



2023

PROGRAMA DE DOCTORADO: DINÁMICA DE FLUJOS BIOGEOQUÍMICOS Y SU APLICACIÓN

**TITULO DE LA TESIS: IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO ECOLÓGICO (SIN AGUA) EN UNA COMUNIDAD RURAL: UN ESTUDIO DE CASO DE JUNIN, MANABI, ECUADOR
IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF ECOLOGICAL SANITATION (WITHOUT WATER) IN A RURAL COMMUNITY: A CASE STUDY OF JUNIN, MANABI, ECUADOR**



Directora de la tesis: AMANDA
GARCÍA MARÍN

Autor de la tesis: BRUNO
BELLETTINI CEDEÑO

Mayo-2023

TITULO: *IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO
ECOLÓGICO (SIN AGUA) EN UNA COMUNIDAD RURAL: UN
ESTUDIO DE CASO DE JUNIN, MANABI, ECUADOR*

AUTOR: *Bruno Oreste Bellettini Cedeño*

© Edita: UCOPress. 2024
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

[https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/
ucopress@uco.es](https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/ucopress@uco.es)



UNIVERSIDAD DE CORDOBA

INFORME RAZONADO DE LAS/LOS DIRECTORAS/ES DE LA TESIS

Este documento se presentará junto con el depósito de la tesis en <https://moodle.uco.es/ctp3/>



DOCTORANDA/O

BRUNO ORESTE BELLETTINI CEDEÑO

TÍTULO DE LA TESIS:

IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO ECOLÓGICO (SIN AGUA) EN UNA COMUNIDAD RURAL: UN ESTUDIO DE CASO DE JUNIN, MANABI, ECUADOR

INFORME RAZONADO DE LAS/LOS DIRECTORAS/ES DE LA TESIS

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma)

Desde que en enero de 2019 el doctorando Bruno Orestes Bellettini iniciara sus estudios de doctorado en la Universidad de Córdoba, su evolución en términos científicos, formativos y en otras competencias del ámbito investigador, ha sido excelente.

Su grado de autonomía y motivación científica son puntos clave a resaltar dentro de este periodo predoctoral, demostrando una alta capacidad para abordar las distintas tareas de su investigación.

Los objetivos del plan de investigación se han conseguido ampliamente, conformando una tesis doctoral que contribuirá de forma notable a la mejora del saneamiento en zonas rurales, tanto de Ecuador como de otras áreas con similares características.

De la tesis doctoral se ha derivado una publicación científica en una revista indexada SJR:

Bellettini, B; García-Marín, A.P. 2022. Economic damage-cost analysis caused by insufficient sanitation in rural Ecuador. Eng Sanit Ambient, v.27 n.4, pp. 731-736. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210073>. SJR (IF 0,21), Q3 (85/115)

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, a 15 de mayo de 2023

Las/los directoras/es

GARCIA MARIN AMANDA
PENELOPE - 30950251W

Firmado digitalmente por GARCIA
MARIN AMANDA PENELOPE -
30950251W
Fecha: 2023.05.15 12:15:28 +02'00'

Fdo.: Amanda P. García Marín

Resumen

El saneamiento es una necesidad básica insatisfecha (NBI), cuya ausencia trae significativos impactos en la salud humana, el ambiente y la economía de una sociedad. La distinción entre lo urbano y lo rural es el principal criterio de este estudio para reconocer las limitaciones de la tecnología sanitaria convencional a la hora de acortar la brecha de cobertura entre ambas realidades.

Esta investigación evalúa la implementación del saneamiento ecológico (sanitario sin agua) en la comunidad rural Caña, donde la cobertura del servicio de saneamiento es de apenas el 33% y algunas de sus instalaciones sanitarias son consideradas disfuncionales. La implementación de esta tecnología requirió de un trabajo social con los beneficiarios que dio como resultado la construcción de un prototipo diseñado por ellos mismo, con un costo de USD \$2,234.

Un análisis costo-beneficio (ACB) fue implementado para determinar con detalle los costos que tiene el déficit de saneamiento en el Ecuador y la manera en que se expresan los beneficios de un saneamiento adecuado. La herramienta Economic Sanitation Initiative (ESI) fue la metodología utilizada para determinar estos valores la cual permite estipular que la actual realidad sanitaria le cuesta al Ecuador un 2.86% del PIB y que la implementación de la unidad básica de agua, saneamiento e higiene propuesta en este estudio tiene una tasa interna de retorno (TIR) de 81%, un período de retorno (PR) de 2.2 años con una vida útil de 30 años.

Otro resultado destacable es que la implementación de este tipo de tecnologías requiere de alianzas estratégicas entre la institucionalidad pública competente (municipio) y las comunidades. Prácticas anteriores indican que el concepto de alianza público-comunitaria (APC) es altamente útil en este tipo de experiencias.

Los resultados de los análisis de la funcionalidad del modelo para tratar las excretas indican que al primer mes de uso la mezcla de heces fecales con sustrato seco permite alcanzar la inocuidad. Esto indica que la técnica de la cámara de secado cumple con la norma ecuatoriana para considerar un desecho biológico como no peligroso.

Palabras claves: saneamiento, rural, análisis costo-beneficio, alianzas, inocuidad.

Abstract

Sanitation is an unsatisfied basic need (UBN), which absence has significant impacts on human health, environment and the economy of a society. The distinction between urban and rural is the main criterion of this study to recognize the limitations of conventional sanitary technology when it comes to narrowing the gap's coverage between both realities.

This research evaluates the implementation of ecological sanitation (sanitary without water) in the rural community of Caña, where the coverage of the service is only 33% and some of its sanitary facilities are considered dysfunctional. The implementation of this technology required social work with the users which resulted in the construction of a prototype designed by them, at a cost of USD \$ 2,234.

A cost-benefit analysis (CBA) was implemented to asses in detail the costs of the sanitation deficit in Ecuador and the way in which benefits of adequate sanitation are expressed. The ESI tool was the methodology used to determine these values; one of the outcomes is that the current sanitary reality costs Ecuador 2.86% of GDP and that the implementation of the water, sanitation and hygiene unit proposed in this study has an internal rate of return (IRR) of 81%, a payback period (PBP) of 2.2 years with a lifecycle of 30 years.

Main findings show that the implementation of this type of technology requires strategic partnerships between public institutions (municipality) and the communities. Previous experiences indicate that the concept of public-community partnership (PCP) is highly useful in this type of experience.

Other findings shows the success of this model to treat excreta. In the first month of use the mixture of faeces with dry substrate allows to achieve innocuousness. This indicates that the drying chamber technique complies with the Ecuadorian regulations for not considering a biological waste as dangerous.

Keywords: sanitation, rural, cost-benefit analysis, partnerships, non-hazardous.

Agradecimientos

En primer lugar, deseo agradecer a esa fuerza infinita que vive dentro de nosotros y nos impulsa a alcanzar todo aquello por lo que luchamos. No importa que nombre le demos, el espíritu es aquello que nos sostiene en los momentos más demandantes de nuestra vida. Acompaño esta expresión de gratitud para mi mamá, pues gracias a su apoyo y su ejemplo he podido crecer como persona y como profesional.

De igual manera, agradezco a la Universidad de Córdoba por haberme brindado las facilidades para llevar a cabo esta investigación. Incluyo en este reconocimiento a la directora de mi tesis, Amanda García-Marín, por todo su apoyo y paciencia durante estos años.

Manifiesto también mi gratitud a la Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre (FANJ), quien en la persona del amigo Roberto Sánchez me mostró el mundo de la permacultura y de las soluciones sostenibles en aspectos tan básicos como el saneamiento... de ellos aprendí que la revolución comienza en la vivienda.

Mi reconocimiento también para el alcalde del municipio de Junín, Dr. Jonás Intriago, y el funcionario encargado del agua y saneamiento rural, Ing. Julio Hidrovo, por atender mis solicitudes de información y destinar un tiempo a profundizar en la tecnología investigada.

Así mismo, agradezco a las personas de la comunidad de Caña por su amabilidad y apertura para cooperar a lo largo del estudio que implicó la implementación de la tecnología sanitaria. Todavía hay mucho camino por recorrer, pero como dijo Lao-Tse: “un viaje de mil millas comienza con un pequeño paso”.

Finalmente, mi infinito agradecimiento a Helen, mi compañera de vida. No hubiera podido lograr este propósito sin los cuidados y el cariño que me brindas a mí y a nuestra pequeña Minerva... como no agradecerte querida Mine, tu existencia es la fuente de inspiración de este trabajo. Gracias a ustedes entendí que a veces el amor es más poderoso que la ciencia.

Tabla de contenido

Resumen	i
Abstract	ii
Agradecimientos	iii
1. Introducción	7
1.1 Antecedentes	7
1.2 Situación global del saneamiento	9
1.2.1 Situación del saneamiento en Ecuador	10
1.3 Saneamiento de cara al 2030 en los ODS.....	11
2. Un saneamiento adecuado y sostenible	13
2.1 Por qué el saneamiento adecuado es también sostenible?	13
2.2 Recuperación y reúso para un saneamiento sostenible	15
2.2.1 Nutrientes y materia orgánica.....	16
2.2.2 Reciclaje de agua	17
3. Aspecto técnico.....	20
3.1 Diseño del sistema de saneamiento	20
3.2 Elementos técnicos del sistema	20
3.3 Factores en el diseño de un sistema	22
3.3.1 Factores geográficos y geofísicos	22
3.3.2 Factores de Operación y Mantenimiento (O&M).....	24
3.4 Proyección del sistema a largo plazo	25
3.4.1 Solidez técnica.....	27
4. Marco analítico, objetivos, metodología y herramientas de evaluación.....	28
4.1 Marco analítico.....	28
4.2 Objetivos	29
4.3 Metodología	29
4.3.1 Investigación de escritorio	29
4.3.2 Investigación-acción.....	29
4.3.3 Levantamiento de datos.....	30
4.3.4 Revisión de Literatura	30
4.4 Métodos de evaluación.....	30
4.4.1 Análisis de Costo-Beneficio	31
4.4.2 Matriz de Leopold	33
4.4.3 Gobernabilidad del Saneamiento Ecológico	35

5.	Junín: Nuevo destino del Saneamiento Ecológico	37
5.1	Descripción del sitio	37
5.2	Tecnología sanitaria propuesta	40
5.3	Tecnología propuesta vs tecnología actual	43
6.	Implementación del baño seco en el área rural de Junín	46
6.1	Componentes de los sanitarios secos	46
6.2	Construcción del baño seco	50
6.2.1	Proceso social	50
6.2.2	Obra civil	52
6.2.3	Operación y Mantenimiento	54
7.	Análisis Costo-Beneficio del baño seco	57
7.1	Inversión inicial	57
7.2	Costos de Operación y Mantenimiento	57
7.3	Otros costos	58
7.4	Beneficios económicos	58
7.4.1	Beneficios económicos directos	59
7.4.2	Beneficios económicos indirectos	59
7.5	Herramienta de medición Iniciativa de Economía del Saneamiento (IES)	60
7.5.1	Datos de entrada de IES	61
7.5.2	Datos de salida: Resultados	74
8.	Evaluación de impacto ambiental del baño seco	79
8.1	Recuperación y reutilización para la protección ambiental	79
8.2	Elaboración de la matriz causa-efecto	80
8.2.1	Selección de acciones y factores para la matriz	81
8.2.2	La matriz del baño seco	84
9.	Gobernabilidad del Saneamiento Ecológico	89
9.1	Cogestión para la prestación del servicio de saneamiento	89
9.2	Modelos de cogestión para la prestación de servicios de saneamiento	90
9.2.1	Modelo de Alianza Público-Comunitarias (APC)	91
9.2.2	Modelo de Alianza Comunitaria-Comunitaria (ACC)	92
9.3	APC o ACC para Junín?	94
9.4	Construcción de una APC en Junín para el saneamiento ecológico	97
9.5	Institucionalizando la Alianza Público-Comunitaria en Junín	98
10.	Conclusiones	100
	Bibliografía	101
	ANEXOS	108

Anexo 1. Presupuesto construcción unidad Agua, Saneamiento e Higiene (ASH)	108
Anexo 2. Comunicación autor herramienta ESI	109
Anexo 3. Resumen de Norma de Biosólidos	110

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema del flujo lineal del agua y saneamiento	7
Figura 2. Brechas de saneamiento: Porcentaje de la población con acceso a saneamiento, 2015	8
Figura 3. Áreas de escasez hídrica física y económica, 2007	8
Figura 4. Parte de la población cubierta por las diferentes tecnologías de saneamiento, por región	9
Figura 5. Escalera de saneamiento. Contextualización ODS Saneamiento	10
Figura 6. Cobertura de saneamiento, 1990-2015	11
Figura 7. Dimensiones de sostenibilidad en el saneamiento.....	13
Figura 8 Florecimiento de algas debido a la eutrofización en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. Foto: PUCEM	14
Figura 9. Esquema de contaminación de aguas subterráneas a partir de letrinas de pozo.	15
Figura 10. Nutrientes estimados en las excretas per cápita en diferentes países	16
Figura 11. Sistema de reutilización de aguas servidas, por campo de aplicación.....	18
Figura 12 Cancha de golf regada con agua residual en la zona costera árida de Manta, Ecuador. Foto: Montecristi Golf Club	19
Figura 13. Esquema de elementos técnicos de un sistema de saneamiento.	21
Figura 14. Niveles de centralización en el servicio de recolección de excretas.	24
Figura 15. Opciones tecnológicas y sus niveles de servicio.	25
Figura 16. Esquema de proceso de toma de decisiones con participación de actores.....	26
Figura 17. Diagrama de Análisis Costo Beneficio.....	32
Figura 18. Matriz de Leopold aplicada a la instalación de redes de tuberías	35
Figura 19. Mapa topográfico y de límites del cantón Junín, Ecuador.	37
Figura 20. Mapa hidrográfico del cantón Junín.	39
Figura 21. Esquema de barrera del saneamiento sin agua en la transmisión de enfermedades	41
Figura 22. Esquema de un baño seco con calentador solar	42
Figura 23 Taza separadora de fibra de vidrio+ Taza separadora con elementos complementarios	47
Figura 24. Esquema de baño de una cámara y calentador solar.....	49
Figura 25 Baño seco en Puerto López, Manabí, Ecuador Baño ecológico en Echandía, Bolívar, Ecuador	50
Figura 26 Caseta de disposición de excretas de la Familia Zamora Bravo en la comunidad de Caña.	51
Figura 27 Diseño participativo de Unidad de Agua, Saneamiento e Higiene.....	52
Figura 28 Establecimiento las bases para el piso del baño seco.....	53
Figura 29 Levantamiento de paredes para el baño	53
Figura 30 Baño seco terminado	54
Figura 31. Cartilla de uso y manejo del baño ecológico.....	55
Figura 32 Proceso de toma de muestras de la materia posterior a cumplir el tratamiento en la cámara de secado	86
Figura 33. Modelo de inactivación gráfica de concentración de UFC Coliformes fecales.....	87
Figura 34. Modelo de inactivación gráfica de huevos de Helmintos.....	88
Figura 35. Organigrama de una Alianza Público-Comunitaria (APC).....	91
Figura 36. Organigrama de una Alianza Comunitaria-Comunitaria (ACC)	93

<i>Figura 37. Organigrama de gobernabilidad para saneamiento rural recomendado por la SUAS</i>	95
<i>Figura 38 Conversatorio con la lideresa comunitaria en el sitio de implementación del sanitario seco</i>	96
<i>Figura 39 Visita del alcalde de Junín en el sitio de implementación del sanitario seco</i>	96
<i>Figura 40. Cadena de apoyo de una Alianza Público-Comunitaria</i>	98

Lista de Tablas

Tabla 1. Tratamiento y uso de desechos reciclables	43
Tabla 2. Comparación de tecnologías de saneamiento	44
Tabla 3. Elementos de un baño seco y sus usos.	58
Tabla 4. Beneficios globales de un sistema adecuado de saneamiento y agua potable	59
Tabla 5. Incidencia y % de la población en Ecuador (desnutrición, helmintos y enteropatía). ...	62
Tabla 6. Tasa de distribución (%) de casos de cada enfermedad debido a ASH inadecuados.	63
Tabla 7. Visita de pacientes externos (promedio de visitas por caso que busca tratamiento) ...	63
Tabla 8. Costo de medicinas e insumos por visita de paciente externo en dólares.....	64
Tabla 9. Tasa de admisión de pacientes (% de casos por enfermedad que es admitido)	64
Tabla 10. Estadía de paciente admitido (días promedio por paciente admitido).....	65
Tabla 11. Costo diario de medicamentos e insumos por paciente internado (en dólares)	65
Tabla 12. Búsqueda de tratamiento: % de casos de enfermedad que busca tratamiento (por tipo de instalación).....	66
Tabla 13. Proporción de casos pacientes admitidos en establecimientos de primer nivel.....	66
Tabla 14. Costo en dólares de acceder a curación por visita externa (consulta médica + transporte)	66
Tabla 15. Costo diario de hospitalización en dólares	67
Tabla 16. Días fuera de actividades rutinarias.....	67
Tabla 17. Unidad para el valor del tiempo.....	68
Tabla 18. Número de muertes por cada mil por tipo de enfermedad.....	69
Tabla 19. Valor Estadístico de una vida en Ecuador	69
Tabla 20. Prácticas de saneamiento según tipo de instalación	70
Tabla 21. Tiempo de acceso a instalación sanitaria.....	70
Tabla 22. Número de veces al día que practica la defecación	71
Tabla 23. Fuente de agua principal (%) y consumo de agua (m ³).....	71
Tabla 24. Costo unitario por m ³	72
Tabla 25. Gasto y tiempo por hora de acarrear agua en dólares	72
Tabla 26. Porcentaje de hogares que tratan su agua por diferentes métodos.....	73
Tabla 27. Información de eventos de inundación y costos (en dólares) a la salud.....	73
Tabla 28. Información de visitantes en el país y su atribución a un saneamiento adecuado	74
Tabla 29. Impactos (costos) totales (USD \$) anuales por persona, por hogar y para el país.....	74
Tabla 30. Determinación de impactos (%) para cada área considerada	76
Tabla 31. Impactos (beneficios) totales (USD \$) anuales por persona, por hogar y para el país	77
Tabla 32. Resultados de los parámetros del estudio.....	78
Tabla 33. Preguntas sobre las características del proyecto previo a la elaboración de la ML....	81
Tabla 34. Representación de la matriz de Leopold para el baño seco	85
Tabla 35. Criterios microbiológicos para no considerar un desecho biológico como peligroso..	86
Tabla 36. Resultado de análisis valorando Ausencia/Presencia de Salmonella sp.	88
Tabla 37. Ventajas y desventajas de Alianzas Público-Comunitarias (APC).....	92
Tabla 38. Ventajas y desventajas de Alianzas Comunitarias-Comunitarias (ACC).....	94

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El saneamiento es un servicio básico de insuficiente cobertura a nivel global, con especial énfasis en el sector rural de los países en vías de desarrollo. La brecha de acceso a un saneamiento decente y funcional son claros indicadores de inequidad y desventajas sociales. Un manejo inseguro de las excretas exponen a la población a enfermedades y la degradación del ecosistema junto con los servicios que de él se derivan. Ambos efectos tienen consecuencias especialmente graves en la población rural debido a la ausencia de servicios complementarios al agua y saneamiento.

Son varias las razones que explican esta tendencia, pero sin duda alguna, la principal radica en los modelos de desarrollo vigentes que han impuesto sistemas de saneamiento donde cada persona, despreocupadamente, hace a otras responsables de sus desechos, consume valiosas cantidades de agua potable y contamina suelos, mares, ríos y atmósfera sin pensar en su cuota de responsabilidad.

El modelo convencional de saneamiento y drenaje, que utilizan el agua como medio de transporte de los residuos para trasladarlos lejos del lugar de origen, se basa en el denominado flujo lineal (Sánchez *et al.*, 2006). Esta concepción del saneamiento plantea como solución “eliminar” los residuos *in situ* y los envía diluidos a áreas alejadas (ver figura 1).



Figura 1. Esquema del flujo lineal del agua y saneamiento

Este esquema dificulta la reutilización de los residuos, con la consiguiente pérdida de eficiencia global y multiplica la demanda de recurso (agua limpia) y la emisión de residuos (aguas negras) en detrimento de otros territorios. Estos mal llamadas residuos que en verdad son insumos, pueden y deberían, ser recuperados de manera segura y reutilizados en procesos productivos. Con un cambio radical en la visión de la gestión de las excretas humanas podríamos alcanzar un manejo de recursos que nos permita: retener los elementos de valor disponibles en las excretas para usos productivos que permitan un desarrollo humano y ambiental más sostenible.

Para poner la escala de oportunidad en perspectiva, la población mundial que vive en el área rural produce un estimado de 4 millones de m³ de excreta humana y 380 millones de m³ de aguas negras cada día (Mateo-Sagasta *et al.*, 2015). Estos residuos contienen suficientes nutrientes para reemplazar el 10% del nitrógeno del fertilizante agrícola sintético, y el 6% del fósforo que se utiliza en los cultivos agrícolas junto con la suficiente agua para regar también el 6% de los 40 millones de tierra irrigable del planeta (Mateo-Sagasta *et al.*, 2015).

Estas oportunidades se vuelven aún más visibles cuando consideramos donde se encuentran las principales brechas de cobertura de saneamiento. La figura 2 muestra que las brechas más significativas se encuentran en el África Sub-sahariana y en el Sur de Asia. Estas regiones padecen problemas comunes que podrían ser aliviados a través de un saneamiento adecuado, estos problemas son: inseguridad alimentaria con la desnutrición asociada, escasez de agua y degradación de suelos (ver figura 3).

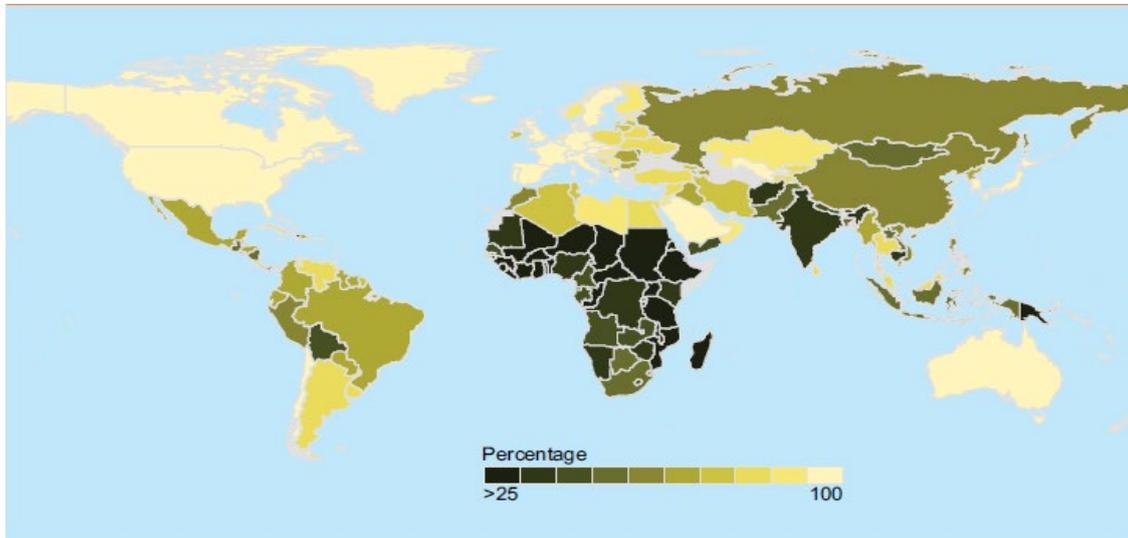


Figura 2. Brechas de saneamiento: Porcentaje de la población con acceso a saneamiento, 2015

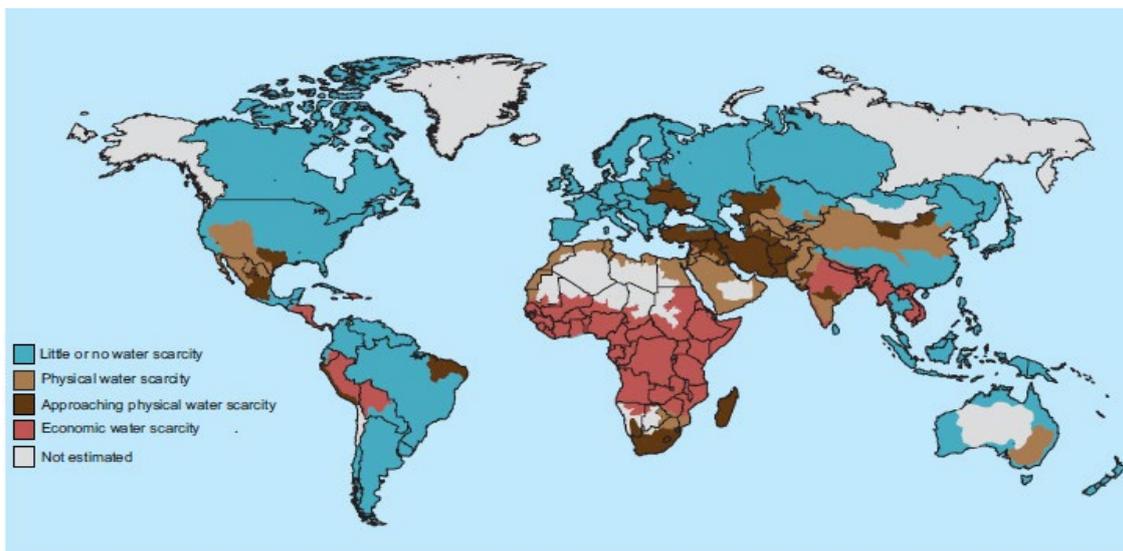


Figura 3. Áreas de escasez hídrica física y económica, 2007

Las regiones con baja cobertura de servicios de saneamiento son también aquellas en las que existe escasez hídrica, sea física o económica. Estas mismas regiones experimentarán significativos incrementos de crecimiento poblacional para el 2030, de acuerdo a las actuales proyecciones (Water Resources Group, 2009). Una importante proporción de la futura población es probable que viva en ciudades de rápida expansión, donde los riesgos de un saneamiento insuficiente e inadecuado son altos, pero sobre todo existe la oportunidad de mitigar estos riesgos donde se concentran.

1.2 Situación global del saneamiento

El estado del saneamiento hoy en día, difiere ampliamente alrededor del mundo, así como los desafíos para hacerlo más sostenible. El saneamiento hidráulico (baños de descarga de agua y redes de alcantarillado conectados a plantas de tratamiento de aguas) es lo común en muchos lugares, especialmente en zonas urbanas y países desarrollados (Andersson *et al.*, 2016).

Sin embargo, grandes segmentos de la población en algunas regiones carecen de conexión a redes de alcantarillado (ver figura 4). A nivel mundial, alrededor de 2,7 billones de personas se consideran que usan algún tipo de sanitario sin conexión (ej. letrina, tanque séptico) los cuales requieren evacuación de lodos sépticos. Se calcula que la población que se servirá de sanitarios sin conexión se duplicará para el año 2030 (Strande *et al.*, 2014).

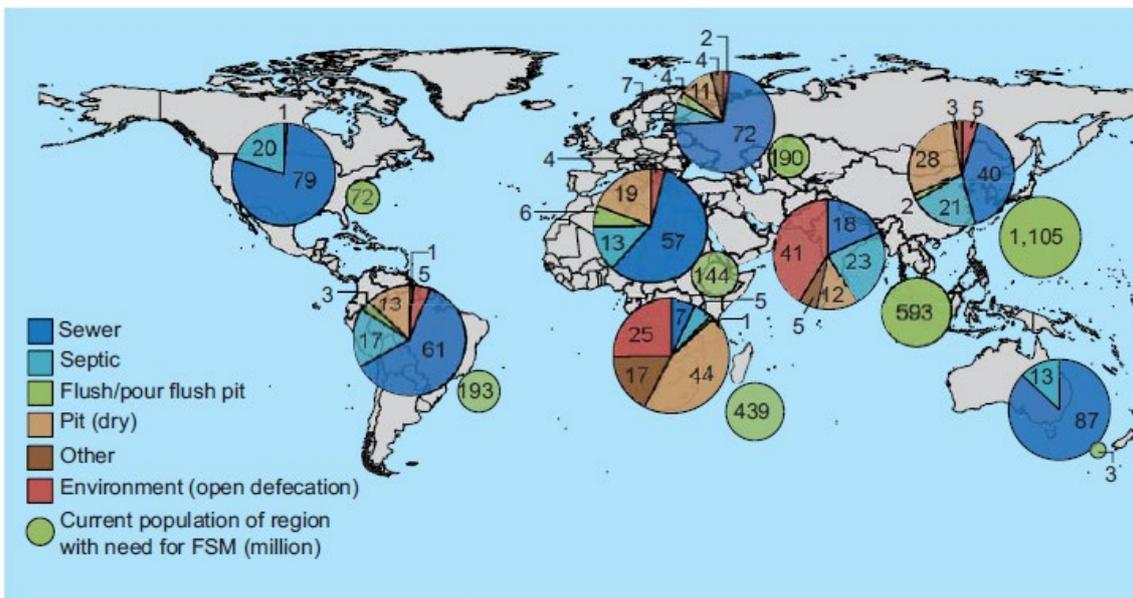


Figura 4. Parte de la población cubierta por las diferentes tecnologías de saneamiento, por región

Los datos presentados en la figura 4 son considerados estimaciones de la situación global, pues es importante reconocer que la información disponible de sistemas sanitarios es limitada a escala mundial. En cualquier caso, basados en los datos disponibles se ha estimado que en promedio un 30% del agua servida es arrojada sin tratamiento en países de alto desarrollo, esto aumenta a un 62% y 72%, respectivamente, en países de desarrollo medio-alto y medio-bajo (Sato *et al.*, 2013). De acuerdo a otro análisis, a nivel global tal vez el 90% del agua servida es liberada al ambiente sin tratamiento alguno (Corcoran *et al.*, 2010).

En cuanto a los problemas relativos a la vivienda, a pesar de los esfuerzos significativos, muchas personas aún no tienen acceso a un sanitario funcional y seguro. Se ha estimado que hasta 2015 2,4 billones de personas no habían usado un sanitario adecuado, incluyendo 1 billón de personas que todavía practicaban la defecación a cielo abierto (JMP, 2015). La mayoría de estas personas viven en países de ingreso medio (UN, 2014).

Los datos que se describen en el párrafo anterior no toman en cuenta lo que se denomina “saneamiento disfuncional” que incluye a las personas que se sirven de un sistema de alcantarillado que libera el agua servida sin tratamiento al ecosistema. Si se toma en consideración esta porción de la población, se puede estimar que hay unos 4,1 billones de personas -60% de la humanidad- sin acceso a un saneamiento funcional (Baum *et al.*, 2013).

La complejidad del panorama global del saneamiento envuelve una oportunidad para ideas alternativas que reduzcan las brechas en la cobertura de este servicio y mitiguen los efectos que se generan a consecuencia de sistemas incompletos o inexistentes. En este sentido, el saneamiento de bajo consumo de agua o incluso sin consumo de agua (seco) se presenta con más frecuencia como la solución más sostenible y pertinente, incluso en países de alto nivel de desarrollo.

1.2.1 Situación del saneamiento en Ecuador

El estado de rezago del saneamiento en Ecuador hasta inicios del presente siglo, requirió toda una estrategia que permita incrementar la cobertura de este servicio básico entre la población. Con este propósito se incluyó dentro el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV) la Estrategia Nacional de Agua Potable y Saneamiento (ENAS) con el objeto de redinamizar estos esfuerzos y establecer la hoja de ruta a seguir para alcanzar, el acceso universal a unos servicios de agua potable y saneamiento de calidad, dignos y sostenibles.

Con el establecimiento de esta estrategia, la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) se propuso dar el paso definitivo para conseguir que el conjunto de la ciudadanía pueda ejercer un derecho humano fundamental reconocido por la Constitución del Ecuador y el derecho internacional, y se alinea con las Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) de Naciones Unidas (NN.UU.), que establecen metas no solo de acceso, sino también de calidad, asequibilidad, y sostenibilidad social, económica y ambiental de los servicios.

Para lograr una medición adecuada del incremento en la cobertura de los servicios de saneamiento rural, la ENAS contextualizó a la realidad del país cinco niveles del servicio: el de mayor desarrollo es el manejo sanitario seguro, que incluye instalaciones sanitarias mejoradas, servicio no compartido con otros hogares y excretas tratadas de manera segura. El nivel básico incluye instalaciones sanitarias mejoradas y servicio no compartido (ver figura 5). El nivel limitado son instalaciones mejoradas y compartidas. El nivel no mejorado es con instalaciones sanitarias no mejoradas; y finalmente, la defecación al aire libre (WHO; UNICEF y JMP, 2014).

Nivel de desarrollo del saneamiento		Tipo de servicio higiénico	Exclusividad del servicio	Manejo de excretas
Nivel básico en Ecuador	Seguro*	excusado y alcantarillado	Sí	Sí
		pozo séptico / pozo ciego	Sí	Sí
		letrina con losa	Sí	Sí
	Básico	excusado y alcantarillado	Sí	No
		pozo séptico / pozo ciego	Sí	No
		letrina con losa	Sí	No
Limitado	excusado y alcantarillado	No	-	
	pozo séptico / pozo ciego	No	Sí	
	letrina con losa	No	Sí	
	no tiene (le prestan alcantarillado, pozo séptico o pozo ciego)	-	-	
No mejorado	pozo séptico / pozo ciego/	No	No	
	letrina con losa	No	No	
	letrina sin losa	-	-	
	no tiene (le prestan letrina)	-	-	
Al aire libre	no tiene: aire libre	-	-	

Figura 5. Escalera de saneamiento. Contextualización ODS Saneamiento.

Partiendo de la categorización explicada en la escalera de saneamiento, y de acuerdo a las estimaciones realizadas por el JMP, Ecuador ha estado sostenidamente mejorando la cobertura de saneamiento desde 1990. De hecho, entre 1990 y 2015, el acceso a saneamiento mejorado se incrementó en 28 puntos porcentuales, alcanzando al 85 por ciento de la población. Esto

ubica a Ecuador en el puesto quinto con respecto al progreso realizado en cobertura de saneamiento, entre los países de la región (WHO-UNICEF JMP, 2015).

El progreso en el área rural es notable. La cobertura de saneamiento incrementó en 44 puntos porcentuales si se suma el aumento del saneamiento del nivel básico con el nivel limitado (ver figura 6). Como resultado, el área rural del país ha hecho un progreso significativo en referencia con las altas tasas de cobertura mejorada en áreas urbanas, a pesar de que la brecha entre ambas se mantiene.

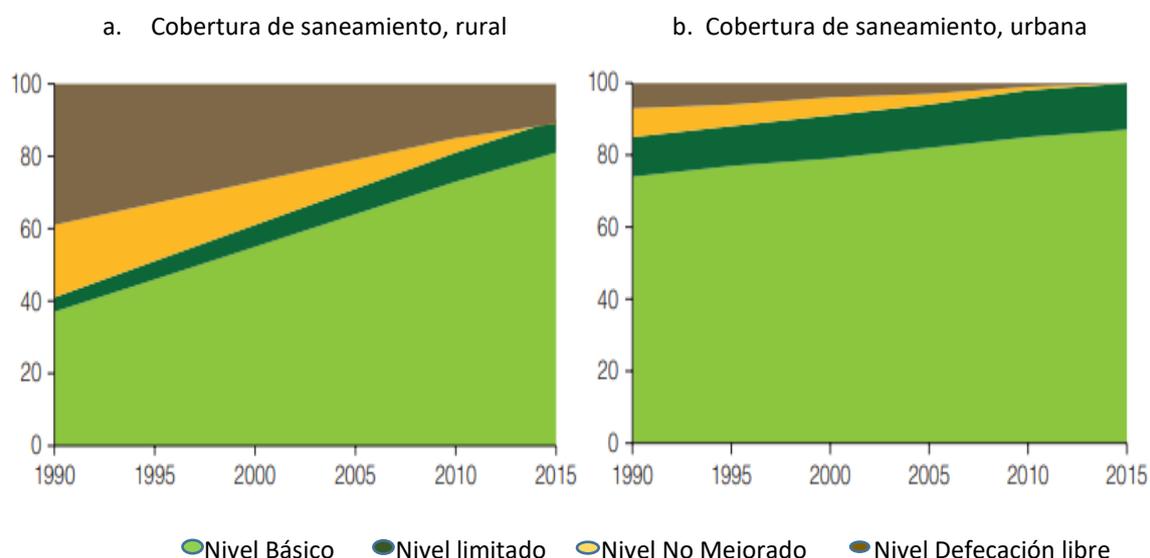


Figura 6. Cobertura de saneamiento, 1990-2015

1.3 Saneamiento de cara al 2030 en los ODS

En el marco de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) se planteó la meta de reducir a la mitad el porcentaje de la población sin acceso a saneamiento. Esta meta no se alcanzó por 9 puntos porcentuales, estimando que en 1990 alrededor de la mitad de la población mundial de 5,3 billones no tenían acceso a un saneamiento adecuado, mientras que en el 2015 esta proporción disminuyó a un 32%, o 2,4 billones de personas (JMP, 2015).

Importantes recursos fueron asignados a salud, educación y otras prioridades de desarrollo desde el año 2000, sin embargo, el déficit de saneamiento no ha sido priorizado. Son varias las razones que explican esta situación pero sin duda el enfoque único en el *acceso* al saneamiento falló en abarcar de manera integral aspectos como el manejo de aguas servidas y/o excretas. Esta visión ofreció pocos incentivos para inversiones en sistemas sanitarios funcionales, lo cual implica inversiones complementarias para hacer de los sistemas actuales más efectivos y más sostenibles.

Ante este panorama, el Secretario General Adjunto de Naciones Unidas, Jan Eliasson, calificó al saneamiento como la meta “más rezagada” de todas las metas de los ODM (Eliasson, 2014). A partir de este análisis se elaboró una estrategia más integral dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para una agenda más amplia de cara al 2030 con argumentos más convincentes para invertir en sistemas sanitarios sostenibles.

En este sentido, los ODS’s dedican un objetivo entero al agua y saneamiento: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, intentando crear

más conciencia en los desafíos sanitarios. Vinculados al objetivo 6 están dos metas dirigidas a promover el saneamiento y gestión de aguas servidas:

6.2 De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad

6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial

La meta 6.2 de los ODS es más ambiciosa que aquella propuesta en los ODM pues hace énfasis en la necesidad de una higiene mejorada y acabar con la práctica de la defecación a cielo abierto. Por ello el indicador propuesto para medir el avance de esta meta es: “Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos, incluidas instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón”.

El texto de este indicador que hace referencia a la “proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos” hace referencia a aquellos “que usan servicios de saneamiento básico en la vivienda... que no se comparte con otras viviendas, y donde la excreta se dispone de manera segura *in situ* o tratada en otro sitio” (UN Water, 2015).

La meta 6.2 y el consecuente indicador es prometedor para el sector, no sólo en lo que atañe de manera directa al tratamiento, pero también al nivel de uso más que al nivel de disponibilidad de una tecnología específica, lo cual involucra elementos como la accesibilidad, aceptabilidad, y seguridad. Este nuevo enfoque es especialmente útil para el sector rural donde viven 7 de cada 10 personas sin acceso a un saneamiento adecuado (UN Water & WHO, 2014).

2. Un saneamiento adecuado y sostenible

2.1 Por qué el saneamiento adecuado es también sostenible?

Un inadecuado manejo de excretas y aguas servidas tiene implicaciones significativas para la sostenibilidad ambiental. Cuando grandes volúmenes de aguas servidas y/o excretas son descargadas sin tratamiento en ríos, lagos, mares y océanos conteniendo nutrientes, sustancias tóxicas y materia orgánica, puede afectar severamente la integridad de los ecosistemas (Grant *et al.*, 2012). Adicional al daño causado a la vida acuática, los ecosistemas degradados tienen menor capacidad de proveer importantes servicios ambientales que los seres humanos demandan como protección costera, filtración del agua y provisión de alimentos (Barber *et al.*, 2011).

En cambio, un saneamiento adecuado es aquel que minimiza el uso de recursos, promueve la salud entre sus usuarios, mitiga la degradación ambiental además de considerar su viabilidad técnica, económica, institucional y aceptación social. Un saneamiento con estas características es lo que se denomina saneamiento sostenible y ha sido muy complejo de implementar en casi cualquier contexto, con particular resistencia entre el segmento de la población que vive en la zona rural (SuSanA, 2008).

La sostenibilidad en el saneamiento tiene varias dimensiones. Estas dimensiones son de mutuo apoyo entre sí además de interdependientes: ningún sistema puede ser sostenible en una dimensión si no es sostenible en otras dimensiones. Adicionalmente, la relación de los sistemas con factores del contexto como la geografía, demografía, cultura e instituciones deben ser considerados. Ninguna tecnología es inherentemente más sostenible que otra, y los sistemas que funcionan bien en un contexto podrían crear serios problemas de sostenibilidad en otros.



Figura 7. Dimensiones de sostenibilidad en el saneamiento

El enigma más presente en la conceptualización del saneamiento es encontrar su rol dentro de las dimensiones de la sostenibilidad (ver figura 7). Esta parte es crucial cuando se trata de planificar las inversiones en proyectos de agua y saneamiento. En el contexto del desarrollo, el saneamiento es actualmente pensado como una intervención que propende proteger la salud pública y el ambiente. Esto, sin descuidar la debida atención de no afectar los recursos base.

Siguiendo esta lógica, una consideración principal en diseño y planificación de sistemas debería ser minimizar el uso de recursos y recuperar el recurso contenido en las excretas y aguas servidas de una manera que permita reusarlas de manera segura. Esta recuperación de recursos debe ser realizada en una forma que proteja la salud humana y ambiental, promueva la equidad social y el bienestar, sea financieramente sostenible y esté apoyada en instituciones sólidas y empoderadas del sector (Andersson, 2014).

Un saneamiento pertinente puede ayudar a revertir uno de los principales problemas de contaminación originada –en parte- por la descarga de excretas humanas, animales y otros desechos orgánicos biodegradables a los cuerpos de agua. El exceso de nutrientes en el agua, se le denomina “eutrofización”, e impacta negativamente la estructura y funcionamiento del agua dulce y los ecosistemas marinos al aumentar temporalmente el crecimiento de ciertas especies de plantas, especialmente las algas (ver figura 8).



Figura 8 Florecimiento de algas debido a la eutrofización en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. Foto: PUCEM

Cuando el exceso de biomasa muere, la descomposición bacteriana incrementa la demanda bioquímica de oxígeno agotando el oxígeno disuelto en el agua, creando zonas hipóxicas y anóxicas. Esto conlleva a pérdidas hábitats frágiles y biodiversidad, incluyendo muertes masivas de especies de peces u otro tipo de fauna (Diaz y Rosenberg, 2011). Adicionalmente, se destacan las concentraciones de Clorofila-a en la columna de agua, la cobertura espacial y toxicidad de los florecimientos de algas nocivas que provocan mareas rojas, la reducción de la cobertura de pastos marinos y el bloqueo de la penetración de la luz solar en la superficie del agua, agravando el déficit de oxígeno (Bianchi *et al.*, 1999).

En el caso del área rural, se han realizado reducidos esfuerzos por determinar los impactos directos e indirectos que provocan los contaminantes que provienen de las heces en el suelo. Es importante recordar, que en el área rural predomina soluciones sanitarias autónomas tipo letrinas de pozo que son el origen de algunos de los residuos peligrosos que encontramos en la cadena alimenticia (ver figura 9). La descarga de excretas en el sub suelo a través de dichas letrinas generan un exceso de nutrientes en el agua subterránea, que muchas veces alcanza niveles de toxicidad afectando la salud de humanos y el ganado que beben agua de pozo (Graham y Polizzotto *et al.*, 2013).

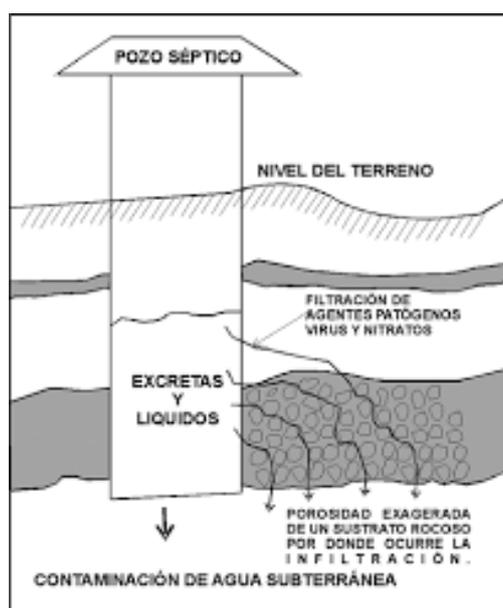


Figura 9. Esquema de contaminación de aguas subterráneas a partir de letrinas de pozo.

2.2 Recuperación y reúso para un saneamiento sostenible

Existe una urgencia colectiva por manejar los recursos de manera más eficiente para poder responder a las demandas actuales y futuras. Una parte importante del desarrollo sostenible implica pasar de esquemas lineales a circulares. En el caso del saneamiento, hay algunos usos que necesitan ser canalizados adecuadamente para su mejor aprovechamiento.

En el enfoque de esta investigación, el vínculo más directo del saneamiento es con la producción de alimentos, planteado desde dos perspectivas: los nutrientes contenidos dentro de la materia orgánica y la reutilización del agua. En ambos casos, el manejo de estos recursos implica que la función principal de una tecnología sanitaria en particular sea generar insumos para un proceso productivo. Esto sugiere una nueva lógica para la planificación y diseño de un sistema sanitario.

2.2.1 Nutrientes y materia orgánica

El reúso de nutrientes y materia orgánica a partir del saneamiento ha tomado impulso en los últimos años como alternativa, pero en realidad ha sido puesto en práctica desde tiempos ancestrales como una manera de aplicar fertilizantes a las plantas. Este tipo de reutilización de nutrientes a partir del saneamiento, sólo ocurre a pequeña escala alrededor del mundo. Son muchas las razones que explican el lento avance de esta alternativa entre los agricultores pero las más relevantes tienen que ver con la resistencia cultural a este tipo de prácticas, el riesgo de patógenos y los cada vez más accesibles fertilizantes sintéticos.

En la agricultura y silvicultura, los nutrientes y materia orgánica proveniente de las excretas humanas podrían complementar o suplementar el uso actual de fertilizantes sintéticos. Este tipo de insumos son especialmente en suelos con baja fertilidad, pues en estos casos, los fertilizantes artificiales tienden a desertificarlos.

En cuanto a requerimientos per cápita se refiere, un ser humano excreta aproximadamente la misma cantidad de nutrientes que consume. Así, es posible estimar cuánto de cada nutriente habría disponible en un vertido sanitario basado en los alimentos que consume la población. La figura 10 indica los promedios estimados per cápita de los nutrientes contenidos en las excretas humanas en países seleccionados usando datos de consumo de alimentos publicados por la FAO (Jönsson *et al.*, 2004).

País	Nitrógeno (kg/cápita/año)			Fósforo (kg/cápita/año)			Potasio (kg/cápita/año)		
	Orina	Heces	Excreta	Orina	Heces	Excreta	Orina	Heces	Excreta
China	3,5	0,5	4,0	0,4	0,2	0,6	1,3	0,5	1,8
Haití	1,9	0,3	2,1	0,2	0,1	0,3	0,9	0,3	1,2
India	2,3	0,3	2,7	0,3	0,1	0,4	1,1	0,4	1,5
Sudáfrica	3	0,4	3,4	0,3	0,2	0,5	1,2	0,4	1,6
Uganda	2,2	0,3	2,5	0,3	0,1	0,4	1	0,4	1,4

Figura 10. Nutrientes estimados en las excretas per cápita en diferentes países

Diferentes estudios han determinado que la concentración de nutrientes en las excretas depende de si las mismas se mezclan con otras sustancias o se depositan de manera independiente. En sistemas donde las excretas se depositan de manera independiente (ej: los sanitarios autónomos), la cantidad de nutrientes por unidad de volumen será mucho mayor que en los sistemas hidráulicos, especialmente cuando se mezclan los desechos de las viviendas con vertidos de otro tipo.

Si analizamos de manera separada la excreta humana líquida de la sólida, podremos notar que la orina contiene la mayoría de los nutrientes que se generan en las excretas y es particularmente rica en nitrógeno. También contiene fósforo y potasio, pero su proporción es minúscula en comparación con el nitrógeno. La orina cuenta entre sus ventajas con que la cantidad de patógenos que contiene es significativamente menor que en las heces y son relativamente simple de eliminar.

A manera de estimación, la orina que deposita una persona al año es suficiente para cubrir las necesidades de nitrógeno que requieren 300 a 400 m² de cultivos durante su etapa de fertilización. Esta misma cantidad de orina pueden suplir la demanda de fósforo de 600 m² de cultivo durante su crecimiento (Vinnerås, 2002). Estas estimaciones están sujetas a diferentes condiciones, aunque la más relevante está vinculada a la cantidad de materia orgánica contenida en el suelo.

En el caso de las heces, la cantidad total de nutrientes que estas contienen es menor que en la orina. A pesar de eso, el fósforo se encuentra aquí en proporciones similares además de ser fácilmente disponible para las plantas. Por su característica semi sólida, las heces aportan materia orgánica al suelo, lo que incrementa la capacidad de campo del mismo a la hora de retener agua. Así mismo, aumenta la capacidad del suelo de retener iones, sirve de alimentos a los microorganismos y mejora la estructura del suelo (EcoSanRes, 2008).

Es importante indicar el riesgo que conlleva utilizar las heces fecales como fertilizante edáfico, pues contienen altas concentraciones de microorganismos patógenos. En ese sentido se vuelve crítico realizar un manejo seguro de las mismas con el fin de minimizar el riesgo de transmisión de enfermedades. En sistemas sanitarios comunes en el área rural se aplican técnicas de desecación o compostaje siguiendo parámetros de higiene que permitan alcanzar niveles de inocuidad que viabilicen su uso (Schönning y Stenström, 2004).

2.2.2 Reciclaje de agua

El reciclaje de agua es una estrategia cada vez más frecuente en distintos lugares del mundo para mitigar la escasez de agua. Esto es especialmente importante cuando la demanda supera a la oferta lo que ocasiona una competencia por el recurso entre los usos (consumo humano, industria, agricultura, etc). En la actualidad, muchos agricultores pequeños de zonas urbanas y peri urbanas en países con déficit hídrico, dependen cada vez más de las aguas servidas para regar sus cultivos; a menudo este recurso es el único disponible para riego (Sato *et al.*, 2013).

En un contexto global, existen más de 3.300 instalaciones de regeneración de agua nivel mundial con diversos grados de tratamiento y para diversas aplicaciones: riego agrícola, diseño urbano y usos recreativos, procesamiento y refrigeración industrial y producción indirecta de agua potable, como recarga de las aguas subterráneas (Aquarec, 2006).

La mayoría de éstas se encuentra en Japón (cerca de 1.800) y los Estados Unidos (cerca de 800), pero Australia y la Unión Europea contaban con 450 y 230 proyectos respectivamente. La zona mediterránea y el Medio Oriente tenían alrededor de 100 plantas, América Latina 50 y el África subsahariana 20. Estas cifras están aumentando rápidamente.

La figura 11 muestra el número de sistemas de reutilización de agua municipal en las diferentes regiones del mundo, según el uso que se le dé al agua reutilizada. Los usos se han organizado en cuatro categorías principales: agrícola, urbano, industrial y mixto (multipropósito). A pesar de

los usos señalados en la figura es importante indicar que existen otros como caudal ecológico (recarga natural de acuíferos y recarga artificial de lagos y humedales).

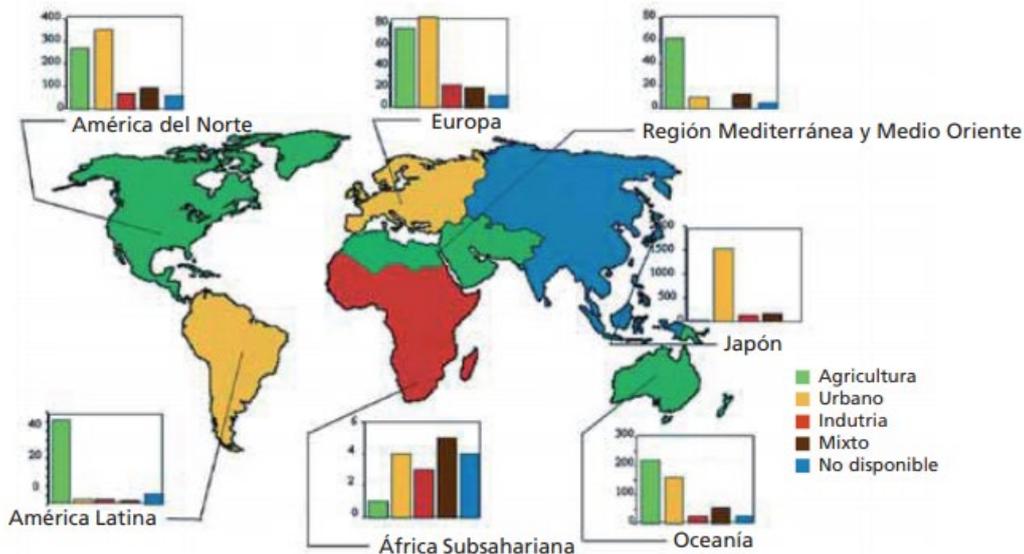


Figura 11. Sistema de reutilización de aguas servidas, por campo de aplicación.

La agricultura es el usuario principal de agua regenerada, al igual que de agua dulce. Se ha informado que al menos 44 países utilizan agua regenerada para el riego agrícola, con un uso total de más de 15 hm^3/d (Jiménez y Asano, 2008b). Sin embargo, los riesgos para la salud pública producto de un mayor uso de agua servida (tratadas o no) son un serio obstáculo para generalizar el uso de esta práctica.

Naciones Unidas ha estimado que en agricultura al menos 20 millones de hectáreas en 50 países son regadas con aguas residuales sin tratar o tratadas parcialmente, diluidas o no, lo que representa alrededor del 10% del total de las tierras de regadío. Alrededor de 525.000 has son regadas con agua regenerada. A pesar de que se ha progresado en el control de la contaminación de las aguas residuales municipales, aún se sigue regando con aguas residuales sin tratar (Jiménez y Asano, 2008a).

En función de una mejor gestión del agua residual es vital tener un inventario de la calidad de los flujos de aguas residuales y sus potenciales usos. Aquí tendría mucho sentido tratar de encontrar opciones de tratamiento de aguas servidas que mejor empaten con la calidad requerida para cada segmento de la demanda, para así evitar tratamientos innecesarios. Esta consideración nos ayudará a evitar utilizar agua potable para usos que no lo requieren como el riego de áreas recreativas.

En el hogar, la generación de aguas residuales domésticas varía significativamente entre localidades, poblaciones e incluso viviendas vecinas. Esto depende, no sólo de la disponibilidad del agua sino también de factores como el tipo de trabajo de los que habitan la vivienda, las instalaciones de la vivienda (lavadoras de ropa, instrumentos ahorradores de agua) y del estilo de vida, en general.

La manera *lógica* de reducir la necesidad de tratamiento de aguas residuales –y a la postre hacerla disponible para otros usos- es disminuyendo la cantidad de agua que ingresa al sistema. Por ejemplo, un baño de descarga hidráulica consume por sí solo entre 6.000 y 15.000 litros de agua potable por usuario al año (Larsen *et al.*, 2013).



Figura 12 Cancha de golf regada con agua residual en la zona costera árida de Manta, Ecuador. Foto: Montecristi Golf Club

En circunstancias menos favorables, es también posible utilizar el agua y los nutrientes de la materia orgánica disueltos (agua residual con poco o nulo tratamiento) con el fin específico de fertilizar e irrigar al mismo tiempo (fertiriego) en plantaciones agrícolas cuyo fruto requiera un proceso industrial posterior para su transformación (cacao, café, etc) o plantaciones forestales.

En áreas urbanas, particularmente en regiones secas o con escasez de agua se aplica el agua residual cruda en espacios verdes o zonas de tipo recreativas (ver figura 12). En algunos países asiáticos (entre ellos China, India, Indonesia y Vietnam) es práctica común reutilizar el agua y los nutrientes combinados en cultivos de arroz e incluso en acuicultura.

Además de la producción primaria y otros usos comunes, existen distintos otros fines para los que se puede usar las excretas y las aguas residuales. Un ejemplo, sería utilizar los lodos sépticos tratados o incinerados para fabricar ladrillos u otro tipo de materiales de construcción para personas de escasos recursos (Slim y Wakefield, 1990). Otro uso de creciente interés es criar larvas de insectos en residuos orgánicos, incluyendo lodos sépticos o heces, para producir proteína para el ganado, al mismo tiempo que se reduce el volumen de desechos previniendo la transmisión de patógenos.

3. Aspecto técnico

3.1 Diseño del sistema de saneamiento

Es útil iniciar este capítulo indicando lo que no se debe hacer a la hora de diseñar un sistema sanitario. El error más frecuente a la hora de mejorar las condiciones sanitarias de un lugar en particular es imitar una tecnología que ha funcionado adecuadamente en otro lugar, obviando el contexto entre un sitio y otro.

Esta “ligereza” ha dejado como resultado muchas ciudades y comunidades con sistemas ineficientes, entre los cuales se cuentan limitaciones a la hora de ampliar la cobertura debido al crecimiento poblacional; demandan ingentes cantidades de agua en sitios con escasez hídrica; fallan total o parcialmente con frecuencia, especialmente en épocas de inundación o lluvias intensas; y en algunos casos estos sistemas se encuentran sub utilizados o inutilizados (Wong y Brown, 2009).

Ningún sanitario tipo o tecnología de tratamiento es sostenible por sí misma. La tecnología como tal es funcional en sistemas más o menos sostenibles. Un sistema debe ser planeado, diseñado y operado para cumplir condiciones específicas en las que operará. En este punto deben de ser considerados elementos como la disponibilidad del agua en el ecosistema, las actividades que realizan los potenciales beneficiarios para su sustento entre otros.

Así, podemos considerar los sanitarios ecológicos secos, que utilizan mínimas cantidades agua gris como opciones sostenibles para pequeños asentamientos rurales. Mientras que los sistemas de descarga hidráulica con redes de alcantarillado que a su vez conducen a sistemas centralizados de tratamiento de aguas servidas pueden ser considerados más apropiados para grandes centros urbanos.

En el medio de estos dos escenarios existe un rango de posibilidades con diferentes funciones para cubrir las necesidades de los usuarios en los distintos contextos. De aquí en más, podemos considerar alternativas como sanitarios autónomos, sistemas centralizados o descentralizados, soluciones tecnológicas para poblacionales densas o dispersas, contextualizados a sus condiciones geofísicas y otros factores.

3.2 Elementos técnicos del sistema

Según lo describe Anderson *et al.* (2016), un sistema de saneamiento sostenible necesita incluir infraestructura o servicios para cumplir las siguientes funciones de manera segura, eficiente y apropiada:

- *Elemento receptor:* Este es el punto en el cual el vertido (excreta, agua servida, y otros desechos orgánicos) es inicialmente apartado del ambiente inmediato del usuario. El ejemplo más común es el sanitario.
- *Recolección y almacenamiento:* La recolección y almacenamiento del vertido puede tomar lugar en el sitio o en un punto centralizado. Por ejemplo, la orina en los baños se recolecta y almacena en bidones mientras que el agua negra va a tanques sépticos.
- *Transporte:* Dependiendo del esquema del sistema el vertido puede necesitar ser transportado entre ubicaciones en función del diseño tecnológico. Esto puede implicar mover los vertidos desde el elemento receptor al punto de recolección; desde el punto

de recolección al lugar de tratamiento; e incluso del lugar de tratamiento al sitio para su reutilización. Parte del vertido puede ser descargado al ambiente después del tratamiento o depositado en sitios de almacenamiento debido a su toxicidad.

- **Tratamiento:** En esta parte se llevan a cabo un número de procesos diseñados para eliminar o remover componentes contaminantes y convertir otros componentes de manera segura y práctica para el reuso (o descargarlos en el ambiente). El tratamiento puede ser pasivo (almacenamiento) o activo, utilizando procesos mecánicos, biológicos o químicos.
- **Recuperación y reutilización:** Existen varios métodos para recuperar y reutilizar o incluso reciclar los potenciales recursos presentes en las excretas humanas, dependiendo de la demanda y condiciones locales. Algunas podrían traslaparse con el tratamiento (ej: compostaje, producción de biogás, fertilizantes edáficos).

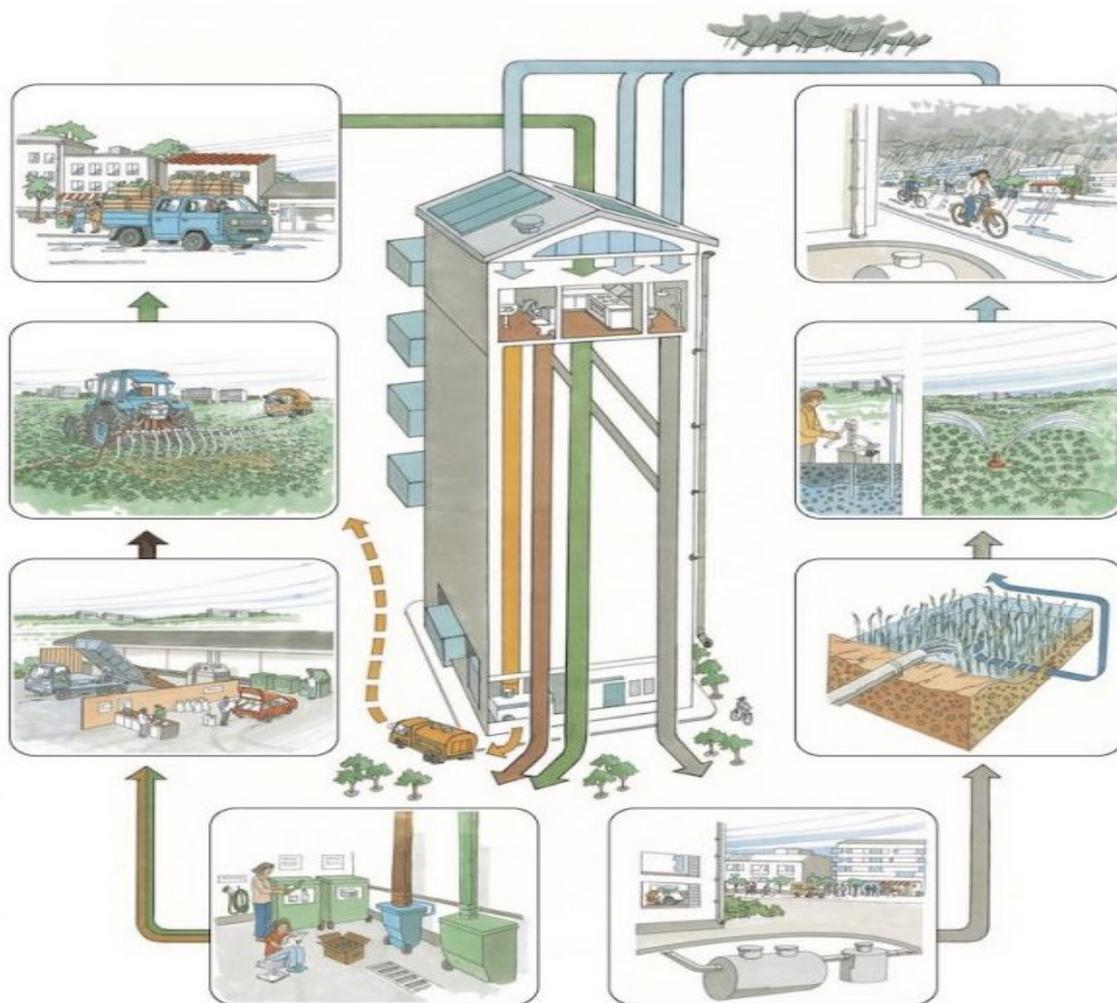


Figura 13. Esquema de elementos técnicos de un sistema de saneamiento.

Estos elementos representan las condiciones que debe cumplir un saneamiento para poder ser considerado funcional (ver figura 13). Desde luego la aplicación de los mismos deberá circunscribirse a factores que normalmente se evidencian *in situ* y que con frecuencia obedecen a aspectos bio físicos, socio-económicos y culturales.

3.3 Factores en el diseño de un sistema

Un rango de factores influencia la opción o combinación de opciones al momento de diseñar un sistema de saneamiento. Como se mencionó anteriormente, estos factores varían desde los netamente técnicos hasta los relativos a aspectos más subjetivos como la idiosincrasia, credos, y demás. Estos incluyen:

- Identificar demanda por recursos reciclables;
- Factores geográficos y geofísicos (disponibilidad de agua, calidad del agua, topografía y tipo de materiales sub superficiales, densidad de la población y tipo de asentamiento, infraestructura existente, y riesgos naturales);
- Expectativas de los usuarios, necesidades y capacidad. Esto incluye preferencias por el tipo de limpieza anal, necesidades de manejo para una correcta higiene en la menstruación;
- Protección de la salud humana y ambiental;
- Capacidad institucional y apoyo técnico local;
- Disponibilidad de materiales de construcción, operación y mantenimiento;
- Proyección de desarrollo (urbanización a corto plazo, densidad de la población, expansión industrial);
- Disponibilidad de recursos financieros para construcción y operación a largo plazo.

La elección de la tecnología apropiada idónea a las condiciones físicas, económicas y sociales de la comunidad se hace después de un análisis de la zona. Una buena elección de la tecnología en conjunto con una buena operación y mantenimiento, hace de ésta la solución ideal a los problemas de saneamiento de la comunidad sin ser necesaria una alta inversión para su implementación. Una orientación comprensiva sobre cómo planear y diseñar sistemas de saneamiento sostenibles fueron derivadas de la investigación de Tilley *et al.* (2014) y Parkinson *et al.* (2014).

3.3.1 Factores geográficos y geofísicos

Los factores geográficos y geofísicos determinan lo que es viable y lo que no cuando se planifica sistemas de saneamiento nuevos o mejorados. En ese sentido, cada diseño de tecnología sanitaria es único al sitio de implementación. A continuación se analizará algunos elementos de estos factores para un proyecto exitoso.

- ❖ **Acceso a fuentes de agua:** Las tecnologías de saneamiento están compuestas por las que requieren agua y aquellas que no la requieren. Generalmente las que requieren muy poca cantidad de agua y las que no la necesitan, realizan la disposición de los desechos fisiológicos “in situ”, mientras que en áreas atendidas con conexiones domiciliarias de agua, se opta por la disposición a distancia. Por ello, se considera la cantidad de agua disponible para la descarga como el punto de partida para la identificación de la solución de saneamiento más conveniente.

- ❖ **Topografía y geología:** La topografía irregular es un obstáculo para la instalación de sistemas de saneamiento centralizados en el sector rural. En estos casos, el agua necesita ser bombeada de una sub cuenca a otra. De manera similar, la formación de rocas cercana a la superficie puede hacer difícil y costoso soterrar el sistema de alcantarillado. En el caso de sistemas que se basan en la infiltración (letrinas filtrantes), el tipo de suelo y el nivel freático son también importantes.
- ❖ **Biofísicos:** La calidad del agua subterránea y la fragilidad ecológica del subsuelo podrían generar restricciones para las opciones tecnológicas a aplicar. Un suelo fisurado incrementa la velocidad de infiltración de los desechos líquidos al subsuelo causando la contaminación de las fuentes subterráneas de agua. En estos casos, es necesario considerar la construcción de barreras al interior de los pozos para con ellas controlar la contaminación.
- ❖ **Riesgos naturales:** Los riesgos naturales y vinculados al cambio climático como inundaciones, lluvias intensas, sequías y escases de agua, pueden afectar el funcionamiento de los diferentes componentes de un sistema. Esto recrudece si agregamos a estos riesgos aquellos relacionados a la salud por los patógenos y vertido de sustancias contaminantes en situaciones de desastre. En ese sentido, los sistemas deben de ser diseñados para consolidar su capacidad de resiliencia de cara a los riesgos naturales más comunes en el lugar de implementación, especialmente si son recurrentes eventos como inundaciones estacionales.

El cambio climático tiene un impacto en los procesos de tratamiento de las excretas, y requerimientos estacionales de necesidad de nutrientes y agua a ser abordados en el diseño del proceso. En este punto, cabe mencionar que un componente del sistema que no demanda agua para evacuar las excretas humanas (ej: baño seco) es menos vulnerable a una sequía crónica (Andersson, 2014).

- ❖ **Urbanización y densidad poblacional:** Las condiciones en asentamientos rurales, peris urbanas y urbanas afectan significativamente el sistema de diseño. Una alta concentración de población y unidades habitacionales, tiende a favorecer el alcantarillado soterrado y los sistemas de tratamientos centralizados. Mientras que los sistemas descentralizados y autónomos son más prácticos y económicamente factibles en densidades menores.

La urbanización y densidad poblacional también afectan las oportunidades y desafíos para el reciclaje de nutrientes. Un ejemplo de esto lo marca el contexto rural-urbano. En el área rural los nutrientes para las plantas, los abonos edáficos y el agua para riego son generalmente necesarios cerca de donde los desechos sanitarios se generan. Este normalmente no es el caso en sectores urbanos, donde los aspectos logísticos pueden ser un inconveniente. Al mismo tiempo, altas concentraciones de habitantes hacen de los servicios de recolección centralizada de excretas una opción más apropiada, lo cual usualmente favorece las expectativas del usuario.

3.3.2 Factores de Operación y Mantenimiento (O&M)

Algunas de las más importantes decisiones a tomar al diseñar un sistema de saneamiento son: donde se realizará la recolección, almacenamiento y tratamiento; qué grado de centralización tendrán; si el sistema será de descarga hidráulica, bajo consumo o seco; y a qué tipos de tratamiento y utilización de recursos apuntará. Esta multiplicidad de opciones marcará significativamente las labores de operación y mantenimiento de un sistema así como el costo que estas impliquen para el usuario.

La primera gran decisión es determinar si los servicios de recolección y tratamiento se pueden llevar a cabo de manera centralizada o descentralizada (ver figura 14), o en su defecto en el sitio o fuera del sitio, o una combinación de ambos. Desde una perspectiva de reciclaje de recursos, hay ventajas y desventajas para los diferentes esquemas de manejo.

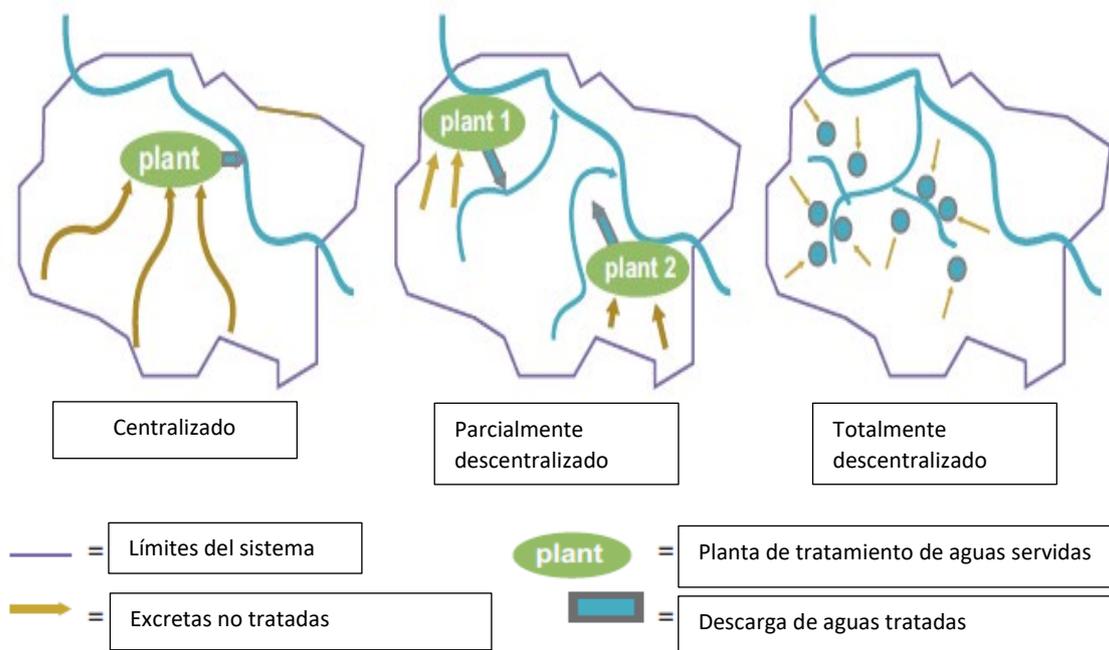


Figura 14. Niveles de centralización en el servicio de recolección de excretas.

El manejo centralizado de aguas servidas es una realidad común en muchas partes del mundo. La razón más frecuente para justificar su implementación es la economía de escala: la inversión per capita y costos de operación de una sola planta de tratamiento son mucho menores que los costos de muchas pequeñas plantas, mientras que el control de calidad y los procedimientos de operación de la planta podrían también ser más efectivos (Wendland y Albold, 2010).

Al mismo tiempo, los sistemas centralizados requieren grandes niveles de inversión inicial para poder iniciar su funcionamiento. La mayoría de sistemas descentralizados pueden frecuentemente ser desarrollados en fases y aun así funcionar. Si la oportunidad de reuso de desechos existe en el ámbito local, el barrio o comunidad debe ser el límite más relevante del sistema, para –por ejemplo– evitar costos de logística y reducir el riesgo de dilución y contaminación de los recursos hídricos.

Otra práctica común es el poder manejar diferentes componentes del agua servida en diferentes niveles. Por ejemplo, las fracciones líquidas pueden ser recolectadas de manera centralizada o utilizando sistemas de tuberías, mientras que las fracciones sólidas (ej: lodos sépticos) pueden ser recolectadas en el sitio. Esta innovación de reciente incorporación en la tecnología sanitaria puede generar beneficios de todo tipo a la sociedad pero sobre todo al ecosistema donde se implementa el proyecto.

La figura 15 resume las opciones tecnológicas posibles de tipo centralizada o descentralizada, en el sitio o fuera del sitio, incluyendo sus características principales e implicaciones. A manera de ejemplo, un esquema de aguas servidas en el sitio que incluya un tanque séptico, podría tener servicio centralizado de manejo de lodos sépticos a través de un camión sifonero. La reducción de volumen en la fuente es frecuentemente crucial para facilitar la logística.

OPCIÓN TECNOLÓGICA		NIVEL DE SERVICIO	
Con sistemas de recolección en red de tuberías	Alcantarillado convencional	Multifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Alcantarillado condominial		
	Alcantarillado de pequeño diámetro		
Sin sistemas de recolección en red de tuberías	Unidad sanitaria con pozo séptico	Unifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Unidad sanitaria con biodigestor		
	Letrina de hoyo seco ventilado	Unifamiliar	Disposición de excretas
	Letrina de pozo anegado		
	Baño de arrastre hidráulico		
	Letrina compostera o baño ecológico		

Figura 15. Opciones tecnológicas y sus niveles de servicio.

3.4 Proyección del sistema a largo plazo

Una consideración clave cuando se planifica y diseña un sistema de saneamiento, además del contexto local y la gestión de los recursos, es el uso del mismo a largo plazo. Esto significa tomar en consideración los requerimientos e intereses de los potenciales usuarios, junto con la capacidad de facilitar y pagar por servicios de operación y mantenimiento a largo plazo. Esta consideración intenta corregir errores pasados donde los planes maestros de saneamiento se enfocaban en la parte civil (infraestructura) y ponían poca atención a los usuarios y otros actores vinculados a la gestión del sistema (Parkinson *et al.*, 2014).

Las intervenciones en saneamiento han ignorada históricamente la dimensión humana de los sistemas; en particular, lo referente al sanitario como tal y otros aspectos que involucran directamente al usuario (ej: manejo directo de heces fecales compostadas), debiendo direccionar las necesidades específicas y expectativas del grupo de usuarios. Si esto no se considera, habrá una alta probabilidad de que el sistema quede en desuso, o se lo utilice para otros fines distintos a los originales, pudiendo causar desperfectos. Esta consideración es particularmente importante en el contexto de usuarios con bajos ingresos, quienes

normalmente tienen poca experiencia previa con facilidades de saneamiento y/o hábitos de higiene.

La planificación participativa y el involucramiento de los usuarios a largo plazo para una adecuada gestión (con especial énfasis a los involucrados en la operación y mantenimiento) son cruciales si se desea que sus necesidades y expectativas se vean reflejados en el diseño del sistema (ver en figura 16 como ilustración de como los actores del sistema pueden ser involucrados en procesos de toma de decisiones de un sistema de saneamiento).



Figura 16. Esquema de proceso de toma de decisiones con participación de actores

Un manejo mejorado del recurso, incluyendo recuperación del mismo, hacen de la participación a lo largo del ciclo de planificación e implementación un elemento importante, especialmente si se intenta implementar tecnologías distintas y aspectos logísticos que lo requieran. Estos temas pueden demandar de los usuarios y personal de operación y mantenimiento nuevos comportamientos (ej. separar las excretas sólidas de las líquidas). Estos asuntos requieren gran atención para poder conseguir un uso correcto y amigable del sistema.

En este sentido, es vital para el sistema involucrar a un amplio rango de actores con el fin de desarrollar estrategias para el manejo, tratamiento y reuso de las excretas. Procesos participativos y entrenamiento ayudan a incrementar el nivel de conciencia y empoderamiento de los sistemas de saneamiento. Una inducción apropiada al usuario, así como instrucciones claras (visuales) de cómo usar el sistema, inciden positivamente en la sostenibilidad y buen uso del mismo.

Además de las funciones netamente técnicas –limpieza y vaciamiento de la letrina o tanque séptico hasta arreglar sanitarios quebrados o fugas en las tuberías de aguas servidas- la Operación y Mantenimiento (O&M) también incluye componentes administrativos e institucionales, los cuales son necesarios para conseguir un funcionamiento sostenido de los distintos mecanismos que se encuentran a lo largo del sistema (Bräustetter, 2007).

La complejidad tecnológica del sistema y sus componentes determinarán el nivel de construcción de capacidades que se requiera para la O&M de sus funciones. Factores claves para un desempeño sostenido incluyen: integrar consideraciones de O&M en el proceso de diseño; asegurar que los recursos financieros y humanos estén permanentemente disponibles; y establecer planes de monitoreo, por ejemplo en seguridad, salud y protección ambiental (Strande *et al.*, 2014).

3.4.1 Solidez técnica

La solidez técnica es un parámetro importante para alcanzar una funcionalidad a largo plazo. El sistema necesita ser capaz de funcionar con variaciones de carga, que podrían ser significativas, especialmente en sistemas descentralizados de pequeña escala (Larsen y Grujer, 2013). Además, el sistema debe ser diseñado para mantener su funcionamiento durante y después de eventos como cortes de energía eléctrica, estiajes e inundaciones (ej. los sanitarios elevados previenen la descarga fecal al ambiente en épocas de inundaciones).

Dadas las incertidumbres del cambio climático, es aconsejable desarrollar sistemas de saneamiento de manera que puedan funcionar en un amplio rango de escenarios climáticos (Andersson, 2014). También es importante considerar la flexibilidad del sistema, para adaptarse a los cambios en la demanda de recursos a lo largo del tiempo. Conceptos como separación de excretas son más baratos y fáciles de implementar cuando recién se instala un nuevo sistema - aun cuando no se usen de manera inmediata- comparado con readecuaciones futuras.

La solidez técnica es una condición *sine qua non* para alcanzar una proyección del sistema en el largo plazo. Para esto se debe considerar los factores necesarios para desarrollar sistemas de saneamiento, especialmente aquellos que buscan reciclar recursos. Afortunadamente, existen sistemas de toma de decisiones y herramientas disponibles para asistir en la selección y combinación de tecnologías (Chamberlain *et al.*, 2014). Estas herramientas pueden complementar pero no pueden reemplazar estudios detallados de factibilidad técnica y procesos participativos.

4. Marco analítico, objetivos, metodología y herramientas de evaluación

4.1 Marco analítico

Este proyecto se realizará *in situ* pues parte de una problemática específica a la comunidad donde se desarrollará la investigación. Para este fin se diseñará y construirá una estructura que albergue el sanitario ecológico (baño seco) en el predio de una familia tipo que vive en la comunidad considerando factores como la dispersión, acceso a agua entubada, posición del sol, entre otros. Se socializará con la familia y otros miembros de la comunidad la propuesta de tal manera que se enriquezca de los aportes que ellos realicen basados en su conocimiento del territorio.

Siguiendo con la etapa de campo, se levantarán datos vinculados al impacto sobre el ambiente del método de saneamiento propuesto, utilizando matrices como la de Leopold. Este ejercicio permitirá medir la capacidad depuradora que tiene la cámara de secado por efecto de la radiación solar del lugar sobre la población de microorganismos patógenos contenidos en la mezcla de heces fecales y sustrato seco (aserrín).

El estudio realizará análisis microbiológicos de laboratorio para establecer correlaciones entre temperatura dentro de la cámara y tiempo de deshidratación de la mezcla. De la utilidad de este tratamiento dependerá el uso potencial de esta mezcla en actividades como la agricultura.

El análisis costo-beneficio es una herramienta útil a la hora de analizar la factibilidad de una alternativa para un servicio básico como lo es el saneamiento. El cuantificar y analizar los costos que implica la inversión inicial en este tipo de sistemas junto con los costos de operación y mantenimiento versus los beneficios que esto genera en las finanzas de las familias y el ambiente es de gran soporte para la ejecución de proyectos a escala más amplia.

Este análisis incluirá el beneficio que implica contar con un sanitario seco en circunstancias donde los habitantes no cuentan con ningún tipo de sistema de saneamiento o cuentan con estructuras en condiciones precarias. Esto nos permitirá cuantificar las afectaciones que tiene la carencia de saneamiento en el ambiente y en la salud humana así como medir los beneficios que representa contar con la tecnología propuesta en el contexto rural. Se medirá también beneficios directos para la familia usuaria del baño seco por concepto de venta de fertilizante orgánico líquido cuya materia prima es la orina diluida en agua para uso agrícola.

La identificación de financiamiento de la propuesta es uno de los desafíos de este estudio. En Ecuador, los entes de gobierno que tienen la competencia de agua & saneamiento son los municipios y estas inversiones no han sido una prioridad, especialmente en el área rural. Sin embargo, existen ONG's y actores académicos que han expresado interés inicial por financiar este tipo de investigaciones por el potencial impacto que puedan tener en la ampliación de la red sanitaria rural.

El esquema de gobernanza de estos sistemas es clave para asegurar sus sostenibilidad. Reconociendo la realidad local (municipio y comunidades) se propondrá un modelo que articule las necesidades y expectativas de los usuarios con las capacidades del gobierno local. Esto permitirá crear una alianza que potencialice las bondades de esta tecnología en el contexto rural.

4.2 Objetivos

- A. Realizar un análisis costo-beneficio de la implementación del sanitario ecológico en lo concerniente a la inversión inicial como a la operación y mantenimiento.
- B. Evaluar el impacto ambiental que tiene el saneamiento ecológico (sanitario seco) sobre el ecosistema donde se asienta la comunidad rural Caña, Junín, Manabí.
- C. Proponer un modelo de gobernabilidad para el manejo de la tecnología del saneamiento ecológico (sanitario seco) que asegure la sostenibilidad del servicio.

4.3 Metodología

En esta sección se pretende describir las herramientas y métodos usados para recolección de datos y análisis. Describe las fuentes de información utilizadas así como los métodos aplicados en instrumentos para el levantamiento de datos y su posterior discusión. Esta investigación implica necesariamente comparar la tecnología propuesta con aquellas existentes en el área de estudio.

Esta investigación tiene un trabajo predominantemente de campo pero también requiere de sólidas bases teóricas que respalden la implementación de la tecnología sanitaria propuesta en contextos similares en otros lugares. La fundamentación conceptual junto con el análisis de datos requiere de herramientas metodológicas complementarias al trabajo de campo, necesarias en esta investigación.

4.3.1 Investigación de escritorio

La investigación de escritorio se llevó a cabo en Portoviejo, en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí. Este trabajo incluyó revisión de literatura y entrevistas con investigadores y funcionarios que han trabajado en proyectos de investigación similares. Los documentos revisados comprenden informes anuales de institutos de investigación y agencias de desarrollo; se realizó una revisión exhaustiva de artículos científicos de revistas con enfoque en agua, saneamiento e higiene.

4.3.2 Investigación-acción

La investigación-acción es una opción metodológica de mucha riqueza ya que por una parte permite la expansión del conocimiento y por la otra va dando respuestas concretas a problemáticas que se van planteando los participantes de la investigación, que a su vez se convierten en co-investigadores que participan activamente en todo el proceso investigativo y en cada etapa o eslabón del ciclo que se origina producto de las reflexiones constantes que se propician en dicho proceso.

Tal como lo señala Martínez Miguélez (2000), “el método de la investigación-acción tan modesto en sus apariencias, esconde e implica una nueva visión del ser humano y de la ciencia, más que un proceso con diferentes técnicas”. Partiendo de esta definición esta metodología es especialmente útil para cumplir algunos de los objetivos de este estudio, el cual se nutre de la realidad de los usuarios y especialmente de sus expectativas. En este sentido el investigador comparte su rol con los actores/beneficiarios en post de lograr una construcción del conocimiento conjuntando las nociones científicas con los saberes ancestrales.

4.3.3 Levantamiento de datos

Para validar internamente los resultados, el levantamiento de datos debe desprenderse de una cadena integrada de fuentes que evidencie la información proporcionada (Yin, 2003). El levantamiento de datos incluye contactar expertos en el área por vía telefónica, de manera telemática, intercambiando información por correo electrónica, descargando información por internet y asistencia a congresos científicos para actualizar conocimientos en el tema.

De su parte, el levantamiento de datos en campo implica la selección del área de estudio donde se ejecute el proyecto piloto de la Unidad Básica Sanitaria. Posteriormente se seleccionan los parámetros a considerar para realizar los correspondientes análisis para obtener resultados que permita al estudio una discusión sobre datos puntuales. Estas actividades se enmarcan en cada uno de los objetivos planteados dentro del estudio.

4.3.4 Revisión de Literatura

Este documento se fundamenta en una revisión documental crítica. La literatura ha provisto la teoría y un entendimiento profundo del problema a investigar lo cual permite al investigador formular el mapa conceptual sobre el que se asienta esta investigación. El marco teórico para la investigación ha sido preparado con el propósito de enfocar la investigación hacia un levantamiento de datos que permita alcanzar los objetivos inicialmente planteados.

Aun así, es de suma relevancia indicar que la información disponible sobre este tema en documentos científicos es todavía limitada. No es tan clara la razones de la falta de información pero se presume que tiene que ver con la falta de fondos e interés por un saneamiento alternativo de sectores como el gobierno, las empresas de agua potable y saneamiento, actores no gubernamentales e incluso la academia.

4.4 Métodos de evaluación

Los métodos de evaluación nos permiten valorar de manera concreta distintos aspectos de un proyecto de investigación. Este estudio como tal se ha planteado valorar dos dimensiones puntuales de la tecnología propuesta: la dimensión económica y la dimensión ambiental. Para determinar la pertinencia y conveniencia de la indicada tecnología es necesario contar con métodos ampliamente utilizados que nos indiquen aspectos como la sostenibilidad ambiental de la tecnología y también su viabilidad económica para el sector rural.

Los métodos de evaluación a utilizar son la matriz de Leopold y el Análisis de Costo Beneficio. Ambos métodos fueron escogidos basados en una minuciosa revisión de literatura y apoyado en enunciados realizados por expertos en el tema. Además, son métodos frecuentemente utilizados en el sector agua y saneamiento aunque no existe evidencia significativa de su aplicación en la tecnología sanitaria ecológica propuesta.

4.4.1 Análisis de Costo-Beneficio

El Análisis Costo-Beneficio (ACB) es una herramienta muy útil cuando se trata de tomar decisiones que afectan intereses particulares o colectivos. Con este método se trata de evaluar los costos en los que se incurre y los beneficios que se obtienen como producto de la implementación de un proyecto. En la teoría, si los beneficios superan los costos el proyecto es aceptable, de otra manera, el proyecto es considerado inviable y será rechazado.

Los impactos de un proyecto se definen para un área de estudio en particular, ya sea urbano o rural, una región, estado, nación o global. La naturaleza del área de estudio generalmente la especifica la organización que desarrolla el análisis. Muchos efectos de un proyecto pueden "compensarse" en un área de estudio de determinado tamaño, pero podría no ocurrir igual en un área más pequeña. La especificación del área de estudio puede ser arbitraria pero puede afectar significativamente las conclusiones del análisis (SJSU, 2008).

Squire y Van der Tak (1989) afirmaron que la metodología ACB para el análisis de proyectos es factible pero no siempre deseable, en vista de sus costos y beneficios. Como es habitual en ACB, es más fácil documentar los costos que los beneficios. No obstante, también señalan que: "el costo inicial de la transición a la nueva metodología es sustancial, ya que los usuarios deben familiarizarse con las nuevas técnicas, y deben construirse estimaciones iniciales de los parámetros de país/región".

Si bien el ACB es una herramienta para orientar las decisiones, rara vez es la única guía para una decisión en particular. La mayoría de las decisiones se toman en base a varios criterios, algunos de los cuales en la práctica pueden no reconocerse y nunca presentarse explícitamente. No obstante, muchos criterios que no parecen ser de naturaleza económica o financiera de inmediato pueden incluirse en un convenio colectivo mediante métodos de valoración especiales (Snell, 1997).

Aunque cada proyecto requiere un marco único para la implementación de ACB, Snell (1997) ha definido una lista general de actividades y definiciones que deben incluirse al desarrollar un ACB (ver figura 17):

- a) Definir las decisiones que se deben orientar.
- b) Definir el grupo de personas cuyo punto de vista se aplicará.
- c) Decidir criterios y parámetros como:
 - Proyecto de vida
 - Tasa de descuento
 - Ajustes: precios sombra, omisión de transferencias, etc.
- d) Calcular los beneficios económicos atribuibles únicamente a la decisión o al proyecto para cada año de vida
- e) Del mismo modo, calcule los costos económicos
 - Costos de capital
 - Costos anuales
 - Costos de reemplazo
- f) Formular el flujo de beneficios netos

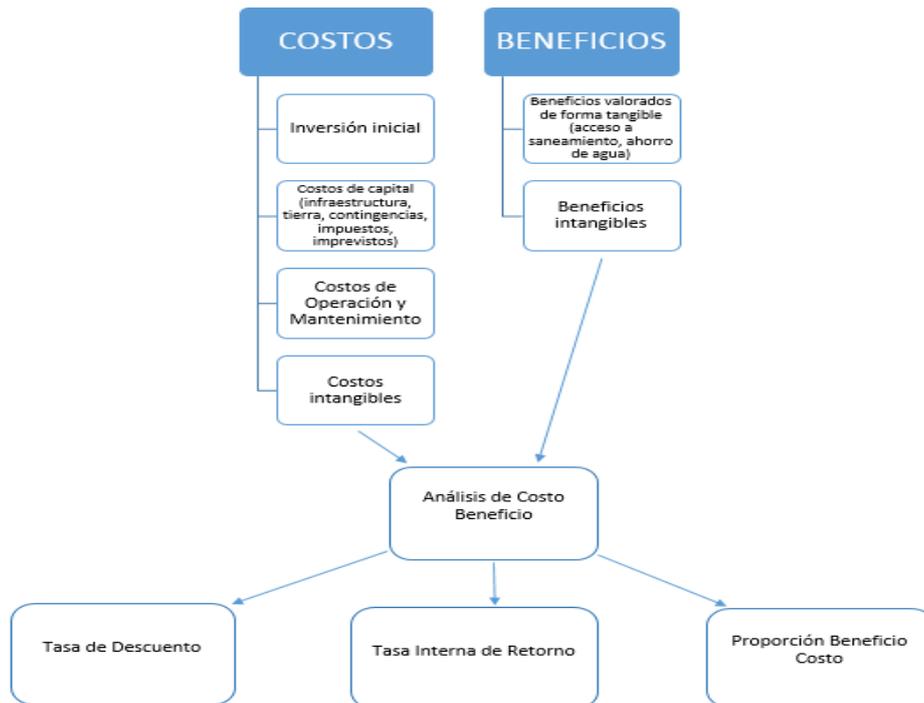


Figura 17. Diagrama de Análisis Costo Beneficio

4.4.1.2 Parámetros de un ACB

Como parte del ACB, encontramos algunos conceptos útiles que se utilizarán en este caso particular y se explicarán en detalle en los siguientes párrafos.

- ❖ **Valor Actual Neto:** El valor del dinero en el tiempo no es el mismo, por lo que antes de determinar el valor de una propuesta, los costos y beneficios deben cuantificarse para la duración esperada del proyecto. El VAN de una propuesta se determina aplicando una "tasa de descuento" a los costos y beneficios identificados. En este proyecto tendremos costos que se producirán de manera inicial, por lo que es necesario descontar esos costos, se aplica la misma regla para los beneficios (Financial Management, 2006). La fórmula para calcularla es la siguiente:

$$NPV = \sum \left((\delta^{t-1}) * (B_t - C_t) \right) \quad (1)$$

para $t = 1$ a 20, donde

δ es la tasa de descuento,

t es el tiempo del periodo en consideración,

B_t son los beneficios acumulados en el período de tiempo t , y

C_t son los costos totales incurridos en el periodo de tiempo t .

- ❖ **Tasa de Descuento:** La técnica del descuento nos permite determinar si aceptamos o no la implementación proyectos que tienen diferentes corrientes de tiempo y que son de diferente duración (Gittinger, 1982). El descuento de costos y beneficios es parte integral de la realización de CBA para este estudio, es necesario un análisis crítico de la técnica que se utilizará para este propósito. La tasa seleccionada en el contexto de este estudio considerará específicamente las características socio-económicas del lugar y el sector al que pertenece el proyecto.

- ❖ **Tasa Interna de Retorno:** La rentabilidad de un proyecto viene indicado por la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto. La TIR es también la tasa de descuento a la que el valor presente del flujo de beneficios netos en términos financieros se vuelve cero.
- ❖ **Proporción Beneficio-Costo:** La proporción relación Beneficio-Costo es un indicador que se utiliza con frecuencia en ACB que intenta resumir la relación del precio de un proyecto o propuesta. El Beneficio-Costo es la proporción de los beneficios de un proyecto, expresado en términos monetarios, en relación con sus costos, también expresado en términos monetarios. Todos los beneficios y costos se expresan en valores presentes descontados utilizando la tasa de descuento social. La proporción Beneficio-Costo estima los retornos y beneficios para la economía por unidad de inversión o coste soportado (Norris, 2001). La fórmula para calcularla es la siguiente:

$$PBC = \frac{\sum((\delta^{t-1}) * (Bt))}{\sum((\delta^{t-1}) * (Ct))} \quad (2)$$

para $t = 1$ a 20, donde:

δ es la tasa de descuento,

t es el tiempo del período en consideración,

Bt son los beneficios acumulados en el período de tiempo t , y

Ct es el total de costos incurridos en el período de tiempo, t

4.4.2 Matriz de Leopold

Numerosos métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación del impacto ambiental (EIA) de proyectos. Sin embargo, ningún método por sí sólo, puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto, por lo tanto, el tema clave está en seleccionar adecuadamente los métodos más apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto.

Las características deseables en los métodos que se adopten comprenden los siguientes aspectos:

- a) Deben ser adecuados a las tareas que hay que realizar.
- b) Deben ser independientes de los puntos de vista personales del equipo evaluador.
- c) Deben ser económicos en términos de costes y requerimiento de datos, tiempo de aplicación, cantidad de personal y equipos.

El método que más se ajusta a la caracterización antes descrita es el método matricial (matriz causa-efecto), la cual establece un sistema para el análisis de los diversos impactos (Leopold et al., 1971). El análisis no produce un resultado cuantitativo, sino más bien un conjunto de juicios de valor. El principal objetivo es garantizar que los impactos de diversas acciones sean evaluados y propiamente considerados en la etapa de planeación del proyecto.

Según la FAO (1996) dentro del método matricial, la matriz de Leopold es la metodología más conocida disponible para predecir el impacto de un proyecto en el medio ambiente. Es una matriz bidimensional de referencias cruzadas, donde por un lado se establecen:

- ✓ las actividades vinculadas al proyecto que se supone que tienen un impacto sobre el hombre y el medio ambiente.
- ✓ las condiciones ambientales y sociales existentes que posiblemente podrían verse afectadas por el proyecto.

El análisis se realiza con la matriz de Leopold (ML) (Leopold et al., 1971). Esta matriz tiene en el eje horizontal las acciones que causan impacto ambiental; y en el eje vertical las condiciones ambientales existentes que puedan verse afectadas por esas acciones. Este formato provee un examen amplio de las interacciones entre acciones propuestas y factores ambientales. La matriz de Leopold propone un proceso de tres pasos para estimar el impacto (ver figura 18):

Primer paso:

Luego de identificadas todas las interacciones consideradas significativas por los autores, el primer paso es marcar las casillas correspondientes en la matriz con una línea diagonal.

Segundo paso:

Una vez recortadas las casillas con supuestas interacciones significativas, el autor evalúa cada casilla aplicando un número del 1 al 10 (1 es el mínimo y 10 el máximo) para registrar la magnitud de la interacción. Los valores de magnitud van precedidos con un signo + o un signo -, según se trate de efectos positivos o negativos. Este número se transfiere a la esquina superior izquierda. Representa la escala de la acción y su extensión teórica.

Tercer paso:

El paso final de este método es marcar (del 1 al 10), en la esquina inferior derecha, la importancia real del fenómeno para el proyecto en cuestión. Luego da una evaluación del alcance del impacto ambiental de acuerdo con el juicio del evaluador.

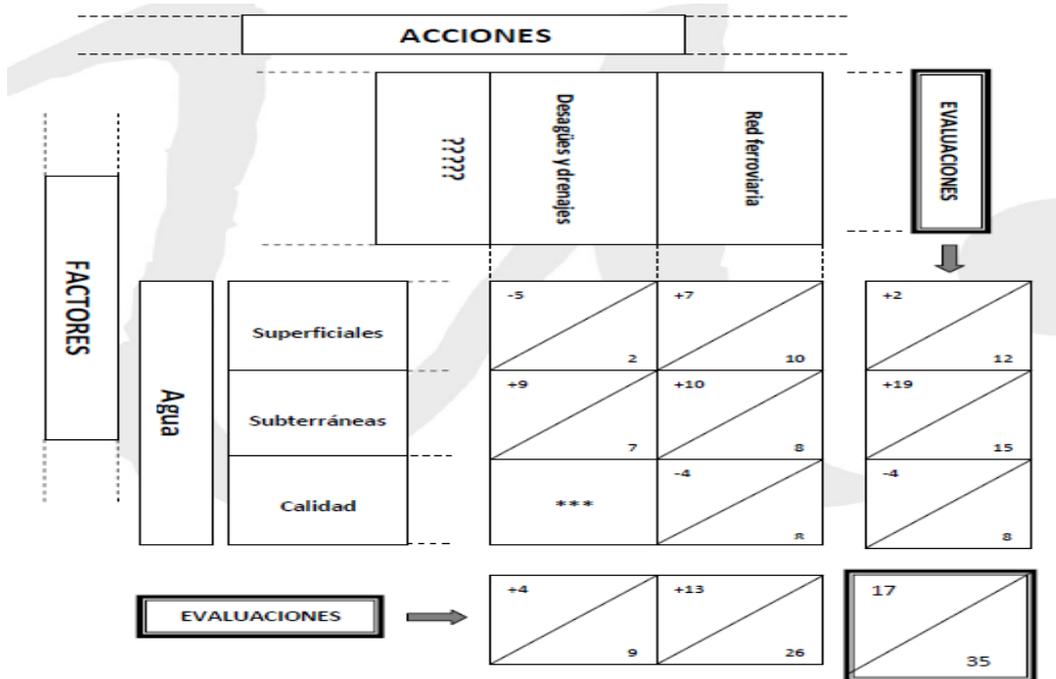


Figura 18. Matriz de Leopold aplicada a la instalación de redes de tuberías

La evaluación de parámetros “magnitud” e “importancia” ha de hacerse, en lo posible, sobre la base de los datos, cuyo sistema de procesamiento o interpretación para llegar a definir los valores de magnitud e importancia, debe ir acompañando a la matriz, con lo cual ésta se convierte en un mero resumen del texto o estudio de impacto ambiental adjunto. Por tanto, la matriz es un resumen y el eje del estudio es la descripción detallada de los impactos expuestos en el texto.

La matriz de Leopold es una herramienta funcional para proyectos innovadores que se enfocan en reducir el impacto ambiental de la tecnología propuesta. Cabe destacar que son pocos los medios necesarios para aplicarla y especialmente útil en la identificación de efectos. Contempla en forma bastante completa los factores físicos, biológicos y socio-económicos involucrados, sobre todo si el evaluador completa y adapta la relación de factores ambientales. En cada caso, esta matriz requiere un ajuste al correspondiente proyecto y es preciso plantear bien los efectos de cada acción, sobre todo enfocando debidamente el objeto de estudio (Cotán-Pinto, 2007).

4.4.3 Gobernabilidad del Saneamiento Ecológico

Aún el mejor diseño técnico de sistema de saneamiento no puede ser verdaderamente sostenible a menos que todas las responsabilidades del servicio, gestión del sistema y la entrega sean claramente asignadas, y las partes interesadas estén conscientes de sus responsabilidades además de aptas y disponibles a cumplirlas. El desafío se torna mayor cuando el propósito del sistema implica reutilización de recursos, lo cual involucra a una importante diversidad de actores sin experiencia previa en el tema.

El saneamiento ecológico agrega componentes adicionales al sistema lo que lo vuelve aún más complejo. Esto conlleva a vincular nuevos sectores y actores, normalmente ausentes en los sistemas de saneamiento convencionales. En este escenario se hace evidente la necesidad de un esquema de gobernabilidad que vaya más allá de los diseños institucionales tradicionales incorporando la acción colectiva como complemento a la función de las instituciones formales.

En este contexto, los modelos de co-gestión para la prestación del servicio de saneamiento rural que se proponen como viables se basan en el análisis de experiencias nacionales e internacionales así como del respectivo marco legal, técnico y financiero al que se hallan sujetos los prestadores de servicios como son las municipalidades, empresas públicas y juntas administradoras. De esta manera, los modelos de cogestión de prestación de servicios saneamiento propuestos son:

- Modelo de cogestión entre municipalidades y/u otros niveles de gobierno con organizaciones comunitarias.
- Modelo de cogestión de organizaciones comunitarias.

Los modelos de cogestión también conocidos como alianzas de cooperación pueden hacerse entre organizaciones sociales o comunitarias, asociaciones, empresas públicas, cooperativas, sindicatos o instituciones públicas, que trabajen en la gestión y el manejo del agua y/o saneamiento básico, sean locales, nacionales o internacionales. Los acuerdos pueden involucrar al Estado, dependiendo de la forma de cada acuerdo.

En la práctica, la gran mayoría de los fenómenos organizacionales no están previstos en los contratos, la selección entre las múltiples opciones disponibles tiene lugar a lo largo del curso de acción, en caliente, y de manera extremadamente contextualizada. Además, el sistema de valores colectivo que predomina en una situación dada puede ser uno múltiple, en el que distintos sistemas de valores se entrelacen unos con otros.

Aunque no existe un medidor de gobernabilidad, se plantea contextualizar ambos modelos en la realidad de Junín. Por ejemplo pueden ser de carácter técnico, operativo, administrativo, político, ambiental, organizativo e incluso económico. Con relación a las partes involucradas, su denominación dependerá de las calidades particulares de las organizaciones articuladas y comprometidas.

Así mismo pueden clasificarse según las formalidades adoptadas por las partes intervinientes, para su concreción, ejecución y posterior evaluación, atendiendo a las disposiciones políticas y normativas que rijan en el territorio ámbito de aplicación. Las interacciones entre los beneficiarios del servicio de saneamiento y el gobierno local son tema medular que es motivo de análisis de este objetivo con el fin de definir un modelo funcional capaz de impactar positivamente en la salud pública y el ambiente.

5. Junín: Nuevo destino del Saneamiento Ecológico

5.1 Descripción del sitio

El sitio web del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Junín informa que el cantón se encuentra ubicado en la zona central de Manabí, su cabecera cantonal se encuentra ubicada geográficamente a: 0° 56' 8" de latitud sur y 80° 11' 0" de longitud oeste, y tiene una superficie de 247.30 Km². Su cabecera cantonal está implantada a 40 msnm y se encuentra rodeada por elevaciones montañosas que van desde los 100 a los 400 msnm.

En la parte alta de las colinas están las que se conocen como “tabladas” hasta hace poco de difícil acceso por lo empinado de sus cuevas, pero en la actualidad su acceso se ha facilitado gracias a la vía construida.



Figura 19. Mapa topográfico y de límites del cantón Junín, Ecuador.

La topografía del cantón (ver figura 19) ha sido un hito muy importante para el desarrollo urbano, ya que, se ha visto limitada su expansión urbana hacia estas zonas por lo que son consideradas zonas de alto riesgo en cuanto corresponde a asentamientos poblacionales. Esto implica ausencia de servicios básicos como agua potable y saneamiento en su versión convencional (lineal).

Según el censo de población del año 2020, realizado por el INEC, en el cantón Junín habitan 18.820 personas; de los cuales 11.480 se encuentran ocupando la parte rural, mientras que en la parte urbana se asientan 7.340 personas. La región posee un clima cálido húmedo, con un marcado período de lluvias de diciembre a mayo y menor pluviosidad entre junio y noviembre.

Caracterización Social y económica

El Cantón Junín, está constituido por una sola cabecera parroquial Junín y comunidades rurales como Montañita y El Cerezo. Existe un equilibrio poblacional entre los hombres con el 50,96%, frente a la población femenina con el 49,04%. La población en su totalidad es considerada mestiza.

La principal actividad productiva de los habitantes hombres y mujeres es la avicultura, seguido de la agricultura y ganadería. Los grupos de mujeres ayudan frecuentemente a estas actividades en forma equitativa con los hombres. Un pequeño porcentaje de la población, se dedica a la construcción como fuentes de empleo o jornales de trabajo.

Los principales productos de la zona son: carne de pollo, cacao, maíz y plátano, cuentan con una pequeña infraestructura productiva relacionada con la avicultura. En cuanto al acceso a recursos productivos, se menciona lo siguiente: los programas de crédito son escasos; el acceso a la tierra y al líquido vital es limitado para emprender en actividades productivas.

El rol de la mujer a nivel local es considerado importante en el cuidado y atención a la familia y el hogar, también se reconoce una importante participación en las actividades productivas y en la toma de decisiones comunitarias por el comercio en la zona. Las mujeres que habitan en el cantón aportan medianamente para la generación de ingresos en el hogar ya que los salarios son bajos.

En cuanto al nivel de ingresos familiares, se menciona que un 30% de familias tienen ingresos menores a \$ 100 dólares mensuales, 50% de familias están en el rango comprendido entre \$100 y \$ 450 dólares por mes y solamente un 20% alcanzarían ingresos mayores a \$. 450 dólares por mes. En general un 50% de la población labora en actividades comerciales con ingresos menores a \$ 300 dólares, no se reporta capacidad de ahorro a nivel de las familias que habitan la localidad.

Caracterización Ambiental y de Recursos Hídricos

El cantón Junín consta al interior de una región terrestre con poca biodiversidad y endemismo, además afectada por temporadas de sequía en la región costanera. Por otro lado, el norte de Manabí tiene un considerado crecimiento de su población, lo cual ejerce presión sobre los recursos naturales.

Los principales impactos negativos al ambiente producidos por el hombre, son los siguientes: contaminación de ríos y otras fuentes de agua por descarga de aguas residuales y una importante cantidad de residuos sólidos; residuos de desechos orgánicos de los camales de pollos; y la tala de bosques por la provisión de madera.

En el cantón Junín, se identifican algunas acciones relacionadas con la conservación y protección de los recursos naturales y fuentes de agua (ver figura 20). Se apoyan con la Unidad de Gestión Municipal y en parte con las entidades de gobierno central como: Banco Nacional de Fomento y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

La municipalidad ha tomado pocas acciones frente a la contaminación que están teniendo los ríos por descargas de aguas residuales y no han alcanzado éxito en sus gestiones para construir su propio sistema de alcantarillado en la ciudad.

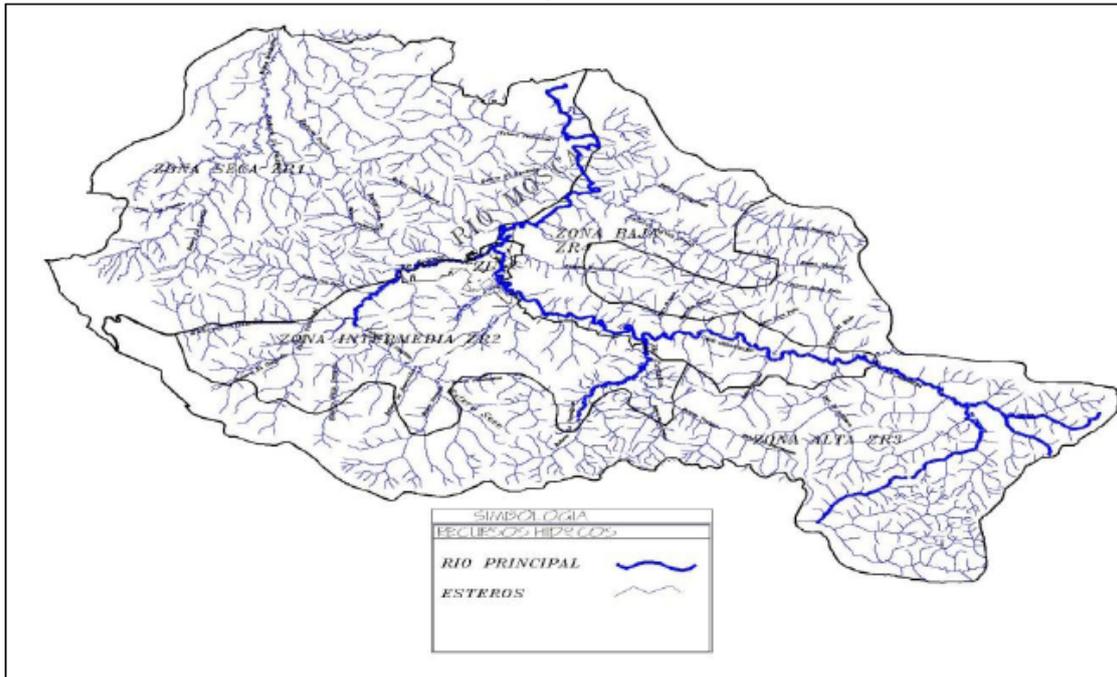


Figura 20. Mapa hidrográfico del cantón Junín.

En cuanto a servicios de agua, saneamiento y residuos sólidos, tenemos lo siguiente: el servicio de agua potable y saneamiento está a cargo de la Empresa Municipal de Agua Potable en Mancomunidad con los cantones: Bolívar, Tosagua, Sucre, San Vicente y Junín; mientras que los residuos sólidos los gestiona cada municipio.

Caracterización Ordenamiento y Gestión Territorial

Junín está rodeado de una zona productiva cercana a Portoviejo; el acceso a esta localidad es a través de carreteras de primer orden semi-asfaltadas en proceso de pavimentación rígida. Además, vías lastradas en aceptable estado y caminos vecinales comunican prácticamente a todas las comunidades. Existe un nivel aceptable en cuanto a transporte público hasta la cabecera cantonal y un nivel aceptable de este servicio para las parroquias y comunidades.

En cuanto a conectividad y comunicación, la situación es buena, pues se cuenta con Internet y telefonía celular. Las viviendas en el cantón Junín, en un 60% son de mampostería de ladrillo, un 20% de madera y cubiertas de planchas de zinc o eternit y el otro 20% de viviendas son de caña con cubiertas de zinc y paja.

Junín cuenta con un parque central en buenas condiciones de mantenimiento, tienen dos iglesias (Cristiana y Católica) y cuentan con una biblioteca municipal con atención al público. En cuanto a herramientas de planificación y gestión, en el Municipio de Junín se tiene elaborado un Plan de Desarrollo Cantonal para el período 2019 – 2023, en el cual se han incluido: 1.- mapa detallado de las parroquias, 2.- mapas de uso de suelos y 3.- mapa de cobertura vegetal.

Caracterización de los Servicios de Agua y Saneamiento

Junín cuenta con un sistema de agua potable en buenas condiciones, con una aceptable administración por parte de la Empresa Municipal de Agua Potable y Saneamiento en Mancomunidad con Bolívar, Tosagua, Sucre, San Vicente y Junín. Además, cuentan con su propio plan tarifario, micromedición y existe un nivel del 30% en morosidad.

El servicio de agua potable es de 3 horas al día y la cobertura es del 90% de la población urbana. Está por iniciarse la construcción del sistema de alcantarillado, pues el antiguo ya cumplió su vida útil. No se cobra tarifa por el servicio, la operación y mantenimiento es subsidiada por el municipio de Junín. En las comunidades rurales del cantón, el 100% de los servicios de alcantarillado existentes, están a cargo de las Juntas Administradoras de Agua Potable y Alcantarillado (JAAP's).

Solamente el 3% de la población de estos sectores tiene acceso a una red pública de alcantarillado, el 10% tiene Unidades Sanitarias Básicas, el 6% tienen letrinas con arrastre de agua, el 60% letrinas sin arrastre de agua y el 21% no tienen ningún tipo de servicio. Las letrinas, están en buen estado en un 19%, deduciéndose que el 81% de estas no están en buen estado y no tienen una adecuada operación y mantenimiento; este panorama está directamente relacionado con la contaminación del agua superficial y subterránea.

Los servicios de barrido y recolección de los desechos sólidos están a cargo del municipio de Junín; los procesos de reciclaje son deficientes y no existe la separación de los desechos hospitalarios en los centros de salud. Existe un botadero a cielo abierto a 5 Km del centro poblado.

Caracterización de Capacidades Institucionales

El Banco del Estado y al Banco de Fomento son identificados como las organizaciones que más apoyo han brindado a la región en temas relacionados con agua, saneamiento y residuos sólidos, su gestión es a través de la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME). Al momento se gestiona ante varias entidades financieras para el estudio de agua potable y alcantarillado de Montañita.

Caracterización de Género y Etnicidad

La participación de la mujer en el cantón Junín es considerada como muy importante en todos los aspectos de la vida comunitaria. En la actualidad hay mujeres que ocupan cargos políticos como concejal rural, dirigencia en las organizaciones comunitarias, grupos culturales y deportivos, entre otros. Los grupos de mujeres organizadas en la parroquia, representan una importante oportunidad para futuras acciones de apoyo a la región.

5.2 Tecnología sanitaria propuesta

El saneamiento sin agua se proyecta como una alternativa tecnológica nueva y mejorada, especialmente si la comparamos con versiones como la letrina tradicional (saneamiento hidráulico). Su funcionamiento permite construirlo cercano a la vivienda, o incluso, en el interior de la misma sin riesgos a la salud cuando es empleado de forma adecuada.

El inaccessión al agua y saneamiento en el mundo en desarrollo, hace necesario el uso de sistemas de disposición de excreta sin arrastre de agua, por lo que constituye esto una temática vigente en el marco del derecho humano al agua y saneamiento, declarado por Naciones Unidas.

La OMS y UNICEF (2021) registra, que casi la mitad de los habitantes de los países en vías de desarrollo carecen de acceso a saneamiento. En este marco se puede señalar que la inversión insuficiente en saneamiento incrementa la diseminación de un mayor número de letrinas de pozo que contaminan las aguas subterráneas y causan estragos en la salud de la población.

Las ventajas del saneamiento sin agua en comparación con el hidráulico se basan en aspectos relacionados con la degradación ambiental, el ahorro de agua y la reutilización de nutrientes de la excreta y la orina. En esta visión, la disposición de las heces debe ser separada de la orina pues de cada uno podemos obtener un producto elaborado rico en nitrógeno muy útil para actividades como la agricultura.

Esta concepción alternativa se apoya en que la solución a los problemas causados por la falta de sanidad con el manejo de excretas no solo debe considerar aspectos técnicos sino también los humanos. Prioriza la prevención de enfermedades y participación comunitaria con el fin de adaptar “posibles soluciones” al ambiente local, los recursos financieros que disponen las autoridades competentes y –de manera principal- a la cultura y hábitos de la población sujeta de la intervención.

Sin embargo, la introducción de este tipo de tecnologías requiere un proceso educativo profundo que permita concienciar a la población de sobre la utilidad de un saneamiento adecuado. Se debe profundizar en el entendimiento que cuando se concatena conceptos, acciones e intenciones se desarrollan transformaciones en la salud de las poblaciones; se inicia la transición de los *círculos viciosos* a los *círculos virtuosos* (ver figura 21).

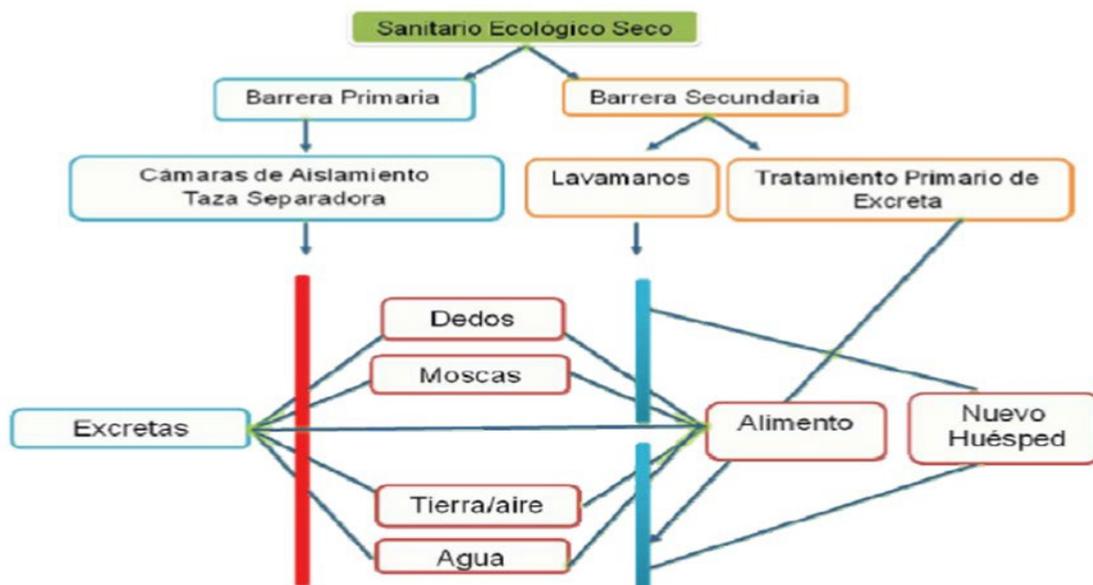


Figura 21. Esquema de barrera del saneamiento sin agua en la transmisión de enfermedades

Entre las bondades que constituyen el saneamiento seco, está la interrupción de la ruta fecal-oral de transmisión de enfermedades desarrollado por Wagner y Lanoix (1958). Según estos mismos autores, en este concepto se consideran dos tipos de barreras: “las primarias o físicas constituidas por las cámaras de aislamiento y las tazas separadoras”, mientras que “las secundarias o de conducta consideran la integración del lavamanos y la disponibilidad de mezcla secante para el tratamiento primario de excreta con el fin de evitar el contacto de las mismas con moscas y cucarachas”.

El baño seco es una de las alternativas al inodoro de descarga hidráulica convencional. Es una evolución del saneamiento pues además de lograr un tratamiento sanitario seguro de las excretas, tienen importantes beneficios, entre los cuales contamos:

- Conserva agua potable;
- Sirve como sustrato agrícola, rico en nutrientes;
- Disminuye los costos de construcción y mantenimiento de redes de alcantarillado;
- Evita la contaminación de acuíferos y otros cuerpos de agua;
- Son menos vulnerables a fenómenos naturales extremos como terremotos, huracanes, sequías, entre otros.

Según el experto en permacultura Antonio Moretti (2016), el baño seco es una de las opciones más resilientes en zonas con alto riesgo sísmico. En su experiencia en Chile, las redes de alcantarillado hidro-sanitario fueron las más afectadas por el terremoto del 2010. Esto originó el colapso del sistema y la contaminación de cuerpos de agua y espacios públicos que ocasionaron enfermedades de origen hídrico.

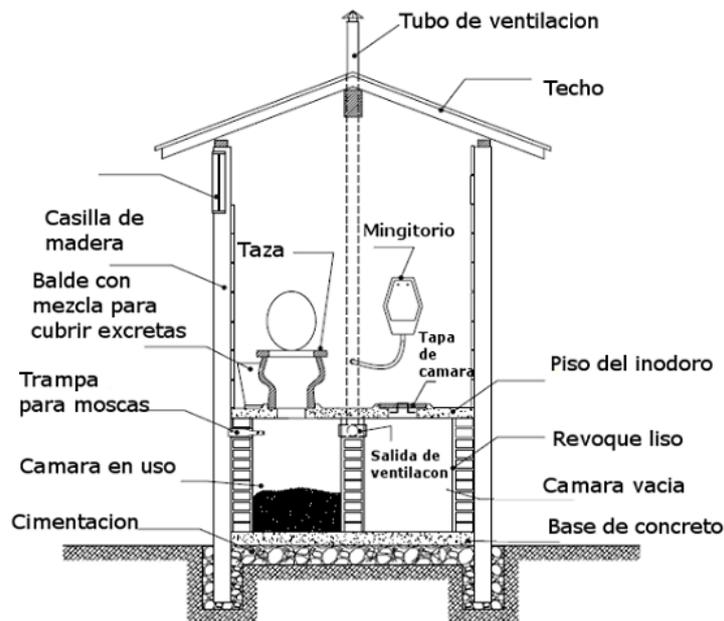


Figura 22. Esquema de un baño seco con calentador solar

El baño seco consta de una cabina elevada, una pequeña bodega donde se ubican las gavetas plásticas para almacenar los desperdicios, una tasa con 2 divisiones una para las heces y la otra para el orín que va conectado a un recipiente plástico, una compuerta metálica que capta el calor del sol para acelerar el proceso de secado de las heces y una tubería de evacuación de los gases provocados por el calor (ver figura 22).

Los baños secos además de que no contaminan el medio ambiente dan como resultado un sustrato que sirve para abonar las plantas, por tal se cierra el ciclo en el mismo lugar donde se generan los desperdicios. No se requiere instalación hidráulica, solo se necesita rociar una pequeña cantidad de material secante (mezcla de tierra con ceniza o cal) cada vez que se lo utiliza. Una vez llena la gaveta se la coloca debajo de la compuerta metálica para su secado y se coloca otra vacía. Su costo de mantenimiento es muy bajo, pues se lo limpia con una esponja húmeda cuando sea necesario.

Según Torske (2016) las distintas técnicas de saneamiento ecológico, funcionan bajo la premisa de separar los residuos desde su origen utilizando tratamientos menos costosos, más sencillos, con una mejor recuperación de los nutrientes existentes en ellos e higiénicamente seguros. Para ello deben tenerse en cuenta las características de cada residual, sus compuestos y las formas seguras de saneamiento posible (ver tabla 1).

Tabla 1. Tratamiento y uso de desechos reciclables

Desechos	Tratamientos	Usos
Orina	Almacenaje, secado	Fertilizante líquido o seco
Heces fecales	Digestión anaerobia, secado compostaje	Biogás, mejora el suelo
Aguas grises	Humedales artificiales, tratamientos biológicos, lagunas artificiales, tecnología de membrana, jardines.	Irrigación, recarga de la capa freática o reutilización
Aguas de lluvia	Filtración, tratamiento biológico	Suministro de agua, recarga de la capa freática
Basura orgánica	Digestión anaeróbica, compostaje, secado	Biogás, mejora el suelo

5.3 Tecnología propuesta vs tecnología actual

El baño seco, a diferencia del saneamiento convencional, integra elementos como el agua, saneamiento y seguridad alimentaria al hábitat de la vivienda. En este sentido, marca un antes y un después con el baño de descarga hidráulica. Este tipo de tecnología anula la necesidad de utilizar agua potable –que tanto cuesta tratar- para convertirlas en aguas negras generando un nuevo costo de tratamiento antes de ser depositadas en algún cuerpo hídrico.

En la tabla 2, a continuación, se hace una comparación sobre 3 tipos de saneamiento: el inodoro conectado a la red, la letrina tradicional y el sanitario ecológico seco. Mediante preguntas puntuales se establece una diferencia entre las características de cada una de las tecnologías.

Se hizo un análisis de los principales criterios que podría preocupar a un usuario de los tres tipos de sanitarios comparados. Las dos primeras opciones son las más conocidas pues el inodoro con conexión a la red de alcantarillado y la letrina tradicional han sido las tecnologías más usadas para cubrir las necesidades de saneamiento. Así se expresa en la tabulación siguiente:

Tabla 2. Comparación de tecnologías de saneamiento

CARACTERÍSTICAS	INDORO (ALCANTARILLADO)	LETRINA TRADICIONAL	SANITARIO ECOLÓGICO SECO
¿Mal olor?	No	Sí	No, si la taza separadora se la utiliza de forma adecuada, "acomodándose".
¿Moscas y gusanos?	No	Sí	No, si se separa la excreta de la orina y se cubre la excreta con tierra o ceniza, o ambas a partes iguales.
¿Control y seguridad?	Sí	No	Sí, si se instala dentro de la casa
¿Fácil y seguro de limpiar y mantener?	Sí	No	Sí, con un mínimo de agua, jabón y cloro.
¿Lavabo para manos?	Sí	No	Sí
¿Manejo higiénico de orina y heces?	Sí	Sí	Sí
¿Accesibilidad a la mayoría de los habitantes?	No	Sí	Sí, hay diferentes opciones para el poder adquisitivo bajo
¿Requiere un espacio en el interior de la casa?	Sí	No	Sí, de preferencia
¿Degradación del ambiente?	Sí, la red desagua a ríos y mares. Contamina mantos acuíferos. Destrucción de la vida acuática.	Sí, puede filtrarse a los mantos acuíferos.	No, las excretas quedan confinadas por un lapso de entre 6 y 8 meses. De aquí se obtiene un producto inocuo. La orina se utiliza como fertilizante foliar.
¿Ahorro de recursos?	No, consume el 30% del agua de la vivienda.	Sí, no requiere agua.	Sí, no requiere agua.
¿Permite el reuso de nutrientes?	No, se pierden en laguna de oxidación	No, es pozo perdido.	Sí, excretas y orina regresan a la tierra como abono.

Basado en el esquema realizado por Tilley 2013

Siendo así, hay creencias equivocadas sobre la idea de un saneamiento adecuado. Una de esas ideas es que el sanitario seco genera malos olores. Como se indica en la tabla la ausencia del agua en un sanitario no implica que se genere malos olores, sobre todo si se lo manipula adecuadamente.

La ausencia de malos olores es un indicador de buen funcionamiento de cualquier sanitario. En el caso del sanitario seco, si este factor está bajo control significará también ausencia de moscos y gusanos, buen control y seguridad del espacio, adecuado manejo higiénico de orina y heces,

se genera un proceso de degradación ambiental invertido y una contaminación en general casi nula.

Otro aspecto importante que analiza la tabla, es la accesibilidad y adaptabilidad de las tecnologías comparadas. Normalmente las opciones convencionales no son accesibles para los estratos menos favorecidos de la sociedad pues requieren estar asentados en lugares donde existan redes de alcantarillados o predios legalizados para poder ser objeto de intervención. Con este criterio, millones de personas se quedan por fuera de la cobertura del saneamiento con descarga hidráulica. El saneamiento seco es, sin lugar a dudas, la forma más accesible y adaptable de saneamiento para aquellos excluidos del bienestar. Por sus características, el saneamiento seco permite la transformación y reutilización de nutrientes en forma de abono y fertilizante foliar.

A diferencia del inodoro, el baño seco tiene como característica intrínseca su casi invulnerabilidad a eventos de tipo sísmico como terremotos y temblores. Esto lo hace ideal para zonas como las afectadas por el terremoto pues la redes de alcantarillado pueden incluso colapsar por efecto de sismos por encima de los 7° en la escala de Richter. El baño seco, por su diseño, no solo que puede resistir eventos sísmicos sino que además es muy útil en zonas afectadas y albergues pues no depende del servicio de agua potable para seguir brindando el servicio.

6. Implementación del baño seco en el área rural de Junín

Para la implementación exitosa de un sistema de saneamiento ecológico se debe considerar el peso que tienen determinados factores dentro de la comunidad, de lo cual dependerá el tipo de saneamiento que se implementará. Cruz *et al.* (2006) describe estos factores en el siguiente orden:

- *Clima*: temperatura, humedad, precipitación, heliofanía, radiación solar.
- *Topografía y tipo de suelo*: la relativa facilidad para ubicar sistemas subterráneos; la velocidad y dirección en que se desplazan el agua y los contaminantes del suelo.
- *Disponibilidad de agua*: Incide en la aceptación del sistema.
- *Proximidad y sensibilidad de los ecosistemas acuáticos*: nivel de los mantos acuíferos, accesibilidad y cercanía a lagos, ríos, arroyos y costas.
- *Disponibilidad de energía*: accesibilidad y recepción de los recursos energéticos locales.
- *Aspectos socioculturales*: costumbres, creencias, valores y prácticas que influyen en el diseño, su aceptación o adecuación en una comunidad.
- *Recursos*: financieros y materiales, tanto individuales como de la comunidad.
- *Capacidad técnica*: la capacidad y el conocimiento local y sus herramientas.
- *Infraestructura*: el tipo de infraestructura física existente y los servicios disponibles, tales como, redes de acueducto y alcantarillado, sistemas de tratamiento, sistema de salud, sistema educativo, entre otros.
- *Densidad demográfica y patrones de asentamiento*: posibilidad real de espacio para el procesamiento y almacenaje *in situ*, tipo de construcciones y planes de desarrollo urbano.
- *Agricultura*: presencia y características de la agricultura local.

Los sistemas de saneamiento ecológico requieren de gran responsabilidad por parte de la familia y la comunidad, por tanto, el trabajo de educación ambiental que exige la implementación de este tipo de saneamiento debe estar dirigido a todas las personas. La participación comunitaria es la base del buen manejo de estos sistemas, por lo cual se necesita la motivación desde el inicio de la concepción de éstos. Es imprescindible la construcción de capacidades, la concienciación y el entrenamiento práctico para el empoderamiento del uso de esta tecnología sanitaria.

Resalto en este trabajo de investigación la importancia de reconocer que estos sistemas no son necesariamente opciones para poblaciones con bajos ingresos o de áreas rurales, sino que pueden resultar diseños de amplio uso. Este tipo de prejuicios constituye la principal limitante para el establecimiento de estas opciones de sistemas sanitarios, ya que son de construcción sencilla y para ello se pueden emplear materiales diversos y de fácil adquisición.

6.1 Componentes de los sanitarios secos

Existe una gran diversidad de diseños posibles para estos baños, pueden variar en tamaño, materiales empleados, decoración, etc., pero todos constan de tres partes fundamentales:

1. Taza con separador de orina.
2. Cámara de secado.

3. Caseta.

Las partes que se mencionan anteriormente son el componente básico del baño seco. Adicionalmente, se puede considerar agregar otros elementos que pueden ser funcionales al propósito del baño como son: extractor de aire, deflector, trampa de moscas, tapa del sanitario, asiento, tapa metálica para radiación solar, recolector de orina, recolector de heces, puertas, tubo de ventilación, cubo para la basura, entre otros.

Taza separadora

La taza separadora tiene una adaptación para separar las heces fecales de la orina y el proceso de eliminación de los organismos patógenos se produce por el secado de las excretas en la cámara que captura la luz solar a través de tapa metálica para elevar la temperatura dentro de la cámara y así reducir a cero la humedad de la materia fresca. En cuanto a la composición de las tazas separadoras, se construyen de diferentes materiales: fibra de vidrio, losa, cemento y otras.

Existen moldes de diferente tipo que permiten fabricar de manera sencilla y rápida las tazas separadoras. Los más comunes son de fibra de vidrio y cuentan de varias piezas que se acoplan. El modelo más extendido es el diseño de César Añorve de Cuernava, México; el más común en Ecuador es el que promueve la Fundación Ecuafibra con sede en Cuenca, Ecuador (ver figura 23).



Figura 23 Taza separadora de fibra de vidrio + Taza separadora con elementos complementarios

Cámara de secado

También llamadas cámaras de digestión tienen la función de mantener las heces libres de humedad durante el tiempo necesario para que mueran todos los patógenos y así evitar el contacto con ellas de personas y animales domésticos durante ese tiempo. Pueden ser construidas de distintos materiales, pero se recomienda que reposen sobre una base de concreto para impermeabilizar cualquier lixiviado que pueda escurrir.

Las variantes más comunes para lograr el tratamiento de las heces en las cámaras son:

- a. Dos cámaras separadas con acceso independiente.
- b. Una sola cámara con recipientes móviles.

- c. Cualquiera de las anteriores adicionando un espacio con láminas metálicas dispuestas para recibir la mayor cantidad de horas de luz solar y así maximizar el efecto de la radiación solar dentro de la cámara, para incrementar la temperatura y acelerar la muerte de los patógenos.

Partiendo del hecho que la taza separadora distribuye las heces y la orina de manera separada, es necesario agregar a la cámara un colector de orina. Las razones para desagregar la orina de las heces son: para mantener secos los componentes del sanitario, para reducir la necesidad de agregar materiales ricos en carbón y para conservar las propiedades fertilizantes de la orina (la orina diluida con 5 partes de agua puede ser utilizado como fertilizante foliar en finca).

Los volúmenes y dimensiones de las cámaras son determinadas por dos factores: el volumen de materia fecal depositada y el tiempo requerido de almacenamiento de las heces. Las dimensiones también deben coincidir con el piso planeado para el baño, situado sobre la bóveda. El volumen esperado de materia fecal por mes depende del número de usuarios/as, su dieta, la frecuencia de uso del baño y el material utilizado para cobertura y limpieza: hacer un cálculo correcto es absolutamente crítico para que funcione bien.

Se estima que un adulto excreta entre 0,12 y 0,4 kg al día o 44 – 146 kg/persona/año de heces y un/a niño/a excreta entre 0,045 y 0,15 kg al día o 16 – 55 kg/persona/año de heces. El cálculo de volumen para construcción de cámaras de deshidratación, para una familia de cinco personas con dieta de alto contenido en fibra y duración de tres meses se representa de la siguiente manera:

Material de cobertura: promedio diario, 0,05 kg/persona/día

Densidad asumida de las heces: 1 kg/l

Almacenamiento: tres meses después del último uso

Producción de heces:

3 adultos x 0,4 kg/día = 1,2 kg/día

2 niños/as x 0,15 kg/día = 0,30 kg/día

Total = 1,5 kg/día

Peso de heces = 45 kg/mes

Reducción estimada por ausencia (-20%) = -9 kg/mes

Por seis meses = 135 kg/trimestre

Pérdida de humedad (-25%) = -34 kg/trimestre

Material de cobertura = 45 kg/trimestre

Toda la familia en medio año = 193 kg/trimestre

Margen de seguridad (+20%) = 44 kg/trimestre

Volumen requerido de la cámara = 237 kg/trimestre | 237 litros

Conexo a la cámara de secado se incorpora un tubo de ventilación con el objeto de evacuar los olores que se producen dentro de la cámara así como facilitar la extracción de humedad de la materia fresca. El tubo de ventilación puede estar hecho de PVC y debe de estar cubierto de una tela que no permita la entrada de moscas u otros insectos. Según Ryan y Mara (1983) el tubo de ventilación debe de tener un diámetro de al menos 100 milímetros y debería alcanzar –al menos- 0.5 metros por encima del techo (ver figura 24).

No existe cámara de secado de circuito cerrado. Es decir, siempre habrá la posibilidad que ingresen moscas al sistema ya sea por el inodoro, al momento de abrir la tapa metálica negra

para revisar el estado de las heces o por alguna abertura que no hayamos advertido. Por estas razones es necesario que el sistema cuente con una trampa para moscas.

Por definición las moscas que se encuentran dentro de lugares oscuros –como lo es la cámara de secado- sienten la necesidad de buscar la luz. Con el afán de innovar el sistema, la Fundación Antonio Núñez Jiménez (2013) adhirió a la cámara de secado una botella plástica que haga las veces de *punto de luz*, para que las moscas que se encuentren dentro de la cámara ingresen a la botella de plástico y queden atrapadas dentro de la misma para poder ser expulsadas del sistema por la persona que realiza el mantenimiento del mismo.



Figura 24. Esquema de baño de una cámara y calentador solar

Caseta

El propósito de la caseta de un baño seco es brindar privacidad y resguardo para el usuario además de servir de protección contra el sol y la lluvia para la tasa sanitaria, sobre todo considerando que el sistema como tal debe reducir la humedad al máximo. Además, el aspecto y presencia de la misma, influye en la aceptación de la familia y la comunidad. La caseta debe ser bien construida, respetando los gustos de quienes la van a utilizar, y al mismo tiempo debe de estar en armonía con el entorno (Gibbs, 1984).

Se puede construir de diversos materiales: bambú, madera, bloques de cemento, barro con paja, etc. El techo puede ser de tejas, hojas de palma, paja o de láminas prefabricadas de diferente tipo. Al momento de fundir la losa del piso debemos tener en cuenta si queremos dejar algún aditamento empotrado para anclar la caseta (ver figura 25).

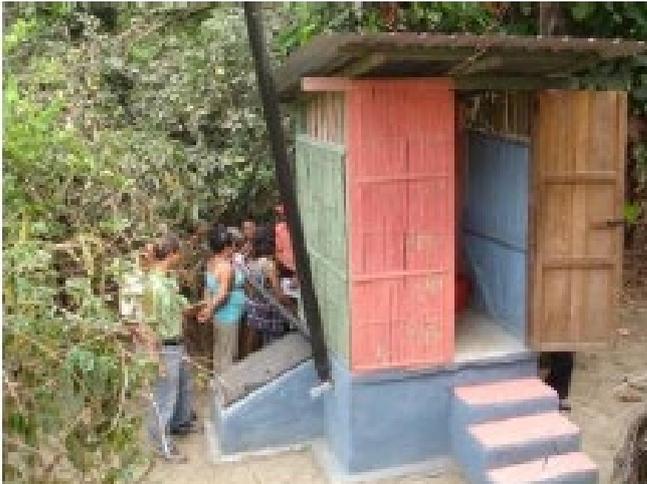


Figura 25 Baño seco en Puerto López, Manabí



Baño ecológico en Echandía, Bolívar

Es importante garantizar suficiente ventilación e iluminación dentro del baño, para ello podemos optar por múltiples variantes. Por ejemplo, generar ventilación cruzada para que circule aire, celosías en varias paredes o no llevar una pared o ninguna hasta el techo. La altura mínima de las paredes debe ser de 1.90 m.

6.2 Construcción del baño seco

Antes de comenzar a construir un baño seco se debe tener claro cómo y dónde se va a hacer. En el caso de una zona rural como la comunidad de Caña, lo más común es ubicarlos fuera de la casa, aunque pueden instalarse dentro e incluso en la planta alta. Aspectos como las condiciones del suelo, la dirección del sol, el espacio disponible y el riesgo de inundación deben ser tomados en cuenta previa a la ejecución de la obra del baño seco.

Se refirió antes, en este mismo documento, que esta solución sanitaria tiene como punto de partida el convencimiento de los usuarios por el uso de esta tecnología. Más allá de las variables técnicas, es necesario iniciar con un proceso social que recoja las necesidades de los futuros beneficiarios y agregue sus expectativas –a manera de aportes- al diseño del sistema que va a construirse.

6.2.1 Proceso social

El proceso social inicia con un acercamiento al Gobierno Autónomo Municipal del cantón Junín para conversar con el funcionario encargado del Departamento de Agua y Saneamiento Básico Rural. Durante este encuentro se socializó la investigación que se está llevando a cabo y la necesidad de encontrar una comunidad ideal para implementar la tecnología sanitaria seca. Basado en su experiencia, recomendó que me acerque a la comunidad de Caña por ser aquella que menos cobertura sanitaria tiene además de los problemas de contaminación que esto le genera.

El funcionario Julio Hidrovo acompañó la visita exploratoria hasta la comunidad en mención para identificar una familia que estuviera interesada en mejorar el servicio sanitario de su vivienda y que al mismo tiempo contaran con un lugar que reuniera ciertas condiciones para el estudio. El acercamiento dio pronto resultados, pues se identificó una familia tipo de 5 personas decididos a formar parte del proyecto piloto de este estudio.

El proceso formal en campo inició con la constatación del lugar donde depositaban sus excretas. El mismo era un espacio nauseabundo –externo a la vivienda- el cual estaba lleno moscas y otros insectos (ver figura 26). La ubicación de la caseta estaba a menos de 20 metros del pozo de agua del cual la familia se abastecía para su consumo y a favor de la pendiente. Esto es un indicador que en la época lluviosa –cuando el nivel freático sube- la contaminación del agua de pozo era altamente probable.



Figura 26 Caseta de disposición de excretas de la Familia Zamora Bravo en la comunidad de Caña.

En una fecha posterior se desarrolló un taller informativo con la familia y algunos vecinos para promover la construcción de baños secos como solución apropiada de saneamiento. Se impartió una charla teórica explicando en detalle el funcionamiento de este tipo de baños. También se presentó un video de una experiencia de baños secos en México, donde se demostró que todos los desperdicios generados por el ser humano, a partir de sus necesidades biológicas, pueden ser integrados a la misma naturaleza de forma segura.

A continuación, se realizó una actividad de diseño participativo del baño a construirse en el predio donde se encuentra localizada la vivienda. Aquí se realizaron algunas sugerencias – expresadas de manera gráfica- sobre la ubicación del baño, las dimensiones que debería tener, la importancia de adosar una ducha a la caseta del baño, la forma de la infraestructura, el tipo de materiales a utilizar, y hasta aspectos como las personas que se van a encargar de construir el baño (ver figura 27).



Figura 27 Diseño participativo de Unidad de Agua, Saneamiento e Higiene

6.2.2 Obra civil

Dado que el terreno donde se piensa construir el baño es plano fue necesario construir algunos escalones para subir al baño. Si hubiera existido una pendiente este trabajo no habría sido necesario. En lo que alude a los materiales, los bloques y ladrillos están disponibles en muchos casos, el procedimiento para su uso es generalmente conocido y como las cámaras se construyen con ellos, frecuentemente los beneficiarios también quieren hacer las casetas de este material. En estos casos, la obra civil será igual de segura sin fundir columnas, con traslapar las esquinas es suficiente.

Al momento de iniciar la construcción, se planteó a los beneficiarios, que no toda la construcción fuera de bloques y cemento, sino que la caseta fuera de un material de la zona. Aquí se explicó la importancia que tiene para ellos que el baño sea seguro y esa seguridad se las brinda un material duro como los bloques. Y cuando se expuso que materiales como el bambú son seguros y frescos –además de la necesidad de reducir costos- accedieron a la propuesta de levantar una de las paredes de la caseta con bambú.

Luego de alcanzar acuerdos definitivos, se procedió a compactar y nivelar el suelo con el fin de hacer un replantillo de cemento de 5 cm a 7 cm de espesor y 1,50 m x 4,0 m de lado. Posteriormente, se levantan muros no menores de 65 cm de alto, dejando el espacio de las compuertas por donde se extraerán las heces. Las compuertas deben garantizar que las cámaras queden correctamente selladas y pueden construirse de diversos materiales.

Al momento de su selección debe considerarse la disponibilidad de materiales y el costo de los mismos, pero es aconsejable utilizar materiales resistentes y duraderos, como planchas galvanizadas o mejor hormigón. Es importante colocar seguros o cierres que no permiten que se abran por accidente o por curiosidad de los niños. Se debe dejar, en la última hilada de

bloques de cada cámara, un orificio de al menos 4" de diámetro, donde irá conectado un tubo de respiración y otro para la manguera de orina (1/2").

Se enlucen las paredes de la cámara por dentro y por fuera. Se preparan las condiciones para fundir una losa o placa de entre 5 cm y 7 cm de espesor, dejando un espacio sin varilla para el hueco de la taza. Conviene preparar una "plantilla" a partir de la base de una taza y alinearla bien para que al momento de instalarla no queden rebordes. Por el tamaño de la losa es suficiente colocar las varillas más cortas cada 25 cm y las más largas cada 30 cm.

Se prepara la mezcla de cemento, arena y ripio en proporción 1-2-3 y se funde la losa. Se deja fraguar el tiempo necesario. La losa o plancha de concreto fundido que va sobre las cámaras, pueden fundirse directamente sobre ellas o aparte, y luego colocarlas en el lugar que le corresponde. Esta última variante requiere usar muy poca o ninguna madera y la instalación no es complicada. Una vez colocada la losa se procede a construir la caseta (ver figuras 28 y 29).

Finalmente se realizó la instalación de la tubería para la ducha y la cerámica para el mismo espacio. Una de las peticiones en la que la familia hizo más énfasis, fue que tanto la taza sanitaria como la ducha tengan conexión eléctrica para poder contar con luz dentro de ambos espacios. En el sector donde ellos viven muchos abusos a mujeres y niños han sucedido de camino al baño en la oscuridad. Esta petición fue incorporada dentro del proceso constructivo (ver figura 30).

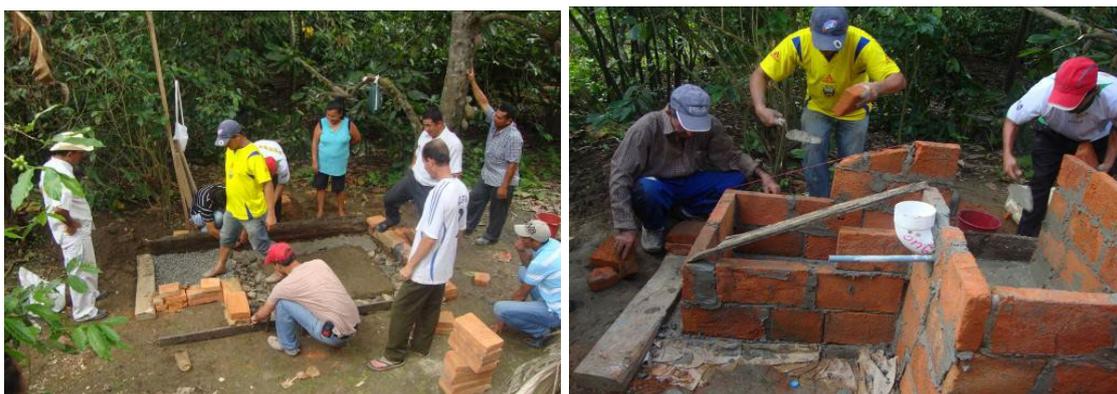


Figura 28 Establecimiento las bases para el piso del baño seco



Figura 29 Levantamiento de paredes para el baño



Figura 30 Baño seco terminado

6.2.3 Operación y Mantenimiento

La operación de un baño seco con separación de orina es relativamente simple, con ciertas reglas y rutinas que deben seguirse con regularidad. Si el baño está operado correctamente, la necesidad de un mantenimiento intensivo es muy esporádica. El seguimiento de estas reglas mantiene el baño limpio, libre de olores y moscas, y hacen que no se formen obstrucciones en la cañería de orina. Todas estas tareas bien pueden ser realizadas por los mismos usuarios, incluyendo el vaciado de las cámaras y el mantenimiento.

6.2.3.1 Operación

Debe haber un responsable en la vivienda de la provisión de material seco para la cobertura. Las heces caen directamente por el agujero sin tocar o manchar las paredes, sin embargo, si se utiliza ceniza como material cobertor puede fácilmente ensuciar la tabla o el pedestal. En casos de diarrea, embriaguez, uso por parte de niños/as sin acompañamiento adulto y actos de vandalismo puede que se requiera una limpieza adicional.

Por esto es que debería haber un trapo, esponja o material de alguna clase que permita que el usuario o cuidador limpie rápidamente. Es aconsejable también dejar a mano una pequeña botella con spray con agua pura o mezclada con vinagre, jugo de limón, bicarbonato, agua oxigenada o algún limpiador micro-bacteriológico para facilitar la limpieza del receptáculo. La instalación de posters o cuadros ilustrados dentro del baño ayuda a orientar a los/as usuarios/as para un uso correcto.

Tareas Frecuentes

Una operación correcta de un baño seco con separación de orina requiere que las siguientes tareas se realicen diariamente o cuando sea necesaria:

- ✓ Provisión de mezcla secante (tierra seca con cal o cenizas en partes iguales).
- ✓ Provisión de agua o papel higiénico para la limpieza anal.

- ✓ Provisión de agua y jabón para la limpieza de manos.
- ✓ Barrer el cubículo del baño y limpiar con un trapo.
- ✓ Limpiar el asiento del inodoro con un trapo húmedo o solución de agua y vinagre, jugo de limón, bicarbonato, agua oxigenada o algún limpiador micro-bacteriológico.
- ✓ Vaciado de la papelera.
- ✓ Chequear el volumen de las heces en las cámaras y nivelarlas en caso de que sea necesario.
- ✓ Chequear el nivel de orina en el recipiente de recolección y vaciarlo cuando sea necesario.

Tareas Eventuales

- ❖ **Cambio de contenedores en el sistema:** Cuando un contenedor se llena, debe ser reemplazado por uno vacío. El que está lleno debe ser ubicado dentro de la cámara de secado para que continúe el proceso de remoción de la humedad hasta que la mezcla sea inocua. El reemplazo de estos contenedores depende del número de usuarios con promedios que oscilan entre una vez por mes y una vez a cada tres meses (ver figura 31).
- ❖ **Vaciado del tanque de orina:** Cuando la orina se recolecta en contenedores y tanques, el/la usuario/a o cuidador/a debe reemplazarlos antes de que se llenen (y, por lo tanto, se derramen).



Figura 31. Cartilla de uso y manejo del baño ecológico

6.2.3.2 Mantenimiento

Las rutinas de mantenimiento de un baño seco con separación de orina requieren:

- ✓ Remover las obstrucciones de las cañerías de orina, tal como cenizas, heces, suciedad o precipitaciones que puedan acumularse a lo largo del período de uso.
- ✓ Mantener las puertas de la cámara intactas para proteger los contenidos de la cámara del ingreso de agua de lluvia o animales. Esto puede incluir el reemplazo de bisagras y juntas, o el resellado de los paneles de la puerta.
- ✓ Mantenimiento de las cañerías de ventilación y la protección contra la lluvia.
- ✓ Reparaciones menores relacionadas al uso.

6.2.3.3 Otras consideraciones: Higiene menstrual, aseo integral.

Los diseños de baños muchas veces no tienen en cuenta las necesidades específicas de las usuarias. Para asegurar que estas demandas sean consideradas, las usuarias deben involucrarse desde el primer momento en la construcción y planificación de un baño seco con separación de orina. Por un lado, es necesario descartar de manera segura las toallas sanitarias en tachos preferentemente cubiertos y que la disposición final de las mismas se realice de forma segura.

Si se usa un baño seco con separación de orina durante el período menstrual, puede que haya manchas de sangre en la taza del inodoro, con lo que debería haber materiales adecuados para garantizar la limpieza e higiene. Para la limpieza se recomienda tener un nebulizador a mano que en su interior tenga agua pura o mezclada con vinagre, jugo de limón, bicarbonato, agua oxigenada o algún limpiador micro-bacteriológico y un cepillo de mango largo. Cabe aclarar que este contenido de sangre no representa ningún riesgo en la condición de la orina, heces o agua de limpieza, dado que la cantidad de patógenos o volumen total de esta sangre es mínima (INTI, 2015).

Lavamanos

Todos los baños deberían tener un lugar para el lavado de manos, ya sea dentro o fuera del cubículo. Si no hay conexión de agua, se recomienda el uso de una estación de lavado de manos ya sea con un tanque de agua, canilla y lavatorio específico para tal fin o con toallas húmedas. En cualquier caso, pueden construirse instalaciones sencillas con latas, botellas de plástico o tanques modificados.

Duchas

La idea de tener una ducha integrada al baño seco con separación de orina para proveer un lugar de lavado que tenga privacidad y a la vez minimice los costos, es ampliamente aceptada. Si se construye un baño seco con separación de orina con un diseño similar a un banco, con un inodoro, podría agregársele una división para agregarle una ducha en forma paralela, y drenar el agua de forma separada al del resto de los residuos. Cabe mencionar que el riesgo de que el agua de la ducha entre a las bóvedas es considerable, con lo que no es enteramente recomendable.

Esta idea es particularmente útil entre aquellos que no utilizan papel higiénico para la limpieza anal sino que se lavan con agua. Esta última práctica, es poco común en el contexto de la comunidad donde se establece el baño sin embargo se lo practica en circunstancias de período menstrual o de sensibilidad en la zona íntima de mujeres y hasta de hombres.

7. Análisis Costo-Beneficio del baño seco

7.1 Inversión inicial

En consonancia con la metodología planteada, se establece la inversión inicial de los baños secos en función de dos variables: materiales de construcción y mano de obra. Hay una gran variedad de opciones, materiales de construcción y diseños para virtualmente cualquier presupuesto existente. Aún más, por lo general los baños secos suelen ser construidos en bajas cantidades, dándole poco lugar a las economías de escala. Los costos de fabricación tienden a bajar cuando la demanda y la competencia aumentan.

El costo de la construcción edilicia de un baño seco con separación de orina no difiere del costo de construcción de cualquier otro baño. Las variaciones de precio pueden estar en el ahorro de cañerías de desagüe y el costo adicional del receptáculo de heces. Adicionalmente, integrar estos baños a casas ya existentes también es un medio efectivo para la reducción de los costos de instalación, dado que se minimizan los requerimientos materiales para el armado de la superestructura... sin embargo, esta opción fue descartada por el dueño de la vivienda donde se estableció el baño seco.

A nivel mundial, los costos de un baño seco con separación de orina de doble cámara de deshidratación oscilan, aproximadamente, entre los 100 y 600 dólares, dependiendo de los materiales y los precios locales, costos de mano de obra y nivel deseado de “belleza y confort” (Dabbah *et al.*, 2015). Otro punto importante a considerar fue la vida útil que se aspira tenga el sanitario seco. En ese sentido se seleccionaron materiales de construcción y acabados de buena calidad para propender una vida útil de la unidad de al menos 30 años.

Con estas consideraciones se elabora el presupuesto para realizar el análisis beneficio-costos. Aquí se incluye la estructura dentro de la cual se depositan las excretas con las respectivas facilidades para el tratamiento *in situ*. Se agrega una estructura adicional obedeciendo a las necesidades expresadas por la familia durante el proceso social. Aquí indicaron su deseo de adosar a la caseta del baño seco una ducha con lavabo externo para abarcar en el mismo lugar el componente de agua e higiene. De esta solicitud nació la Unidad ASH (Agua, Saneamiento e Higiene) que finalmente se construyó en el sitio a un costo de USD \$2.234,00 (ver anexo 1).

7.2 Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de los elementos necesarios para la operación y mantenimiento dependen mucho de la disponibilidad local. En cuanto a las actividades, los propietarios de los baños pueden realizarlas ellos mismo: este escenario es factible en áreas rurales y periurbanas, donde hay espacio suficiente para la disposición y reutilización de las excretas. Los hogares urbanos y aquellos de mayores recursos seguramente contraten servicios externos de limpieza y mantenimiento.

Tabla 3. Elementos de un baño seco y sus usos.

Elemento necesario	Frecuencia de uso	Comentarios
Agua para el limpiado anal y del inodoro	Diaria	Típicamente, unos pocos litros a la semana
Materiales de limpieza	Diaria o semanal	
Material de cobertura seca (Material secante)	Diario	Está disponible de forma gratuita y permanente
Papel higiénico y jabón	Diario	
Vaciamiento y transporte de orina	Semanal	Realizado por usuarios
Vaciamiento y transporte de heces	Bimensual a trimestral	Realizado por usuarios
Post tratamiento de orina heces	De acuerdo a los ciclos de vaciado	Realizado por usuarios
Disposición fuera del lugar de orina y heces	De acuerdo a los ciclos de vaciado	Realizado por usuarios
Limpieza de bloqueos en la cañería de orina	Infrecuente	Realizado por usuarios
Reparación o reemplazo de componentes del sistema	Años	

Basado en criterios recogidos por Dabbah *et al.* 2015

Basado en las actividades identificadas en la tabla 3, se estimó que el tiempo destinado por parte del usuario –en este caso, el padre de la familia- sería de aproximadamente 30 minutos semanales o 2 horas por mes. La hora de trabajo en el campo se paga a 2 dólares lo que significa que el tiempo invertido por el usuario al mes es de 4 dólares. Es importante indicar que el tiempo de trabajo en la operación y mantenimiento del baño seco el usuario lo asume como un acto voluntario, sin embargo, se lo contabiliza para efecto del análisis.

Tal vez el mayor determinante de costos para la operación y mantenimiento de sistemas de saneamiento, sea cual sea, son los gastos de transporte y disposición final. Las distancias de transporte en este estudio de caso son inexistentes pues todo se genera y aprovecha dentro del mismo entorno. En otra circunstancia, deben ser considerados como un costo. El volumen relativamente menor de las heces -en comparación con la orina- podría hacer que sea más fácilmente transportable y más permisivo económicamente que el transporte de la orina, que requeriría vehículos mucho más grandes.

7.3 Otros costos

En esta sección es importante mencionar que la construcción del baño seco no incurrió en costos como la adquisición del terreno, pues fue facilitado por la familia dueña del predio donde se encuentra la vivienda. Fue necesario instalar dentro de la unidad luz eléctrica en caso de requerir su uso en la noche. La proporción de la tarifa de luz que consume el baño es tan insignificante que no se la consideró, ya que la familia la asume como parte del consumo del hogar. Finalmente, la tarifa del agua, que es de apenas 2 dólares mensuales, no se la considera como un costo para el análisis pues este consumo ya existía antes de la instalación de la ducha dentro de la unidad.

7.4 Beneficios económicos

Los baños secos ofrecen beneficios económicos directos e indirectos. Los mismos están vinculados a la vida útil del baño, al ahorro del recurso agua en el consumo diario, el tiempo que ahorran los usuarios por tener un baño dentro del predio de la casa, los días que tienen los usuarios hábiles para trabajar por no enfermarse con enfermedades vinculados a un

saneamiento inadecuado, las pérdidas globales que le generan a una sociedad en su conjunto por no contar con servicios de agua, saneamiento e higiene apropiados.

7.4.1 Beneficios económicos directos

La duración de vida de un baño seco con separación de orina en circunstancias normales es de al menos 25 años pues el inodoro puede ser fácilmente vaciado: depende más de la estructura física del baño, de la calidad de la mano de obra y de los materiales, así como del mantenimiento regular de todo el sistema. En cambio, las letrinas tienen una vida útil menor, especialmente en las configuraciones de fabricación usuales dado que cuando están llenas se las suele abandonar, y son propensas a colapsar cuando se las vacía.

Los baños secos con separación de orina tienen menores costos de vaciado y disposición final que los pozos sépticos y letrinas. Las heces secas de un baño seco con separación de orina pueden ser fácilmente movidos con palas, lo que elimina la necesidad de bombeo para la remoción del barro fecal húmedo. Por lo tanto, los costos operacionales a largo plazo son menores para un baño seco con separación de orina que para las letrinas, y mucho menor en comparación con un sistema basado en agua (Dabbah *et al.*, 2015).

7.4.2 Beneficios económicos indirectos

Una amplia gama de beneficios económicos y sociales puede resultar de la mejora de los servicios de agua y saneamiento. En la tabla 4 se presentan las principales, indicando las que se han incluido en este estudio. Como se desprende de la tabla, se han incluido beneficios que, para muchos, evidencian una evaluación global creíble. En este sentido, una reducción de la carga de enfermedades diarreicas (como el principal impacto en la salud) y los beneficios de tiempo (es decir, los costos de oportunidad ahorrados) se espera que representen una gran parte de los beneficios totales.

Tabla 4. Beneficios globales de un sistema adecuado de saneamiento y agua potable

Beneficios	Saneamiento	Agua
Salud	<ul style="list-style-type: none"> •Casos evitados de enfermedad diarreica. •Casos evitados de helmintos. •Enfermedades relacionadas con la desnutrición. •Impactos en la calidad de vida relacionados con la salud. 	<ul style="list-style-type: none"> •Casos evitados de enfermedad diarreica. •Enfermedades relacionadas con la desnutrición. •Impactos en la calidad de vida relacionados con la salud.
Salud económica	<ul style="list-style-type: none"> •Los costos relacionados con enfermedades como la atención médica, productividad, mortalidad. 	<ul style="list-style-type: none"> •Los costos relacionados con enfermedades como la atención médica, productividad, mortalidad.
Valor del tiempo	<ul style="list-style-type: none"> •Tiempo de viaje y espera evitada. 	<ul style="list-style-type: none"> •Tiempo de viaje y espera evitada para recoger agua.

Basado en estudio conducido por Hutton 2012 para la OMS

La mayoría de los estudios de valoración sobre abastecimiento de agua y saneamiento realizados hasta la fecha rara vez presentan valores. Los valores económicos son la suma de transacciones financieras, efectivo hipotético o real ahorros, así como un valor imputado por servicios no de mercado. Los valores económicos excluyen transferencia de pagos como impuestos y subsidios.

Una vez que se agregan todos estos valores, reflejan el impacto en el bienestar, que es una medida del beneficio o utilidad social.

De todos modos, debería entenderse que los valores económicos no reflejan el impacto financiero directo, por ejemplo, el impacto en efectivo en el hogar (por ejemplo, costos de afrontamiento) en el sector privado (por ejemplo, productividad de los trabajadores), o en el presupuesto de un ministerio sectorial (por ejemplo, ahorros en atención médica). Establecido sobre las cifras económicas, es difícil para el sector privado evaluar el potencial del mercado (Hutton y Varughese, 2016).

Se necesitan análisis separados sobre las condiciones del mercado y la disposición a pagar para comprender mejor los impactos financieros directos. Como un análisis puramente financiero infravalorará el agua y servicios de saneamiento, el propósito es centrarse en los costos generales y beneficios para la sociedad, informando así los debates generales sobre el nivel "correcto" de cobertura y asignación de recursos y las tecnologías "adecuadas".

7.5 Herramienta de medición Iniciativa de Economía del Saneamiento (IES)

En 2007, en reconocimiento del papel vital de la evidencia económica en la mejora de la eficiencia y la eficacia de los programas de saneamiento e higiene, y para proporcionar materiales de promoción para atraer más fondos a estos temas sin prioridad, el Programa de Agua y Saneamiento (WSP) lanzó la Iniciativa de Economía del Saneamiento (IES). El objetivo de la ESI en su primera fase era estimar los costos económicos del déficit de saneamiento en cinco países de Asia Oriental y el Pacífico (Hutton *et al.*, 2008).

En 2008, se estudiaron tres países de Asia meridional (Barkat, 2011; Nishat, 2011; Tyagi, 2010). Sobre la base del enfoque y la metodología desarrollados en Asia, el estudio se expandió a África en 2010. Para abarcar más países de África, se utilizó una metodología simplificada que fue desarrollada, centrándose en los costos económicos más fáciles de estimar y más importantes de un saneamiento inadecuado (Hickling y Hutton, 2014).

La herramienta IES comprende un modelo informático que permite a un analista implementar de manera práctica una evaluación económica. Además, la herramienta proporciona una gama de evaluaciones que se pueden realizar utilizando la misma herramienta, lo que fomenta la consolidación y comparación de diferentes medidas de desempeño económico y financiero.

Una de las principales fortalezas de la herramienta IES es que permite dimensionar la implementación de una solución sanitaria en el contexto en el que se la aplique. Es decir, la herramienta no circunscribe su análisis a cierto tipo de tecnologías, rasgos de concentración demográfica, aspectos socioeconómicos, aspectos ambientales, etc. Además de beneficiar al analista que lo utiliza, la herramienta está destinada a facilitar la capacitación y el flujo de información que brinden a los tomadores de decisiones una mayor comprensión de los aspectos económicos del saneamiento y la higiene.

Para su uso la herramienta ESI está estructurada de la siguiente manera:

- ❖ **Análisis de Costo de la Tecnología (ACT).**- Permite comparar, utilizando el análisis de costos de la vida útil, el costo por hogar para diferentes combinaciones de tecnologías de saneamiento e identificar la opción de menor costo. Los costos se pueden evaluar

por separado o en conjunto en términos de capital inicial, mantenimiento de capital continuo, costos recurrentes anuales y costo anual total equivalente.

- ❖ **Análisis de Costo de Daños (ACD).**- Cuantifica el impacto negativo monetizado de un saneamiento e higiene deficientes o lo que genera el costo de la inacción. El ACD permite explorar los vínculos potenciales entre saneamiento y pobreza, con la implicación de justificar la intervención de saneamiento desde la perspectiva de su impacto en la pobreza. Los daños que se estiman en términos monetarios se pueden comparar con otras intervenciones de desarrollo y, en algunos casos, se pueden utilizar para persuadir a los bancos de desarrollo u otros financistas de que el saneamiento merece fondos públicos.
- ❖ **Análisis de Beneficios (AB).**- Permite estimar los beneficios utilizando el enfoque que evalúa qué proporción de los costos de los daños se pueden evitar con intervenciones específicas, lo que corresponde al beneficio potencial de bienestar social de estas intervenciones.
- ❖ **Análisis de Costo Beneficio (ACB).**- Comparar la eficiencia social de la intervención de saneamiento. La tasa interna de retorno (TIR) muestra la tasa de rendimiento equivalente anual del gasto en saneamiento durante la duración de la intervención sostenida. La relación costo-beneficio (BC) muestra el número promedio de veces que los beneficios superan los costos de la intervención a lo largo de su vida. El período de recuperación (PR) muestra la cantidad de meses y años después de los cuales los beneficios económicos superan los gastos de saneamiento. El valor actual neto (VAN) es el flujo de beneficios total menos los costos totales: el rendimiento económico neto para la sociedad. En CBA, todos los costos y beneficios futuros se valoran a precios actuales utilizando una tasa de descuento elegida.

La calidad de los resultados producto de la herramienta IES radican -en gran medida- en la confiabilidad de los datos que se ingresen en las diferentes variables que considera la herramienta. Algunos de estos datos son complejos de recolectar y tabular pues la información no está siempre disponible a nivel de las instituciones y levantarlas en el terreno demanda recursos financieros y tiempo.

Para un solo conjunto de datos de la herramienta, es posible recopilar valores de más de una de fuente. Cuando hay varios valores disponibles, es necesario compararlos para determinar su solidez científica y su aplicabilidad en los entornos en los que se está aplicando la herramienta IES. Incluso cuando un valor de datos está disponible de una sola fuente de datos, debe evaluarse críticamente utilizando los criterios de solidez científica y relevancia para el sitio seleccionado. Hay ocasiones en los que se depende de una combinación de fuentes de datos secundarios (como la literatura publicada) y la opinión de expertos, y tener en cuenta la considerable incertidumbre al interpretar los resultados.

7.5.1 Datos de entrada de IES

La herramienta IES calcula el impacto económico que tiene los servicios inadecuados de saneamiento a través de enfermedades vinculadas a este contexto. En ese sentido, se obtuvo información de Ecuador para la prevalencia o incidencia de cada enfermedad estudiada. La tabla 5 combina información de registros administrativos y de encuestas de hogares: el RDACAA (Registro Diario de Atenciones de Consultas y Atenciones Ambulatorias) y de la encuesta

ENSANUT (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición) 2018. Estos datos se generan bianualmente pero debido –principalmente- a la pandemia esta información no fue actualizada en 2020 y todavía no se publican los de 2022.

A través del RDACAA se tabularon y estimaron la incidencia de todas las enfermedades con excepción de la desnutrición global, enfermedades infecciosas respiratorias agudas (IRAS), y las diarreas agudas (EDAs), cuya fuente fue ENSANUT 2018. En la tabulación de la información, los grupos etarios se determinaron como lo indica la herramienta:

- De 0 a 4 años: se utilizó la información sin modificar o reagrupar.
- De 5 a 14 años: Se consolidó la información sumándose los datos del grupo de 5 a 9 años y de 10 a 19 años.
- De 15 años en adelante: se utilizó los datos que van desde los 20 años a los 65 años o más.

Es necesario indicar que el RDACAA es un sistema cuyos últimos datos fueron publicados en el 2016 mientras que los datos del ENSANUT han actualizados sus resultados para la población con Diarreas Agudas (EDAs) e IRAS y desnutrición global al 2018. Es probable que estos porcentajes hayan sido ligeramente mayores en el 2016 que los del 2018, por lo que podría haber cierta subestimación. Las enfermedades con mayores incidencias o morbilidad por año por persona son: las IRAS y la diarrea moderada, especialmente, en el grupo de 0-4 años. El porcentaje de la población con desnutrición global (bajo peso para la edad) es de 5,6% entre los niños.

Tabla 5. Incidencia y % de la población en Ecuador (desnutrición, helmintos y enteropatía).

Enfermedades relacionadas con saneamiento	0-4 años	5-14 años	15+ años
Diarrea moderada	4,5	1,272	0,75
Diarrea severa	2,656	0,747	0,262
Hepatitis A	0,01	0,015	0,001
Malaria	0,001	0,002	0,001
Infección Respiratoria Aguda	1,0	0,5	0,5
Helmintos	0,04%	0,07%	0,03%
Enteropatía	0,009%	0,004%	0,017%
Desnutrición global	5,58%	2,06%	1,24%
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	0-4 años	5-14 años	15+ años
Sarna	0,152	0,075	0,025
Tracoma	0	0	0

Basado en datos RDACAA 2016, ENSANUT 2018

Atribución de enfermedades al estado de los servicios de agua, saneamiento e higiene

No todas las enfermedades que se anotan en la tabla 5, tienen su origen en servicios inadecuados de ASH (Agua, Saneamiento e Higiene) o en la ausencia de estos servicios; se recomienda darles una atribución. En Ecuador no existe una tasa de atribución oficial, por esa razón se optó por utilizar para las enfermedades del estudio la referida por Prüss-Ustün *et al.* (2019) y la de la propia metodología IES que también se nutre de fuentes de alta confiabilidad.

Puntualmente, para las diarreas, IRAS, desnutrición, malaria, helmintos, y tracoma, se utilizaron las estimaciones basadas en el trabajo especializado: “Burden of disease from inadequate water,

sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis with a focus on low and middle income countries” (Prüss-Ustün *et al.*, 2019). El resto de los casos, se usó valores recomendados por la metodología ESI que de igual manera se apoya en estudios científicos. La tabla 6 indica los valores determinados para Ecuador considerándolo un país de ingresos medios.

Tabla 6. Tasa de distribución (%) de casos de cada enfermedad debido a ASH inadecuados.

Enfermedades relacionadas con saneamiento	%
Diarrea moderada	60
Diarrea severa	60
Hepatitis A	80
Malaria	80
Infección Respiratoria Aguda	20
Helmintos	100
Enteropatía	100
Desnutrición global	16
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	%
Sarna	90
Tracoma	100

Basado en International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2019

Para estimar los costos financieros de tratar las enfermedades de manera ambulatoria, se obtuvo información del promedio de visitas de pacientes externos, tabulando información recibida de la Dirección de Economía de la Salud del Ministerio de Salud Pública. El costo de las medicinas y otros insumos se recabó entrevistando a médicos rurales.

Tabla 7. Visita de pacientes externos (promedio de visitas por caso que busca tratamiento)

Enfermedades relacionadas con saneamiento	0-4 años	5-14 años	15+ años
Diarrea moderada	1,1	2,2	3,5
Diarrea severa	1,1	2,2	3,5
Hepatitis A	1,2	2,5	3,7
Malaria	1,1	2,2	3,2
Infección Respiratoria Aguda	1,2	2,3	3,7
Helmintos	1,0	2,2	3,3
Enteropatía	1,1	2,0	3,2
Desnutrición global	1,5	2,8	4,7
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	0-4 años	5-14 años	15+ años
Sarna	1	2,2	3,3
Tracoma	0	0	4

Basado en datos RDACAA del MSP

Tabla 8. Costo de medicinas e insumos por visita de paciente externo en dólares

Enfermedades relacionadas con saneamiento	0-4 años	5-14 años	15+ años
Diarrea moderada	8	8	8
Diarrea severa	8	8	8
Hepatitis A	5	5	5
Malaria	50	50	50
Infección Respiratoria Aguda	12	12	12
Helmintos	5	5	5
Enteropatía	7	7	12
Desnutrición global	15	15	40
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	0-4 años	5-14 años	15+ años
Sarna	30	30	30
Tracoma	5	5	5

Basado en consultas a médicos rurales

Fue necesario contrastar esta información con estadísticas de hospitalización para cada enfermedad en entidades públicas, así como indicar el tiempo promedio de estadía en los distintos establecimientos de salud para cada tipo de enfermedad (ver tablas 7 y 8). Las consultas realizadas a médicos rurales, también fue la fuente de información para conocer la tasa de admisión (tabla 9) para cada enfermedad excepto para el caso de desnutrición cuya fuente es la metodología IES. La estadía del paciente expresado en días promedio por paciente admitido fue obtenida del RDACAA (tabla 10).

Tabla 9. Tasa de admisión de pacientes (% de casos por enfermedad que es admitido)

Enfermedades relacionadas con saneamiento	0-4 años	5-14 años	15+ años
Diarrea moderada	0%	0%	0%
Diarrea severa	100%	100%	100%
Hepatitis A	0%	0%	0%
Malaria	0%	20%	30%
Infección Respiratoria Aguda	50%	40%	0%
Helmintos	0%	0%	0%
Enteropatía	0%	0%	0%
Desnutrición global	30%	30%	30%
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	0-4 años	5-14 años	15+ años
Sarna	30%	30%	30%
Tracoma	30%	30%	30%

Basado en datos de RDACAA, ESI y médicos rurales

Tabla 10. Estadía de paciente admitido (días promedio por paciente admitido)

Enfermedades relacionadas con saneamiento	0-4 años	5-14 años	15+ años
Diarrea moderada	0	0	0
Diarrea severa	3	2	2
Hepatitis A	0	0	0
Malaria	0	0	1
Infección Respiratoria Aguda	3	3	4
Helmintos	0	0	0
Enteropatía	0	0	0
Desnutrición global	5	4	8
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	0-4 años	5-14 años	15+ años
Sarna	0	0	0
Tracoma	0	0	0

Basado en datos del RDACAA

La tabla 11 muestra el costo de medicamentos e insumos por paciente internado. Esta información se la obtuvo de la Coordinación General de Desarrollo Estratégico en Salud, de la Dirección Nacional de Economía de la Salud, y del Tarifario de Prestaciones para el Sistema Nacional de Salud. Cabe indicar que las dependencias que se mencionan anteriormente forman parte del MSP (Ministerio de Salud Pública), las cuales no incluyen entre sus datos los valores que aplican en el sector privado.

Tabla 11. Costo diario de medicamentos e insumos por paciente internado (en dólares)

Enfermedades relacionadas con saneamiento	0-4 años	5-14 años	15+ años
Diarrea moderada	0	0	0
Diarrea severa	113	197	197
Hepatitis A	0	0	0
Malaria	0	0	0
Infección Respiratoria Aguda	249	453	326
Helmintos	28	28	37
Enteropatía	0	0	0
Desnutrición global	60	75	38
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	0-4 años	5-14 años	15+ años
Sarna	0	0	0
Tracoma	0	0	0

Basado en datos del MSP

La información relacionada a la búsqueda de tratamiento en instalaciones públicas y privadas representativas a la población rural para los 3 rangos etarios fue obtenida de ENEMDU; para el caso de la población que busca atenderse directamente en las farmacias, proveedores informales u opta por el auto tratamiento, se usó información de la ECV (Encuesta de Condiciones de Vida) del año 2014.

La tabla 12, por su parte, da cuenta que en el ámbito rural la mayoría de la población que es internada, lo hace en un establecimiento público, lo cual tiene sentido pues es la opción más disponible –o incluso la única- en el ámbito rural.

Tabla 12. Búsqueda de tratamiento: % de casos de enfermedad que busca tratamiento (por tipo de instalación).

Tipo de instalación	0-4 años	5-14 años	15+ años
Instalación Pública	80%	75%	73%
Instalación Privada formal	0%	15%	17%
Farmacia	5%	5%	5%
Proveedor privado informal	0%	0%	0%
Remedio casero o autotratamiento	15%	15%	15%
Otro proveedor	12%	12%	12%

Basado en datos de ENEMDU y ECV 2014

Tabla 13. Proporción de casos pacientes admitidos en establecimientos de primer nivel

Tipo de instalación	0-4 años	5-14 años	15+ años
Instalación Pública	90%	90%	90%
Instalación Privada	10%	10%	10%

Basado en consultas a médicos rurales

La información sobre los casos de pacientes admitidos en instalación pública o privada se obtuvo por medio de consultas con médicos que trabajan en el área rural del país (Manabí, Amazonía y Loja). A nivel nacional las proporciones son 70% y 30% pero en el ámbito rural estas suben a un 90% en favor de instalaciones públicas (ver tabla 13).

La información de costos de atención por consulta médica externa (ver tabla 14) se obtuvo de ENSANUT 2012, salvo el de instalaciones públicas donde se usó ECV 2014. Mientras que los datos de ENSANUT indican lo que pagó la familia rural en la consulta externa, el dato de ECV para instalación pública representa el costo real para el Estado de una consulta externa.

El costo diario del cuidado del paciente internado en instalaciones públicas se obtuvo del TSPM (Tarifario para Servicios Profesionales Médicos) del MSP. El costo de transporte y de gastos de farmacia, proveedores privados informales, remedio casero o auto tratamiento, se obtuvieron de ENSANUT 2012. En lo referente a la hospitalización en instalación privada, se optó por repetir los valores de la instalación pública, pues la ACHPE (Asociación de Clínicas y Hospitales Privados del Ecuador) no reporta registro. Esto último implica que la estimación del costo de atención privada es relativamente conservador, partiendo del supuesto que la atención en el sector privada es usualmente más caro (tabla 15).

Tabla 14. Costo en dólares de acceder a curación por visita externa (consulta médica + transporte)

Tipo de instalación	0-4 años	5-14 años	15+ años
Instalación Pública	29,60	29,60	29,60
Instalación Privada formal	11,76	21,16	27,32
Farmacia	12,44	8,00	20,62
Proveedor privado informal	14,94	23,60	8,04
Autotratamiento	8,60	8,60	8,60

Otro	0,00	1,00	10,65
Transporte	2,49	2,53	4,01

Basado en datos del TSPM del MSP, ENSANUT 2012

Tabla 15. Costo diario de hospitalización en dólares

Tipo de instalación	0-4 años	5-14 años	15+ años
Instalación Pública	56,15	56,15	56,15
Instalación Privada	56,15	56,15	56,15
Transporte	2,49	2,53	4,01

Basado en datos del TSPM del MSP

Los costos expuestos en las tablas anteriores no son los únicos asociados por daños a la salud debido a las condiciones sanitarias del hogar o del entorno. Hay un costo adicional vinculado a la productividad del individuo –niño o adulto- que se pierde por estar ausente de la escuela o del trabajo al encontrarse inhabilitado por algún tiempo a consecuencia de una enfermedad de origen hídrico. El costo derivado de esta circunstancia la herramienta IES lo incorpora para determinar con mayor exactitud las pérdidas sociales por este concepto (tabla 15).

Costos en productividad perdida por razones de salud

Las enfermedades provocan la ausencia de los individuos de sus ocupaciones cotidianas. En el caso de niños y niñas, estos producen ausentismo escolar y afectan la capacidad de estos para estar al día en sus labores escolares. Partiendo del principio que el tiempo perdido de trabajo, escuela u otra actividad tiene un valor, la metodología desarrollada por Hutton *et al.* (2008) recomienda tomar como referencia los días de hospitalización del individuo incrementando 1 o 2 días dependiendo de la severidad del caso (tabla 16).

Tabla 16. Días fuera de actividades rutinarias.

Enfermedades relacionadas con saneamiento	0-4 años	5-14 años	15+ años
Diarrea moderada	0	0	0
Diarrea severa	4	4	3
Hepatitis A	0	0	0
Malaria	0	0	0
Infección Respiratoria Aguda	6	4	5
Helmintos	0	0	0
Enteropatía	0	0	0
Desnutrición global	6	5	9
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	0-4 años	5-14 años	15+ años
Sarna	0	0	0
Tracoma	0	0	0

Basado en datos de MSP+1

El dato para niños y niñas en edad escolar (0-14 años) tiene un efecto en la pérdida de ingresos financieros de la madre o padre que, por cuidarlos, se ausenta de sus actividades productivas o domésticas. Además, afecta su desempeño porque se demora más tiempo en completar sus estudios o deserta de los mismos, lo que conlleva un costo financiero adicional para el hogar y un efecto económico en términos de ingresos futuros en el mercado.

La manera más común para determinar dicho costo consiste en asignarle un valor a lo que un individuo obtiene como retribución por su trabajo productivo. El trabajador agrícola pierde el 100% de su ingreso diario por cada día no trabajado. Para esta última variable, por el carácter rural del estudio, se estableció utilizar el salario agrícola anual promedio estimado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (USD\$ 4.453) vigente al 2018 entre otras opciones como el PIB per cápita, salario mínimo, salario promedio, etc, (tabla 17).

Por otro lado, para aquellos individuos que no pierden ingresos por trabajo, también hay una pérdida en su bienestar económico, que es menor que la pérdida financiera mencionada anteriormente, pues depende de lo que ese individuo esté haciendo con su tiempo (ocio o estudiando). El presente estudio considera valores preestablecidos sugeridos por Gwilliam (1996) y asumidos por el modelo financiero de la herramienta IES para el valor económico del tiempo, que equivalen al 35% del costo financiero para un adulto que no trabaja (USD\$ 1.159), 15% para un niño entre 5-14 años, y 10% para un niño o niña entre 0-4 años.

En resumen, este cálculo establece qué proporción del valor unitario del tiempo (salario agrícola) se pierde en cada grupo etario cuando el individuo está enfermo, deja de trabajar, o de disfrutar del ocio o de estudiar. Ese valor es el costo de oportunidad por estar enfermo.

Tabla 17. Unidad para el valor del tiempo

Salario agrícola anual (USD)	4.453
Crecimiento anual promedio de largo plazo del salario agrícola anual	2,44%
Valor del tiempo como proporción del valor unitario de la jornada para los diferentes grupo etáreo	
Trabajador adulto (15+ años)	100%
Adulto sin trabajo (15+ años)	35%
Niños edad escolar (5-14 años)	15%
Niños (0-4 años)	10%
Días promedio de trabajo por año (ENEMDU 2018)	209

Basado en datos MAG 2018 y valores default de la herramienta ESI

Costo de una muerte prematura por razones de salud

La pérdida de una vida, en esencia, no debería tener un valor financiero o económico pues la vida se expresa de manera multidimensional, incluyendo los aspectos humanos, emocionales y afectivos. Sin embargo, partiendo de la intención de aproximar un valor monetario a esta pérdida, existen técnicas económicas que la metodología ESI recomienda utilizar, asociadas a razones atribuibles a falta de servicios de ASH adecuados (ver tabla 18).

En ese sentido, una muerte prematura producida por una enfermedad mal curada o que no se puede tratar oportunamente representa una pérdida para la sociedad de varias maneras. Ese costo se estima multiplicando el número de muertes prematuras (debido a cada tipo de enfermedad) por el valor económico de una muerte. Es complejo valorar la muerte prematura de un ser humano; sin embargo, existen varios métodos para ello.

Tabla 18. Número de muertes por cada mil por tipo de enfermedad

Enfermedades relacionadas con saneamiento	0-4 años	5-14 años	15+ años
Diarrea moderada	0,006	0,002	0,038
Diarrea severa	0,002	0	0,007
Hepatitis A	0	0	0
Malaria	0	0	0
Infección Respiratoria Aguda	0,0003	0	0,0004
Helmintos	0	0	0
Enteropatía	0	0	0
Desnutrición global	0,0003	0	0,007
Enfermedades relacionadas con el lavado de manos	0-4 años	5-14 años	15+ años
Sarna	0	0	0
Tracoma	0	0	0

Basado en datos de INEC a partir de Base de datos de Egresos Hospitalarios

Uno de los métodos que se aluden en este estudio se denomina Enfoque de Capital Humano (Human Capital Approach o HCA en inglés), que calcula el valor de una muerte prematura al valor de los ingresos futuros (descontados a una tasa de interés) que el individuo hubiera producido desde el día de su muerte hasta el fin de su ciclo productivo. Otro método valora la vida más allá de su potencial productivo y agregan al cálculo lo que el individuo o sociedad estaría dispuesto a pagar para reducir el riesgo de morir (willingness to pay method).

Desafortunadamente, no existen estudios usando estos métodos para países de la región de América Latina y El Caribe. Por esa razón se utiliza en este trabajo una metodología que “transfiere” el valor de una vida en países desarrollados a una vida en un país como Ecuador, ajustando proporcionalmente las diferencias en los valores del Producto Interno Bruto de cada país.

Para el valor monetario de una muerte prematura se tomó como referencia el valor estadístico de la vida (VSL en inglés) para el Ecuador rural, utilizando este último enfoque de “transferencias”. Siguiendo la herramienta ESI, el VSL referencia es el de Estados Unidos de América que fue estimado por Miller (1990) en USD 3'472.000, el cual se ajustó por el ratio PIB per cápita de Ecuador (USD 5.927 en 2018) al PIB per cápita para Estados Unidos de América en 2018 (USD 57.904), lo cual dio un valor de VSL para Ecuador de USD 355.390 (ver tabla 19).

Tabla 19. Valor Estadístico de una vida en Ecuador

Valor en Estados Unidos (USD)	3.472.000
PBI per cápita en Estados Unidos (USD)	57.904
PBI per cápita en Ecuador (USD)	5.927

Insumos para estimar el costo del tiempo perdido por acceder a instalaciones sanitarias

Para la estimación de la pérdida económica de toda una población que resigna ingresos dedicando tiempo a acceder a instalaciones sanitarias, se requieren datos del tipo de acceso a instalaciones y de la ausencia de servicios (el porcentaje de la población que defeca al aire libre). La herramienta ESI se alimenta también con datos como: el tiempo que toma la práctica de saneamiento según el tipo de acceso; y el número de veces al día que se realiza la práctica de saneamiento.

La encuesta ENEMDU 2018 provee suficiente información de coberturas representativa de los 3 grupos etarios y por género, para el acceso a instalaciones privadas, instalaciones compartidas con vecinos y de la población que al 2018 defecaba al aire libre. Sin embargo, esta fuente no provee estimaciones de la población que usa instalaciones comunitarias o públicas que puedan ser reflejadas en este estudio.

Además de las estadísticas oficiales se elaboraron presunciones basadas en conversaciones con pobladores rurales y funcionarios de SENAGUA: que la mitad de la población que aún defeca al aire libre lo hace dentro de su predio y la mitad fuera de su predio; que esta actividad le toma alrededor de 20 minutos, para defecar en campo abierto, desde que sale de su hogar y regresa. Se estima también que el lugar donde defeca está a una distancia de entre 100 y 200 metros del hogar; y finalmente, que dicha población rural defeca al menos 2 veces al día, indistintamente del grupo etario o género al que pertenecen (ver tablas 20, 21 y 22).

Tabla 20. Prácticas de saneamiento según tipo de instalación

Tipo de instalación o práctica	Hombre			Mujer		
	0-4 años	5-14 años	15+ años	0-4 años	5-14 años	15+ años
Defecación aire libre, fuera del predio	5%	3,1%	2,4%	5%	3,7%	2,3%
Defecación aire libre, dentro del predio	5%	3,1%	2,4%	5%	3,7%	2,3%
Instalación compartida con vecinos	2,3%	2%	1,3%	2,2%	2,8%	1,2%
Instalaciones comunitarias	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Instalaciones públicas, público general	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Instalación privada propia (de cualquier tipo)	87,7%	91,8%	93,9%	87,8%	89,8%	94,2%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Basado en datos de ENEMDU 2018

Tabla 21. Tiempo de acceso a instalación sanitaria

Tipo de instalación o práctica	Hombre			Mujer		
	0-4 años	5-14 años	15+ años	0-4 años	5-14 años	15+ años
Defecación aire libre, fuera del predio	20	20	20	20	20	20
Defecación aire libre, dentro del predio	5	5	5	5	5	5
Instalación compartida con vecinos	5	5	5	5	10	10
Instalaciones comunitarias	5	5	5	10	10	10
Instalaciones públicas, público general	10	10	10	10	10	10
Instalación privada propia (de cualquier tipo)	0	0	0	0	0	0

Basado en consultas a usuarios

Tabla 22. Número de veces al día que practica la defecación

Tipo de instalación o práctica	Hombre			Mujer		
	0-4 años	5-14 años	15+ años	0-4 años	5-14 años	15+ años
Defecación aire libre, fuera del predio	2	2	2	2	2	2
Defecación aire libre, dentro del predio	2	2	2	2	2	2
Instalación compartida con vecinos	2	2	2	2	2	2
Instalaciones comunitarias	2	2	2	2	2	2
Instalaciones públicas, público general	2	2	2	2	2	2
Instalación privada propia (de cualquier tipo)	2	2	2	2	2	2

Basado en presunciones del autor

Insumos para estimar el costo de acceder a agua no contaminada

En Ecuador, la contaminación del agua es un tema recurrente debido a diversos motivos que fueron tratados en capítulos anteriores. Esto implica que el agua de consumo doméstico deba ser tratada por un proveedor en plantas de potabilización con un costo para evitar un impacto negativo en la salud humana. Los hogares rurales obtienen agua (normalmente sin potabilizar) abastecida por red, principalmente, de Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento (JAAP), por abastecedores en carros-cisternas, pozos o manantiales no protegidos, o la adquieren embotellada.

La herramienta IES requiere estimar el costo financiero para los hogares de comprar el agua de un proveedor que la entrega por tubería o por otro medio, de comprar agua embotellada debido a la desconfianza que le genera la fuente que le abastece en el hogar; el gasto en tratar el agua cuando la obtiene de una fuente no protegida; y, también, el costo económico (valor del tiempo) de tener que acarrear el agua.

Tabla 23. Fuente de agua principal (%) y consumo de agua (m³)

Agua para consumo humano	Fuente de agua principal del hogar		Consumo de agua (m ³ por hogar por día)	
	Potable	Otros usos	Potable	Otros usos
Agua que se compra				
Red al hogar	71%	77%	0,32	0,11
De carro repartidor	0,5%	1%	0	0
Embotellada	9%	0%	0,05	0
Instalaciones comunitarias	0%	0%	0	0
Agua que no se compra				
Pozo o manantial protegido	7%	5%	0	0,05
Pozo o manantial no protegido	4%	5%	0	0,05
Agua superficial: río/ lago/ manantial/ acequia	6%	8%	0	0,05
Otras fuentes	2%	4%	0	0

Basado en datos de ENEMDU 2016

Con el fin de estimar los costos de tener agua para consumo y otros usos domésticos, independientemente del tipo de acceso al agua que tenga el hogar, se recabo información de la ENEMDU 2016 sobre el tipo de acceso a una fuente de agua y prácticas de tratamiento en el hogar. Los datos de consumo de agua en metros cúbicos (ver tabla 23) por hogar por día se obtuvieron de Nolasco (2007), prácticas de tratamiento en el hogar y el costo de tratar el agua por diversos métodos.

Los datos para el costo unitario del agua (ver tabla 24) se obtuvieron de la base de datos del ARCA para la fuente Red al Hogar, sobre información reportada por 1.100 JAAP's al 2018 (promedio de todas las tarifas), mientras que los precios de "vendedor" y de agua embotellada a partir de notas de prensa. También se valorizó el tiempo diario gastado en acarrear agua de fuentes cercanas (ver tabla 25).

Las tablas 25 y 26 presentan información sobre el gasto por hora de acarrear agua, el porcentaje de hogares que tratan su agua por diferentes métodos y el costo según método usado. Para estimar el gasto de los hogares rurales en tratar el agua que consumen se realizó un desglose de costos partiendo del hecho que la hierven con gas de uso doméstico: se estimó un costo del cilindro de gas a USD \$3,5 de 15 kg, con una duración de 30 días. Esto implica un costo diario de USD \$0,1167 por día, con un uso diario de 6 horas de los cuales se destina 0,5 horas para hervir 40 litros para todo uso (familia de 5 personas). Resulta un costo de USD \$ 0,24 por m³ asumiendo además que la familia hierva la mitad del uso diario.

Tabla 24. Costo unitario por m³

Agua que se compra	Potable	Otros proveedores
Red al hogar	0,24	0,24
De vendedor	3,85	3,85
Embotellada	250	250
Otras que se compran	0	0

Basado en datos del ARCA 2017

Tabla 25. Gasto y tiempo por hora de acarrear agua en dólares

Fuente	Gasto por hora de acarrear agua	Tiempo gastado en acarrear agua de fuentes comunitarias (horas por día por hogar)
Pozo o manantial protegido	0,93	0,58
Pozo o manantial no protegido		
Agua superficial: río/ lago/ manantial/ acequia		

Basado en datos de ENEMDU 2016

Tabla 26. Porcentaje de hogares que tratan su agua por diferentes métodos

Método de tratamiento	Potable
Hervida	40%
Filtro	1%
Cloración	1%
Otro	0%
No tratan	58%

Basado en datos de ENEMDU 2016

Costos en la salud por inundaciones

Los costos de atención médica asociados con el tratamiento de enfermedades causadas por inundaciones, incluidos los costos de tratamiento de enfermedades diarreicas e infecciones cutáneas causadas por inundaciones debido a un saneamiento inadecuado, se estiman para toda la población de referencia multiplicando los costos unitarios del tratamiento por el número de casos notificados por evento de inundación.

Tabla 27. Información de eventos de inundación y costos (en dólares) a la salud

Datos para medir el impacto de las inundaciones	País
Número de eventos de inundación por año	1
Casos de diarrea tratada por eventos de inundación	1.865
Casos de infecciones a la piel tratados por eventos de inundación	ND
Costo de tratamiento de diarrea tratada por caso	263
Costo de tratamiento de infección a la piel tratada por caso	ND

Basado en datos del INEC 2016

A nivel país, las inundaciones se suceden en los años más lluviosos y en ciertas zonas de características inundables. En ese sentido, el INEC contabiliza anualmente estos eventos como uno solo. La manera de tabular los datos no permite distinguir los casos de diarrea debido a inundaciones con lo que se considera aquellos directamente involucrados en un evento climático al 0,02% (este valor es recogido del testimonio de expertos en salud pública con énfasis en enfermedades de origen hídrico). Esto nos arroja un total de casos anuales de 1.865 con un costo referido de la tabla de incidencias de USD \$263 (ver tabla 27).

La metodología también considera los casos de infecciones a la piel tratados por eventos de inundación y su respectivo costo. Desafortunadamente, no se levantan este tipo de datos en las estadísticas nacionales por considerarlos exógenos al evento. Por esta razón, se anotó en la tabla de criterios considerados para medir esta variable pero su valor se lo estableció en cero por la ausencia de datos. Esta tiene como implicación que la estimación del costo por inundación esta subvalorado en la metodología IES.

Insumos para medir el impacto sobre el turismo

La herramienta IES estima las ganancias netas potenciales de ingresos por un mayor número de turistas debido a la mejora del saneamiento. Debido a que el valor generado por los turistas que visitan un área por placer u otras razones no relacionadas con el trabajo a menudo varía significativamente del valor generado por los visitantes de negocios, las dos categorías se evalúan por separado.

Tabla 28. Información de visitantes en el país y su atribución a un saneamiento adecuado

Datos para medir el impacto en el turismo	Turismo	Negocios
Número de visitantes por año	1'200.000	50.270
Días promedio de visita	11	4
Valor de mercado promedio por visitante por día	118	265
Utilidad promedio por turista por día (en porcentaje)	45%	30%
Meta de visitantes por año	1'230.000	51.527
Proporción de visitantes atribuida a un saneamiento adecuado	10%	10%

Basado en datos del Ministerio de Turismo 2016

La tabla 28 presenta información del número de visitantes que recorre el país por turismo o negocios. Para diferenciar correctamente ambos grupos se establece criterios como el número de días promedio de su visita, lo cual viene acompañado del valor de mercado por visitante cada día que permanece en el lugar. Esto nos indica que los visitantes por turismo aunque permanezcan más tiempo, gastan menos dinero que los visitantes por negocio, aún cuando la utilidad es un 15% mayor para los visitantes por turismo. El investigador atribuye un 10% de incremento de turistas debido a un saneamiento adecuado basado en literatura consultada.

7.5.2 Datos de salida: Resultados

Costos

Los datos de salida del modelo indican que, a nivel agregado, el costo anual de daños para Ecuador de no tener servicios adecuados de Agua, Saneamiento e Higiene en el área rural es equivalente al 2.86% del PIB, es decir, aproximadamente USD \$2.974 millones (PIB del 2018) (ver tabla 29).

Tabla 29. Impactos (costos) totales (USD \$) anuales por persona, por hogar y para el país

Impacto	Por persona	Por hogar	País
Impactos en Salud	266	1328	2.027.997,523
Costo de cuidados de la salud	234	1168	1.784.212.934,46
Pérdida de productividad por razones de salud	30	152	231.746.218,80
Costo de muertes prematuras por razones de salud	1,6	8	12.038.369,30
Impactos en el tiempo perdido	0,02	0,09	143.799,16
Impacto sobre recursos hídricos	124	618	944.169.577,63
Costo para los hogares por acceder a agua limpia	124	618	943.699.597,63
Salud por inundaciones	0	0	469.980,00
Impactos sobre el Turismo	0,23	1	1.793.576,95
TOTAL	389	1947	2.974.104.476,30
	%PIB		2,86%

El impacto más significativo en esta medición se genera en cuestiones de salud. La falta de condiciones para servicios sanitarios adecuados impacta en la economía del país hasta con un 1,95% del PIB. Esto genera una afectación a la sociedad por tener que pagar a través de impuestos servicios de salud que cumplen un rol curativo antes que preventivo lo cual encarece la intervención y la vuelve menos eficiente.

Los costos de “cuidados en la salud” son los de mayor magnitud dentro del impacto que ocasiona la falta de saneamiento en la salud de una sociedad. Estos costos están asociados con la búsqueda de tratamiento para curar una enfermedad, incluidos los costos de los medicamentos, el transporte a un centro de atención médica, el alojamiento y la consulta con el personal médico. Los gastos de transporte y alojamiento pueden ser asumidos tanto por el paciente como por cualquier persona que lo acompañe.

El análisis solicita el costo total de los recursos, no necesariamente el precio pagado por estos servicios. Estos costos no incluyen el tiempo dedicado a buscar atención médica, que se incluye en la pérdida de tiempo relacionada con la salud. Estos costos están subvalorados cuando se trata de atención de salud en el rango de 0 a 15 años pues se asume que recibirán atención en el hogar y no se reconoce que el tiempo destinado a estos cuidados podría ser enfocado en actividades más productivas.

La medición del costo sobre factores como el tiempo es aparentemente poco significativa. Esto se debe a que –dentro de los datos recabados- la mayoría de las familias en la zona rural tienen una facilidad sanitaria (indistintamente del estado en que se encuentre) a una distancia cercana. Es verdad que el tiempo requerido para este fin varía dependiendo del género y del grupo étnico, pero aun así el impacto económico sigue siendo mínimo.

Los servicios de saneamiento inadecuados o deficientes tienen un impacto económico de gran magnitud sobre los recursos hídricos. El efecto principal es la contaminación que genera tanto en las aguas superficiales como subterráneas, las cuales son de consumo doméstico en el área rural. En ausencia de suficiente agua potable de los recursos hídricos cercanos, los hogares tienen que comprar agua de los servicios públicos u otros proveedores de agua, o acceder al agua de fuentes alternativas de agua más distante pero más limpias, como pozos y manantiales. Cada una de estas opciones conlleva un costo financiero o de oportunidad directo y, a veces, ambos.

Cuando el agua obtenida para beber o para uso doméstico no es apta para el propósito, debe ser tratada en el hogar mediante ebullición, filtración o cloración. Los costos asociados con cada uno de estos fueron evaluados por la herramienta IES y se determina un impacto en el PIB del país de hasta un 0,91% por inversión de los hogares en hacerse de agua apta para el consumo humano.

El turismo es un generador de ingresos en ciertas comunidades rurales del país. El mismo tiene un gran potencial en sus distintas versiones, pero así mismo se enfrenta a retos similares. Uno de ellos es la escasa cobertura de servicios sanitarios funcionales tanto para turistas nacionales como extranjeros. Esto produce una desaceleración de esta actividad que se expresa en las pérdidas netas por los visitantes que dejaron de visitar ciertos destinos (principalmente playas) debido a su insatisfacción por las condiciones sanitarias.

En términos agregados, como país, el impacto del saneamiento inadecuado sobre el turismo rural aún no es muy importante. Ello se debe a que el número de visitantes que deja de venir al país o de turistas nacionales, en el área rural, no es muy importante en término de las metas nacionales; y el gasto de cada uno en las áreas naturales protegidas es bajo (USD \$140 por día para los turistas extranjeros, por ejemplo) y porque su estadía también es baja (promedio 1 a 2 días).

Beneficios

Los beneficios en la herramienta IES son la estimación de los réditos para los individuos y la sociedad basada en una combinación de reducciones en los daños del análisis del costo de los daños. Este concepto se lo conoce en economía como “daños evitados” y son contabilizados como beneficios en un análisis costo-beneficio. El análisis de beneficios debe ser posterior al análisis de daños causados (ACD) porque los beneficios resultan de la eliminación de la condición subyacente que causó el daño.

Tabla 30. Determinación de impactos (%) para cada área considerada

Daños evitados	
Impactos en Salud	
Costo de cuidados de la salud	30%
Pérdida de productividad por razones de salud	30%
Costo de muertes prematuras por razones de salud	30%
Impactos en el tiempo perdido	100%
Impacto sobre recursos hídricos	
Costo para los hogares por acceder a agua limpia	50%
Salud por inundaciones	10%
Impactos sobre el Turismo	10%

El daño evitable depende del tipo de daño. Según el propio autor de la herramienta IES los costos de salud se pueden reducir en un 30% para el saneamiento básico al 80% para el saneamiento avanzado y el suministro de agua. Los costos de tiempo se pueden reducir en un 100% si la nueva instalación es privada en el hogar (ver tabla 30). Los costos de la contaminación del agua pueden reducirse, si conduce a medios nuevos y de menor costo para acceder o tratar el agua. Sin embargo, el mismo indica que es el investigador quien debe –a su criterio- establecer los daños

evitables en porcentaje, previo consulta con expertos (Hutton, G, comunicación personal, 05/03/2021).

Tabla 31. Impactos (beneficios) totales (USD \$) anuales por persona, por hogar y para el país

Beneficios (Daños evitados)	Por persona	Por hogar	País	% Total	% PIB
Impactos en Salud	80	398	608399257	68,22%	0,56%
Costo de cuidados de la salud	70	350	535263880	60,02%	0,50%
Pérdida de productividad por razones de salud	9	46	69523866	7,80%	0,06%
Costo de muertes prematuras por razones de salud	0,47	2	3611511	0,40%	0,00%
Impactos en el tiempo perdido	0	0,09	143799	0,02%	0,00%
Impacto sobre recursos hídricos	37	185	283156877	31,75%	0,26%
Costo para los hogares por acceder a agua limpia	37	185	283109879	31,74%	0,26%
Salud por inundaciones	0,01	0,03	46998	0,01%	0,00%
Impactos sobre el Turismo	0,02	0,12	179358	0,02%	0,00%
TOTAL	117	584	891.879.290,91	100%	0,83%

Los beneficios relacionados con la tecnología propuesta se presentan en las escalas consideradas en esta investigación: por persona, por hogar y por país. Adicionalmente, cada daño evitado se presenta como proporción del total de beneficios y como proporción del PIB para facilitar la comparación y enfatizar la necesidad de la intervención. Haciendo este ejercicio podemos diseñar una estrategia que nos permita revertir el problema que se genera a nivel social e individual.

De entrada, los datos de la herramienta evidencian que el mayor beneficio se genera en el costo del cuidado de la salud. El ahorro que implica contar con un saneamiento adecuado alcanza un 60% sea que esto impacte en el presupuesto nacional de salud o en el mismo presupuesto familiar. El beneficio en la salud integral alcanza un 68% lo cual significa una disminución de pérdidas en el PIB del 0,56%; esta cifra representa un 20% del presupuesto anual en salud pública por parte del gobierno.

El tiempo que se pierde al día por acceder a servicios sanitarios puede ser superado por completo con la incorporación de una infraestructura de agua, saneamiento e higiene. Los beneficios son el equivalente al 100% de los costos medidos en la tabla 30 y se revierten debido a la posibilidad para la familia de acceder a un saneamiento seguro, cercano y funcional; esto tiene significativo impacto en la economía del hogar y sobre todo de las mujeres y niñas.

La otra área con beneficios de gran relevancia para la economía es el de los recursos hídricos. Como se explicó en el segmento de costos, la contaminación a los recursos hídricos por el déficit de infraestructura sanitaria impacta de manera directa en el presupuesto de las familias de la zona rural. La eliminación del “foco de contaminación” de sus fuentes de agua (normalmente subterránea), significa un ahorro del 31% con efecto directo en su presupuesto familiar pues sería innecesario hervir el agua o adquirirla embotellada para consumo directo o preparación de alimentos.

Este beneficio en términos absolutos representa unos \$185 dólares anuales del presupuesto familiar que en las actuales circunstancias de pandemia alivia la economía familiar para bienes de consumo primario como los alimentos. Es importante mencionar que se asume que este valor en específico esté subvalorado pues la tecnología propuesta debe revertir por completo este daño sin embargo se le asignó apenas un 30% de mitigación basado en la opinión de expertos y consultas de estudios similares.

Los beneficios por inundaciones y turismo son poco significativos para la economía nacional, con un impacto de 0,0001% y 0,0002% del PIB, respectivamente. Ambos beneficios están condicionados a eventos como inundaciones –las cuales influyen sobre la demanda turística- y la percepción que tengan los turistas de los servicios sanitarios en el área rural (ej: playas, parques nacionales, etc). Se estima que la mejora del saneamiento en comunidades rurales repercutirá en beneficio de las condiciones higiénicas del lugar pues se reducirán los malos olores en los períodos vacacionales donde acude gran cantidad de gente a estos sitios (ver tabla 31).

Análisis Costo-Beneficio

La herramienta IES luego de ingresados los datos para medir el costo de la insuficiencia del saneamiento y de calcular los beneficios basado en el concepto de “daños evitados”, permite generar un análisis incluyendo entre sus elementos la inversión inicial de la tecnología propuesta. Este análisis se determina en los parámetros mencionados al inicio de este capítulo cuyos resultados aparecen en la tabla 32.

Tabla 32. Resultados de los parámetros del estudio

Parámetros	Resultados
TIR	81%
VAN	7766
R B-C	6,2
PR	2,2

Los parámetros medidos en la evaluación económica contaron con cifras de beneficios y costos expresados en valores actuales descontados utilizando la tasa de descuento social seleccionada para este estudio: 5%. La herramienta muestra relación beneficio-costos de 6,2, considerada óptima para un proyecto de saneamiento rural, más aún si se la compara con la RBC global de 5,5 y la de Latinoamérica y el Caribe de 7,3 (Hutton, 2012).

La relación costo-beneficio para el suministro de agua por tubería regulada y la conexión de alcantarillado es considerablemente más baja que las mejoras básicas, que oscilan entre 2 y 12. Esto se explica por el hecho de que los costes de intervención son considerablemente mayor, mientras que el aumento de los beneficios económicos como los beneficios para la salud y el ahorro de tiempo son marginales.

Es importante indicar que la RBC está directamente vinculada con las pérdidas económicas que le generan a un país las condiciones inadecuadas de agua y saneamiento. Este estudio demuestra, que en el caso de Ecuador las pérdidas alcanzan el 2,8%, cifra comparativamente alta con las pérdidas globales de 1,5% y aquellas estimadas en la región latinoamericana y del caribe estimadas en 0,9% (Hutton, 2012).

Este estudio registra la existencia de “beneficios sin uso” los que se dividen en: potenciales (la posibilidad de que la persona puede querer usarlo en el futuro) y existentes (la persona reconoce el hecho de que el bien ambiental existe, independientemente del uso), y el valor del legado (la persona quiere que las generaciones futuras lo disfruten) (Hanley y Spash, 1993; Georgiou y col., 1996; Field, 1997). Estos diversos beneficios fueron excluidos por razones de falta de datos sobre

el impacto y dificultades para hacer suposiciones, dificultades en la valoración, o porque se esperaba que su beneficio fuera pequeño en comparación con otros beneficios incluidos.

El otro parámetro que refieren los tomadores de decisiones a la hora de financiar un proyecto es el período de recuperación, el cual representa el número de períodos (por ejemplo, años) que son necesarios para recuperar los costos incurridos para un proyecto. La tecnología propuesta del baño seco con ducha y lavabo incluida tiene un período de recuperación de 2,2 años y su vida útil se estimó en 30 años. Este resultado indica que los beneficios de la unidad sanitaria instalada exceden a los costos durante casi 28 años o, en otras palabras, que la inversión realizada se paga en un poco más de 2 años.

Finalmente, la tasa interna de retorno (TIR), que se compara con el costo de oportunidad del capital o un punto de referencia para los rendimientos objetivos para que los proyectos públicos decidan si la intervención produce una tasa de retorno adecuada o no, alcanza el 81%. Es difícil comparar este resultado con su equivalente, pero en general, la TIR para proyectos de agua y saneamiento rural se estima en el 25%. Cabe indicar, que estas mediciones se han hecho con tecnología convencional donde no se mitiga por completo las afectaciones ambientales y tampoco generan beneficios tangibles, propios de la tecnología (biogás, bio fertilizantes, etc.)

8. Evaluación de impacto ambiental del baño seco

8.1 Recuperación y reutilización para la protección ambiental

La tecnología del baño seco se erige como una solución práctica para el déficit de saneamiento rural. Su principal bondad radica en su carácter eminentemente ecológico pues —a diferencia del saneamiento hidráulico— no genera desechos que impactan negativamente el medio ambiente más cercano, sino que transforma residuos en insumos biodegradables útiles para las actividades propias de una finca.

En este sentido, la recuperación y reutilización de recursos pueden jugar un papel importante en el abordaje ambiental de problemas asociados con las aguas residuales. La contaminación debe mantenerse a niveles que son lo suficientemente seguros para el tipo de reutilización o recuperación. Incluso pequeñas cantidades de sustancias tóxicas, en la escala típicamente liberado por los hogares, puede producir agua y lodos no aptos para su reutilización.

Este tipo de sustancias en las agua servidas pueden crear riesgos inaceptables para la salud y el medio ambiente, así como reducir el valor de los recursos recuperados y la eficiencia de procesos biológicos como el cultivo de proteína de insectos. Por lo tanto, el escenario de reutilización debe ser administrado, planificado y monitoreado (US EPA, 2012).

Desde la perspectiva de la gestión de nutrientes y protección del medio ambiente, la reutilización agrícola (o silvícola) del sustrato inocuo proveniente de las heces es generalmente una solución beneficiosa para todos, ya que los nutrientes se utilizan para aumentar la productividad en lugar de ser descargado en el medio ambiente y causar eutrofización. Sin embargo, como ocurre con cualquier uso de fertilizantes, la gestión y la aplicación excesiva pueden conducir a escorrentías peligrosas para el medio ambiente.

La dimensión ambiental del saneamiento ecológico implica mitigar los ecosistemas impactados por descarga de aguas residuales sin tratar y excretas humanas, con la consecuente capacidad

mermada para proporcionar una serie de importantes servicios de los que dependen los seres humanos y demás seres vivos. El saneamiento sostenible y la gestión de aguas residuales puede jugar un papel clave en la limitación de la liberación de contaminantes como los patógenos y nutrientes, (particularmente nitrógeno y fósforo), en ecosistemas acuáticos.

Opciones para prevenir la liberación de sustancias perjudiciales para el medio ambiente incluyen tecnologías tan particulares como el baño seco, acompañadas de cambios de conductas y medidas legales para prevenir que tales sustancias ingresan a las aguas servidas. Por ello, la recuperación y reutilización de recursos puede proporcionar incentivos, -y fuentes de financiamiento- para mantener contaminantes ambientalmente dañinos fuera del área de desechos tratados.

8.2 Elaboración de la matriz causa-efecto

Como indicado en la metodología, la evaluación ambiental de la tecnología sanitaria propuesta se enmarca en un sistema basado en entradas dispuestas en columnas que son acciones antrópicas, las cuales vendría a representar las alteraciones al medio ambiente y entradas dispuestas en filas que son las características del medio ambiente (factores ambientales) que pueden ser alteradas. Con estas entradas en filas y en columnas se pueden definir las interacciones existentes.

Un primer paso en la utilización de la matriz de Leopold, consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual se considerarán primero todas las acciones (columnas) que tienen lugar en el estudio de la tecnología sanitaria. Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales (filas) que pueden quedar impactados significativamente, trazando una diagonal en la cuadrícula correspondiente a la columna (acción) y fila (factor) considerados. Una vez realizado esto para todas las acciones, tendremos marcadas las cuadrículas que representen interacciones (o efectos) a tener en cuenta.

Después de haberse marcado todas las cuadrículas que representan impactos posibles se procede a una evaluación individual de los más importantes. Cada cuadrícula admite dos valores:

- **Magnitud:** un número de 1 a 10, en el que el 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado y 1 la mínima.
- **Importancia:** da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del estudio, o la posibilidad de que se presenten alteraciones.

Los valores de magnitud van precedidos con un signo de + o un signo de -, según se trate de efectos positivo o negativos sobre el medio ambiente.

La manera más eficaz de utilizar la matriz es identificar las acciones más significativas. En el caso de este estudio, sólo unas cuantas acciones serán significativas. Cada acción se evalúa en términos de la magnitud del efecto sobre las características y condiciones medioambientales que figuran en el eje vertical. Se coloca una barra diagonal (/) en cada casilla donde se espera una interacción significativa. La discusión en el texto del informe deberá indicar si la evaluación es a corto o a largo plazo (Cotán-Pinto, 2007).

Debe tomarse especial atención a las casillas con números elevados. El alto o bajo número en cualquier casilla indica el grado de impacto de las medidas. La asignación de magnitud e

importancia se basa, en la medida de lo posible, en datos reales y no en la preferencia del evaluador. El sistema de calificación requiere que el evaluador cuantifique su juicio sobre las probables consecuencias. El esquema permite que un revisor siga sistemáticamente el razonamiento del evaluador, para asistir en la identificación de puntos de acuerdo y desacuerdo. La matriz de Leopold constituye un resumen del texto de la evaluación del impacto ambiental.

La herramienta utilizada (matriz de Leopold) tiene aspectos positivos entre los que cabe destacar que son pocos los medios necesarios para aplicarla. Este aspecto es de especial utilidad en territorios aislados como lo es la zona rural de Junín, más aún en tecnologías poco valorados como el saneamiento ecológico. Es útil en la identificación de efectos, pues incluye consigo una lista predeterminada de posibles acciones y factores que devengan en un impacto sea esta positivo o negativo.

Además, contempla en forma bastante completa los factores físicos, biológicos y socio-económicos involucrados, sobre todo si el equipo multidisciplinar que interviene en el estudio completa y adapta casuísticamente la relación de factores ambientales. En cualquier caso, la matriz se ajusta tipo “vestido de novia” al estudio que se está realizando, por lo cual es preciso plantear bien los efectos de cada acción, enfocando debidamente el objeto del estudio.

8.2.1 Selección de acciones y factores para la matriz

El baño ecológico es una tecnología que cambia la ecuación inicial en la ingeniería sanitaria, aquella que dice que Saneamiento= Excretas + Agua por una nueva que protege el recurso hídrico. Esta nueva ecuación propone que Saneamiento= Excretas + Tierra (materia seca). Esta tecnología reinventa la ingeniería sanitaria como la conocemos pues demanda una cantidad mínima o nula de recursos como el agua y requiere de aspectos estructurales ínfimos en comparación con el saneamiento convencional que implica costosas obras civiles.

Una manera adecuada de identificar el impacto potencial de un proyecto es identificar las actividades y fuentes de impacto del proyecto que pueden presentarse durante las fases de construcción y operación del mismo. Junto a éstas, también se determinarán las características del medio ambiente que puedan verse afectadas, con el fin de identificar las interacciones que pudiera haber entre ellos. Las partes de esta lista de chequeo se han desarrollado para ayudar en dicho proceso.

La primera parte de esta lista proporciona una serie de posibles características del proyecto que devengan en las acciones específicas de la matriz de Leopold. Se insta en primer lugar a considerar si se prevé que el proyecto conlleve alguna de las actividades recogidas en la lista, y a responder en la segunda columna con:

- Sí - Si la actividad es probable que tenga lugar.
- No - Si no se espera que tenga lugar.
- ¿? - Si no tenemos datos sobre si se producirá o no.

Tabla 33. Preguntas sobre las características del proyecto previo a la elaboración de la ML.

Pregunta a considerar	¿Sí, no?	¿Qué características del medio ambiente se verán afectadas?	¿Será el efecto probablemente significativo? ¿Por qué?
¿Conllevará el proyecto acciones durante la fase de construcción u operación que causen cambios físicos en la localización?			
¿Labores de construcción?	Si	El suelo	No
¿Instalaciones para el tratamiento o almacenamiento de residuos sólidos o efluentes líquidos?	Si	El agua	Sí, pues se revertirá el proceso de contaminación de aguas subterráneas
¿Conllevará el proyecto el uso de cualquier recurso natural, especialmente de recursos no renovables o escasos?			
¿Cualquier otro recurso?	Si	Energía solar	No, es un recurso renovable
¿Conllevará el proyecto el uso, almacenamiento, transporte, manipulación o producción de sustancias o materiales que pudieran ser dañinas para la salud humana o medioambiental o pudieran suscitar preocupación sobre los efectos en la salud humana?			
¿Afectará el proyecto al bienestar de la población p.e. cambiando las condiciones de vida?	Si	El suelo, el agua	Sí, reducirá las enfermedades de origen hídrico
¿Producirá el proyecto residuos sólidos durante las fases de construcción u operación?			
¿Residuos agrícolas?	Si	El suelo	No, el efecto en la zona rural es mínimo
¿Cualquier otro tipo de residuos sólidos?	Si	El suelo	No, el efecto en la zona rural es mínimo
¿Conllevará el proyecto riesgo de contaminación sobre el suelo o el agua debido al escape de contaminantes sobre la tierra o las masas de agua superficiales, subterráneas o marinas?			
¿Debido a la emisión de aguas residuales, u otros efluentes (ya sean tratados o sin tratar) al agua o a la tierra?	No	Aguas subterráneas	No, porque esta tecnología no requiere agua
¿Debido a cualquier otra fuente?	No	Aguas subterráneas	No, aunque en el caso de la orina
¿Provocará el proyecto cambios sociales?			
¿Debido a cualquier otra causa?	Si	El agua subterránea	Sí, pues es la principal fuente de agua para consumo humano, animal y riego
¿Existe algún otro aspecto del proyecto que debiera ser considerado por poder provocar impacto ambiental o contribuir a un impacto acumulativo con otras actuaciones existentes o previstas en la zona?			
¿Provocará el proyecto un uso posterior al mismo que pueda ocasionar impacto?	Si	El suelo, el agua subterránea y superficial	Sí, en las fuentes de agua y salud humana
¿Sentará el proyecto un precedente para posteriores actuaciones?	Si		

Basado en la Guía para la determinación del alcance del Estudio de Impacto Ambiental

Si la respuesta a la pregunta es "Sí" o "¿?", se irá a la segunda parte de la lista de revisión en la cual se muestran las características del entorno del proyecto que pudieran resultar afectadas. Este ejercicio, aunque extenso, es muy útil para determinar los factores específicos de la matriz final con la que se va a calificar el proyecto. La lista comprimida de la tecnología de los baños secos con las respuestas pertinentes es el inicio de una evaluación ambiental apropiada (ver tabla 33).

La lista de criterios para evaluar la importancia de los impactos ambientales está diseñada para ayudar a decidir qué impactos son significativos sin que se haya realizado un estudio medioambiental profundo. En el caso del baño seco los impactos son positivamente significativos, sobre todo comparado con la realidad sanitaria de la comunidad cuya infraestructura es precaria o inexistente.

El ejercicio pre evaluatorio de la tabla anterior también nos recuerda que en este caso, el impacto que se genera sobre el ambiente y el bienestar de las personas tiene un carácter de permanente. Aun así, el efecto positivo de la tecnología evaluada se acentúa durante la época no lluviosa pues es en esta temporada donde las personas se abastecen de agua para consumo humano de pozos normalmente contaminados con bacterias usualmente presentes en las heces fecales.

Acciones

Una de las ventajas de la herramienta de evaluación de impacto ambiental conocida como matriz de Leopold es que existe una lista pre determinada de acciones que el evaluador puede tomar como referencia para armar su matriz. Aunque el formato provee un examen amplio de las interacciones entre acciones propuestas y factores ambientales el propio autor de la

herramienta reconoció que la lista puede incorporar otras acciones y factores que por alguna razón no se hayan considerado.

En el caso puntual de la eco-tecnología que se plantea en este estudio, su funcionamiento implica depositar las heces (previamente separadas de la orina) en una cámara o en recipientes dentro de la misma cámara, cubiertas con material seco. La cámara evapora la humedad a través de las altas temperaturas que se generan dentro de la misma, facilitando el proceso de destrucción de patógenos en la mezcla.

El saneamiento convencional es incapaz de transformar las heces en un elemento sano para el medio ambiente menos aún en un insumo útil para ser reutilizado en actividades como la agricultura. De esto último se cuentan pocas experiencias positivas a nivel global pero a costos muy altos y en sitios externos al lugar de origen.

El baño seco nos permite disponer de un material inocuo (libre de bacterias), que resulta ser un excelente abono para mejorar los suelos y nutrir las plantas de tallo alto. Esta transformación se la logra *in situ*, a un costo sólo vinculado al tiempo de la persona que da mantenimiento al baño –normalmente el mismo usuario- en el uso cotidiano. El volumen total no es de gran significado para grandes extensiones de cultivo, quedando como opción adicionarse al compost para enriquecerlo o puede incorporarse directamente al suelo al momento de sembrar cualquier tipo de árboles de tallo leñoso.

Para utilizar esta herramienta de una manera más eficaz se identificaron las acciones más significativas que implica el uso de los baños secos. En este sentido se realizó una revisión detallada de aquellos pasos dentro del proyecto que pueden ser objeto de una evaluación ambiental en el marco de las acciones que indica la matriz. Para el efecto se determinaron las siguientes acciones:

- ❖ **Construcción.-** El levantamiento de la edificación en la que se establece la unidad de agua, saneamiento e higiene genera un impacto en el entorno pues la infraestructura se ubica en la parte exterior de la vivienda. La magnitud de esta acción está determinada por el tipo de materiales utilizados considerando que el tipo y origen de los mismos tiene implicaciones en el impacto que se genera en esta etapa del proyecto.
- ❖ **Reciclaje de residuos.-** Desde una perspectiva de higiene, el uso de las excretas reduce el riesgo de exposición al agente patógeno, si el tratamiento y otras barreras contra la exposición son consideradas. En contraste, el riesgo puede aumentar por las prácticas inadecuadas de manejo de la cadena de excreta, y por un tratamiento inapropiado. La separación de heces y orina más un tratamiento térmico genera condiciones para generar residuos secos, lo cual beneficiará la reducción de patógenos. Adicionalmente, el secado facilitará una futura reducción de patógenos por otros medios de tratamiento y hará más fácil el manejo y el uso de las fracciones separadas de orina y heces como fertilizantes.
- ❖ **Tanques sépticos sin agua, comerciales y domésticos.-** La tecnología es una acción en sí, pues cumple con la función de receptor de excretas humanas y al mismo tiempo tratarlos. La forma de tratamiento es *sui generis* en comparación con las normalmente conocidas. Esta singularidad –el hecho que no requiere agua para su funcionamiento- le concede otra valoración en términos ambientales.

Factores

Los factores ambientales son aquellos elementos del ambiente que podrían ser impactados por el proyecto a ejecutarse en un entorno determinado. Al igual que las acciones, son parte de una lista elaborada por el autor de la matriz, que intenta describir las condiciones medio ambientales de cualquier ecosistema planetario. En el caso de los factores, también existe la opción de ampliar la lista de elementos que puedan ser incluidos en la tabla para el análisis de la interacción con las acciones.

En el ecosistema donde se asienta la zona rural de Junín, el agua es el elemento más comprometido por la realidad sanitaria actual. La precariedad de la infraestructura permite que las excretas se filtren directamente al subsuelo y contaminen el manto freático llegando a las corrientes de agua subterránea. Estas corrientes de agua son las que alimentan los pozos acuíferos que a través de pozos las familias extraen para su consumo y demás usos domésticos.

Así mismo, como se indica en el capítulo 7, la existencia de un saneamiento funcional para los habitantes del sector rural, aporta una significativa mejora en su calidad de vida. La matriz de Leopold considera esto último como un factor vinculado al ser humano, que también es parte del ambiente. Por esto, el elemento salud está presente dentro de la lista de factores que considera la evaluación a la tecnología del baño seco. Para el efecto se determinaron los siguientes factores:

- ❖ **Agua subterránea.-** El agua subterránea en el espacio geográfico donde se asienta la comunidad es de vital importancia. La temporada lluviosa dura apenas 4 meses y el resto del año y el resto del año deben abastecerse con las fuentes que están disponibles. Existe cursos superficiales de agua pero están altamente contaminados por los vertidos de agua servida de las viviendas que están aguas arriba. En este escenario, se recurre al agua subterránea para atender las demandas del consumo humano y riego. Los pozos para abastecerse de agua están normalmente ubicados cerca de las viviendas incluyendo el lugar donde depositan sus excretas.
- ❖ **Calidad del agua.-** La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y biológicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. La alteración de los parámetros normales del agua por alguna actividad específica representa un impacto al factor como tal, que debe ser valorado.
- ❖ **Salud y seguridad.-** La alteración de los ecosistemas puede repercutir en la salud humana y ambiental de diversas formas y por vías complejas. Los tipos de efectos sanitarios que se producen están determinados por el grado en que la población local depende de los servicios de los ecosistemas, y de factores como la pobreza, que afecta a la vulnerabilidad frente a los cambios en aspectos tales como el acceso a los alimentos y el agua. La salud y la seguridad están estrechamente relacionadas con las acciones antrópicas en el territorio lo que obliga a analizar la magnitud de las intervenciones para determinar su efecto positivo o negativo y la importancia del mismo.

8.2.2 La matriz del baño seco

Basado en las acciones y factores escogidos como relevantes para el proyecto, se armó la matriz agrupando los primeros en fila y los segundos en columna. Esta disposición implica interacción entre ambos componentes en casillas. Se colocó una barra diagonal (/) en cada casilla donde se

espera una conjunción significativa. Este procedimiento se llevó a cabo en la matriz donde se evalúa la incidencia ambiental del baño seco sobre el entorno (ver tabla 34).

Tabla 34. Representación de la matriz de Leopold para el baño seco

VALORACION	Magnitud: 10 = Grande, 5 = Mediano, 1 = Pequeña	Importancia 1 = Nada, 10 = Alta	ACCIONES			
			Tanques sépticos sin agua	Reciclaje de residuos	Construcción	EVALUACIÓN
FACTORES	Agua	Agua subterránea	1 5	1 5	0 1	2 11
		Calidad del agua	0 8	1 8	0 1	1 17
	Aspectos culturales	Salud y seguridad	9 8	2 6	0 1	11 15
		EVALUACION	10 21	4 19	0 3	14 43

Basado en la matriz de causa-efecto diseñada por Leopold

Todas las interacciones fueron evaluadas tanto en su magnitud como en su importancia ambiental. Como se mencionó en la anterior sección, el agua es el elemento más vulnerado en las comunidades rurales por la precarias o nulas condiciones sanitarias existentes. La interacción de una tecnología sin agua -que implica eliminar las condiciones donde las bacterias proliferan con normalidad- junto con la aplicación de altas temperatura utilizando la radiación solar, evidentemente genera un impacto mínimo (casi nulo) en este recurso.

El factor “calidad de agua” alude de manera directa la situación del agua subterránea. En sistemas de saneamiento con descarga hidráulica se demanda del recurso hídrico normalmente obtenido de pozos adyacentes a la vivienda. Este significa que se extrae menos agua para este fin por las características de la tecnología propuesta, pero también significa que la mezcla de agua con excretas (heces + orina), que generalmente se infiltra en la misma agua subterránea, no mermará ni la calidad ni la cantidad de la fuente.

La transformación de la mezcla de heces con sustrato seco –considerada un desecho- a un abono edáfico –es decir, un insumo- viene dado por la incorporación de la cámara de secado a la unidad. En esta se consume la inocuidad del bio sólido a través de un proceso de secado por un tiempo determinado. El período ideal para cumplir la norma que regula el uso de lodos y bio sólidos se determina a través de los análisis pertinentes.

- **Toma de muestras**

No existe un solo procedimiento de muestreo para evaluar el grado de contaminación de un suelo; el método seleccionado depende del propósito, tipo de contaminantes e indicador (tipo químico, físico y biológico) establecido.

Para el caso de este estudio se toman muestras de 100 gramos en frasco de plástico estéril durante 5 meses (septiembre a enero), que fueron analizadas en el laboratorio certificado

Diserlab de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a través de las cuales se pudo medir el patrón de decrecimiento de tres microorganismos: Helmintos, Salmonella y Coliformes fecales.



Figura 32 Proceso de toma de muestras de la materia posterior a cumplir el tratamiento en la cámara de secado

- **Método de análisis**

Los parámetros requeridos en este estudio fueron determinados en base seca de muestras de suelo. Los valores máximos permitidos para los parámetros en base a los ensayos de lixiviación son los establecidos en la norma que regula este tipo de desechos en el país donde se desarrolla el estudio.

- **Norma Técnica de Suelo**

Es una parte de la normativa que regula la calidad ambiental de los distintos elementos que contempla. El propósito de esta norma es velar por la calidad ambiental del recurso suelo estableciendo los parámetros y criterios de valoración de este recurso para su preservación y/o remediación. En su parte pertinente define criterios microbiológicos para no catalogar a un desecho biológico como peligroso.

Los criterios establecidos en esta normativa son los que determinan los resultados de los análisis microbiológicos que se realizaron en el marco de este estudio. La normativa establece los parámetros pertinentes que el laboratorio debe analizar para fines de esta investigación así como las concentraciones máximas permitidas para saber si un bio sólido es contaminante o no (ver tabla 35).

Tabla 35. Criterios microbiológicos para no considerar un desecho biológico como peligroso

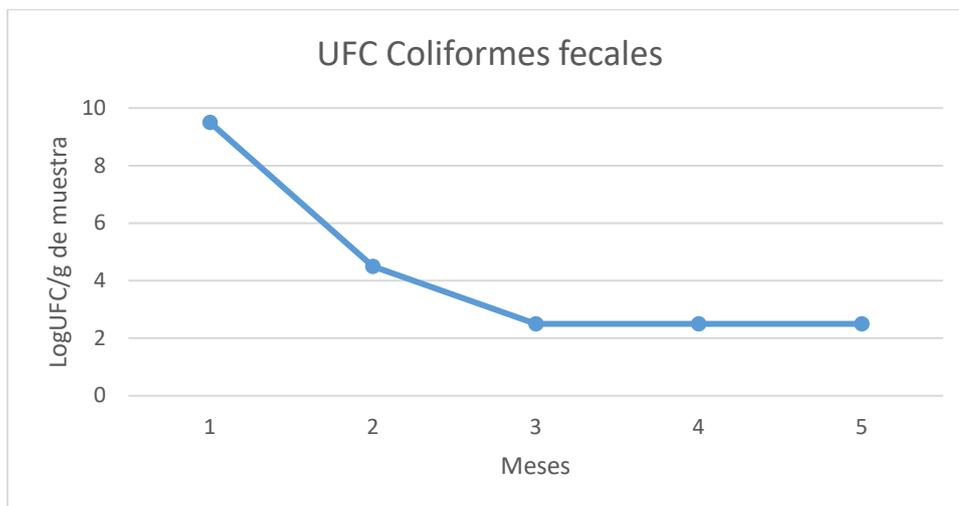
Parámetro	Concentración máxima permitida
Coliformes fecales	2×10^6 NMP o UFC/g ST
Huevos de helmintos	15/g

UFC Coliformes Fecales

El proceso de decrecimiento de unidades formadoras de colonia (UFC) de coliformes fecales inicia desde el momento en que se va llenando el recipiente donde se depositan las heces que caen de la tasa separadora. El hecho de recubrir las heces con materia seca provoca la inhibición de oxígeno que deriva en el inicio del declive poblacional de las colonias de coliformes fecales.

El grado de concentración de este parámetro es un indicador de la presencia de otros microorganismos medidos en este estudio. Es decir, si las UFC de coliformes fecales se encuentran por debajo de la concentración máxima permitida que observa la norma, no es necesario analizar los otros dos parámetros (helmintos y salmonella) pues se los considera indicador de eficacia de la muestra. Esto que indica la norma coincide con lo expresado por Boyle et al, (2008) acerca de que los coliformes fecales son más resistentes al efecto de la radiación solar en los microorganismos que otras bacterias.

Figura 33. Modelo de inactivación gráfica de concentración de UFC Coliformes fecales

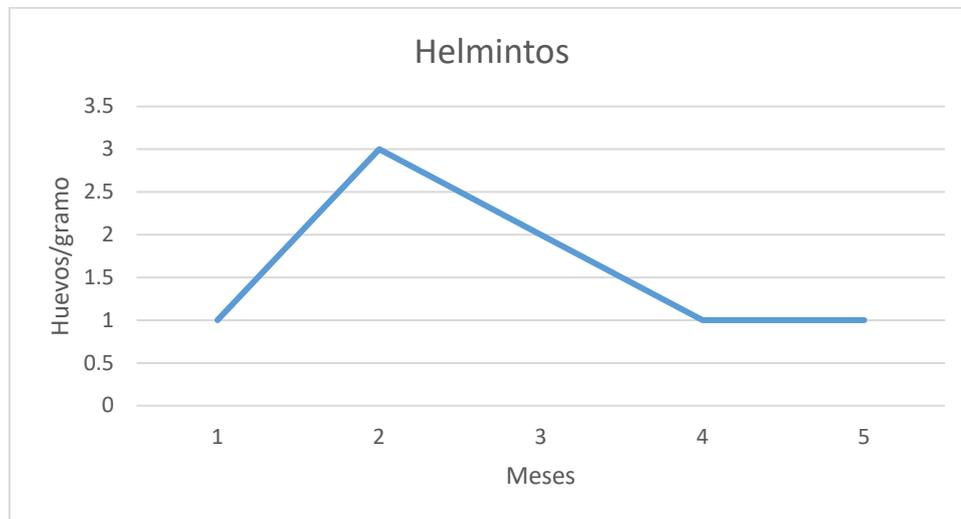


La curva que muestra el comportamiento de los coliformes fecales expuestos a altas temperaturas en la cámara de secado indica una reducción promedio mensual del 76% en su población. Estas mediciones se hicieron el primer día de cada uno de los meses que estuvieron bajo análisis para fines del estudio. En el último análisis, si bien se indica que la concentración no alcanza el valor de cero es válido indicar que está muy por debajo de la concentración máxima permitida que indica la norma.

Es importante mencionar, que aún la concentración reportada en el análisis del primer mes se encuentra bajo el valor máximo que permite la norma. Esto ocurre aun cuando el recipiente está en proceso de llenarse y no ha ingresado a la cámara de secado; la literatura y los expertos sugieren que el efecto de tapar las heces con materia seca es el factor que más incide en el decrecimiento “prematureo” de coliformes y otros microorganismos patógenos.

Helmintos

Figura 34. Modelo de inactivación gráfica de huevos de Helmintos



Los helmintos por sus características intrínsecas de organismos grandes multicelulares se observan a simple vista cuando son adultos. A pesar de su tamaño, son menos resistentes que los coliformes fecales y la salmonella a aspectos exógenos como las altas temperaturas. Los helmintos identificados en los análisis de las muestras corresponden a los acantocéfalos cuya naturaleza es parasitaria. Las formas adultas de estos gusanos residen en el tracto gastrointestinal provocando una enorme carga de enfermedades tanto en los trópicos como en los subtrópicos y también en climas más templados.

El gráfico anterior demuestra la efectividad de la cámara de secado del baño seco, pues desde el primer mes la incidencia de helmintos en la muestra es de apenas un huevo por gramo. En el segundo mes hay un repunte de la población de helmintos para luego retomar su decrecimiento poblacional hasta estacionarse en un huevo por gramo en el cuarto y quinto mes. Todos los análisis de este parámetro están por debajo de los 15 huevos por gramo que permite la norma como concentración máxima para no catalogar un desecho biológico como peligroso.

Salmonella

De acuerdo a la OMS (2018) la *Salmonella* es un género de bacilos gramnegativos que pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Hasta la fecha se han identificado más de 2500 serotipos o serovares diferentes en dos especies, a saber, *Salmonella bongori* y *Samonella enterica*. *Salmonella* es una bacteria omnipresente y resistente que puede sobrevivir durante varias semanas en un ambiente seco y varios meses en agua.

La tecnología del baño seco, demostró ser tan efectiva, que en los análisis de laboratorio realizados durante los meses de almacenamiento, todos los análisis dieron como resultado "ausencia" de la bacteria en mención (ver tabla 36). Estos resultados confirman lo expresado por Boyle *et al*, (2008) que confirma la sensibilidad de la Salmonella a las altas temperaturas y la consecuente eficiencia de reducción de su concentración.

Tabla 36. Resultado de análisis valorando Ausencia/Presencia de Salmonella sp.

Parámetro	Meses				
	1	2	3	4	5
<i>Salmonella sp./cada 25 gr de muestra</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Esto tiene impactos significativos en la salud pues la enfermedad que esta causa, conocida como salmonelosis, es contraída a través del consumo de alimentos contaminados de origen animal (principalmente huevos, carne, aves de corral y leche), aunque también hay otros alimentos que se han vinculado a la transmisión, como por ejemplo las hortalizas contaminadas por estiércol.

Desde el punto de vista microbiológico, la ausencia de esta bacteria al final del proceso nos indica que el biosólido resultante –para fines prácticos, un fertilizante edáfico- la norma lo considera un desecho biológico no peligroso o especial. Al igual que los parámetros anteriores, la concentración máxima permitida de *Salmonella* cae por debajo del límite permitido durante la fase de llenado del contenedor y se evidencia su ausencia en el análisis correspondiente al primer mes.

Este resultado contradice lo indicado por Winblad y Kilama (1985) quienes sugieren al menos 6 meses de almacenamiento en la cámara de secado para alcanzar los criterios que establece la norma. En cualquier caso, el tiempo de permanencia de la mezcla de heces fecales frescas con materia seca va a depender del tipo de operación que se tenga en esta fase, además de aspectos como la temperatura que alcanza dentro de la antecámara y la cámara de secado.

9. Gobernabilidad del Saneamiento Ecológico

9.1 Cogestión para la prestación del servicio de saneamiento

En Ecuador, la gran mayoría de sistemas comunitarios de agua y saneamiento surgieron desde la década de los 60 y 70, por iniciativa de las propias comunidades, pero también como fruto del modelo de desarrollo promovido por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). La legislación promulgada en 1978 otorgó a las entonces llamados JAAP (Juntas Administradoras de Agua Potable) un papel importante en este sentido, pero falló en reconocer la autoridad municipal sobre los servicios rurales y no dio a los municipios ningún mandato para crear y apoyar las JAAP, con el previsible resultado de que los municipios no cumplieron con su mandato de proporcionar servicios de agua y saneamiento.

La referida ley causó un abandono de la organización espontánea en el área rural y dejó en la *orfandad* a las hoy llamadas Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento (OCSAS) encargadas de prestar el servicio de agua y saneamiento. Esto generó un importante rezago en la ampliación de la cobertura de estos servicios, lo que evidenció un vacío institucional generado por la ausencia del estado en el área rural con el consecuente deterioro del servicio de agua y saneamiento. Las demandas sociales y los nuevos desafíos allanaron el camino para la “cogestión” de estos servicios, también conocidas como alianzas entre sectores.

Para conformar cualquier modelo de cogestión (alianzas) para la prestación de servicios de A&S, es condición fundamental la voluntad política compartida de las autoridades de los prestadores de estos servicios que deciden hacerlo; así como tener claridad sobre el propósito de estructurar el modelo de cogestión.

El proceso político para la conformación del modelo de gestión para la prestación de servicios mancomunados de A&S tiene que comprender, además:

- La voluntad política de las autoridades de los prestadores de servicios que conformen el modelo de gestión.
- Alianzas estratégicas de los actores que apoyarían el proceso de conformación del modelo.

Ekane *et al.* (2014), entiende el saneamiento rural como un servicio que generalmente no se implementa de manera centralizada como algunos otros servicios de infraestructura, sino que depende en última instancia de las acciones de una amplia gama de actores independientes sin que ninguna institución asuma toda responsabilidad. Aquí, las autoridades locales son responsables de crear un entorno propicio para las relaciones simbióticas entre el gobierno local y las organizaciones comunitarias.

En ese sentido, el Ecuador cuenta con un marco jurídico favorable para las OCSAS, como es la nueva Constitución promulgada el año 2008; la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUAA) promulgada el 2014; y, el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) promulgado el 2010, a través de los cuales, se reconoce a la gestión comunitaria del agua y se promueve la creación de Alianzas en Agua y Saneamiento para el fortalecimiento de las OCSAS.

En el caso específico de Junín, los funcionarios encargados del agua y saneamiento rural reconocen que los recursos económicos estuvieron disponibles en los últimos años, pero simplemente invertir más en saneamiento no siempre resuelve el problema. En muchas comunidades rurales, los sistemas de saneamiento no funcionan según lo previsto con baños construidos, pero no utilizados, o efluentes no contenidos o recolectados. Normalmente, se alude capacidad insuficiente en el gobierno local, falta de interés y apoyo al proceso de operación y mantenimiento por parte de los usuarios, pero la realidad es menos simple.

9.2 Modelos de gestión para la prestación de servicios de saneamiento

De acuerdo a la Constitución del Ecuador (2008) la prestación de los servicios de saneamiento pueden ser realizados por entidades públicas o comunitarias; en el área urbana, pueden ser suministrados directamente por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) o por una Empresa Pública de Agua; adicionalmente, varios GADM pueden conformar una mancomunidad para la prestación de estos servicios.

En el sector rural, los servicios de agua y saneamiento pueden ser suministrados por operadores comunitarios; el documento de la Estrategia Nacional del Agua y Saneamiento (ENAS) estima que existen alrededor de 7.000 prestadores comunitarios. En el marco de este estudio se seleccionaron dos modelos de prestación de servicios adecuados para el sector rural:

- Modelo de alianza entre municipalidades u otros niveles de gobierno con organizaciones comunitarias.
- Modelo de gestión de organizaciones comunitarias.

Dadas las debilidades actuales de las OCSAS y la prohibición constitucional de la participación del sector privado en el sector del agua, el actual marco legal y el nuevo conjunto de instituciones creadas por el gobierno durante los últimos diez años subrayan la importancia de establecer alianzas como vehículos para fortalecer OCSAS para garantizar la calidad y

sostenibilidad de los servicios. El marco legal ordena que SENAGUA y los municipios promuevan y apoyen estas sinergias para mejorar los servicios de agua y saneamiento rural.

9.2.1 Modelo de Alianza Público-Comunitarias (APC)

Los límites y funciones de la esfera pública varían entre entornos rurales y urbanos. Una de las diferencias radica en el sistema de saneamiento asignado a las comunidades rurales: en el sitio o pequeños sistemas descentralizados. Aunque este servicio se considera legalmente parte de la esfera pública, debido a que una mala funcionalidad puede afectar la salud pública y el medio ambiente, el gobierno local a menudo descuida intervenir en este tema.

Los usuarios solicitan constantemente más atención a la funcionalidad de los sistemas de saneamiento y aguas residuales en las zonas rurales. Incluso si el gobierno local está dispuesto a asumir la responsabilidad, carece de capacidades técnicas y sociales, por lo que es necesario establecer un marco de gobernabilidad adecuado.

De la insuficiente acción pública surge la participación comunitaria para mejorar los servicios de agua y saneamiento. Lockwood (2011), refiere la participación comunitaria como respuesta espontánea para permitir la acción colectiva para satisfacer las necesidades básicas en las zonas rurales. También afirma que, a través de la gestión colaborativa o cogestión entre asociaciones públicas y locales, el alcance en la gestión del recurso se puede extender mucho más debido a la intervención pública (gobierno central y local) comunidades y sociedad civil (ver figura 34).

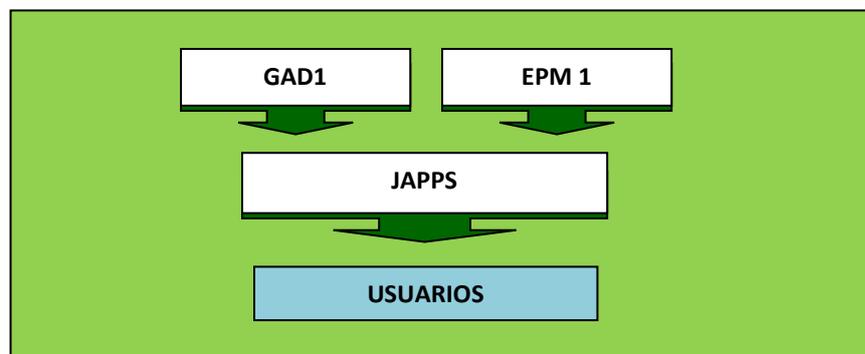


Figura 35. Organigrama de una Alianza Público-Comunitaria (APC)

Este modelo considera la gestión de prestación de servicios de agua potable y saneamiento, a través de la asociatividad entre GADs o empresas públicas municipales y juntas administradoras de agua potable, que tiene como objetivo atender en forma conjunta a los territorios de los GADs y comunidades asociados.

Además, Anderson y Ostrom (2008) expresan que el modelo de PCP es una forma más amplia de gestionar los servicios de saneamiento, ya que este tipo de gestión implica la colaboración de varios sectores y requiere la participación de actores clave para llegar a un consenso. Además, señalan que existe un aporte a nivel local e intermedio del gobierno así como interacción de organizaciones no gubernamentales (ONG), organizaciones comunitarias, que favorecen el fortalecimiento del desarrollo local, a través de la gestión comunitaria.

Estructura

Para su implementación, se requiere la creación de una estructura autónoma con personalidad jurídica, que puede ser empresa pública o una corporación sin fines de lucro, creada mediante ordenanza municipal, y el desarrollo de sus estatutos y reglamentos. Este modelo cuenta con experiencias nacionales que han mostrado su viabilidad, no obstante, se advierte la ausencia de normas y estándares técnicos y administrativos que definan el ámbito de su operación.

En lo referente a la forma de organización y administración, ésta alianza público – comunitaria generalmente está conformada por los siguientes órganos: (a) Asamblea de Miembros, integrada por los representantes que se designen de cada GAD y de las juntas administradoras de agua potable; y (b) un Directorio.

El directorio idealmente está integrado de manera paritaria entre representantes de los GADs y de las organizaciones comunitarias, con enfoques de género, así como de plurinacionalidad e interculturalidad, según corresponda. Se buscará que haya un equilibrio entre estos dos sectores.

Financiamiento

La alianza público – comunitaria se financia por medio de los aportes que cada socio haga en función del capital accionario que tengan, que pueden ser tanto iniciales como extraordinarios. Asimismo, para su operatividad recibirán ingresos a través de la recaudación por la prestación del servicio de agua y saneamiento. Finalmente, las finanzas y la contabilidad son fáciles de administrar, dado que hay más autonomía e independencia de la política en la administración.

En lo que respecta al control presupuestario, de conformidad con la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado, por ser una alianza público - comunitaria está sujeta a los controles de la Contraloría General de la República. Además, los aportes del GAD son realizados con fondos públicos, por lo que deben ser incluidos en el presupuesto participativo municipal.

Ventajas y Desventajas

Tabla 37. Ventajas y desventajas de Alianzas Público-Comunitarias (APC).

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Las OCSAS tienen una autonomía administrativa financiera, y su fortalecimiento es una obligación del Estado acorde a lo previsto en el art. 318 de la Constitución	No existe un marco legal ni una normativa administrativa y técnica claras que precisen las condiciones generales y específicas de su funcionamiento.
Pueden participar todos los usuarios como miembros de la OCSAS, representados por sus directivos.	Puede existir conflicto con los usuarios si no se integran a la Organización Comunitaria de Saneamiento y Agua.
Crea confianza en el usuario.	Requiere fortalecimiento y asistencia técnica para la operación y administración del sistema.
La gestión del servicio se independiza de la influencia política.	Depende de la aprobación de tarifas por parte de la municipalidad.

9.2.2 Modelo de Alianza Comunitaria-Comunitaria (ACC)

La existencia real de OCSAS en el país, prioritariamente ubicadas en áreas rurales, muestra la exigencia de contemplar la implementación de modelos de gestión basados en la voluntad de asociatividad de varios prestadores de servicios comunitarios, principalmente cuando éstos comparten un territorio, pero, sobre todo y ante todo, cuando estas estructuras comunitarias comparten una cuenca o micro cuenca hidrográfica o una misma fuente de agua.

Hay que considerar que estas instancias comunitarias de gestión para la prestación de servicios, son las que han sobrevivido pese a todos los problemas que enfrentan (técnicos, administrativos, financieros, etc.) y las exigencias actuales que deben cumplir para su reconocimiento formal en el marco de las demandas del Estado. Se busca entonces, alternativas de asociatividad entre estas instancias comunitarias para una gestión “satisfactoria” para los involucrados en la prestación de los servicios de agua y saneamiento (ver figura 36).



Figura 36. Organigrama de una Alianza Comunitaria-Comunitaria (ACC)

Igual que en los otros modelos, debe partirse del conocimiento integral de las capacidades disponibles de cada uno de los posibles miembros de la Mancomunidad, instrumentos como el índice de capacidades pueden orientar los cursos de acción del proceso organizativo. Sin duda que una vez expresada la voluntad de asociarse, de cooperar para el logro de un fin mutuamente beneficioso pasa por determinar los tiempos adecuados para conseguir este propósito.

Estructura

Dos aspectos importantes una vez que se haya definido y consensuado la conformación de una mancomunidad; primero, es el diseño de un esquema organizativo que garantice la participación democrática de cada una de las juntas de agua, el órgano de decisión máximo será la asamblea, en este espacio se elegirá a los directivos, los cuales serán los responsables de la gestión operativa de la mancomunidad.

Segundo, que el estatuto de creación de la mancomunidad desincentive la salida de la organización por parte de una o varias OCSAS, es entonces importante en este proceso un blindaje jurídico que penalice el incumplimiento de las obligaciones y compromisos adquiridos por las organizaciones que se incorporen a la mancomunidad.

Financiamiento

La sostenibilidad de este esquema de prestación de servicios se concentra en la solvencia financiera de las organizaciones. En este contexto además de los aportes que puedan obtenerse de los recursos de financiamiento para la constitución de este tipo de modelos de gestión para la prestación de servicios de agua y saneamiento, es pertinente que en los concejos municipales a los cuales pertenecen las OCSAS asociadas, se legisle para garantizar el financiamiento de largo

plazo para las mancomunidades. Esto consistirá en ir acercando gradualmente el gasto per cápita urbano en saneamiento con el destinado en términos per cápita para este mismo concepto en el sector rural, sin que signifique una alianza del municipio con la mancomunidad.

Ventajas y Desventajas

Tabla 38. Ventajas y desventajas de Alianzas Comunitarias-Comunitarias (ACC).

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Correspondencia con los principios de participación ciudadana establecida en la constitución y leyes	Desentendimiento de municipios para la gestión financiera
Facilita la unión de OCSA's con objetivos y fines comunes	Riesgo de politización por su influencia territorial
Apoyo en la gestión de los servicios así como en la ejecución de obras	Sobre delegación de funciones a la nueva estructura.
Ley del COOTAD art. 282 que garantiza participación público-comunitaria para la prestación de servicios de agua y riego	Dificultad para calificar como sujeto de crédito en la banca estatal
Protección de cuencas y microcuencas	

9.3 APC o ACC para Junín?

No existe un procedimiento estándar para determinar la efectividad entre un modelo de gestión y otro, sin embargo, existen aspectos claves a identificar a la hora de implementar un diseño de gobernabilidad para un sector tan marginado como el saneamiento rural. Uno de los aspectos principales es definir los límites de la gobernabilidad -lo que cae dentro de la responsabilidad de una institución de gobierno- de todo el sistema de recuperación de recursos, es importante definir inicialmente el bien público a ser administrado y los usuarios (Anderson *et al*, 2016).

A menudo, los asuntos de bien público impulsan la implementación o mejora de saneamiento y sistemas de aguas residuales, como evitar propagación de patógenos, contaminación o eutrofización, o impulsar la seguridad alimentaria, hídrica o energética. Al definir los límites del bien público a ser servido o protegido, es fundamental para cubrir a la población local afectada, así como el medio ambiente local.

Otro aspecto a considerar es que la tecnología sanitaria propuesta incluye reúso de los recursos que ahí se depositan. Un sistema así, necesariamente involucra más actores y por lo tanto un esquema de gobernabilidad de múltiples niveles. Una estructura de gobernanza multinivel es a menudo organizada geográficamente, con actores locales que gestionan los recursos locales mientras al mismo tiempo ser parte de un distrito más amplio u organización local.

Aun cuando hay contadas experiencias conocidas de gestión del saneamiento rural con fines de recuperación, la más connotada es la que reporta la Swedish University of Agricultural Science (ver figura 36), donde se señala que en circunstancias atípicas es necesario desarrollar un modelo de servicio que se adapte a las necesidades locales. Esto exige una reforma interna de

del órgano local gubernamental encargado del servicio entrega. El enfoque debe cambiarse de ingeniería e infraestructura a servicio al cliente y prestación de servicios.

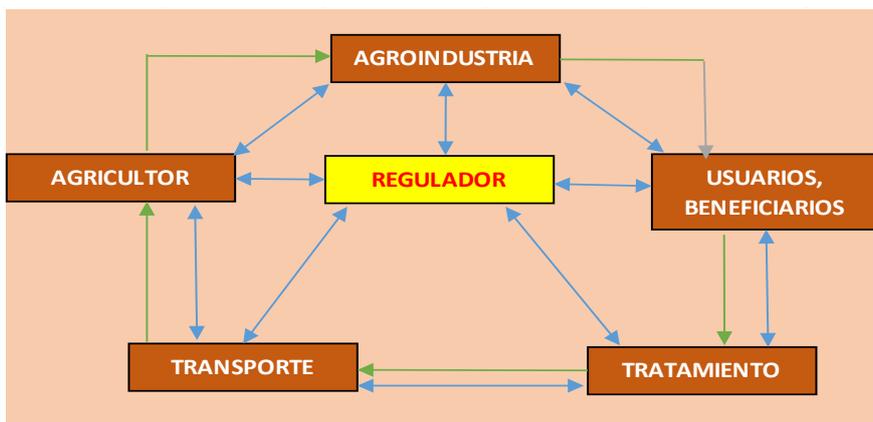


Figura 37. Organigrama de gobernabilidad para saneamiento rural recomendado por la SUAS

En las investigaciones conducidas por Jönsson *et al.*, (2004), se indica que los sistemas sanitarios de recuperación y reutilización de recursos normalmente con fines agrícolas, implica flujos de confianza e información. En este caso, un actor –usuario o beneficiario- podría representar a todos los demás actores excepto uno: el regulador. Según el mismo autor, el gobierno local –en este caso, el municipio- es el único -por mandato legal- que puede establecer un enfoque fuerte sobre servicio al cliente, responsabilidad y prestación de servicios adecuada en los documentos de acuerdo con las organizaciones de base.

Con este planteamiento coincide Lourdes Cuzme, dirigente del sistema de agua y saneamiento comunitario de Caña, a quien se entrevistó en el marco de este estudio. Ella visualiza “difícil la idea de asociarse con otras OCSAS del cantón debido a lo marginada de la comunidad y que todos los sistemas tienen problemas similares”. Durante la conversación sostenida fue enfática en describir al municipio como un aliado ideal para acompañar operar de mejor manera un sistema de saneamiento distinto como el que se está proponiendo en este estudio (ver figura 37).

En ese mismo sentido se expresa el alcalde del municipio de Junín, Dr. Jonás Intriago, quien visitó el prototipo de unidad construido en la zona rural del cantón que él administra. Además de conocer de forma directa el funcionamiento de la propuesta atendió una solicitud de entrevista para conocer su plan de ampliar la cobertura de saneamiento en el sector y sobre todo, la manera en cómo lo iba a hacer (ver figura 38).

Cuando fue consultado sobre el tipo de intervención que iba a realizar en el territorio en el tema específico de soluciones sanitarias, reconoció de manera franca “el importante trabajo que realizan las OCSAS en el sector rural y que pretende fortalecer e institucionalizar la relación con estas organizaciones para los proyectos que se pretenden ejecutar en las distintas comunidades”. Manifiesta también la necesidad de formalizar una alianza público-comunitaria pues el municipio y las organizaciones de base son complementarias, pues el municipio brinda apoyo técnico y de gestión mientras que las organizaciones son las que operan y resuelven los problemas cotidianos.



Figura 38 Conversatorio con la lideresa comunitaria en el sitio de implementación del sanitario seco



Figura 39 Visita del alcalde de Junín en el sitio de implementación del sanitario seco

En la pregunta referente sobre los temas más relevantes en los que el municipio y las organizaciones comunitarias deben construir acuerdos, mencionó “que el cálculo de las tarifas de los servicios son clave para lograr congruencia entre los costes incurridos por los usuarios y los beneficios que reciben. En otras palabras, la distribución de costos y servicios debe ser equitativo para todos los usuarios. La ausencia de saneamiento en las comunidades de la cuenca alta incide en la contaminación del agua del río por el vertimiento de aguas negras lo que implica mayores costos para el tratamiento del agua potable para la zona urbana, esto demanda una urgente intervención en la zona rural con tecnologías de saneamiento adecuadas como las que plantea este estudio doctoral”

Finalmente, algunos de los usuarios del sistema de agua de la comunidad fueron consultados vía telefónica para conocer su opinión sobre los modelos de alianza que se plantean para potenciar el servicio de saneamiento en la comunidad. En general, las personas no están muy informadas sobre las implicaciones de una alianza, pero ven en el municipio un socio estratégico más útil que otra organización comunitaria que probablemente adolece de los mismos problemas que los de su sistema.

Expresan también que la tecnología del baño seco permite monitorear el uso adecuado del sistema por los propios usuarios, grupos comunitarios representando a los usuarios, o por el

proveedor del servicio. Esto hace que los individuos u organizaciones sean los responsables de operar y mantener el sistema para que la contraparte municipal solo deba monitorear o proporcionar información a las autoridades con respecto a la calidad de servicios y uso correcto del sistema.

9.4 Construcción de una APC en Junín para el saneamiento ecológico

Para facilitar los servicios de saneamiento para las comunidades rurales, el sistema de gobernanza debe crear un entorno propicio. El paso inicial fue identificar las motivaciones clave de los usuarios para construir y usar un tipo específico de interfaz. Para las instalaciones de saneamiento doméstico, los estudios muestran que los usuarios generalmente desean una interacción con su sistema que sea conveniente, cómoda, limpia y digna, según lo informado por Cairncross (2004). Los factores adicionales pueden incluir requisitos legales, mejorar el estado del hogar, subsidios disponibles y proteger la salud y el medio ambiente.

En el contexto rural, es difícil motivar a los usuarios para que instalen y utilicen correctamente un sistema orientado a la reutilización, especialmente si está diseñado de manera diferente al sistema al que están acostumbrados o si implica costos/esfuerzos adicionales como tarifas o mantenimiento adicional. Es necesario establecer estrategias y estructuras de gestión para comunicar los beneficios de la reutilización a los usuarios individuales y garantizar que estén dispuestos a pagar y utilizar los sistemas correctamente.

Las organizaciones comunitarias de base ya están en funcionamiento, en Junín. Estas son efectivamente la forma más básica de gobierno comunitario, sin embargo, rara vez se les confieren poderes reales de toma de decisiones. Las decisiones sobre niveles de servicio, tipos de tecnología, asignación de recursos y contratación a menudo no son enfoques de abajo hacia arriba (bottom up), lo que resulta en un empoderamiento limitado a nivel de la comunidad. Aunque las organizaciones generalmente reciben reconocimiento legal, las responsabilidades institucionales no están claras y el apoyo técnico es insuficiente.

Se necesitan múltiples niveles de apoyo para construir una asociación entre un actor público y la organización comunitaria. Existe lo que se conoce como apoyo posterior a la construcción, proporcionado directamente a las entidades de gestión comunitaria (u otra forma de proveedor de servicios) a menudo, pero no siempre, por el personal del gobierno local (es decir, las autoridades de servicios). Puede incluir elementos como respaldo y asesoramiento técnico, apoyo administrativo y financiero, auditoría de cuentas y monitoreo de la calidad del saneamiento.

Adicionalmente, la infraestructura dentro de la esfera privada a menudo es elegida y adquirida por los propios usuarios. Sin embargo, la elección y el uso de tecnología en la esfera privada impacta directamente en la gestión en la esfera pública, ya que solo las instalaciones que se usan, limpian y mantienen de manera adecuada proporcionan beneficios.

En resumen, lograr la funcionalidad en la esfera privada del usuario es uno de los problemas de gestión críticos y más desafiantes para todo el sistema de saneamiento. Como IRC *et al.*, (2011) refiere, los actores comunitarios generalmente tienen la propiedad y la responsabilidad de mantener tanto la interfaz de usuario como parte del sistema de recolección dentro de su dominio, a menudo no comprenden su papel dentro de lo amplio del sistema de gestión del saneamiento.

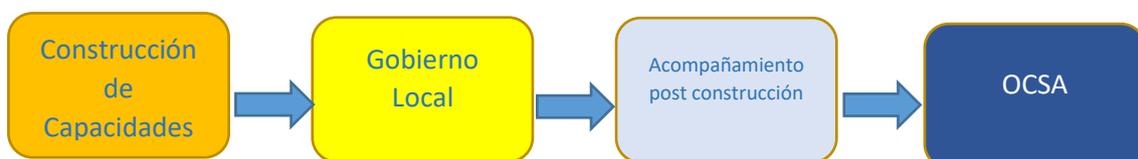


Figura 40. Cadena de apoyo de una Alianza Público-Comunitaria

Para alcanzar un esquema válido de gestión de los servicios de saneamiento, se necesita una estrategia de "formación de formadores". Las comunidades pueden profesionalizarse y aumentar su capacidad trabajando juntas en relaciones horizontales con el gobierno local, basándose en el concepto de apoyo mutuo indicado en la (ver figura 39). En Bolivia, la Asociación de Juntas de Agua está vinculada a la unidad municipal de agua y saneamiento rural demostrando que pueden brindar economías de escala y apoyo a las organizaciones miembros.

En Ecuador, CENAGRAP constituye un ejemplo exitoso de APC. Antes de iniciar este tipo de asociación, los sistemas de saneamiento se han construido a nivel comunitario en su mayoría por organizaciones no gubernamentales, debido a que el municipio no realizaba tales obras, lógicamente había una baja cobertura de servicios en el sector rural. La implementación del APC (CENAGRAP) motivó una percepción del sector rural diferente por parte del municipio, quien finalmente asume el compromiso de construir sistemas de agua y saneamiento a nivel comunitario.

Desde su existencia, la búsqueda de soluciones a diferentes limitaciones se ha planteado en conjunto con instancias que tienen la competencia. En 2010, en coordinación con el Ministerio de Salud, se ha iniciado una campaña de control de la calidad del agua, que ha permitido solucionar cuando se ha detectado agua contaminada. En 2014, gracias a esta iniciativa, se ha firmado un convenio entre la Universidad de Cuenca, la Fundación AVINA y CARE en la implementación de su propio laboratorio. Actualmente, los análisis se realizan con la supervisión de expertos de laboratorio del gobierno local, lo que ayuda a solucionar los problemas de con mayor agilidad.

9.5 Institucionalizando la Alianza Público-Comunitaria en Junín

Junín debe contar con un sistema institucionalizado de capacitación y acreditación con personal profesional y técnico en agua potable y saneamiento, con participación interinstitucional (Ministerio de Agua, Ministerio de Salud) vinculado a la Academia, que considere aspectos de calidad, cantidad, cobertura, continuidad y costo, en relación a los niveles, roles y competencias de cada actor (Municipio, OCSAS).

La CAF (Corporación Andina de Fomento) reporta en su informe del 2017 que un sistema mejorado puede promover el desarrollo y la aplicación de tecnologías y costos eficientes y sostenibles, en línea con la construcción local de capacidades, para la gestión integral e integrada de los recursos hídricos y para la provisión del modelo APC para agua y servicios de saneamiento. También puede incorporar la gestión de riesgos y el enfoque de cambio climático en la planificación y gestión de los servicios de agua potable y saneamiento.

Existe una necesidad ampliamente reconocida de adaptar los sistemas de gobernanza y prestación de servicios a las necesidades y condiciones locales. Ostrom (2009) menciona que políticas únicas y grandes proyectos nacionales o regionales de tecnologías, regulaciones y enfoques de aguas residuales han demostrado ser en gran medida ineficaces y probablemente no la mejor manera de lograr mejores servicios y recuperación de recursos.

El Departamento Municipal de Agua y Saneamiento Básico Rural (DASABAR) es un vínculo donde las organizaciones comunitarias comparten responsabilidades con el gobierno local para operar y mantener la infraestructura sanitaria. Esta alianza incrementa la sensibilización y promoción a

nivel comunitario de buenas prácticas de gestión, basadas en la capacitación en el tema de interés, a través del apoyo directo del gobierno local en cada comunidad y el seguimiento continuo de los acuerdos establecidos. De manera participativa se crean reglamentos internos, estableciendo tarifas sostenibles para la sostenibilidad financiera, operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.

A través de DASABAR, se puede realizar una inspección regular de los componentes del sistema por parte del proveedor de servicios o un agente de monitoreo externo. Una vez más, si se contempla la reutilización agrícola, es importante involucrar a la comunidad agrícola en el seguimiento. Los propios usuarios, los grupos comunitarios que representan a los usuarios o los proveedores de servicios pueden supervisar el uso adecuado del sistema. Las personas, organizaciones o instituciones responsables de la operación y mantenimiento suelen estar bien situadas para monitorear o proporcionar información a los monitores sobre la calidad de los servicios y el uso correcto del sistema.

El alcalde, en la entrevista sostenida, se comprometió a reestablecer el DASABAR en el municipio como unidad responsable del fortalecimiento sectorial, la asistencia técnica y el desarrollo comunitario en el sector de agua potable y saneamiento, apoyándose en las organizaciones comunitarias de poblaciones concentradas y dispersas del sector rural. Comentó que esto le permitirá el monitoreo y la evaluación del plan de desarrollo utilizando indicadores de sus actividades principales, que serán discutidas en reuniones con los actores.

Ordenanza

Al cierre de la redacción de esta tesis se está redactando una nueva ordenanza para la creación del DASABAR en cumplimiento de la competencia municipal legalmente establecida en apoyo y acompañamiento a la gestión y fortalecimiento de las JAAP's y OCSAS para la provisión del servicio de agua y mejoramiento de la sanidad de la población rural del cantón. Esta iniciativa es una manera de materializar la estrategia de agua y saneamiento rural basado en sinergias y no en relaciones clientelares.

El documento está siendo construido y redactado propendiendo una relación autónoma de las OCSAS, organizaciones comunitarias e incluso las familias, en términos de dirección, ejecución y funcionamiento. Por su parte el DASABAR, al ser parte de una dependencia pública, debe presentar resultados e impactos ante el GADM-Junín, así como ante la asamblea general de directivas de OCSAS, JAAP's y ciudadanía en general.

10. Conclusiones

- El saneamiento ecológico previene la descarga de aguas servidas en el ecosistema que son la principal causa de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, provocando eutrofización. Adicionalmente, esta tecnología ofrece la posibilidad de reúso seguro de nutrientes en la agricultura (o silvicultura) y es considerada una solución “ganar-ganar” pues permite reemplazar parcialmente el uso de fertilizantes sintéticos por biofertilizantes (edáficos y foliares).
- El baño con separación de heces y orina da certezas de efectividad a la hora de tratar la mezcla de heces fecales con materia seca desde el primer mes de haber ingresado a la cámara de secado. Las muestras analizadas indican que los parámetros medidos cumplen con los criterios microbiológicos para no considerar a un desecho biológico como peligroso, lo cual se confirma en los análisis de las muestras tomadas de manera subsiguiente.
- Los daños a la salud por instalaciones sanitarias inadecuadas o ausentes tienen un costo para la sociedad del 1.88% del PIB considerando costos de cuidados de la salud, pérdida de productividad y costo de muerte prematura. El principal daño en aspectos relacionados con la salud recae con el grupo etéreo de 0-4 años con un costo de USD \$690 por individuo. Estas afectaciones no sólo indican en la salud presente de los niños, sino que además se proyectan daños indirectos como desnutrición y desarrollo neuronal que pueden ser irreversibles.
- Los beneficios del análisis de costo beneficio (ACB) medidos en la herramienta IES tienden a estar subvalorados pues no se contempla aspectos como la seguridad para su uso que ofrece a grupos vulnerables como mujeres y niños. Tampoco se mide en términos de género pues un saneamiento adecuado beneficia más a las mujeres que a los hombres por temas de higiene; beneficios directos obtenidos por venta de sub productos como abono edáfico (heces deshidratadas) o abono foliar (orina diluida en agua) no fueron considerados pues no se identificó un nicho de mercado. Esto hace pensar que la relación beneficio-costo es superior a lo indicado en el análisis.
- La relación entre los municipios y OCSAS es clave para establecer alianzas público-comunitarias. Aun cuando la responsabilidad de la prestación de servicios de Agua y Saneamiento corresponde a los gobiernos municipales, por razones históricas, estos se han apoyado en organizaciones comunitarias (OCSAS o JAAP) para ofrecer estos servicios. Sin embargo, estas organizaciones están atomizadas y tienen una capacidad de incidencia muy baja y pocos recursos para realizar inversiones significativas que mejoren la prestación de servicios (incluyendo saneamiento funcional).
- La implementación de una tecnología sanitaria como la propuesta en esta investigación, requiere un acompañamiento de los usuarios que los empodere de su uso y construya capacidades para su correcta gestión. Esta responsabilidad la deben compartir las organizaciones comunitarias junto con los funcionarios municipales destinados a impulsar el agua y saneamiento rural. Esto quedó demostrado en la experiencia de CENAGRAP mencionada en el capítulo 9, la cual subraya la necesidad de incluir a los actores comunitarios como protagonistas de la acción del gobierno local.

Bibliografía

- 2030 Water Resources Group (2009). *Charting our Water Future: Economic Frameworks to Inform Decision Making: The Economics of Water Resources*. Munich, Germany: McKinsey.
- Andersson, K. (2014). “Flood-resistant ecological sanitation takes off in a rural community”, Fact sheet, Stockholm Environment Institute. Available from <http://www.sei-international.org/publications?pid=2497>.
- Andersson, K & Ostrom, E. (2008). Analyzing decentralized resource regimes from a polycentric perspective, *Policy Sci*, vol. 41, pp. 71–93.
- Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. and Trimmer, C. (2016). *Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: from Waste Disposal to Resource Recovery*. Nairobi and Stockholm: United Nations Environment Programme and Stockholm Environment Institute.
- AQUAREC. Salgot, M; Huertas, E. (eds). 2006. Integrated concepts for reuse of upgraded wastewater. EVK1-CT-2002-00130 EU funded project. Work Package 2: Guideline for quality standards for water reuse in Europe. University of Barcelona.
- Barber, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C. and Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, vol. 81, no. 2, pp. 169–193. doi/abs/10.1890/10-1510.1.
- Barkat, A. 2011. *Economic Impacts of Inadequate Sanitation in Bangladesh*. Water and Sanitation Program. Washington DC: World Bank.
- Baum, R., Luh, J. and Bartram, J. (2013). Sanitation: a global estimate of sewerage connections without treatment and the resulting impact on MDG progress. *Environmental Science & Technology*, vol. 47, no. 4, pp. 1994–2000. DOI: 10.1021/es304284f.
- Bianchi, T.S., Pennock, J.R., and Twilley, R.R. 1999. Biogeochemistry of Gulf of Mexico Estuaries: Implications for management. En: Bianchi, T.S., Pennock, J.R. y R.R. Twilley. *Biogeochemistry of Gulf of Mexico Estuaries*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Boyle, M. A., Sichel, C., Fernández-Ibáñez, P., Arias-Quiroz, G. B., Iriarte-Puña, M. & McGuigan, K. G. 2008 Identifying the bactericidal limits of Solar Disinfection (SODIS) of water under real sunlight conditions. *Applied and Environmental Microbiology* **74**, 2997–3001.
- Bräustetter, A. (2007). “Operation and maintenance of resource-oriented sanitation systems in peri-urban areas”, Diploma thesis, Triesdorf, Fachhochschule Weihenstephan Abteilung Triesdorf, Fakultät Umweltsicherung.
- CAF. (2017) *Agua y saneamiento en el Estado Plurinacional de Bolivia*. Available from: <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1081/AguaYSanamientoBolivia-8ago.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cairncross, S. (2004). *The Case for Marketing Sanitation*. Nairobi: World Bank Water and Sanitation Program.
- Chamberlain, B. C., Carenini, G., Öberg, G., Poole, D. and Taheri, H. (2014). A decision support system for the design and evaluation of sustainable wastewater solutions. *IEEE Transactions on Computers, Special issue on Computational Sustainability*, vol. 63, no. 1. Available from: [http://www.cs.ubc.ca/~poole/papers/Chamberlain_IEEE_Computer_2013 .pdf](http://www.cs.ubc.ca/~poole/papers/Chamberlain_IEEE_Computer_2013.pdf).
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. and Savelli, H., eds (2010). *Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development. A Rapid Response Assessment*. Nairobi: UN Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal. Available from <http://www.grida.no>.
- Cotán-Pinto, S. (2007). *Valoración de Impactos Ambientales*. INERCO. Sevilla, España.
- Cruz, M; Sánchez, R; Cabrera, C. (2006). *Permacultura Criolla*. Editorial Linotipia Bolívar. La Habana, Cuba.
- Dabbah F.A. *et al.* (2015). *Sistemas de saneamiento seco con separación de orina (baño seco)*. 1a ed. - San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI. 142 p.
- Diaz, R. J. and R. Rosenberg (2011). Introduction to environmental and economic consequences of hypoxia. *Water Resources Development* vol. 27, no.1, pp. 71–82. DOI: 10.1080/07900627.2010.531379.
- EcoSanRes (2008). “Guidelines on the use of urine and faeces in crop production”, EcoSanRes Factsheet no. 6. Available from http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR-factsheet-06.pdf.
- Ekane, N., Nykvist, B., Kjellén, M., Noel, S. & Weitz, N. (2014) „Multi-level sanitation governance: understanding and overcoming challenges in the sanitation sector in sub-Saharan Africa“. *Waterlines*, vol33, no 3: 242-256, DOI: 10.3362/2046-1887.2014.024
- Eliasson, J. (2014). “Deputy Secretary-General’s remarks at media launch of sanitation campaign”, Press conference, New York, 28 May 2014, United Nations. Available from <http://www.un.org/sg/dsg/dsgoffthecuff.asp?nid=288>.
- Field, B. C. 1997 *Environmental Economics*. McGraw-Hill, New York.
- Financial Management Group. 2006. *Introduction to Cost-Benefit Analysis and Alternative Evaluation Methodologies*. Commonwealth of Australia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1996). *Environmental impact assessment and environmental auditing in the pulp and paper industry (Working paper 129)*. Rome. Available from: <http://www.fao.org/docrep/005/v9933e/v9933e00.HTM>
- Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre. (2013). *Guía de Permacultura: Agua y Saneamiento y su aplicación a nivel familiar*. Programa Gobernabilidad del sector Agua y Saneamiento en el Ecuador. Quito, Ecuador.

- Gibbs, K. (1984). Privacy and the pit privy – technology or technique?, *Waterlines*, 3 (1), 19-21.
- Georgiou, S., Langford, I., Bateman, I. & Turner, R. K. 1996 Determinants of individuals' willingness to pay for reduction in environmental health risks: A case study of bathing water quality. CSERGE Working Paper GEC 96-14.
- Gittinger, P. 1982. *Economic Analysis of Agricultural Projects* (EDI Series on Economic Development). Washington, DC.
- Graham, J. P. and Polizzotto, M. L. (2013). Pit latrines and their impacts on groundwater quality: a systematic review. *Environmental Health Perspectives*, no. 121. Available from http://hsrc.himmelfarb.gwu.edu/sphhs_enviro_facpubs/36/.
- Grant S. B. et al. (2012). Taking the 'waste' out of 'wastewater' for human water security and ecosystem sustainability. *Science*, vol. 337, no. 6095, pp. 681-686. DOI: 10.1126/science.1216852.
- Gwilliam, K.M. (1996). The value of time in economic evaluation of transport projects: lessons from recent research. *Infrastructure Notes*. Transport NO. OT-5. Washington, DC: World Bank.
- Hanley, N. & Spash, C. L. 1993. *Cost-benefit Analysis and the Environment*. Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Hickling, S., and G. Hutton. 2014. "Economics of Inadequate Sanitation in Africa." In *Sanitation and Hygiene in Africa: Where do We Stand? Analysis from the AfricaSan Conference*, Kigali, Rwanda, edited by P. Cross and Y. Coombes. Pages 29-34. London: IWA Publishing.
- Hutton, G., U-P. E. Rodriguez, L. Napitupulu, P. Thang, and P. Kov. 2008. *Economic Impacts of Sanitation in Southeast Asia*. Water and Sanitation Program. Washington DC: World Bank.
- Hutton, G. (2012). *Global Costs and Benefits of Drinking-Water Supply and Sanitation Interventions to Reach the MDG Target and Universal Coverage*, WHO/HSE/WSH/12.01. Geneva: World Health Organization. Available from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75140/1/WHO_HSE_WSH_12.01_eng.pdf.
- Hutton, G. and Varughese, M. (2016). *The Costs of Meeting the 2030 Sustainable Development Goal Targets on Drinking Water, Sanitation, and Hygiene*. Water and Sanitation Program Technical Paper 103171. Washington, DC: World Bank.
- INEC, 2020. *Proyecciones poblacionales*. Retrieved from Instituto Nacional de Estadísticas y Censo: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- IRC and Aguaconsult, 2011. *Ghana: Lessons for Rural Water Supply; Assessing progress towards sustainable service delivery*. Accra, Ghana: IRC International Water and Sanitation Centre.

- Jiménez, B., T. Asano (eds.) 2008a. *Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs*. IWA Publishing, London.
- Jiménez, B., T. Asano. 2008b. *Water reclamation and reuse around the world*, Capítulo 1, in B. Jiménez and T. Asano (eds.), *Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs*. IWA Publishing, London.
- JMP (2015). *Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 Update and MDG Assessment*. Geneva: UNICEF and WHO, Joint Monitoring Programme. Available from http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMPUpdate-report-2015_English.pdf.
- Jönsson, H., Richert Stintzing, A., Vinnerås, B. and Salomon, E. (2004). *Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production*. Stockholm:141 EcoSanRes Publication Series, Stockholm Environment Institute. Available from http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf.
- Larsen T. A. and Gujer, W. (2013). “Implementation of source separation and decentralization in cities”, in *Source Separation and Decentralization for Wastewater Management*, T. A. Larsen, K. M. Udert and J. Lienert, eds. London: IWA Publishing, pp. 135–151.
- Larsen, T.A. Udert, K. M. and Lienert, J. eds. (2013). *Source Separation and Decentralization for Wastewater Management*. London: IWA Publishing.
- Leopold, L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. E. Balsley. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C.
- Lockwood, H. and Smits, S., 2011. *Supporting rural water supply: Moving towards a service delivery approach*. Rugby, UK: Practical Action Publishing.
- Mardones, C, and Riquelme, M. 2018. Estimation of the Value of Statistical Life in Chile and Extrapolation to Other Latin American Countries. *Latin American Research Review* 53(4). pp. 815–830. DOI: <https://doi.org/10.25222/larr.61>
- Martínez Miguélez, M. (2000). *La investigación-acción en el aula*. *Revista Electrónica Agenda Académica Volumen 7 Año 1*. [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.revele.com.ve/pdf/agenda/vol7-n1/pag27.pdf>. Consulta: 2007, 17 de febrero.
- Mateo-Sagasta, J., Raschid-Sally, L. and Thebo, A. (2015). “Global wastewater and sludge production, treatment and use”, in *Wastewater: Economic Asset in an Urbanizing World*, P. Drechsel, M. Qadir and D. Wichelns, eds. London: Springer.
- Miller, T. (2000). Variations between Countries in Values of Statistical Life. *Journal of Transport Economics and Policy*, 34(2), 169-188. Retrieved November 24, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/20053838>
- Nishat, M. 2011. “Economic Impacts of Inadequate Sanitation in Pakistan.” *Water and Sanitation Program*. World Bank, Washington DC.

- OMS. 2018. Saneamiento: Datos y cifras. Sitio web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs392/es/>
- Ostrom, E. (2009). “Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems”, Prize lecture at Aula Magna, Stockholm University, 8 Dec. 2009. Available from http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic_sciences/laureates/2009/ostrom-lecture.html.
- Parkinson, J., Lüthi, C. and Walther, D. (2014). Sanitation 21 – A Planning Framework for Improving City-Wide Sanitation Services. International Water Association, Eawag-Sandec and GIZ. Available from http://www.iwa-network.org/filemanager/uploads/IWA-Sanitation-21_22_09_14-LR.pdf.
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Bartram, J., Clasen, T., Cumming, O., Freeman, M., Gordon, B., Hunter, P., Medlicott, K., Johnston, R. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis with a focus on low- and middle-income countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Volume 222, Issue 5, 2019, Pages 765-777, ISSN 1438-4639, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.05.004>. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463918310484>
- Ryan, B.A. & Mara, D.D. (1983). Ventilated improved pit latrines: vent pipe design guidelines, TAG Technical Note No. 6, The World Bank, Washington DC. USA.
- Sato T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T. and Ahmad, Z. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management*, vol. 130, pp. 1–13. DOI:10.1016/j.agwat.2013.08.007.
- Schönning, C. and Stenström, T-A. 2004. Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems. Report 2004-1. EcoSanRes Programme. Stockholm Environment Institute.
- SJSU. 2008. An introduction to Cost Benefit Analysis. Retrieved October 28 2008, from San Jose State University, Department of Economics. Web site: <http://www.sjsu.edu/faculty/watkins/cba.htm>
- Slim, J. A. and Wakefield, R. W. (1990). The utilization of sewage sludge in the manufacture of clay bricks. *Water SA*, vol. 17, no. 3, pp. 197–202. Available from http://reference.sabinet.co.za/webx/access/journal_archive/03784738/2154.pdf
- Snell, M. 1997. Cost-Benefit Analysis for engineers and planners. USA: American Society of Civil Engineers. New York, NY.
- Squire, L and van der Tak, H. 1989. “Economic Analysis of Projects”, a World Bank research publication. Washington, DC.
- Strande, L., Ronteltap, M. and Brdjanovic, D., eds (2014). *Faecal Sludge Management (FSM) Book – Systems Approach for Implementation and Operation*. London: IWA Publishing.

- SuSanA. (2008). Towards more sustainable sanitation solutions – SuSanA vision document, Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA). Available from <http://www.susana.org/en/resources/library/details/267>.
- Tilley, E. (2013). Conceptualising sanitation systems to account for new complexities in processing and management in Source Separation and Decentralization for Wastewater Management, T. A. Larsen, K. M. Udert, J. Lienert, eds. London: IWA Publishing, pp. 225–239.
- Tyagi, A. 2010. Economic Impacts of Inadequate Sanitation in India. Water and Sanitation Program. Washington DC: World Bank.
- Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C. and Schertenleib, R. (2014). Compendium of Sanitation Systems and Technologies, 2nd rev. ed. Dübendorf, Switzerland: Eawag. Available from http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_2nd_pdfs/Compendium_2nd_Ed_Lowres_1p.pdf
- UN (2014). Millennium Development Goals Report 2014. New York: United Nations. Available from [http://www.un.org/millenniumgoals/2014 MDGreport/MDG 2014 English web.pdf](http://www.un.org/millenniumgoals/2014_MDGreport/MDG_2014_English_web.pdf).
- UN-Water (2015). Wastewater Management, Analytical brief. Geneva: UN-Water. Available from http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/UN-Water_Analytical_Brief_Wastewater_Management.pdf.
- UN-Water & WHO (2014) UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2014 Report: Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities, UN-Water and World Health Organization, Geneva.
- US EPA (2012a). *Guidelines for Water Reuse*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 2012a. Available from <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf>
- Vinnerås, B. 2002. Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine diversion. Agraria 353, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Sweden.
- Wagner, EG, Lanoix JN. 1958. Public health importance of excreta disposal. In: Excreta disposal for rural areas and small communities. Ginebra: WHO; p. 9-16.
- WHO, UNICEF & JMP. (2014). Wash in the 2030 agenda. New global indicators for drinking, sanitation and hygiene. Tomado de https://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMP-WASH-in-the-2030-Agenda-factsheet.pdf
- WHO-UNICEF JMP. 2015. Progress on Sanitation and Drinking Water. 2015 Update and MDG Assessment. New York: WHO and UNICEF.
- Wagner, EG, Lanoix JN. 1958. Public health importance of excreta disposal. In: Excreta disposal for rural areas and small communities. Ginebra: WHO; p. 9-16.

- Wendland, C. and Albold, A. (2010). Sustainable and cost-effective wastewater systems for rural and peri-urban communities up to 10,000 PE, Guidance paper, Women in Europe for a Common Future (WECF). Available from <http://www.wecf.eu/download/2010/03/guidancepaperengl.pdf>.
- Windblad, U and Kilama, W. (1985). Sanitation without water. Macmillan education. Basingstoke, UK.
- Wong, T. H. and Brown, R. R. (2009). The water sensitive city: principles for practice. *WaterScience and Technology*, vol. 60, no. 3, p. 673.
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods* (Third ed. Vol. 5).

ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto construcción unidad Agua, Saneamiento e Higiene (ASH)

Item	Rubros	Uni	Cant	Costo Uni.	Costo tot.
1	Empedrado base	m3	0,4	12,98	5,19
2	Hormigón simple en piso	m3	0,4	29,5	11,80
3	Mampostería de bloque paredes	m2	17	14,16	240,72
4	Pared de caña	m2	4,64	11,8	54,75
5	Losa H.A	m3	0,04	208,86	8,35
6	Gradas	m2	0,96	88,5	84,96
7	Compuerta metálica (0,70x0,70)	u	1	76,7	76,70
8	Compuerta metálica (0,90x0,50)	u	2	76,7	153,40
9	Tasa de baño seco	u	1	129,8	129,80
11	Tee PVC Sanitaria 4"	u	1	4,72	4,72
12	Codo PVC Sanitaria 4"	u	2	4,72	9,44
13	Tubo PVC Sanitario 4" (l=3 m)	u	1	23,6	23,60
14	Cerámica baño	m2	17	13,02	221,26
15	Instalación de manguera d=1/2 de urinario de baño seco.	ml	5	4,72	23,60
16	Cubierta de madera y zinc	m2	8,28	18,88	156,33
17	Puerta de madera	u	2	82,6	165,20
18	Urinario	u	1	59	59,00
19	Gavetas plásticas	u	2	15,34	30,68
20	Recipiente para material secante	u	1	3,54	3,54
21	Pintura	m2	11,6	6,136	71,18
22	Mano de obra				700,00
	Valor total				2234,22

NOTA: Los precios podrían variar de acuerdo a las condiciones específicas del lugar de construcción y las especificaciones técnicas de los materiales.

Anexo 2. Comunicación autor herramienta ESI

Guy Hutton <ghutton@unicef.org>

Mar 5, 2021, 12:37 PM



to me ▾

Dear Bruno,

Thank you for your question. The avertible damage depends on the type of damage. Health costs can be reduced by 30% for basic sanitation to 80% for advanced sanitation and water supply. Time costs can be reduced by 100% if the new facility is a private one in the home. Water pollution costs can be reduced – if it leads to new, lower cost means of accessing or treating water.

So I think 10% damages averted is too low.

All the best

Guy



NORMA TECNICA DE SUELO

NORMA TÉCNICA DE DESECHOS PELIGROSOS Y ESPECIALES

CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA NO CATALOGAR A UN DESECHO BIOLÓGICO COMO PELIGROSO

Parámetro	Concentración máxima permitida ¹⁰
Coliformes fecales	2x10 ⁶ NMP o UFC/g ST

⁸ Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

⁹ Manejo Ambientalmente Adecuado de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento. Municipio Metropolitano de Quito, Dirección de Medio Ambiente, Quito, Agosto de 1999

¹⁰ El análisis corresponderá a los resultados de 7 muestras tomadas en el mismo lote a disponer, de las cuales se obtendrá la media geométrica para los coliformes fecales y una muestra compuesta para el resto de los parámetros.

Huevos de Helmintos ¹¹	15/g
Saimonella sp ¹²	10 ³ /g

NMP: número más probable.

UFC: unidades formadoras de colonias.

ST: sólidos totales

¹¹ Si se cumple el límite de coliformes fecales, no es necesario analizar este parámetro

¹² Si se cumple el límite de coliformes fecales, no es necesario analizar este parámetro