

APLICACIÓN DE UN ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO RURAL EN LEIMEBAMBA-AMAZONAS

Hugo Fujishima Martell

Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

fujishimasan@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2007-9495

Versión: 08 de mayo, 2022

Resumen

Los sistemas de agua y saneamiento del ámbito rural están administrados por los municipios distritales y las organizaciones comunales pero el servicio que brindan la mayoría de estos sistemas no ha sido eficiente pues el agua potable que ofrecen no es saludable, segura, continua, o de pleno acceso social; no se disponen adecuadamente los residuos sólidos, no se tratan las aguas residuales y no se protegen las fuentes naturales que proporciona este servicio, por lo que la sustentabilidad integral de estos sistemas no está asegurada. La norma nacional dispone que en el ámbito rural sean las municipalidades distritales las encargadas de prestar los servicios de agua y saneamiento a la población de su jurisdicción, de forma directa a través de las unidades de gestión municipal (UGM) y de forma indirecta a través de organizaciones comunales como las juntas administradoras de servicios de saneamiento (JASS), a las que el municipio les encarga la responsabilidad pero debe brindarles asistencia técnica y capacitación y supervisión para que puedan realizar bien el servicio.

La municipalidad distrital de Leimebamba, en la provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas, es un gobierno local de ámbito rural que tiene a su cargo la asistencia técnica, capacitación y supervisión de los servicios de agua y saneamiento que brindan las siete organizaciones comunales reconocidas como JASS por la autoridad edil. El cumplimiento de estas funciones municipales requiere que el municipio cuente con un conjunto de capacidades, recursos, instrumentos, equipos y materiales que le permitan asistir, monitorear y evaluar la gestión integral y sustentable que deberán desarrollar las JASS durante la prestación de los servicios de agua y saneamiento en sus comunidades.

Un elemento esencial para cumplir con esta función rectora es contar con un instrumento para evaluar periódicamente si la gestión que realizan las JASS se implementa de manera integral y sustentable. Con este fin, esta investigación en desarrollo está elaborando experimentalmente, junto con la Oficina de Asistencia Técnica Municipal (ATM) de Leimebamba, un índice para la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de saneamiento rural del distrito. Este índice considera las dimensiones social, económica, ambiental, técnica e institucional como los aspectos más importantes para evaluar la integralidad y sustentabilidad de los sistemas de saneamiento rural, identificando en cada una de estas dimensiones los factores e indicadores clave a tener en cuenta. El índice se sometió a juicio de expertos de tres especialistas usando una escala de Linkert para valorar la claridad, la coherencia y la relevancia de los indicadores. Los valores hallados en cada permitieron hacer una selección de indicadores escogiéndose a 77 de acuerdo a las valoraciones de los expertos. Asimismo, los valores logrados indican que el índice permite estimar la integralidad y sustentabilidad de los sistemas de saneamiento rural.

Una primera aplicación experimental de este índice se ha realizado en las dos principales JASS de Leimebamba, la JASS Palmira que atiende a 512 pobladores y la JASS Dos de Mayo que atiende a 912, las que en conjunto atienden al 75% de la población rural atendida por JASS, razón principal por la que se seleccionó a estas dos organizaciones comunales como sujetos de la aplicación experimental. Para esta primera aplicación del instrumento, se confrontó el índice con la información proporcionada por el ente regional supervisor, la SUNASS Amazonas, en sus informes de supervisión, y con la información obtenida en las entrevistas sostenidas con los dirigentes de ambas JASS y el funcionario municipal responsable de la oficina ATM. Los resultados de la aplicación indicaron que los niveles de sustentabilidad de ambas JASS están en el nivel estable

Palabras clave: Sustentabilidad, evaluación, indicadores, sistema de agua, saneamiento rural, índice.

**APPLICATION OF AN INDEX FOR THE EVALUATION OF THE
SUSTAINABILITY OF RURAL SANITATION SYSTEMS IN LEIMEBAMBA-
AMAZONAS**

Hugo Fujishima Martell

Graduate School of the National University Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

fujishimasan@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2007-9495

Abstract

The rural water and sanitation systems are administered by district municipalities and community organizations, but the service provided by most of these systems has not been efficient, since the drinking water they offer is not healthy, safe, continuous, or fully social access, solid waste is not properly disposed of, wastewater is not treated and the natural sources that provide this service are not protected, so the comprehensive sustainability of these systems is not assured. The national norm establishes that in rural areas the district municipalities are in charge of providing water and sanitation services to the population in their jurisdiction, directly through the municipal management units (UGM) and indirectly through of community organizations such as the administrative boards of sanitation services (JASS), to which the municipality entrusts the responsibility but must provide them with technical assistance, training and supervision so that they can perform the service well.

The district municipality of Leimebamba, in the province of Chachapoyas, department of Amazonas, is a local government in rural areas that is in charge of technical assistance, training and supervision of water and sanitation services provided by all seven communitarian organizations recognized as JASS by the mayor authority. The fulfilment of these municipal functions requires that the municipality has a set of capacities, resources, instruments, equipment and materials that allow it to assist, monitor and evaluate the integral and sustainable management that the JASS must develop during the provision of water services. and sanitation in their communities.

An essential element to fulfil this guiding role is to have an instrument to periodically assess whether the management carried out by the JASS is implemented in a comprehensive

and sustainable manner. To this end, this ongoing research is experimentally developing, together with the Municipal Technical Assistance Office (ATM) of Leimebamba, an index for evaluating the sustainability of rural sanitation systems in the district. This index considers the social, economic, environmental, technical and institutional dimensions as the most important aspects to assess the comprehensiveness and sustainability of rural sanitation systems, identifying in each of these dimensions the key factors and indicators to be taken into account. The index was subjected to expert judgment by 3 specialists using a Linkert scale to assess the clarity, coherence and relevance of the indicators. The values found in each allowed a selection of indicators, choosing 77 according to the experts' assessments. Likewise, the values obtained indicate that the index allows estimating the comprehensiveness and sustainability of rural sanitation systems.

A first experimental application of this index has been carried out in the 2 main JASS of Leimebamba, the JASS Palmira that serves 512 residents and the JASS Dos de Mayo that serves 912, which together serve 75% of the rural population served. by JASS, the main reason why these two community organizations were selected as subjects of the experimental application. For this first application of the instrument, the index was compared with the information provided by the regional supervisory entity, SUNASS Amazonas in its supervision reports, and with the information obtained in the interviews held with the leaders of both JASS and the responsible municipal official. from the ATM office. The results of the application indicated that the sustainability levels of both JASS are at the stable level.

Key words: Sustainability, evaluation, indicators, water system, rural sanitation, index.

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito rural, son las organizaciones comunales como los comités de agua (CA) o las juntas administradoras de servicios de saneamiento (JASS) las que se encargan localmente de la gestión de los servicios de agua y saneamiento, y se hacen cargo de la operación y mantenimiento del sistema hidráulico que capta, almacena, desinfecta, distribuye y desecha el agua para consumo humano. Para que el servicio que se brinda sea de calidad y contribuya a la salubridad de la población la gestión del sistema debe ser integral, y debe considerar aspectos sociales, económicos, ambientales, técnicos e institucionales. La sostenibilidad del sistema implica la integración de estos aspectos, en especial los componentes de infraestructura, operación y mantenimiento, atención primaria de la salud y educación sanitaria en una permanente intervención social y técnica (COSUDE, 2010). La deficiente atención a algunos de estos aspectos es lo que va generando la falta de sostenibilidad del sistema y que los servicios de agua y desagüe no contribuyan a la salud y bienestar de la población (Jurado, 2017; Maran de Oliveira, 2017).

Siendo los municipios distritales del ámbito rural los responsables de dar el servicio de agua y saneamiento a su población, ya sea de manera directa a través de las UGM, o de manera indirecta a través de las organizaciones comunales, hace falta que el municipio cuente con las capacidades e instrumentos para que pueda brindar asistencia técnica, monitorear y evaluar a las organizaciones comunales prestadoras de servicios de saneamiento (Ortiz, Silva y Martínez, 2020). Con este fin, se ha elaborado un Índice para la Evaluación de Sistemas de Saneamiento Rural, índice que permitirá medir la situación de sustentabilidad de un sistema para con esa información realizar los ajustes pertinentes.

En este índice se han considerado cinco dimensiones en el análisis de los sistemas de saneamiento rural: Social, Económica, Ambiental, Técnica e Institucional. En cada una de estas dimensiones se han identificado algunos factores claves y dentro de cada factor se han determinado variables que, en conjunto, nos muestran aquellos aspectos generales y específicos que explicarían y permitirían evaluar la sustentabilidad del sistema. Para cada variable se han desarrollado indicadores con sus respectivas rúbricas, habiendo variables que solo tienen un indicador y otras para las que se han elaborado varios indicadores. (Sarandon & Flores, 2009; Sepúlveda, 2008).

2. METODOS Y MATERIALES

Este instrumento ha sido diseñado y desarrollado basado, principalmente, en la propuesta metodológica para elaborar indicadores de sostenibilidad planteada por Sarandon y otros investigadores de la sustentabilidad; y también en la propuesta de índice de sostenibilidad presentada en un informe sobre saneamiento rural en América Latina de la Agencia de Cooperación Suiza-COSUDE; y la consulta a las fichas de monitoreo de sistemas usadas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y la Superintendencia de Servicios de Saneamiento (COSUDE, 2010; Ministerio de Vivienda, 2020).

La idoneidad del instrumento para medir la sustentabilidad de un sistema de saneamiento rural ha sido probada siguiendo dos procedimientos. El primero de ellos ha sido someterlo a un juicio de expertos en temas de sustentabilidad, saneamiento y desarrollo para estimar la validez del índice como instrumento para evaluar la sustentabilidad. Se convocó a tres especialistas: el primero de ellos labora en un instituto universitario especializado en temas geográficos y de desarrollo; el segundo labora en una institución nacional dedicada a temas de saneamiento y ha sido catedrático en temas ambientales y de conservación natural; y el tercer experto hace investigaciones sobre el agua y los recursos naturales en un instituto especializado de una universidad nacional.

Estos expertos, luego se revisó el instrumento, enviaron sus observaciones y sugerencias al índice utilizando una escala Linkert de 0 al 3 respecto a tres aspectos de los indicadores: la claridad (el grado en que el indicador es entendible, claro y comprensible), la coherencia (el grado en que el indicador guarda relación con la dimensión que está midiendo) y la relevancia (el grado en que el indicador es esencial o importante y por tanto debe ser incluido para evaluar la sostenibilidad). El cuadro siguiente muestra los criterios, los valores numéricos y su significación considerados en esta escala.

Tabla 1: Escala Linkert para evaluar indicadores

Escala de Linkert usada para la validación por expertos		
Categoría	Definición	Calificación
CLARIDAD	El grado en que el indicador es entendible, claro y	0 = Nada claro
		1 = Poco claro

	comprensible.	2 = Claro 3 = Totalmente claro
COHERENCIA	El grado en que el indicador guarda relación con la dimensión que está midiendo.	0 = Nada coherente 1 = Poco coherente 2 = Coherente 3 = Totalmente coherente
RELEVANCIA	El grado en que el indicador es esencial o importante y por tanto debe ser incluido para evaluar la sostenibilidad	0 = Nada relevante 1 = Poco relevante 2 = Relevante 3 = Totalmente relevante

Fuente: elaboración propia a partir de bibliografía y documentación consultada

El segundo procedimiento ha consistido en confrontar los indicadores con la información de los informes de caracterización y monitoreo de la institución nacional supervisora de sistemas de saneamiento (SUNASS-Amazonas) de dos centros poblados del ámbito rural del distrito de Leimebamba, e información obtenida de entrevistas con funcionarios del municipio y representantes de las dos organizaciones comunales. Se pretendía observar si el índice lograba estimar la sustentabilidad de ambos sistemas de saneamiento con la información disponible. (SUNASS, 2019a). Para obtener el índice general de sustentabilidad del sistema se ha desarrollado la siguiente ecuación:

$$\text{Índice general sustentabilidad} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i \bar{p}_i}{x.} \right) v$$

Donde

- n: número de factores
- x: número de indicadores del factor i
- p: puntaje promedio del factor i
- x.: total de indicadores
- v: valor máximo de escala de puntuación

Utilizando la escala propuesta por Sepúlveda (2008), para clasificar los cálculos realizados con el índice de sustentabilidad desarrollado se tiene la siguiente clasificación de la sustentabilidad de sistemas de saneamiento rural (Sepúlveda 2008; Ramírez, 2014).

Tabla 2: Escala de sustentabilidad

0.0 - 1	1.1 - 2	2.1 - 3	3.1 - 4	4.1 - 5
Colapso	Crítico	Inestable	Estable	Óptimo

Fuente: Adaptación propia basada en Sepúlveda, 2008

Comentario [L1]: Falta fuente de tabla 2

3. RESULTADOS

La aplicación del primer método, en el que se sometió el índice al juicio de tres expertos en temas de desarrollo sustentable, permitió hacer un ajuste en la cantidad de indicadores que redujo de 120 a 77, de acuerdo al puntaje otorgado por los expertos. Se considero que aquellos que tuvieran un coeficiente mayor a 2.4 serían seleccionados. Estos fueron los resultados de dicha valoración.

Comentario [L2]: Uso del gerundi

Tabla 3: Selección de indicadores según juicio de expertos

MATRIZ OPERATIVA DEL INDICE DE SUSTENTABILIDAD DE UN SISTEMA DE SANEAMIENTO RURAL							
DIMENSIÓN	FACTORES	VARIABLES / DETERMINANTES	INDICADORES	JUICIO EXPERTO (0 a 3 según criterios)			
				Exp 1	Exp 2	Exp 3	Prom
SOCIAL	Satisfacción de necesidades básicas de la población	Viviendas de los usuarios	Porcentaje de viviendas con servicios de agua habitadas regularmente.	3.00	3.00	3.00	3.00
			Frecuencia con se realizan campañas para la revisión y reparación de fugas en las conexiones domiciliarias	3.00	2.67	2.33	2.67
			Grado Incidencia de enfermedades hídricas de la población	2.67	3.00	2.33	2.67
		Acceso a servicios de salud	Frecuencia de monitoreo de calidad de agua del sistema realizada por el centro de salud durante el último año.	3.00	2.67	2.46	2.71
			Frecuencia de campañas/visitas/sesiones de educación sanitaria realizadas anualmente por el centro de salud, la	2.67	2.67	3.00	2.78

SOCIAL	Percepción de la población sobre el servicio	Acceso a educación	ONG o el municipio para la población.					
			Tipo de institución educativa disponible en la comunidad, distrito y/o capital de su provincia donde podría continuar sus estudios.	2.67	2.33	2.67	2.56	
			6	2.52	2.61	2.33	2.48	
			Nivel de satisfacción respecto a la calidad del agua	3.00	3.00	2.67	2.89	
		Satisfacción del usuario respecto al producto	Nivel de satisfacción respecto a la cantidad de agua	3.00	3.00	3.00	3.00	
		Nivel de satisfacción respecto a la continuidad del agua	2.33	2.67	3.00	2.67		
		Medidas de mejora	Cantidad de medidas tomadas por la JASS para mejorar el servicio	2.00	2.67	3.00	2.56	
			4	2.40	2.67	2.33	2.47	
			Cantidad promedio de habitantes por hogar	3.00	3.00	3.00	3.00	
			Uso de sistema de disposición de aguas residuales.	Modo en que se desecha el agua que provee el sistema:	2.67	3.00	2.71	2.79
	Conductas sanitarias de las familias	Uso de sistema de disposición de excretas	Modo en que se dispone de las excretas humanas en el hogar.	2.67	3.00	2.61	2.76	
		Participación en eventos de educación sanitaria.	Frecuencia de asistencia a campañas/sesiones/reuniones de educación sanitaria desarrollados por la JASS, el centro de salud, la ONG o el municipio.	2.33	3.00	2.33	2.56	
			4	2.43	2.57	3.00	2.67	
			Subtotal	3	10	14	2.45	2.61
	Rentabilidad económica del	Pago de cuota familiar	Porcentaje de usuarios al día en el pago de su cuota familiar	3.00	2.33	2.50	2.61	

	sistema	Agua no facturada	Porcentaje de agua no facturada en los últimos 12 meses	2.00	3.00	3.00	2.67
		Pago de gastos, personal y servicios esenciales	Porcentaje de gastos cubiertos con los ingresos regulares provenientes de cuota familiar y otras aportaciones regulares de los usuarios de JASS	2.33	2.33	3.00	2.56
		Medidas para mejorar rentabilidad	Cantidad de medidas tomadas en el año para mejorar la rentabilidad del sistema.	2.67	3.00	2.00	2.56
		4	4	2.28	2.61	2.67	2.52
	Situación económica de los usuarios	Ingresos económicos	Nivel de ingreso promedio mensual del hogar	3.00	3.00	2.67	2.89
		Situación laboral	Tipo de situación laboral más frecuente del usuario titular o jefe de familia.	2.67	3.00	2.00	2.56
		2	2	2.33	2.83	2.00	2.39
	Financiamiento del sistema	Fuentes de financiamiento	Cantidad de fuentes de financiamiento con las que se cuenta para asegurar funcionamiento y mejoramiento del sistema.	2.00	2.67	3.00	2.56
		Acciones para incrementar fuentes de financiamiento	Cantidad de medidas adoptadas para incrementar fuentes de financiamiento o mejorar condiciones para recibirlo.	3.00	3.00	2.67	2.89
		2	2	2.13	2.53	3.00	2.56
Subtotal	3	8	8	2.25	2.66	2.92	2.61
AMBIENTAL	Disponibilidad natural de recurso hídrico	Cantidad de agua proveída por el sistema	Cantidad de agua diaria disponible en la fuente para atender la demanda del sistema	3.00	3.00	3.00	3.00
			Nivel de consumo diario promedio por hogar usuario	3.00	3.00	3.00	3.00
			Medidas para asegurar provisión de agua	2.67	3.00	2.67	2.78

	2	3	2.67	2.83	2.67	2.72
	Uso de agua en otras actividades	Cantidad de usuarios de fuente (otra comunidad, agricultores, mineros, industria, etc.)	2.33	3.00	3.00	2.78
Calidad natural del recurso hídrico	Parámetros de calidad	Cantidad de parámetros básicos exigidos verificados por el sector salud para calidad de agua en la fuente.	3.00	3.00	3.00	3.00
	Medidas para mejorar la calidad del agua en la fuente	Cantidad de medidas adoptadas para incrementar la calidad del agua en la fuente	3.00	3.00	2.33	2.78
	3	3	2.40	2.87	3.00	2.76
	Tipo de fuente	Tipo de fuente de donde se capta el agua del sistema.	2.67	2.33	2.67	2.56
	Amenazas e impactos ambientales a la fuente y el sistema	Cantidad de amenazas y/o impactos ambientales identificadas a la fuente, el sistema y la biodiversidad	3.00	2.67	2.72	2.80
Amenazas e impactos al sistema y la biodiversidad	Uso de agua en otras actividades	Cantidad de usuarios de fuente (otra comunidad, agricultores, mineros, industria, etc.)	2.00	3.00	2.77	2.59
	Disposición de excretas y residuos sólidos	Cantidad de productos del reúso de aguas residuales generados en el PTAR del sistema	2.33	2.33	3.00	2.56
	Protección de la fuente y el sistema	Cantidad de prácticas preventivas realizadas para eliminar o limitar la contaminación por actividad agrícola (gestión de residuos sólidos, reducción de pesticidas y fertilizantes químicos, uso de insumos biológicos, reducción de la erosión, disposición de envases de pesticidas)	3.00	3.00	3.00	3.00

			Cantidad de medidas tomadas para la protección de la fuente, el sistema, y la biodiversidad.	3.00	3.00	2.00	2.67
		5		2.67	2.72	2.00	2.46
Subtotal	3	10	12	2.58	2.81	2.00	2.46
TÉCNICA	Productividad del sistema	Continuidad del servicio	Cantidad de horas al día con que se cuenta el servicio de agua: 24, 18, 12, 6, 3	3.00	3.00	3.00	3.00
			Cantidad de días a la semana con servicio de agua al domicilio:	3.00	3.00	2.00	2.67
			Cobertura del servicio	Porcentaje de la población atendida por el sistema	3.00	3.00	2.43
		Factores que afectan la productividad	Cantidad de factores atribuidos a las principales deficiencias en la productividad del sistema	3.00	3.00	3.00	3.00
			infraestructura				
			Calidad del agua	Cantidad de parámetros de control obligatorio (PCO) aprobados en ultimo monitoreo de sistema por sector salud:	2.67	3.00	2.33
		4	5	2.93	3.00	2.55	2.83
	Infraestructura del sistema de agua y saneamiento	Infraestructura del agua potable	Tiempo transcurrido desde el último mejoramiento integral del sistema de abastecimiento de agua.	3.00	3.00	2.67	2.89
			Grado de conservación y funcionamiento de la infraestructura de captación y conducción del agua.	2.33	2.33	2.67	2.44
			Grado de conservación y funcionamiento de la infraestructura de reserva de agua.	2.33	2.67	2.67	2.56
			Grado de conservación y funcionamiento de la infraestructura e instalaciones de tratamiento del agua.	2.67	2.67	2.73	2.69

		Grado de conservación y funcionamiento de la infraestructura distribución domiciliarias de agua potable.	2.00	2.67	3.00	2.56
		Cantidad de medidas tomadas por la JASS para mejorar la infraestructura	2.33	2.67	2.67	2.56
	1	6	2.50	2.63	2.33	2.49
		Tiempo transcurrido desde el último mejoramiento integral del sistema de desagüe y alcantarillado.	3.00	3.00	2.67	2.89
		Grado de conservación y funcionamiento de la infraestructura e instalaciones domiciliarias de desagüe/pozo séptico/biodigestor/letrina.	2.67	2.67	2.00	2.44
	Infraestructura del alcantarillado y desagüe	Grado de conservación y funcionamiento de la infraestructura de recolección de aguas residuales domiciliarias.	2.67	2.67	2.60	2.64
		Grado de conservación y funcionamiento de la infraestructura e instalaciones de la PTAR.	2.67	2.67	3.00	2.78
		Cantidad de factores atribuidos a las principales deficiencias de la infraestructura	2.67	3.00	2.67	2.78
		Nivel de tratamiento aplicado de aguas residuales.	3.00	3.00	2.00	2.67
	1	6	2.63	2.73	2.67	2.68
Operación del sistema de	Tipo de sistema	Tipo de sistema de abastecimiento de agua en funcionamiento	2.67	3.00	2.67	2.78

abastecimiento	Perdidas/fugas	Porcentaje estimado de agua perdida por fugas, instalaciones malogradas, tuberías dañadas u obsoletas, etc.	2.67	2.67	2.67	2.67
		Grado de accesibilidad a equipos, insumos, materiales y herramientas para administración, operación, y mantenimiento de los servicios.	2.67	2.67	2.67	2.67
3	3		2.52	2.62	2.00	2.38
Operación del sistema de desagüe, alcantarillado y PTAR	Tipo de sistema	Tipo de sistema de recolección de excretas y aguas residuales.	3.00	3.00	2.00	2.67
	Perdidas/fugas	Porcentaje estimado de agua residual que contamina el ambiente por fugas de tuberías dañadas u obsoletas, etc.	2.67	2.67	3.00	2.78
Medición de cloro en el sistema	Medición de cloro en el sistema	Cantidad de mediciones de cloro realizadas en el sistema periódicamente.	3.00	3.00	2.67	2.89
		Cantidad de soluciones operativas adoptadas para superar las deficiencias operativas en abastecimiento de agua.	2.67	3.00	2.78	2.81
4	4		2.52	2.56	2.58	2.55
Actividades de mantenimiento del sistema de provisión de agua	Actividades de mantenimiento del sistema de provisión de agua	Cantidad de actividades de mantenimiento realizadas periódicamente para el funcionamiento del sistema. (inspección sanitaria de instalaciones; limpieza exterior del sistema; limpieza interior de canales, tuberías y tanques; manipulación y	2.67	2.67	3.00	2.78

			lubricado de válvulas; pintado anticorrosivo de válvulas, compuertas y tapas; pintado de paredes, techos y cercos; lavado de sedimentadores y filtros; detección y tapado de fugas; desinfección de instalaciones y redes; purgado de aire de las redes; examen de instalaciones domiciliarias.					
		Soluciones a los problemas de mantenimiento	Cantidad de soluciones a los problemas de mantenimiento adoptadas para el buen funcionamiento del sistema	2.33	2.67	2.67	2.56	
		2	2	2.56	2.67	3.00	2.74	
Subtotal	6	15	26	2.57	2.66	2.50	2.58	
		Apoyo a la gestión de sistema	Nivel de participación de asociados en reuniones, tareas y aportes	2.67	3.00	2.00	2.56	
	Participación de la comunidad en la gestión	Comunicación interna	Grado de inmediatez de conocimientos de sucesos, consultas y decisiones referidas al sistema.	2.67	2.67	2.67	2.67	
		Promoción de participación	Cantidad de medidas adoptadas para promover la participación de la comunidad	2.67	3.00	3.00	2.89	
		3	3	2.33	2.50	3.00	2.61	
	Prestador del servicio de saneamiento	Percepción de las familias sobre servicio	Grado de satisfacción respecto al servicio recibido por el prestador	3.00	3.00	2.00	2.67	
		Establecimiento de cuota familiar	Porcentaje de usuarios satisfechos con el procedimiento para establecer la cuota familiar	3.00	3.00	2.00	2.67	
		Enfoque de género	Participación de la mujer en junta directiva	3.00	3.00	3.00	3.00	

Gobernanza y articulación institucional	Tipo de personal disponible	Situación laboral del personal responsable d operar y mantener el sistema.	2.67	3.00	3.00	2.89
	Educación sanitaria a la comunidad brindada por el prestador	Frecuencia de capacitaciones brindadas por el prestador a los usuarios anualmente.	2.67	3.00	3.00	2.89
	Mejora de la gestión	Cantidad de medidas adoptadas para mejorar la gestión del prestador	3.00	3.00	3.00	3.00
	6	6	2.63	2.67	3.00	2.77
	Presencia institucional	Cantidad de instituciones públicas en la comunidad	3.00	3.00	3.00	3.00
	Articulación intersectorial	Cantidad de instituciones con las que la JASS realiza articulaciones regulares para mejorar la calidad y el acceso al servicio	2.33	2.00	3.00	2.44
	Conflictos	Tipo de mecanismos de resolución de conflicto:	2.67	3.00	2.71	2.79
		Existencia de instancia para solución de conflictos:	3.00	3.00	2.59	2.86
		Cantidad de amenazas institucionales para el funcionamiento del sistema	2.67	3.00	2.61	2.76
	Amenazas y debilidades del sistema	Frecuencia de eventos de asistencia técnica y/o capacitación por parte de especialistas de Municipalidad y/o entidades del sector (SUNASS, DRVCS, otros)	3.00	3.00	3.00	3.00
	Capacitación y asistencia técnica	Frecuencia de visitas de supervisión por parte de especialistas de Municipalidad y/o entidades del sector (SUNASS, DRVCS, otros)	3.00	3.00	3.00	3.00
	Supervisión	Cantidad de propuestas institucionales para el	2.67	3.00	3.00	2.89
	Propuestas para mejorar la gobernanza					

		funcionamiento del sistema.					
		5	8	2.76	2.86	3.27	2.96
Subtotal	3	14	17	2.58	2.67	3.09	2.78
Total de indicadores		57	77	2.48	2.68	2.57	2.58

Fuente: Elaboración propia a partir de bibliografía y documentación consultada

El juicio de expertos nos da como resultado que el índice de sustentabilidad que se está proponiendo este compuesto por 77 indicadores, de los cuales corresponden a la dimensión **Social** tres factores: Satisfacción de necesidades básicas de la población, Percepción de la población sobre el servicio y Conductas sanitarias de las familias, integrados por diez variables y catorce indicadores (Burnstein, 2018; Ferrero, *et al.*, 2019). A la dimensión **Económica** corresponden tres factores: Rentabilidad económica del sistema, Situación económica de los usuarios y Financiamiento del sistema, integrados por ocho variables y ocho indicadores (MEF, 2012; SUNASS, 2019a, 2019b). A la dimensión **Ambiental** corresponden tres factores: Disponibilidad natural de recurso hídrico, Calidad natural del recurso hídrico y Amenazas e impactos al sistema y la biodiversidad, integrados por diez variables y doce indicadores (Dedus, 2014; MINAM, 2009). A la dimensión **Técnica**, la de mayor amplitud, corresponden seis factores: Productividad del sistema, Infraestructura de abastecimiento de agua potable, Infraestructura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, Operación del sistema de abastecimiento de agua potable, Operación del sistema de desagüe, alcantarillado y PTAR y Mantenimiento del sistema, integrados por quince variables y veintiséis indicadores (Ministerio de Vivienda, 2020; Eliamringi y Kazumba, 2017). Finalmente, a la dimensión **Institucional** corresponden tres factores: Participación de la comunidad en la gestión, Prestador del servicio de saneamiento y Gobernanza y articulación institucional, integrados por catorce variables y diecisiete indicadores (Jones y Silva, 2009; Nelson-Nuñez, Walters y Charpentier, 2019). Asimismo, en cada uno de los indicadores se ha elaborado la rúbrica respectiva para estandarizar los valores y evaluar la situación aludida de manera directa, en una escala del 1 al 5 donde el menor número -1- significa menor sostenibilidad y el número mayor -5- representa mayor sostenibilidad. No se ha priorizado ningún indicador en particular, pero la dimensión técnica resulta la más importante dada la mayor cantidad de indicadores que considera.

Asimismo, el juicio de expertos ha permitido establecer por dimensiones y factores la claridad, coherencia y relevancia de los aspectos comprendidos, como se puede observar en el siguiente cuadro.

Tabla 4: Valoración por dimensiones y factores

Valoraciones de expertos sobre índice de sustentabilidad										
Dimensión	Factores	Experto 1			Experto 2			Experto 3		
		Claridad	Coherencia	Relevancia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Claridad	Coherencia	Relevancia
SOCIAL	Satisfacción de necesidades básicas de la población	2.636	2.636	2.273	2.909	2.545	2.364	2.875	2.250	2.250
	Percepción de la población sobre el servicio	2.600	2.200	2.400	2.600	2.600	2.800	2.800	2.600	2.600
	Conductas sanitarias de familias	2.143	2.571	2.571	2.429	2.714	2.571	2.571	2.714	2.857
	Promedio dimensión	2.460	2.469	2.415	2.646	2.620	2.578	2.749	2.521	2.569
ECONÓMICA	Rentabilidad económica del sistema	2.333	2.167	2.333	3.000	2.333	2.500	2.833	2.333	2.333
	Situación económica de los usuarios	2.500	2.500	2.000	3.000	2.750	2.750	2.667	2.667	2.667
	Financiamiento del sistema	2.000	2.200	2.200	2.400	2.600	2.600	2.200	2.400	2.200
	Promedio dimensión	2.278	2.289	2.178	2.800	2.561	2.617	2.567	2.467	2.400
AMBIENTAL	Disponibilidad natural de recurso hídrico	2.500	2.750	2.750	2.750	3.000	2.750	3.000	2.750	3.000
	Calidad natural del recurso hídrico	2.200	2.400	2.600	2.800	2.800	3.000	2.800	2.600	2.600
	Amenazas e impactos al sistema y la biodiversidad	2.500	2.667	2.833	2.500	2.833	2.833	2.500	2.833	2.833
	Promedio dimensión	2.400	2.606	2.728	2.683	2.878	2.861	2.767	2.728	2.811
TÉCNICA	Productividad del sistema	2.714	2.714	2.571	2.857	2.714	2.714	2.429	2.429	2.429
	Infraestructura de abastecimiento de agua	2.200	2.500	2.800	2.200	2.800	2.900	2.300	2.900	3.000
	Infraestructura de alcantarillado y aguas residuales	2.100	2.900	2.900	2.200	3.000	3.000	2.200	2.800	2.800

	Operación del sistema de abastecimiento de agua	2.143	2.571	2.857	2.143	2.857	2.857	2.143	2.857	2.857
	Operación del sistema de desagüe, alcantarillado y PTAR	2.333	2.667	2.556	2.444	2.667	2.556	2.222	2.444	2.333
	Mantenimiento del sistema	2.000	3.000	2.667	2.000	3.000	3.000	2.333	3.000	3.000
	Promedio dimensión	2.248	2.725	2.725	2.307	2.840	2.838	2.271	2.738	2.737
INSTITUCIONAL	Participación de la comunidad en la gestión	2.000	2.500	2.500	2.250	2.750	2.500	2.250	2.750	2.500
	Prestador del servicio	2.800	2.600	2.500	2.700	2.700	2.600	2.600	2.600	2.500
	Gobernanza y articulación institucional	2.571	2.714	3.000	2.857	2.857	2.857	2.714	2.714	2.714
	Promedio dimensión	2.457	2.605	2.667	2.602	2.769	2.652	2.521	2.688	2.571
	Promedio general	2.369	2.539	2.542	2.608	2.734	2.709	2.575	2.628	2.618

Fuente: Elaboración propia a partir de ficha de validación desarrollada en investigación

El juicio de expertos nos muestra que los especialistas atribuyen al índice, en todas sus dimensiones y factores, niveles de claridad, coherencia y relevancia igual o por encima del valor 2 (claro, coherente y relevante) aproximándose en algunos casos al valor al valor 3 (totalmente claro, coherente y relevante) especialmente en el caso del segundo experto. También se hicieron algunas observaciones a algunos indicadores, se sugirió incluir otros y excluir o mejorar la redacción de algunos, cuestiones que han sido tomadas en cuenta. Este juicio de expertos indica que el instrumento construido en la investigación es pertinente y servirá para evaluar la sustentabilidad de estos sistemas con bastante confianza en que los datos recogidos sean relevantes y que el tratamiento que se les dé a ellos representará con bastante fiabilidad el estado de sustentabilidad del sistema.

Los resultados del otro método usado para validar el instrumento, la confrontación del índice con la data existente de dos sistemas se realizó utilizando la información hallada en los informes de SUNASS de dos sistemas de saneamiento rural de la provincia de Chachapoyas, distrito de Leimebamba, Amazonas, para observar si los indicadores del índice respondían a la realidad y los medios con los que se recoge data de los sistemas rurales.

En el primer caso, se usó la data SUNASS 2019, la última recopilada antes de la pandemia COVID -19, del sistema de saneamiento del centro poblado Palmira, distrito de Leimebamba.

Tabla 5: Evaluación de indicadores confrontando data de C.P. Palmira

Aplicación de índice en sistema de C.P. Palmira - Leimebamba					
Dimensión	Factor	Promedio puntuación	Cantidad indicadores		
1	Satisfacción de necesidades básicas de la población	3.167	6	SOCIAL	
	2	Percepción de la población sobre el servicio	3.000		4
	3	Conductas sanitarias de familias	3.600		4
4	Rentabilidad económica del sistema	3.000	4	ECONÓMICA	
	5	Situación económica de los usuarios	3.500		2
	6	Financiamiento del sistema	2.000		2
7	Disponibilidad natural de recurso hídrico	3.667	3	AMBIENTAL	
	8	Calidad natural del recurso hídrico	2.333		3
	9	Amenazas e impactos al sistema y la biodiversidad	2.500		6
10	Productividad del sistema	3.600	5		
11	Infraestructura de abastecimiento de agua	3.167	6		
12	Infraestructura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales	3.000	6		
13	Operación del sistema de abastecimiento de agua potable	3.333	3		
14	Operación del sistema de desagüe, alcantarillado y PTAR	2.250	4		
15	Mantenimiento del sistema	2.500	2	INSTITUCIONAL	
16	Participación de la comunidad en la gestión	3.000	3		
17	Prestador del servicio de saneamiento	3.500	6		

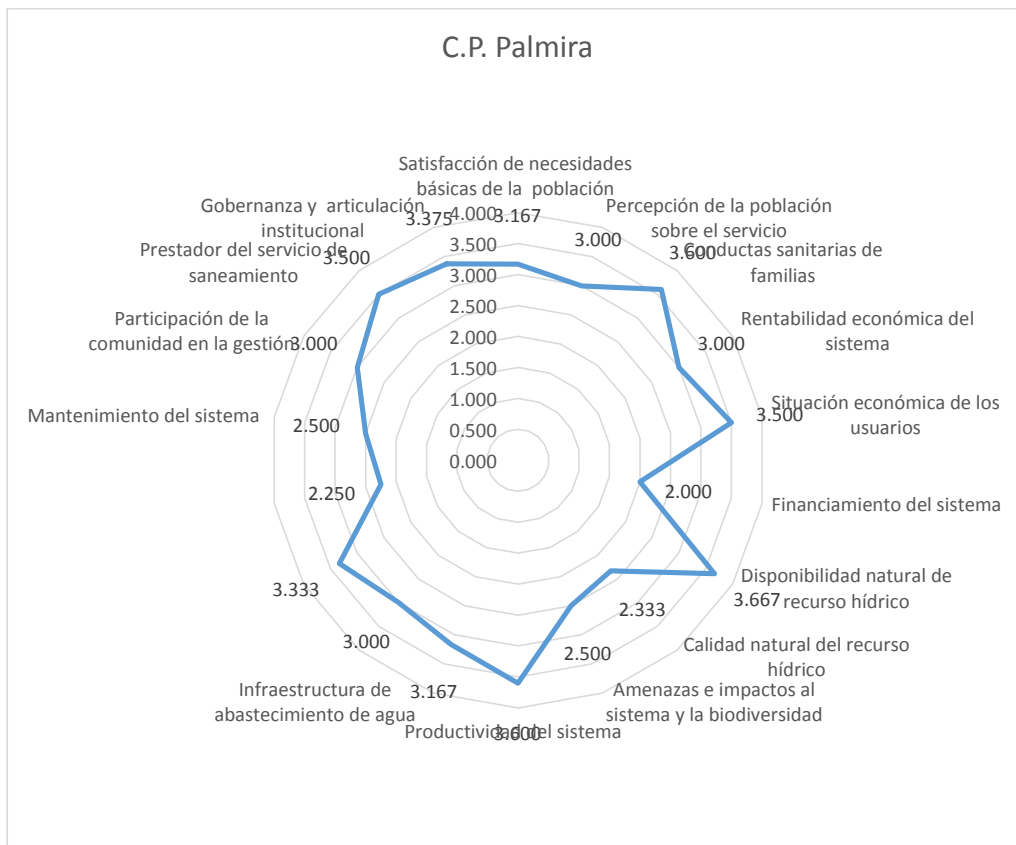
18		Gobernanza y articulación institucional	3.375	8
Total	5	18	54.492	77

Fuente: Elaboración a partir de Informe 2019 SUNASS Amazonas-CP Palmira

Aplicando la fórmula desarrollada para estimar el índice general de sustentabilidad (IGS) se obtuvo el valor general de 3.538, que indica un nivel de sustentabilidad **ESTABLE** según la escala de Sepúlveda (2008) utilizada en esta investigación. El nivel estable indica que el sistema presenta varios factores con valores de sostenibilidad aceptables y algunos otros más bajos pero que no afectan el funcionamiento normal y la estabilidad del sistema de modo que brinda seguridad de un servicio de calidad y sostenible

Se pueden observar los valores de los factores al elaborar un gráfico radial multifactorial, donde la evaluación realizada del sistema nos muestra lo siguiente:

Figura 1: Gráfico radial de evaluación del C.P Palmira-



Fuente: Elaboración a partir de Informe 2019 SUNASS Amazonas-CP Palmira.

En este gráfico podemos apreciar un figura irregular con algunos picos de buena sostenibilidad como la productividad del sistema, las conductas sanitarias, la disposición natural del recurso, la gobernanza y el prestador, que alcanzan niveles de estabilidad y evidencian que están siendo trabajados adecuadamente por los actores pero en cambio otros factores como la infraestructura de agua y alcantarillado, la calidad natural del recurso, las amenazas e impactos la sistema, el financiamiento, la operación de tratamiento de aguas residuales tienen valores más bajos que llegan al estado de inestabilidad que pueden convertirse en una amenaza para el funcionamiento del sistema por lo que deben mejorarse inmediatamente.

En el segundo caso de confrontación de data, los resultados de la aplicación en el sistema de saneamiento del centro poblado Dos de Mayo, distrito de Leimebamba fueron los siguientes

Tabla 6: Evaluación de indicadores confrontando data de C.P. Dos de Mayo

Aplicación de índice en sistema de C.P. Dos de Mayo - Leimebamba				
Dimensión	Factor	Promedio puntuación	Cantidad indicadores	
1	Satisfacción de necesidades básicas de la población	2.833	6	
	2	Percepción de la población sobre el servicio	2.750	4
		3	Conductas sanitarias de familias	3.600
4	Rentabilidad económica del sistema	2.750	4	
	5	Situación económica de los usuarios	3.000	2
		6	Financiamiento del sistema	2.000
7	Disponibilidad natural de recurso hídrico	3.333	3	
	8	Calidad natural del recurso hídrico	2.333	3
		9	Amenazas e impactos al sistema y la biodiversidad	2.333
10	Productividad del sistema	3.400	5	
11	Infraestructura de abastecimiento de agua	3.500	6	

12		Infraestructura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales	3.167	6
13		Operación del sistema de abastecimiento de agua potable	3.667	3
14		Operación del sistema de desague, alcantarillado y PTAR	2.500	4
15		Mantenimiento del sistema	3.778	2
16		Participación de la comunidad en la gestión	3.333	3
17	INSTITUCION AL	Prestador del servicio de saneamiento	3.167	6
18		Gobernanza y articulación institucional	3.500	8
Tot al	5	18	54.945	77

Fuente: Elaboración a partir de Informe 2019 SUNASS Amazonas-CP Dos de Mayo

Aplicando la fórmula desarrollada para estimar el índice general de sustentabilidad (IGS) se obtuvo el valor general de 3.567 que lo ubica en un nivel de sustentabilidad **ESTABLE**, según la escala de Sepúlveda utilizada en esta investigación (Sepúlveda, 2008). El nivel estable indica que el sistema presenta diversos factores con valores de sostenibilidad aceptables que sostienen el funcionamiento normal y la estabilidad del sistema de modo que brinda seguridad de un servicio de calidad y sostenible.

Comentario [L3]: Revisar el uso de gerundio

Se ha desarrollado un gráfico radial multifactorial, donde la evaluación realizada del sistema nos muestra lo siguiente:

Figura 2: Gráfico radial de evaluación del C.P: Dos de Mayo



Fuente: Elaboración a partir de Informe 2019 SUNASS Amazonas-CP Dos de Mayo

Así como el sistema del C.P. Palmira, en este gráfico de Dos de Mayo podemos apreciar un figura que muestra algunos picos de buena sostenibilidad como la productividad del sistema, la operación del abastecimiento de agua, la disposición natural del recurso, las buenas conductas sanitarias, que alcanzan niveles de estabilidad y evidencian que están siendo trabajados adecuadamente por los actores pero en cambio otros factores como la infraestructura de agua y alcantarillado, las amenazas e impactos la sistema, el financiamiento, la operación de tratamiento de aguas residuales tienen valores bajos que llegan al estado de inestabilidad que pueden amenazar el funcionamiento del sistema para mantener la estabilidad del sistema.

Ambos sistemas muestran muchas coincidencias en los picos más sostenibles, así como en los valles en que llegan a niveles inestables, estando ambos sistemas en niveles de estabilidad que podrían llegar a convertirse en óptimos con una mayor intervención de instituciones del sector. Ambos sistemas están situados en la cuenca alta del valle del río Utcubamba y comparten realidades muy similares, aunque pertenecen a jurisdicciones políticas diferentes pero vecinas.

4. CONCLUSIONES

El índice de sustentabilidad para la evaluación de sistemas de saneamiento rural presentado evalúa, basado en evidencias y valores cuantificables, de manera integral y profunda estos sistemas al considerar de manera exhaustiva y amplia los diversos factores, variables e indicadores que componen las dimensiones Social, Económica, Ambiental, Técnica e Institucional de estos sistemas, por lo que se puede considerar un instrumento científico de naturaleza holística, objetiva y cuantitativa valioso para obtener conocimientos del funcionamiento y sustentabilidad de estos sistemas.

El juicio de expertos ha permitido ajustar los indicadores considerados en cada una de las dimensiones y factores y estos son bastante claros y comprensibles, muestran bastante coherencia al guardar gran relación con la dimensión medida y son relevantes respecto a las dimensiones y factores que miden al ser importantes y esenciales para el funcionamiento del sistema, por tanto, el instrumento es útil para evaluar la sustentabilidad del sistema de una manera integral.

La confrontación con la data existente muestra que el instrumento recoge los medios, información, instrumentos y procesos usados usualmente para monitorear y evaluar los sistemas por los actores implicados en su funcionamiento: organizaciones comunales, municipio y entidad supervisora, por lo que su utilización será de gran utilidad para los actores en su tarea de monitorear y evaluar periódicamente el funcionamiento y la sustentabilidad del sistema.

El uso de indicadores para la evaluación de sistemas de saneamiento rural es una prometedora y valiosa herramienta no solo de análisis de la situación sino porque debido a su amplitud, flexibilidad, concreción y naturaleza cuantificable permite diseñar, implementar y evaluar procesos de gestión integral y sustentables.

La información procesada con la matriz permite estimar la sustentabilidad del sistema evaluado y categorizarla en niveles y representarla gráficamente para identificar los aspectos más fuertes y débiles del sistema, pudiendo ser un instrumento útil para la investigación y el análisis comparativo de este tipo de sistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comentario [L4]: Deben añadirse los códigos DOI, además de que todo el texto debe estar en el acápite de las referencias, y toda referencia que esté en el acápite debe estar, también, incorporada en el texto.

- Burnstein-Roda, T. (2018). Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú. *Rev. perú. med. exp. salud publica* vol.35 no.2 Lima abr./jun. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17843/rpmpesp.2018.352.3641>
- COSUDE (2010). Acceso al agua y saneamiento. Desde la mirada de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Agencia Suiza para el Desarrollo. Recuperado de https://www.cooperacionsuiza.pe/categoria_de_publicacion/agua-institucionales/
- Debus, J.P (2014) Sustainability Index of Rural Water Services: Burkina Faso and Niger. Global Water Initiative programme in West Africa 2008-12. august 2014. Recuperado de <https://pubs.iied.org/g03983>
- Eliamringi, L. and Kazumba, S. (2017). Assessment of sustainability of rural water supply services in Tanzania: the case study of Dodoma region. *Water Science & Technology: Water Supply* | 17.2 | 2017. DOI: 10.2166/ws.2016.141
- Ferrero, G., Setty K., Rickert B., George, S., Rinehold, A., DeFrance, G., & Bartram, J. (2019). Capacity building and training approaches for water safety plans: A comprehensive literature review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* Volume 222, Issue 4, May 2019, Pages 615-627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.01.011>
- Gurmessa, B. and Mekuriaw, A. (2019) What determines the operational sustainability of rural drinking water points in Ethiopia? The case of Woliso woreda. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* | 09.4 | 2019. DOI: 10.2166/washdev.2019.067
- Jones, S., & Silva, C. (2009) A practical method to evaluate the sustainability of rural water and sanitation infrastructure systems in developing countries. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.094>
- Jurado, E. et al. (2017). Factores socioeconómicos de influencia en la oferta y demanda de agua potable en ciudades pequeñas en expansión. Caso: Lima - Sayán. Recuperado de <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/AF/article/download/1744/1765>
- Maran de Oliveira, Celso (2017) Sustainable access to safe drinking water: fundamental human right in the international and national scene. *Rev. Ambient. Água* vol.12 no.6 Taubaté Nov./Dec. 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2037>
- MINAM (2009). Manual para municipios ecoeficiente. Lima, Ministerio del Ambiente, 2009. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2802-manual-de-municipios-ecoeficientes>
- Ministerio de Economía y Finanzas-Perú (2012). Programa presupuestal 0083. Programa Nacional de Saneamiento Rural. Ministerio de Economía y finanzas. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/ppr/prog_presupuestal/articulados/0083_prog_saneamiento_rural.pdf
- Ministerio de Vivenda, construcción y Saneamiento. (2020). Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS. Recuperado de <https://www.gob.pe/880-diagnostico-sobre-el-abastecimiento-de-agua-y-saneamiento-en-el-ambito-rural-datass>
- Nelson-Nuñez, J., Walters, J. and Charpentier, D. (2019) Exploring the challenges to sustainable rural drinking water services in Chile. DOI: 10.2166/wp.2019.120
- Ortiz Félix, L., Silva Hernández, F., & Martínez Prats, G. (2020). Objetivo de Desarrollo Sostenible: agua limpia y saneamiento. *Revista De Investigación Académica Sin Frontera: División De Ciencias Económicas Y Sociales*, (32), 1-22. DOI: <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi32.319>

- Ramírez, J.A.; Sigarrosa, A.K.; Del Valle, R.A. (2014). Characterization of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Farming Systems in the Norte de Santander Department and Assessment of Their Sustainability. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 67(1):7177-7187. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42635>
- Sarandon, S. y Flores, C. (2009). Evaluación de la sostenibilidad de agrosistemas. Un propuesta metodológica. *Agroecología* 4: 19-28, 2009. Recuperado de https://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/28.pdf
- Sepúlveda S., Sergio (2008). Biograma: metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios / Sergio Sepúlveda S. San José, C.R. : IICA, 2008. 132 p. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B0664e/B0664e.pdf>
- SUNASS (2019). Informe de caracterización N° 02-2019-SUNASS-AP-ODS-AMAZONAS. Caracterización de prestador de servicio organización comunal Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (J.A.S.S.) del centro poblado Ñunya Jalca, distrito de Bagua Grande, provincia de Utcubamba, región Amazonas, 14 de mayo del 2019
- SUNASS (2019) Informe de caracterización N° 020-2019-SUNASS-AP-ODS-AMAZONAS. Caracterización de prestador de Organización Comunal Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (J.A.S.S.) del centro poblado El Ron del Distrito de Cajaruro, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas, 15 de julio del 2019