos, propendiendo por el aumento sostenido de coberturas y disminución de las brechas urbanas y rurales de acceso al abastecimiento de agua y el saneamiento básico (Camacho Botero, s.f.)

Sin embargo, acorde a lo mencionado en el informe anual de avance en la implementación de los ODS en Colombia 2022, no se lograron avances en el ODS 6, ya que se presentaron disminuciones en el acceso a agua potable tanto en suelo rural como urbano. En el primero, se presentó una disminución pasando del 73,69 % en 2015 a 67,0 % en 2021, igualmente para el suelo urbano se redujo del 98,5 % a 97,27 %, en el mismo periodo. Lo anterior, conlleva al país a continuar abordando los desafíos para avanzar en el cumplimiento de la Agenda 2030, a través del Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026 “Colombia Potencia Mundial de la vida” el cual contempla el tratamiento del agua como uno de los pilares dentro de varias de sus transformaciones como lo presenta el Departamento Nacional de Planeación:

- Ordenamiento del territorio alrededor del agua, busca priorizar el ciclo del agua sobre el ordenamiento.
- Seguridad humana y justicia social, reconoce el acceso al agua como un derecho fundamental para el desarrollo.

- Internacionalización, transformación productiva para la vida y acción climática, promueve el ahorro de agua.

Si bien el Estado tiene la responsabilidad principal de asegurar el acceso a agua potable y saneamiento a las comunidades, tal mandato se puede ver apoyado y ampliado por la participación de las empresas privadas. Estas alianzas público- privadas son fundamentales para avanzar en la ampliación y mejoramiento de estos servicios. En el comité técnico de agua y biodiversidad #10 de la asociación Nacional de empresarios de Colombia (ANDI, 2023) celebrado en marzo de 2023, se presentaron varias experiencias empresariales exitosas que demuestran cómo la colaboración público-privada puede generar soluciones efectivas y sostenibles para las comunidades. Estos proyectos no solo proporcionan servicios esenciales, sino que también contribuyen al desarrollo sostenible de los territorios, mejorando la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes. Entre los casos de éxito presentados en dicho comité se encuentran: el “Proyecto WASH” de la empresa PAVCO, cuyo objetivo es generar Soluciones de acceso a agua, saneamiento básico y promoción de higiene para las comunidades vecinas en condición de vulnerabilidad, e ISA Intercolombia presentó el proyecto de la implementación de modelo de distribución de agua potable para las comunidades indígenas Wayúu de la zona rural dispersa del municipio de Maicao, Guajira. Adicionalmente se presentó el proyecto Aquavida desarrollado por la Fundación Grupo Argos en la implementación de la entrega de filtros de arcilla en comunidades de zonas de influencia de Cementos Argos, Celsia y Odinsa, cuyo principal objetivo del programa es contribuir a la disminución del déficit de agua apta para el consumo en comunidades rurales en Colombia, buscando impactar 500.000 personas mediante soluciones alternativas e innovadoras de acceso a agua que permitan mejorar la salud y el bienestar de las comunidades a través de procesos de formación en el uso y cuidado del agua (Fundación Grupo Argos, 2022).

Lo anterior plantea retos importantes en el diseño de acciones de intervención integral que garanticen el acceso a agua potable. Diversos estudios sugieren que los beneficios que se pueden generar en inversiones asociadas a agua, saneamiento e higiene (WASH), afirman se relacionan principalmente al bajo costo por el servicio de agua recibida, aumento del precio relativo de las viviendas, menos gastos en el hogar, una cuenta de ahorro creada en el banco para el mantenimiento del proyecto y el aumento de la producción en cultivos de patios (Mejía Guzman, 2009). Además, Castellanos Suarez (2020) indica que los resultados de la evaluación sobre proyecto de acceso de agua potable en Colombia proveen evidencia sobre los altos impactos de la adecuación de conexiones y disponibilidad de aparatos hidrosanitarios en alcanzar mejores estándares de vida, ya que las personas tienen menos probabilidades de enfermar y de incurrir en gastos médicos, así como de permanecer económicamente productivas. La inversión en infraestructuras de agua y saneamiento es rentable y el retorno es alto, especialmente para los más vulnerables. Cada dólar invertido en agua potable se duplica, y se multiplica 5,5 veces en el caso del saneamiento (WWAP, 2016). Sin embargo, como lo plantea Whittington y sus colegas, se ha evidenciado que muchos hogares pueden percibir de manera positiva el obtener un filtro de agua procedente de un

nuevo programa de intervención en el punto de uso, especialmente si se les entrega de forma gratuita, pero luego es posible que nunca lo usen (Whittington et al., 2012).

Desde este marco, Por un lado, la data nos permitió regresar a los “supuestos de comportamiento” en la medida que nos sugirió la influencia de la percepción. y En segundo lugar, la data no nos permitió establecer un análisis de largo plazo porque no hay una misma familia a la que se le haya hecho seguimiento en diferentes años. . La figura 1 muestra el diagrama de la integración de las variables que hicieron parte de nuestros modelos: 1) buen uso y estado del filtro de arcillas surge como una variable a considerar debido a la efectividad que puede lograr en las características del agua, 2) percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro, 3) limpieza del filtro 4) identificación y medición de ahorros generados por reducir gastos asociados a compra de agua potable embotellada o en bolsa y por compra de gas o energía eléctrica (consumo energético) para hervir el agua, 5) identificación en la reducción de enfermedades y 6) la valoración de los beneficios mediante una correlación entre variables dependientes y variables independientes.

Figura 1 Diagrama de vías en las que el programa de filtros de agua de arcilla – Programa WASH incide en la salud y los ahorros de las familias beneficiadas.



Con el fin de demostrar el beneficio que tiene el programa Aquavida, empleamos la regresión logística para construir un modelo estadístico. Esta regresión se selecciona debido a su capacidad para modelar relaciones en donde las variables dependientes son dicotómicas (variable que sólo puede tomar dos valores posibles), como es el caso de la reducción de enfermedades y el incremento en ahorros, ambos resultados clave del proyecto. Específicamente, se analizó cómo las inversiones en filtros de arcilla influyen en la reducción de enfermedades a través de variables de control como la limpieza del filtro, el buen uso del filtro, y la percepción del agua filtrada. Asimismo, se evalúa los ahorros generados por dejar de comprar agua embotellada o hervir el agua integrando el buen uso, percepción positiva del agua filtrada y ubicación de las familias. La aplicación de estos modelos nos permitió identificar y cuantificar los beneficios tangibles e intangibles derivados del proyecto, ofreciendo una medida comprensiva de la inversión social en este programa WASH, además de facilitar la toma de decisiones para futuras intervenciones realizadas por la Fundación Grupo Argos.

Hipótesis: Los filtros de arcillas que son de fácil uso y bajos costos tendrán un beneficio positivo en forma de dos beneficios durante el uso del filtro en: 1) reducción de enfermedades y 2) económicos por ahorros generados.

9. Metodología

9.1 Fuentes de datos y medición de variables

Este estudio utiliza datos primarios recolectados por el proyecto Aquavida, ejecutado por la Fundación Grupo Argos de la mano de Cementos Argos, Celsia y Odinsa, el cual tiene como principal objetivo contribuir a la disminución del déficit de agua apta para el consumo en comunidades rurales en Colombia (Fundación Grupo Argos, 2022). El proyecto inició en el año 2021 con la entrega de filtros purificadores de agua marca Ekofil para beneficiar cerca de 25.000 personas en diversas zonas rurales en más de 65 municipios de 15 departamentos de Colombia donde las compañías tienen presencia (ver figura 2). Además, se tuvo en cuenta que estos territorios presentan mayor déficit de acceso a agua segura para el consumo, mayores condiciones de vulnerabilidad económica y social y menor acceso a soluciones convencionales eficientes, buscando con este proyecto cerrar las brechas existentes entre las zonas urbanas y las zonas rurales del país.

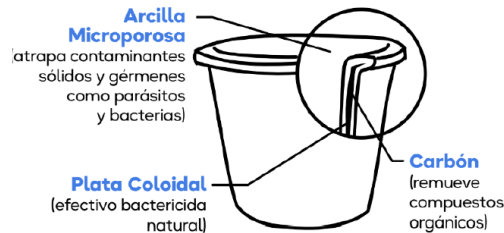
Figura 2. Mapa de coberturas programa Aquavida, Fundación Grupo Argos



Nota. Adaptado de Ficha del programa Aquavida, de Fundación Grupo Argos, 2022

A través de los filtros, elaborados en arcilla y plata coloidal, se busca brindar una solución alternativa para el tratamiento y almacenamiento de agua de forma segura, con el fin de contar con agua apta para el consumo humano en las comunidades rurales beneficiadas (ver figura 3).

Figura 3 Vasija filtrante elaborada en arcilla microporosa y plata coloidal. Filtro Ekofil



Nota. Adaptado Vasija filtrante elaborada en arcilla microporosa y plata coloidal. Filtro Ekofil, Fundación Grupo Argos, 2022

El programa Aquavida contempla tres fases metodológicas que permiten dar cumplimiento al objetivo establecido, las cuales son:

1. **Diagnóstico**: consiste en identificar las necesidades en agua, saneamiento e higiene de las familias y sedes educativas de las zonas de influencia del grupo empresarial a través de una postulación preliminar donde se identifica la demanda potencial de soluciones de agua en los diferentes lugares del país.
2. **Implementación**: donde se procede al diseño de soluciones innovadoras, pertinentes y adaptables al contexto que permitan atender la necesidad de agua, saneamiento e higiene, entre las cuales se encuentran los filtros de agua en arcilla como solución domiciliaria.
3. **Seguimiento**: visita de seguimiento y monitoreo a las familias beneficiadas para evaluación de uso y apropiación del sistema de agua y monitoreo de calidad de agua.

Para la selección de las familias y sedes educativas que participan del programa se tienen los siguientes criterios de selección y priorización:

- Zonas de influencia de las operaciones
- Familias y sedes educativas sin acceso a agua potable o algún proceso de tratamiento.
- Familias con niños menores de 5 años o adultos mayores de 65 años.
- Familias en condición de vulnerabilidad: pobreza extrema, desempleo, etc.
- Familias y sedes educativas con reportes de enfermedades asociadas al agua.
- Equipamientos colectivos: hogares infantiles, sedes comunales, Juntas de Acción Comunal JAC, centros de adulto mayor, etc.

En la etapa de seguimiento que nos permitió recopilar información para la investigación se pudo observar que los proyectos de implementación de sistemas de tratamiento intradomiciliarios para el consumo de agua no solo requieren de una tecnología apropiada,

sino también de otros elementos claves, incluyendo la aceptabilidad social, entrenamiento, educación, correcta operación y mantenimiento del sistema, además de un adecuado plan de seguimiento y monitoreo (Fundación Grupo Argos, 2022).

9.2 Selección de la muestra poblacional

La muestra definida consideró los municipios y departamentos vulnerables frente a la problemática estudiada de acceso y calidad del agua potable, por tanto, se consideró 20 municipios ubicados en 8 departamentos como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Muestra población: departamentos y municipios en Colombia

Departamentos	Municipios
Antioquia	Medellín
	Puerto Nare
	Sonsón
	Apartadó
	Girardota
Atlántico	Luruaco
Boyacá	Duitama
Cauca	Santa Rosa
Meta	Puerto López
Cundinamarca	Funza
Tolima	Prado
	Ibagué
	Ortega
	Saldaña
	Roncesvalles
	Planadas
	Salgar
Chaparral	
Bolívar	Turbaco
	Pasacaballos

Todos estos municipios se caracterizan por tener problemas de acceso de agua potable tanto en zonas urbanas como rurales marginadas, siendo las zonas rurales las que presentan mayores condiciones de vulnerabilidad, lo que obliga a las comunidades a depender de fuentes de agua no tratadas que pueden estar contaminadas. La calidad del agua de estas poblaciones también puede verse afectada por residuos industriales, agroquímicos, y desechos domésticos, lo que representa un riesgo para la salud pública. Adicionalmente en poblaciones donde existe infraestructura para el tratamiento y distribución de agua, las redes de tuberías en su mayoría presentan problemas ya que son antiguas o insuficientes, lo que puede conducir a la contaminación del agua potable.

Para analizar los beneficios de este proyecto desde la implementación de métodos cuantitativos, se partió por el procesamiento de resultados de las encuestas. Durante los años 2021, 2022 y 2023 la Fundación Grupo Argos realizó visitas de seguimiento y monitoreo que permitieron el desarrollo de las encuestas, de las cuales tomamos como muestra el 9% de las familias, distribuidas en zonas priorizadas y elegidas de forma aleatoria en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Boyacá, Cauca, Meta, Cundinamarca, Bolívar y Tolima. El presente estudio toma una muestra de 705 observaciones (Fundación Grupo Argos, 2023), lo que representa una muestra poblacional relativamente pequeña debido a la incompletitud de la información recolectada. Durante el proceso de consolidación de registros, se encontró que varios datos carecían de detalles, lo que limitó el tamaño de la muestra. Esta limitación subraya la necesidad de implementar mejoras en la selección y el seguimiento de las familias a encuestar. Por tanto, se recomienda a la Fundación Grupo Argos adoptar estrategias más rigurosas de selección y monitoreo de las familias encuestadas, asegurando una recopilación de datos más exhaustiva y precisa. Sin embargo partiendo de los datos consolidado se procede con su revisión y análisis.

Partiendo de estas encuestas logramos obtener variables numéricas aleatorias discretas y categóricas nominales y ordinales que permitieron el tratamiento de la información mediante asociación y correlación. Adicionalmente, realizamos ajustes a las observaciones cuando consideramos que se podía realizar con la información disponible en las respuestas de la encuesta. Por ejemplo, si el encuestado indica que no ha experimentado una reducción de enfermedades, pero en otra respuesta menciona que presentó disminución de enfermedades digestivas, realizamos la corrección correspondiente. Una situación similar ocurrió con la pregunta de reducción de gastos familiares, aunque la respuesta inicial fue "no", al preguntarles sobre el monto y el concepto del ahorro, proporcionaron dicha información.

Cabe mencionar que se observó un número muy reducido de casos en los que se realizaron encuestas a las mismas familias a lo largo del tiempo. Específicamente, identificamos que las familias que fueron encuestadas en dos años consecutivos corresponden al 0.3% de la muestra, lo cual no nos permitió realizar estimaciones a partir de modelos estadísticos que analizaran variaciones en el tiempo. Los datos de estos casos fueron analizados para comprender mejor la consistencia y la evolución de las respuestas a lo largo del tiempo. Además, las encuestas correspondientes al año 2024 se incluyeron en el análisis del año 2023 debido a una integración adelantada de los datos; esto afectó únicamente a dos observaciones específicas. Finalmente, decidimos no incluir las encuestas del año 2021 en el análisis, ya que éstas no contienen preguntas relacionadas con la reducción de enfermedades ni con la disminución de gastos familiares por el uso del filtro.

9.3 Variables definidas

Los detalles de la información analizada producto de las encuestas realizadas se detallan en la tabla 2. Para el análisis se recolectaron datos completos de $N = 705$ hogares que fueron beneficiados del filtro:

Tabla 2. Variables analizadas recogidas vía encuesta (N = 705)

Variables	Tipo variable
Ubicación de la Familia	Catagórica nominal: zona rural y zona urbana
¿Cuál es su percepción del agua que esta consumiendo después de recibir del filtro?	Aleatoria discreta: BUENA/MALANO donde Buena = 1 y Mala = 0
¿Han disminuido las enfermedades asociadas al agua después del uso del filtro?	Aleatoria discreta: SI/NO donde Si = 1 y No = 0
¿Cuáles enfermedades? Partiendo de la información consolidada se clasifica las enfermedades en <ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades digestivas • Enfermedades de la piel • Enfermedades respiratorias • Otras • No especifica 	Catagórica nominal: Se lista percepción de enfermedades que se reducen por el uso del filtro
¿Han incrementado los ahorros por disminución en los gastos familiares para acceder a agua apta para consumo?	Aleatoria discreta: SI/NO donde Si = 1 y No = 0
¿En cuánto? (promedio mensual)	Aleatoria discreta donde se registrar el valor en pesos del ahorro estimados por la persona encuestada.
¿A qué se debe el ahorro? Partiendo de la información consolidada se clasifica los ahorros en <ul style="list-style-type: none"> • Compra de Agua • Reducción consumo energético • Otros • No especifica 	Aleatoria discreta: SI/NO donde Si = 1 y No = 0
¿Cuáles son los ingresos promedio de la familia?	Catagórica nominal donde: < 0.4 SMMLV. Entre 0.4 – 1 SMMLV Entre 1 y 2 SMMLV >2 SMMLV
¿Realiza un buen uso del filtro de arcilla? Partiendo de la información consolidada de las preguntas:	Aleatoria discreta: SI/NO donde Si = 1 y No = 0

<ul style="list-style-type: none"> • ¿El filtro está bien ensamblado y tapado? • ¿El filtro está limpio en la parte externa? • Limpieza del filtro <p>se construye la pregunta</p>	
---	--

Los resultados de las encuestas requirieron un tratamiento para que las variables fueran expresadas de forma numérica, bien de forma discreta, donde convertimos los Sí en 1 y No en 0. Por otro lado, categóricas ordinales que permitieron desarrollar tablas de correspondencia para encontrar posibles relaciones; de esta manera se pudieron identificar las variables explicativas (X) y las variables de respuesta (Y). Por tanto, ampliaremos las asociaciones entre variables que nos permitirá dar una validación preliminar de nuestra hipótesis.

9.3.1 Análisis de la variable: Reducción de enfermedad

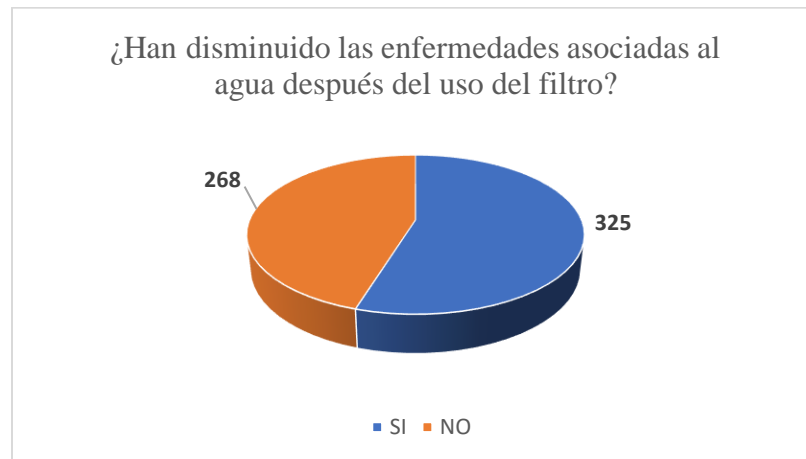
Iniciamos con el análisis de la información relacionada con el impacto en la reducción de enfermedades asociadas al agua por la implementación del proyecto.

Variable 1 -"¿Han disminuido las enfermedades asociadas al agua después del uso del filtro?"

Tamaño de la Muestra: 593 encuestas que dieron respuesta a esta variable

La figura 4 presenta los resultados correspondientes a las familias beneficiadas que respondieron "Si" a la pregunta, dando como resultados un total de 325 familias, que equivale al 55% del total de la muestra y 268 familias que respondieron "No" equivalente al 45%.

Figura 4 Número de familias que percibieron una reducción de enfermedades asociadas al agua después del uso de filtro



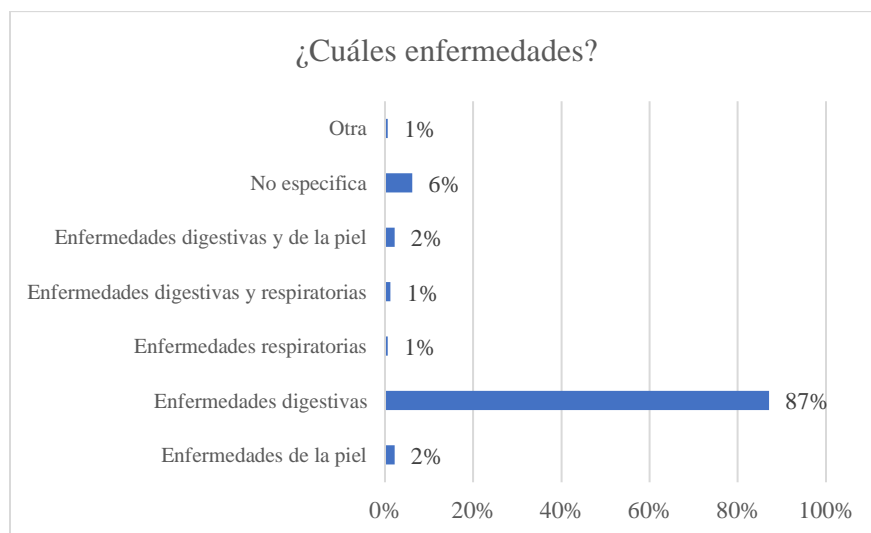
Variable 2 - "¿Cuáles enfermedades?"

Para los encuestados que respondieron "Sí" a la primera variable, se les preguntó cuáles fueron las enfermedades que según su percepción disminuyeron con el uso de filtro de agua. Acorde a las respuestas obtenidas, se clarificaron de la siguiente forma:

- Enfermedades digestivas: aquellas que están relacionadas con dolor abdominal, vomito, diarrea, gastritis, parásitos
- Enfermedades de la piel como alergias y hongos
- Enfermedades respiratorias como gripas
- Otras: enfermedades diferentes a las anteriores
- No especifica: es decir no se dio respuesta a la pregunta.

Acorde a los resultados presentados en la figura 5, se identificó que las enfermedades que las familias beneficiadas percibieron con una reducción en mayor medida fueron las "enfermedades digestivas" con un 87%, equivalente a 325 familias del total de las 593 familias.

Figura 5 Enfermedades que las familias percibieron una reducción asociada al agua después del uso de filtro



Por otro lado, a partir de la información levantada por las encuestas, realizamos también un análisis descriptivo asociado a la reducción de gastos por el uso del filtro en las familias beneficiadas.

9.3.2 Análisis de la variable: Incremento de ahorros económicos debido a la reducción de gastos para acceder a agua apta para consumo

Variable 3 - ¿Han incrementado los ahorros económicos familiares?

Tamaño de la Muestra: 486 encuestas que dieron respuesta a esta variable

La figura 6 muestra que 367 familias beneficiadas respondieron que “Sí”, es decir el 76% de las familias beneficiadas percibieron un incremento del ahorro económico por reducción de sus gastos familiares gracias al uso del filtro.

Figura 6 Número de familias percibieron un incremento en los ahorros económicos por reducción de los gastos familiares para acceder a agua apta para consumo después del uso de filtro



Variable 4 - ¿En cuánto? (promedio mensual)

Con base en los datos recolectados, se calculó el promedio de los gastos presentados por cada una de las 367 familias que respondieron “Sí” a la pregunta *¿Han incrementado los ahorros económicos por disminuido de gastos familiares para acceder a agua apta para consumo?* dando como resultado que una familia beneficiada puede reducir sus gastos familiares en \$54.084/mes.

También se obtuvo un promedio de los ahorros para las familias que se encuentran en zona rural y en zona urbana teniendo los siguientes resultados:

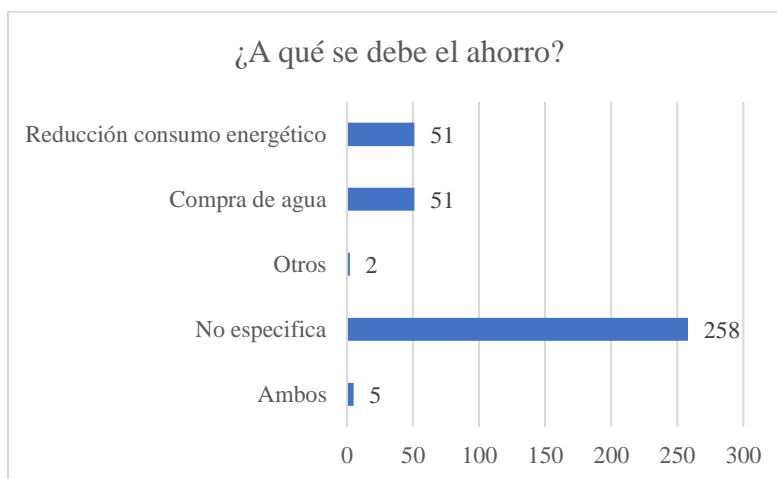
- Ahorro familias ubicadas en zonas rural: \$55.435/mes lo que equivale al 4% del SMMLV
- Ahorro familias ubicadas en zonas urbana: \$39.909/mes lo que equivale al 3% del SMMLV

Variable 5 - ¿A qué se debe el ahorro?

Las familias beneficiadas que sí percibieron reducción de gastos respondieron que los ahorros se deben ya sea a que ya no deben comprar agua para su consumo, no compran gas para hervir el agua para poderla consumir, o ambas opciones, es decir por reducción en la compra de agua y compra de gas. En la figura 7 se puede observar que el 72% de las familias

encuestadas que percibieron reducción de gastos por el uso del filtro no especifican a qué se debe.

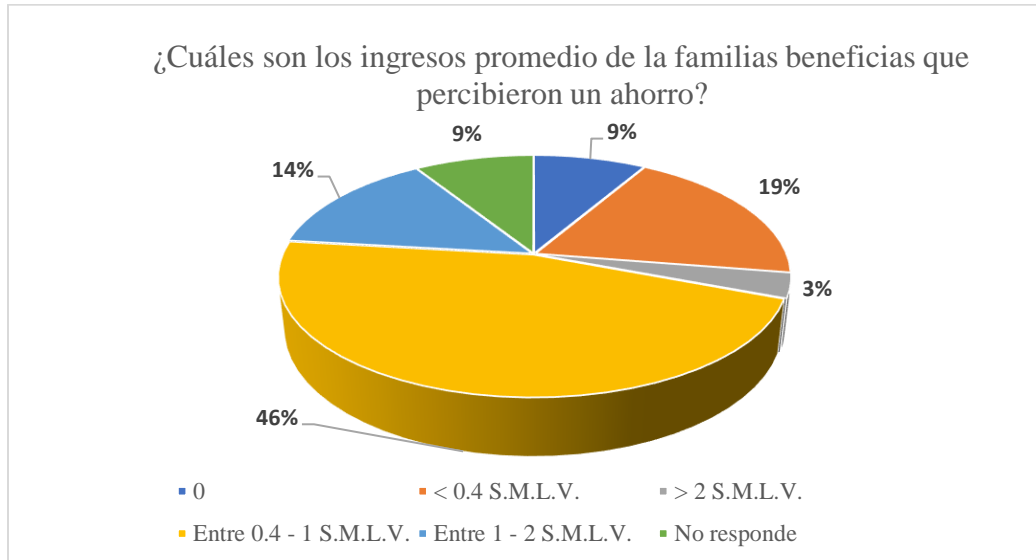
Figura 7 Número de familias acorde al tipo de ahorro obtenido



Variable 6 - ¿Cuáles son los ingresos promedio de la familia?

Con respecto a la pregunta relacionada a los ingresos promedio de la familia, en la figura 8 se evidencia que el 19% de las familias beneficiadas que percibieron una reducción de los gastos familiares para acceder a agua apta para consumo presentan ingresos promedios menores a 0.4 SMMLV. al mes. El 46% de las familias que cumplen estas condiciones presentan ingresos promedio que oscilan entre 0.4 y 1 SMMLV. Por lo anterior, se puede decir que alrededor del 55% de las familias beneficiadas tienen ingresos por debajo del salario mínimo legal vigente.

Figura 8 Ingresos promedio de las familias beneficiadas que percibieron reducción de gastos familiares



9.4 Desarrollo del modelo

Con la muestra seleccionada, estimaremos el impacto del programa Aquavida en la aparición de enfermedades y el aumento del ingreso disponible de las familias, a través de un modelo multivariado de la siguiente forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_j x_j + \gamma z_j + \mu$$

Donde y_i es la variable dependiente, β_0 es la constante, $\beta_{j=1}^n x_j$ es el conjunto de variables independientes, $\gamma_{j=1}^n x z_j$ es el conjunto de variables de control y μ es el término de error.

El modelo considera la regresión logística, la cual según menciona Hosmer (2013) es una técnica estadística utilizada para modelar la probabilidad de ocurrencia de un evento binario. En este tipo de regresión, la variable dependiente es dicotómica, es decir, puede tomar uno de dos posibles valores, La regresión logística se utiliza para predecir la probabilidad de que ocurra un evento en función de una o más variables independientes (predictoras). A diferencia de la regresión lineal, la regresión logística aplica la función logística para garantizar que las predicciones estén acotadas entre 0 y 1.

En el desarrollo de nuestro análisis para la reducción de enfermedades e incremento de ahorros económicos, empleamos dos modelos distintos de regresión logística binaria. En primer lugar, implementamos un modelo de regresión logística binaria para evaluar la

probabilidad de reducción de enfermedades en relación con una serie de variables predictoras relevantes, tales como el buen uso del filtro, buena percepción del agua del filtro y si el filtro se encontraba limpio en la visita de seguimiento. Además, desarrollamos un segundo modelo de regresión logística binaria para analizar la relación de los ahorros generados por la reducción de gastos con factores predictores, como buen uso del filtro, buena percepción del agua del filtro y ubicación de las familias (zona rural y urbana).

Asimismo, empleamos métodos de validación cruzada y evaluación de la calidad del modelo, como el análisis de la curva ROC, revisión de criterios AIC y BIC y la comparación de medidas de desempeño como la precisión, sensibilidad y especificidad. Estas técnicas nos permitieron verificar la capacidad predictiva de nuestros modelos y su capacidad para generalizar a nuevos datos.

9.4.1 Reducción de enfermedades

Variable dependiente (y):

Elegimos la “reducción de las enfermedades” como una variable aleatoria discreta, binaria que transformamos en Sí= 1 y No =0 para proceder con su análisis.

Variables independientes:

Se eligieron inicialmente las variables que se pueden relacionar con la variable dependiente, las cuales son variables aleatorias discreta binaria transformamos en Sí= 1 y No =0 para proceder con su análisis.

- ¿Usó bien el filtro?
- ¿Tiene una buena percepción del agua del filtro?
- ¿El filtro está limpio?

9.4.2 Incremento de ahorros económicos debido a la reducción de gastos familiares para acceder a agua apta para consumo

Variable dependiente (y):

Elegimos “Incremento en los ahorros económicos en las familias” como una variable aleatoria discreta, binaria donde $y=0$ cuando no hubo ahorros y $y=1$ cuando se generaron ahorros.

Variables independientes:

Se eligieron inicialmente las variables que se pueden relacionar con la variable dependiente, las cuales son variables aleatorias discretas binarias que transformamos en Sí= 1 y No =0 para proceder con su análisis.

- ¿Usó bien el filtro?
- ¿Tiene una buena percepción del agua del filtro?

VARIABLES DE CONTROL:

Acudiremos a fuentes adicionales a la base de datos para obtener otras variables que nos complementará en caso de ser necesario:

- Zona rural o urbana
- Clasificación del gasto por compra de agua
- Clasificación del gasto por compra de gas/energía eléctrica
- Clasificación del gasto Compra de agua y gas/energía eléctrica

10. Consideraciones éticas

Consentimiento Informado: para garantizar la ética en la correcta recopilación de datos, todas las familias encuestadas relacionadas con el proyecto Aquavida proporcionaron su consentimiento informado. Este proceso incluyó la explicación del propósito y los procedimientos del estudio, así como los posibles riesgos y beneficios en el uso y mantenimiento del filtro. La Fundación Grupo Argos aseguró que las familias entendieran completamente su papel y pudieran retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencias realizando la devolución del filtro.

Confidencialidad y Anonimato: Para este estudio se tomó especial cuidado en proteger la identidad y los datos de las familias. Toda la información recopilada se manejó con estricta confidencialidad, y los nombres y datos personales se anonimizaron en todos los informes y publicaciones derivadas del estudio, garantizando la privacidad y el respeto a los individuos involucrados.

Conflicto de Intereses: se identificaron y revelaron todos los conflictos de interés potenciales o reales. Se tomaron medidas para asegurar la imparcialidad y la objetividad en todo el proceso de investigación.

Tratamiento Ético de los datos: manejamos los datos recopilados durante el estudio con el máximo cuidado y almacenamiento seguro. Se firmaron acuerdos de confidencialidad entre las partes interesadas y se establecieron procedimientos claros para la gestión de datos, asegurando la privacidad y la seguridad de la información.

Manipulación y Sesgo: nos comprometemos a presentar los resultados del estudio de manera precisa y objetiva. Se evitaron prácticas que pudieran conducir a la manipulación o al sesgo en la interpretación de los datos, manteniendo la integridad científica en todas las fases de la investigación.

Cumplimiento de Regulaciones y Directrices: este estudio lo realizamos siguiendo estrictamente las regulaciones y directrices éticas aplicables, respetando los códigos de conducta profesionales y las normas éticas de la investigación, asegurando que el proyecto cumpliera con los estándares éticos más altos en todas sus etapas.

Uso de inteligencia artificial: se realizó el uso de inteligencia artificial como ChatGPT para mejorar la redacción del informe, sugerir estructuras claras y coherentes, así como en la identificación de errores gramaticales. Se garantiza que el uso de la IA la realizamos de manera responsable y transparente, respetando siempre la autoría intelectual. Además, evaluamos críticamente el contenido propuesto manteniendo el control y responsabilidad final sin comprometer la integridad académica del informe.

11. Hallazgos y resultados

En este capítulo, presentaremos los resultados de los análisis que se realizaron utilizando modelos de regresión logística con las variables binarias dependientes reducción de enfermedades e incremento en ahorros económicos, y variables independientes como buen uso y estado del filtro, percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro, adecuada limpieza del filtro y ubicación de la familia (zona rural y urbana). Se logró identificar y seleccionar el mejor modelo basándose en la significancia total y la significancia de los coeficientes de las variables independientes.

11.1 Modelos para la variable dependiente “Reducción de enfermedades”.

11.1.1 Modelo 1 Reducción de enfermedades

Modelo 1 donde se incluyen las variables binarias independientes:

- Buen uso y estado del filtro
- Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro
- Adecuada limpieza del filtro.

Tabla 3 Resultados Regresión logística Modelo 1 Reducción de enfermedades

Logistic Regression							
	# Iter		20	Alpha		0.05	
	<i>Coeff</i>	<i>s.e.</i>	<i>Wald</i>	<i>p-value</i>	<i>exp(b)</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>
Intercept	-1.9979813	0.39211176	25.9634931	3.4794E-07	0.13560876		
Buen uso y estado del filtro	1.10560426	1.19334297	0.85835877	0.35419839	3.02104942	0.29132815	31.3280391
Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro	1.7167915	0.39949714	18.4674849	1.7283E-05	5.56663924	2.54413698	12.1799544
Adecuada limpieza del filtro	-0.4990135	1.19063691	0.17565716	0.67513228	0.60712932	0.05885851	6.26257844

LL	-418.03891
LL0	-441.40209
Chi-sq	46.7263616
df	3
p-value	3.9741E-10
R-sq (L)	0.05292947

R-sq (CS)	0.07072799
R-sq (N)	0.09431709
AIC	844.077822
BIC	861.904901

11.1.2 Modelo 2 Reducción de enfermedades

Modelo 2 donde se incluyen las variables binarias independientes:

- Buen uso y estado del filtro
- Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro

Tabla 4 Resultado Regresión logística Modelo 2 Reducción de enfermedades

Logistic Regression

			# Iter	20	Alpha			0.05
	<i>coeff</i>	<i>s.e.</i>	<i>Wald</i>	<i>p-value</i>	<i>exp(b)</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	
Intercept	-2.0067077	0.39160156	26.2590733	2.9855E-07	0.13443053			
Buen uso y estado del filtro	0.61248353	0.19206811	10.1690014	0.00142822	1.84500784	1.2662211	2.68835666	
Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro	1.72181037	0.39932687	18.5914634	1.6194E-05	5.5946477	2.55779125	12.237153	

LL	-418.13248
LL0	-441.40209
Chi-sq	46.5392313
Df	2
p-value	7.8367E-11
R-sq (L)	0.0527175
R-sq (CS)	0.07045496
R-sq (N)	0.093953
AIC	842.264952
BIC	855.635261

11.1.3 Modelo 3 Reducción de enfermedades

Modelo 3 donde se incluyen las variables binarias independientes:

- Buen uso y estado del filtro

Tabla 5 Resultado Regresión logística Modelo 3 Reducción de enfermedades

Logistic Regression

			# Iter	20	Alpha			0.05
	<i>coeff</i>	<i>s.e.</i>	<i>Wald</i>	<i>p-value</i>	<i>exp(b)</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	

Intercept	-0.5753641	0.1574852	13.34769	0.00025874	0.5625		
Buen uso y estado del filtro	0.84539128	0.18335316	21.2587993	4.0126E-06	2.32888889	1.62584177	3.33594792

LL	-430.40943
LL0	-441.40209
Chi-sq	21.9853225
df	1
p-value	2.7474E-06
R-sq (L)	0.02490396
R-sq (CS)	0.03392504
R-sq (N)	0.04523967
AIC	864.818861
BIC	873.7324

11.2 Modelos para la variable dependiente “Incremento ahorros económicos”.

11.2.1 Modelo 1 Incremento ahorros económicos

Modelo 1 donde se incluyen las variables binarias independientes:

- Buen uso y estado del filtro
- Ubicación de la Familia en zona rural
- Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro

Tabla 6 Resultado Regresión logística Modelo 1 Incremento ahorros económicos

Logistic Regression

			# Iter	20	Alpha		0.05
	coeff	s.e.	Wald	p-value	exp(b)	lower	upper
Intercept	-3.003892731	0.561469	28.6231395	8.7925E-08	0.04959364		
Buen uso y estado del filtro	0.784140945	0.19520263	16.1367821	5.8928E-05	2.19052435	1.49414005	3.21147736
Ubicación de la Familia en zona rural	0.464395456	0.33097558	1.9687203	0.16058376	1.59105204	0.8316823	3.04376633
Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro	2.48318853	0.48439004	26.2802192	2.953E-07	11.9794003	4.63576625	30.9562698

LL	-392.96243
LL0	-434.12054
Chi-sq	82.3162265
df	3
p-value	0
R-sq (L)	0.09480803
R-sq (CS)	0.12122365
R-sq (N)	0.16291046

AIC	793.92486
BIC	811.751939

11.2.2 Modelo 2 Incremento ahorros económicos

Modelo 2 donde se incluyen las variables binarias independientes:

- Buen uso y estado del filtro
- Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro

Tabla 7 Resultado Regresión logística Modelo 2 Incremento ahorros económicos

Logistic Regression

	# Iter		20		Alpha		0.05	
	<i>coeff</i>	<i>s.e.</i>	<i>Wald</i>	<i>p-value</i>	<i>exp(b)</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	
Intercept	-2.6110458	0.47949671	29.6522535	5.1692E-08	0.07345768			
Buen uso y estado del filtro	0.77170343	0.19468431	15.7122707	7.3744E-05	2.16344839	1.47717162	3.16856138	
Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro	2.53251114	0.48292033	27.5012063	1.57E-07	12.5850694	4.88419596	32.4278494	

LL	-393.93865
LL0	-434.12054
Chi-sq	80.3637828
df	2
p-value	0
R-sq (L)	0.09255929
R-sq (CS)	0.11852601
R-sq (N)	0.15928515
AIC	793.877304
BIC	807.247613

11.2.3 Modelo 3 Incremento ahorros económicos

Modelo 3 donde se incluyen la variable binaria independiente:

- Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro

Tabla 8 Resultado Regresión logística Modelo 3 Incremento ahorros económicos

Logistic Regression

	# Iter	20	Alpha	0.05			
	<i>coeff</i>	<i>s.e.</i>	<i>Wald</i>	<i>p-value</i>	<i>exp(b)</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>
intercept	-2.3223877	0.4686233	24.559617	7.2046E-07	0.0980392		
Percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro	2.8249602	0.4763785	35.165787	3.028E-09	16.860274	6.6278169	42.890267

LL	-401.78767
LL0	-434.12054
Chi-sq	64.6657387
df	1
p-value	8.8818E-16
R-sq (L)	0.07447901
R-sq (CS)	0.09653334
R-sq (N)	0.12972957
AIC	807.575348
BIC	816.488887

12. Discusión

En esta sección de discusión, analizaremos en detalle los resultados obtenidos a partir de los modelos de regresión logística diseñados para dos variables dependientes: la reducción de enfermedades y el incremento en ahorros económicos. Se examinarán y compararán los modelos desarrollados, evaluando su capacidad predictiva y su ajuste a los datos observados. A través de este análisis, buscamos obtener una comprensión más profunda de los factores que influyen en la reducción de enfermedades y en el incremento en ahorros económicos relacionados con el uso del filtro de arcilla para suministro de agua, así como identificar posibles áreas para futuras investigaciones.

12.1 Modelos para la variable Reducción de enfermedades

Para este modelo, la hipótesis nula planteada se presenta como la ausencia de relación significativa entre las variables predictoras definidas (Buen uso del filtro, percepción positiva frente al agua del filtro y una adecuada limpieza del filtro) y la reducción de enfermedades.

Después de analizar los tres modelos de regresión logística para la variable de reducción de enfermedades, se observa que ninguno de ellos proporciona un ajuste adecuado a los datos observados. Todos los modelos presentan valores relativamente altos de AIC y BIC, lo que sugiere que podrían existir variables importantes que no se están considerando en el análisis. Por otro lado, los modelos presentados exhiben un Chi-sq bajo (menores de 50), lo que

sugiere que estos modelos podrían no ser los más adecuados para explicar la relación entre las variables en cuestión. Esto nos indica la falta de ajuste del modelo a los datos incluidos por lo que se considera necesario explorar otras variables explicativas para mejorar el modelo en capacidad predictiva y explicativa. En particular, el Modelo 3 muestra un ajuste menos adecuado, con un AIC más alto y un Chi-sq significativamente menor en comparación con los otros dos modelos. Esto indica que considerar solo el buen uso del filtro como variable predictora es insuficiente para explicar la reducción de enfermedades.

Por lo tanto, se sugiere que se deben incluir más variables en el análisis para capturar mejor la complejidad de los factores que influyen en la reducción de enfermedades. Podrían considerarse variables como la calidad del agua antes del filtrado, prácticas de higiene en el hogar, la salud general de los individuos encuestados, entre otros. Aunque se cuenta con información relacionada a prácticas de higiene, esta se excluyó en los modelos anteriores, debido a la falta de información completa para establecer un criterio uniforme que definiera buenas prácticas. Es importante reconocer que este ejercicio se basa en la percepción de las personas, ya que la información proviene únicamente de las encuestas realizadas. Esto implica que los resultados están influenciados por la subjetividad de las respuestas de los encuestados. Además, al no tener acceso a registros epidemiológicos u otras fuentes objetivas de datos, la interpretación de los resultados debe tener en cuenta esta limitación y considerarlos como una aproximación basada en la percepción de los individuos.

En este contexto, la hipótesis nula planteada sería que no hay relación significativa entre las variables predictoras y la reducción de enfermedades, lo que sugiere la necesidad de revisar y posiblemente expandir el modelo para obtener conclusiones más sólidas.

12.2 Modelos para la variable Incremento en ahorros económicos

En este modelo, la hipótesis nula plantea que no hay relación significativa entre las variables predictoras (buen uso y estado del filtro y percepción positiva del agua) y la probabilidad del incremento en ahorros económicos. Sin embargo, ambos coeficientes son significativos, indicando que el modelo provee evidencias de la existencia de una relación entre el buen uso del filtro, la percepción positiva de la calidad del agua y la probabilidad de que las familias reduzcan sus gastos mensuales.

El análisis de los modelos de incremento en ahorros económicos revela que tanto el Modelo 1 como el Modelo 2 muestran un ajuste similar a los datos, con AICs cercanos (793.92 y 793.88). Ambos modelos destacan la importancia del buen uso y estado del filtro y la percepción positiva frente al consumo del agua procedente del filtro como factores claves en el incremento de ahorro. Sin embargo, el Modelo 1, al incluir la variable adicional de ubicación de la familia en zona rural, ofrece una perspectiva más completa sobre los determinantes de los ahorros. Por otro lado, los modelos presentados exhiben valores altos de Chi-sq, lo que sugiere un ajuste adecuado a los datos observados. Esto indica una relación significativa entre las variables independientes y la variable dependiente, lo que permite explicar una cantidad sustancial de la variabilidad en los datos. Al evaluar los modelos de

regresión logística para predecir el incremento en ahorros económicos, se observa consistencia en los resultados.

Se observa que tanto el Modelo 1 como el 2 resaltan la importancia del buen uso y estado del filtro y la percepción positiva del agua filtrada como factores fundamentales para lograr ahorros económicos. Ambos modelos sugieren que garantizar que los usuarios perciban el agua filtrada de manera favorable y promover el uso adecuado del filtro podría conducir a ahorros significativos en los gastos familiares. Sin embargo, inferimos que el modelo 2 es el más adecuado para predecir el incremento en ahorros familiares entre los modelos analizados. Los resultados indican que tanto el buen uso y estado del filtro como la percepción positiva del agua filtrada son factores clave en la reducción de gastos familiares relacionados con el agua potable. Este modelo equilibra adecuadamente la simplicidad y la capacidad predictiva, proporcionando una herramienta útil para entender los efectos del uso del filtro de arcilla en los hogares y la forma en la que estos toman decisiones de gastos y ahorros a partir de la percepción de la calidad del agua que reciben del programa.

No obstante, es importante considerar la inclusión de variables adicionales en futuros análisis para capturar mejor la complejidad de los factores que influyen en la reducción de gastos y mejorar aún más la capacidad explicativa del modelo. Además, dado que este análisis se basa en percepciones subjetivas recopiladas a través de encuestas, se recomienda complementar estos datos con fuentes más objetivas, como registros de gastos y datos de calidad del agua.

Con lo anterior, podemos inferir que las comunidades perciben beneficios económicos del programa Aquavida de una manera inmediata, lo que podría permitir una visibilidad de resultados positivos en la percepción de las comunidades que ayudarán a fortalecer las licencias sociales para operar en los territorios donde las empresas del grupo empresarial tienen presencia. Sin embargo, es crucial también enfocarse en la salud pública, la educación sobre el uso sostenible del agua y la participación comunitaria para asegurar una percepción positiva integral y sostenible del programa Aquavida.

12.3 Deducción a partir de los Modelos

A través del análisis de los impactos del programa pudimos encontrar un caso más de cómo las alianzas público-privadas apoyan al Estado en la consecución de sus objetivos en zonas remotas, donde este no tiene cobertura. Esta colaboración resulta fundamental para llenar vacíos en la prestación de servicios básicos y fomentar el desarrollo en regiones a menudo desatendidas. Además, al involucrar a las entidades privadas,

Adicionalmente, las soluciones propuestas por el proyecto Aquavida son soluciones de bajo costo las cuales consideramos que son más costo-eficientes, facilitando su aplicación en zonas con limitaciones presupuestales o de difícil acceso. Cabe destacar que, con un solo mes de ahorros promedio, se superan los costos del uso del filtro, ya que el filtro de arcilla se cambia cada cinco años. Sin embargo, es importante tener en cuenta que dichas soluciones no están contempladas para largo plazo, por lo que es esencial adoptar un enfoque holístico

que, considerando no solo la viabilidad financiera inicial, sino también la sostenibilidad y el beneficio a largo plazo para las comunidades beneficiadas.

Por último, se resalta que los análisis se realizan con base en la información proveniente de las encuestas, de allí la importancia de realizar de manera rigurosa y metódica. Es crucial asegurarse de que las preguntas estén bien diseñadas para capturar con precisión las opiniones y experiencias de los beneficiados por el programa. La calidad y la fiabilidad de los datos recogidos son fundamentales para obtener insights significativos y realizar interpretaciones válidas. Por lo anterior, se considera esencial garantizar que los encuestados suministren la mayor cantidad de información posible y que el diseño de las encuestas deje un margen mínimo de interpretación por parte del encuestador al registrar las respuestas en su bitácora. Además, es importante asegurar la consistencia de la información a lo largo del tiempo mediante un diseño experimental adecuado. Esto puede lograrse estableciendo una línea base y dividiendo la muestra en familias "tratamiento" y "control", lo que permitirá realizar un análisis más robusto sobre el impacto del programa.

También es importante que estos programas estén acompañados de espacios de capacitación, formación y creación de cultura. La capacitación deberá ser accesible y adaptada a las necesidades particulares de cada territorio, promoviendo la participación tanto de adultos como niños; espacios de educación y sensibilización de los beneficiarios sobre la importancia de implementar prácticas de higiene de manera correcta y la adecuada manipulación del filtro y por último fomentar acciones de prevención en salud que permitan la adopción de hábitos saludables en los hogares beneficiados.

13. Plan de acción

Considerando la limitante de la muestra poblacional y la variabilidad en las encuestas, se propone el siguiente plan de acción para la implementación de recomendaciones

Actividades	Hallazgos	Responsable	Plazos	Recursos
Mejoramiento del diseño de mecanismos de monitoreo	Oportunidades de mejora en las preguntas. Se propone mejorar el alcance y redacción de la encuesta	Fundación Grupo Argos	Considerar en el próximo seguimiento 2025	Humano: Equipo Fundación Grupo Argos Tecnológico: Ajuste encuestas en Excel
	Las categorías de ahorros deberían tener una clasificación. Para un mejor análisis en los ahorros se propone rangos			
	Reevaluar la forma de seleccionar la muestra para la aplicación de las encuestas. Considerar las poblaciones más vulnerables en acceso y calidad del agua para identificar el real beneficio			Humano: Equipo Fundación Grupo Argos
	Reducir la posibilidad de dejar datos “en blanco” en el momento de aplicación de la encuesta			Humano: Encuestadores
	Asegurar que la encuesta sea realizada a la persona encargada del manejo del filtro			Humano: Equipo Fundación Grupo Argos
	Sensibilización de los encuestadores. Asegurar que los encuestadores de la Fundación tengan conocimiento en temas de agua potable			Humano: Equipo Fundación Grupo Argos Económico: Costos por capacitación
	Asegurar que la información registrada tenga soportes para su verificación. Ej: Recibos de compra de agua y gas, registro # visitas al medico.			Humano: Equipo Fundación Grupo Argos Tecnológico: Ajuste encuestas en Excel

Mejoramiento de las técnicas de medición de impacto	Para mejorar metodológicamente la medición de los impactos se recomienda diseñar un experimento con la muestra seleccionada vs. Un grupo control para poder realizar estimaciones más robustas.	Fundación Grupo Argos	2025	Humano: Equipo Fundación Grupo Argos Económico: Costos de transporte, alojamiento y alimentación a dicho grupo de control
	Garantizar la trazabilidad de los impactos en la muestra evaluada (que cuando se aplique una encuesta de seguimiento en períodos posteriores, se haga teniendo la base de al menos las familias encuestadas por primera vez).		2025	Humano: Equipo Fundación Grupo Argos Económico: Costos de transporte, alojamiento y alimentación para ampliar cobertura en las encuestas
Aplicabilidad a los modelos de valoración de la compañía	Realización de un análisis costo-beneficio para determinar el impacto de la implementación del filtro a largo plazo en los hogares beneficiados.	Fundación Grupo Argos	2026	Humano: Equipo Fundación Grupo Argos
Aplicabilidad a los modelos de valoración de la compañía	Incorporar el estimador del impacto como un multiplicador del ejercicio de valoración de externalidad	Fundación Grupo Argos	2026	Humano: Equipo de Cementos Argos con el conocimiento del tema

14. Conclusiones

- Podemos inferir que los programas WASH, como es el caso de los filtros de arcillas en poblaciones con déficit de acceso y calidad de agua en territorios donde Cementos Argos, Celsia y Odinsa están presentes, muestran beneficios en términos de impacto social y en incremento en ahorros económicos de acuerdo con la evidencia dada por el modelo de regresión logística. Sin embargo, para alcanzar los objetivos esperados en el tiempo se requiere de varios aspectos como la aceptación, educación, correcta operación y mantenimiento del sistema, además de un adecuado plan de seguimiento y monitoreo por parte de las organizaciones que ofrecen la solución. Por tanto, si las familias no reconocen los beneficios económicos ni los de salud, o no perciben una mejora en la calidad del agua, la posibilidad de fracaso de una intervención podría ser alta (Fikru, Oerther et al. 2022)
- El 76% de las personas encuestadas que respondieron a la pregunta relacionada a los ahorros económicos por disminución de gastos familiares para acceder a agua apta para consumo, afirmaron que con el uso del filtro han percibido una reducción en estos gastos. Además, los modelos de regresión logística permitieron obtener evidencias sobre la relación entre el uso del filtro y la probabilidad de aumento en los ahorros. Con relación al análisis de los modelos para el incremento en ahorros económicos, se indica que tanto el Modelo 1 como el Modelo 2 presentan un ajuste similar, con valores de AIC cercanos. Ambos modelos resaltan la importancia del buen uso del filtro y la percepción positiva del agua filtrada como factores claves para reducir costos. Sin embargo, el Modelo 2 se considera más adecuado debido a su simplicidad y efectividad predictiva. Se sugiere que promover una percepción favorable del agua filtrada y un uso adecuado del filtro puede llevar a ahorros significativos en los gastos familiares. La hipótesis nula, que plantea que no hay relación significativa entre las variables predictoras y el incremento en ahorros, es rechazada, demostrando que estas variables tienen un impacto significativo en la disminución de los gastos familiares asociados con el suministro de agua.
- Por otro lado, el 54% de las personas encuestadas que respondieron a la pregunta relacionada con reducción de enfermedades, afirmaron que con el uso del filtro percibieron una disminución de las enfermedades. No obstante, los modelos de regresión logística no permitieron obtener evidencias sobre la verdadera relación entre el uso del filtro y la probabilidad en la reducción de enfermedades. El análisis de los tres modelos de regresión logística para la reducción de enfermedades muestra que ninguno se ajusta adecuadamente a los datos, con valores altos de AIC y BIC. Se sugiere incluir variables adicionales, como la calidad del agua antes del filtrado, prácticas de higiene en los hogares y el estado de salud general de los individuos encuestados, para capturar mejor la complejidad de los factores. Además, es importante considerar que los resultados se basan en percepciones subjetivas de encuestas, lo que puede influir en la interpretación de los datos. La hipótesis nula, que

plantea que no hay relación significativa entre las variables predictoras y la reducción de enfermedades, sugiere la necesidad de revisar y expandir el modelo.

Debido a la variabilidad en las observaciones y para mejorar la precisión y consistencia en el análisis de datos anuales, se recomienda a la Fundación Grupo Argos implementar una serie de medidas en sus encuestas y observaciones que permitirán un análisis más preciso y confiables que reflejará de manera clara y confiable el impacto del programa a lo largo del tiempo:

- Estandarización de Encuestas: Desarrollar un formato de encuesta estandarizado que se utilice de manera cada año. Esto ayudará a asegurar que las preguntas sean coherentes y comparables, permitiendo una mejor comparación de los resultados a lo largo del tiempo.
- Capacitación de Encuestadores: Proporcionar capacitación periódica a los encuestadores sobre la importancia de la consistencia en la recolección de datos y cómo evitar sesgos en las respuestas. Esta capacitación debería incluir la familiarización con el formato estandarizado de la encuesta. Desarrolla un procedimiento que permita el acceso de la información.
- Monitoreo y Evaluación: Implementar un sistema de monitoreo y evaluación continua que permita identificar y corregir variaciones en las encuestas de manera oportuna. Esto incluye realizar auditorías periódicas de las encuestas completadas para asegurar la calidad y consistencia de los datos recolectados.
- Uso de Tecnologías de Información: Utilizar herramientas digitales para la recolección y análisis de datos, tales como aplicaciones móviles para encuestas y sistemas de bases de datos centralizados. Esto puede mejorar la precisión en la recolección de datos y facilitar el análisis comparativo a lo largo de los años.
- Retroalimentación Continua: Establecer mecanismos de retroalimentación para los encuestadores y coordinadores del proyecto, permitiendo ajustes inmediatos en el proceso de recolección de datos según sea necesario.
- Muestra Representativa: Asegurar que la muestra de la población encuestada cada año sea representativa de la población total beneficiada por los programas. Esto puede incluir el uso de técnicas de muestreo aleatorio y la consideración de factores demográficos y geográficos para garantizar una representación adecuada.
-
- Diseño experimental: Se recomienda la implementación de un diseño experimental para establecer una relación entre la causa y el efecto de los beneficios del proyecto. Es un diseño de investigación donde se observa el efecto causado por las variables independiente sobre la variable dependiente. El diseño experimental es fundamental para asegurar que los resultados de un estudio sean válidos y fiables. Al controlar las

variables y minimizar los sesgos, se puede establecer una relación causal clara entre las variables independientes y dependientes. Esto es esencial en la investigación científica para avanzar en el conocimiento y para la toma de decisiones basada en evidencia en diversos campos, desde las ciencias naturales hasta las ciencias sociales.

15. Contribución a los ODS

El alcance de este estudio contribuye de manera significativa a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente al ODS 6: "Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos". Dentro de este ODS, el estudio se alinea específicamente con las siguientes metas:

- Meta 6.1: "Para 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable segura y asequible para todos". Al evaluar el impacto de las inversiones en proyectos WASH en Colombia, se pretende que este estudio contribuya a identificar estrategias efectivas para mejorar el acceso al agua potable.
- Meta 6.A: "Para 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, incluida la captación de agua, la desalinización, la eficiencia del uso del agua, el tratamiento de las aguas residuales, el reciclaje y las tecnologías de reutilización". La metodología y hallazgos del trabajo podrían informar y orientar la cooperación y apoyo internacional en el ámbito de WASH.
- Meta 6.B: "Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento". Al incluir indicadores de participación comunitaria y empoderamiento en su multiplicador de valoración, el estudio subraya la importancia de la participación local en la gestión del agua.

16. Impacto del trabajo al desarrollo sostenible. Medición y monetización del impacto de hacer esta investigación. (Metodología de investigación 2)

16.1 Descripción del alcance del análisis

La Fundación Grupo Argos tiene como propósito superior armonizar la relación de los seres humanos con la naturaleza para contribuir a la seguridad hídrica, disminuir el impacto del cambio climático y aportar a la transformación positiva de los territorios. (Fundación Grupo Argos, 2022). A través de programa Aquavida de la Fundación Grupo Argos se busca una intervención integral, impulsando soluciones alternativas e innovadoras que garantizan el acceso de agua en calidad y cantidad para el consumo humano para las comunidades en los territorios de influencia donde hay presencia de las operaciones del Grupo Empresarial Argos a través de sus filiales Cementos Argos, Celsia y Odinsa. El programa consiste en la entrega de filtros de agua de arcilla para su potabilización. El objetivo es valorar el impacto social de

este programa, a partir de las encuestas y entrevista realizadas a una muestra de la población beneficiada.

16.2 Síntesis del mapa de impacto

La síntesis del mapa de impacto del programa Aquavida de la Fundación Grupo Argos se puede resumir en un indicador clave que refleja sus beneficios tangibles en las comunidades afectadas:

- a. **Incremento en ahorros familiares por reducción de gastos asociados a compra de agua o compra de gas/energía para hervir el agua:** El programa facilita un acceso confiable a agua potable, lo que reduce la necesidad de las familias de comprar agua embotellada o comprar gas/energía para hervir el agua. Este cambio representa un ahorro económico sustancial, especialmente importante en hogares con recursos limitados, aumentando así su capacidad de gasto en otras necesidades esenciales.

16.3 Supuestos de la valoración

Para la valoración de los impactos se definieron los siguientes supuestos:

- Percepción de la reducción de gastos dada por los encuestado debido a la compra de agua o la compra de gas/energía para hervir el agua para consumo humano. A partir de la información recopilada por las encuestas, donde las familias dieron respuesta a las siguientes preguntas:
 - ✓ ¿Han incrementado los ahorros por reducción de gastos familiares para acceder a agua apta para consumo? si respondieron *SI*,
 - ✓ ¿A qué se debe el ahorro? Si respondieron *Compra de agua o compra de gas/energía o ambos*.
 - ✓ ¿En cuánto (promedio mensual)? Valor monetario \$

Dando como resultados, un promedio de ahorros o reducción de gastos asociados a la compra de agua que realizan las familias para consumo humano de \$54.084/mes.

16.4 Métodos de recolección de datos

Se realizó a través de encuestas presenciales de una muestra definida de las familias beneficiadas por el proyecto Aquavida en las zonas de influencia de Cementos Argos, Celsia y Odinsa. Se cuenta con un total de 705 encuestas realizadas entre los años 2021, 2022 y 2023. Entre la información levantada se incluye la pregunta relacionada a

- ¿Han incrementado los ahorros por reducción de gastos familiares para acceder a agua apta para consumo?

16.5 Análisis de resultados

Acorde al ejercicio realizado en el curso Metodología de investigación 2, se estimó el SROI de los impactos priorizados, encontrando que el proyecto Aquavida ha demostrado un impacto positivo en términos de retorno social sobre la inversión. Con un SROI de 1.1 en el primer año de implementación, lo que significa que, por cada unidad de inversión realizada en el proyecto, se han generado 1.1 unidades de valor social para la comunidad. Esta evaluación sugiere que el proyecto es efectivo en la generación de beneficios sociales y que la inversión en filtros ha tenido un impacto positivo en la calidad de vida de la comunidad al mejorar el acceso al agua limpia y segura.

16.6 Usos potenciales de los resultados

Nuestra recomendación iría enfocada en que este resultado puede ser incluido en el ejercicio de valoración de impactos que realiza el Grupo Empresarial Argos a través de sus filiales Cementos Argos, Celsia y Odinsa a través del modelo de valoración de impactos llamado Estado de Valor agregado a la Sociedad o VAS por sus siglas en inglés, basado en la metodología True Value de KPMG. Específicamente la dimensión social, relacionada a la cuantificación de la valoración de impactos por las inversiones realizadas en el proyecto Aquavida.

17. Biografía de los autores y director/a de trabajo de grado

Biografía de las autoras

Paola Ospina es ingeniera ambiental con una trayectoria destacada en la gestión ambiental, desempeño ambiental, estrategia y temas de sostenibilidad y reporte. Su experiencia consta de más de 19 años en la planificación estratégica ambiental y el desarrollo de lineamientos corporativos, procedimientos, guías y protocolos. Actualmente, es estudiante de Maestría en Sostenibilidad en la Universidad EAFIT y posee una especialización en Formulación y Evaluación de Proyectos Públicos y Privados de la Universidad de Medellín. Ha trabajado desde la gestión ambiental en grandes proyectos de infraestructura y actualmente en Cementos Argos lidera la estrategia ambiental de la compañía en temas relacionados a agua, emisiones y economía circular. Contacto: pao805@hotmail.com y su perfil de LinkedIn: www.linkedin.com/in/paola-ospina-75321136

Mónica Caro es ingeniera ambiental de la Universidad de Medellín y cuenta con especializaciones en Derecho del Medio Ambiente y Gerencia de Empresas y actualmente se encuentra estudiando la Maestría en Sostenibilidad en EAFIT. Mónica cuenta con experiencia en la gestión ambiental de las operaciones y proyectos en los sectores de cemento, concretos, agregados, puertos, extracción de carbón, reforestación y ganadería debido a su enfoque técnico y estratégico y su habilidad de negociación y gestión. Con más de 18 años de experiencia, ha trabajado en sistemas de gestión ambiental, evaluación ambiental de proyectos y planeación estratégica. Actualmente es Líder ESG de Acerías Paz del Río. Contacto: mmcarog@gmail.com y en LinkedIn en <https://www.linkedin.com/in/monica-maria-caro-garcia>

Biografía directora de trabajo de grado

Diana Carrero es economista de la Universidad Nacional de Colombia con Maestría en Economía del Desarrollo de la Universidad de Göttingen, en Alemania. Cuenta con 14 años de experiencia en gestión de riesgos, cambio climático y sostenibilidad. Su carrera se ha caracterizado por liderar estrategias e iniciativas corporativas en estos campos, aplicando un enfoque multidisciplinario. Actualmente Diana es la Directora de Sostenibilidad en Mineros S.A., donde implementa la estrategia corporativa de sostenibilidad y marcos de gestión de riesgos ambientales, sociales y climáticos. Ha trabajado en organizaciones como Cementos Argos S.A., KPMG, el Banco Mundial y la Secretaría de Desarrollo Económico de Bogotá, desempeñándose en roles clave relacionados con sostenibilidad corporativa, gestión de riesgos y seguros, investigación económica y proyectos de desarrollo. Diana es reconocida por su habilidad para cuantificar impactos financieros y externalidades, y ha contribuido significativamente a varios proyectos y publicaciones en su área de especialización. Contacto: <https://www.linkedin.com/in/diana-carrero/>, contactarla a través de su correo electrónico dianamac73@gmail.com.

18. Agradecimientos y reconocimientos

Inicialmente queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a Dios, quien nos llenó de fuerza y valor para recorrer este camino de aprendizaje y dejar un legado a la sociedad en la valoración del impacto social de programas en acceso al agua.

Adicional, una gratitud a nuestras hermosas familias, sin ustedes, este logro no habría sido posible, ustedes han sido un pilar fundamental en nuestro camino académico y, especialmente, en la culminación de este trabajo de grado. Su apoyo constante, amor incondicional y aliento han sido nuestra fortaleza a lo largo de este proceso. Desde el inicio de este proyecto, su presencia y tranquilidad nos han impulsado, brindándonos la confianza y la motivación necesarias para seguir adelante.

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a Fundación Grupo Argos por su invaluable apoyo en la realización de nuestro trabajo de grado. La disposición para proporcionarnos la información necesaria y el respaldo constante durante nuestra investigación fueron fundamentales para nuestro éxito académico.

De manera muy especial a Diana Carrero, nuestra directora de trabajo de grado, por su incansable apoyo y orientación a lo largo de nuestra travesía académica. Su compromiso y dedicación en brindar orientación experta han sido fundamentales para nuestro desarrollo académico y personal. Su liderazgo y mentoría nos han inspirado a superar desafíos y a alcanzar nuevos logros en nuestra trayectoria educativa. Estamos profundamente agradecidas por la oportunidad de aprender de una persona tan excepcional y comprometida con la educación.

Gracias a la Universidad EAFIT por permitirnos tener la oportunidad de adquirir conocimiento, para continuar creciendo profesionalmente y de manera humana. Finalmente, no podemos dejar de agradecer a dos personas fundamentales en este recorrido: nosotras mismas, Mónica y Paola. Cada una de nosotras fue el soporte de la otra, y juntas logramos alcanzar esta meta que nos propusimos con tanto esfuerzo y dedicación. Celebramos no solo el logro de nuestro trabajo de grado, sino también la confirmación de que somos un equipo no solo en lo laboral sino también en lo académico. Estamos orgullosas de lo que hemos logrado juntas y confiamos en que esta experiencia fortalecerá aún más nuestra amistad y nuestras futuras metas.

19. Declaración del Uso de inteligencia artificial

En este trabajo de grado, se empleó la inteligencia artificial, específicamente el modelo ChatGPT, para revisar y editar los textos, proporcionando sugerencias de mejora en gramática, sintaxis y estructura, lo que ha resultado en una mayor claridad y fluidez de los contenidos, facilitando la comunicación efectiva de los conceptos clave. Además, ha ayudado a mantener un tono y estilo consistentes a lo largo del documento. Garantizamos que el uso de la IA se realizó de manera responsable y transparente, respetando siempre la autoría intelectual. Además, evaluamos críticamente el contenido propuesto manteniendo el control y responsabilidad final sin comprometer la integridad académica del informe.

20. Referencias bibliográficas

- ANDI. (2023). Agua potable y saneamiento básico: planes institucionales y experiencias empresariales. Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/CT_AP_SB_31.03.2023%20-%20compilada.pdf
- Camacho Botero, L. A. (s.f.). La paradoja de la disponibilidad de agua de mala calidad en el sector rural colombiano. *Revista de ingeniería*, 49, 38-50. Universidad de los Andes, Bogotá.
- Castellanos Suárez, A. K. (2020). Acceso al agua potable y saneamiento impacto en la relevancia de EDA: evidencia empírica para Colombia. Efectos del programa conexiones intradomiciliarias sobre la salud y calidad de vida. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). Informe anual de avance en la implementación de los ODS en Colombia. Gobierno de Colombia.
- Fikru, M. G., Oerther, D. B., & Voth-Gaeddert, L. E. (2022). Limited benefits and high costs are associated with low monetary returns for Guatemalan household investment in water, sanitation, and hygiene technologies. Elsevier Ltd.
- Fundación Grupo Argos. (2022). Ficha del programa Aquavida. Medellín.
- Fundación Grupo Argos. (2023). Informe estrategia de seguimiento proyecto Aquavida Fase I. Medellín.
- Galezso, M. A., Risso Gunther, W. M., Diaz Quijano, F. A., & Rodriguez Susa, M. (2020). Factores asociados con enfermedad diarreica en área rural del Caribe colombiano. *Revista Saúde Pública*.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons.
- INS. (2019). Informe carga de Enfermedad ambiental en Colombia. Obtenido de <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambientalen-Colombia.aspx>
- La República. (24 de marzo de 2023). En el Colombia, 3,2 millones de personas no tienen acceso al servicio de agua potable. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/en-el-colombia-3-2-millones-de-personas-no-tienen-acceso-al-servicio-de-agua-potable-3576736>
- Mejía Guzmán, G. A. (2009). Impacto socio económico de los beneficios generados por el proyecto de Agua y saneamiento ejecutado en la Comunidad de Yaoya Siuna - RAAN, Período 2009. Siuna RAAN.

- Ministerio de Salud y Protección. (2018). Plan nacional de salud rural. Bogotá. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PES/mmps-plan-nacional-salud-rural-2018.pdf>
- Moreno Méndez, J. O. (s.f.). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de ingeniería* 49, 28-37. Universidad de los Andes, Bogotá.
- Organización Mundial de la Salud, JMP & UNICEF. (2022). Progresos en materia de agua para consumo, saneamiento e higiene en los hogares 2000-2020. Ginebra.
- UNICEF. (18 de junio de 2019). 1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable. Obtenido de <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1-de-cada-3-personas-en-el-mundo-no-tiene-acceso-a-agua-potable#:~:text=Los%20datos%20muestran%20que%20,que%20entre%20los%20m%C3%A1s%20pobres.>
- UNICEF. (1 de julio de 2021). Miles de millones de personas se quedarán sin acceso a servicios de agua potable, saneamiento e higiene antes de 2030 a menos que el progreso se multiplique por cuatro, advierten la OMS y UNICEF. Obtenido de <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/miles-de-millones-de-personas-se-queedar%C3%A1n-sin-acceso-servicios-de-agua-potable>
- Waddington, H. &. (2019). Effectiveness and sustainability of water, sanitation, and hygiene interventions in combating diarrhoea. *Journal of Development Effectiveness*, 295–335. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/>
- Whittington, D., Jeuland, M., Barker, K., & Yuen, Y. (2012). Setting priorities, targeting subsidies among water, sanitation, and preventive health interventions in developing countries. *World Development*, 40, 1546–1568. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.03.004>.
- WWAP. (2016). The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs. Paris:UNESCO. Obtenido de <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2016>
- Zapata Hidalgo, V. H. (2016). Análisis de la política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural de Colombia. Bogotá. [Trabajo de grado]. Universidad del Bosque. Bogotá.

21. Apéndices

En este trabajo no requerimos referenciar anexos adicionales a las tablas y figuras ya referenciadas en el contenido.