

Artículo Original

DEMANDA, COLECTA Y CALIDAD DEL AGUA DE LLUVIA EN LA COMUNIDAD NATIVA YAHUAHUA, NIEVA, AMAZONAS (PERÚ)

DEMAND, COLLECTION AND QUALITY OF RAINWATER IN THE NATIVE COMMUNITY YAHUAHUA, NIEVA, AMAZONAS (PERÚ)


Edwin Adolfo Díaz-Ortiz^{1*}, César Augusto Medina-Tafur²

¹ Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Calle Higos Urco N° 342-350-356-Calle Universitaria N° 304 – Ciudad Universitaria, Chachapoyas, Perú.

² Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

Autor para correspondencia: *edwin.diaz@untrm.edu.pe

Edwin Adolfo Díaz Ortiz:  <https://orcid.org/0000-0001-7213-9552>

César Augusto Medina Tafur:  <https://orcid.org/0000-0002-3506-849X>

Recibido: 7 de setiembre 2020 / Aceptado: 30 de noviembre 2020

RESUMEN

En su mayoría los habitantes de las comunidades nativas de Amazonas no tienen acceso al agua para su consumo, pero disponen de agua de lluvia, como uno de los recursos más importantes; por ello el objetivo de la investigación fue implementar un prototipo de sistema para potabilizar el agua de lluvia en la comunidad nativa Yahuahua. Se efectuó la colecta y el análisis de las muestras del agua de lluvia. La colecta se realizó con dos pluviómetros, se determinó la colecta diaria y se evaluó la demanda para una familia de 6 personas, mediante el empleo de un prototipo de sistema de recolección, almacenamiento, tratamiento y abastecimiento, sustentado en la metodología y recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS); además, se determinó el volumen del tanque de almacenamiento mediante la evaluación de la oferta y la demanda. La colecta máxima diaria mensual varía de 1,44 a 2,88 m³ y el promedio diario mensual de 0,29 a 0,55 m³ de agua de lluvia que satisface la demanda diaria de 0,18 m³ para de una familia de seis personas y un volumen de almacenamiento de 1 167 litros. El análisis de las muestras se hizo con los métodos 4500-H*, 2320B, 4500-C1-B, 2340C, 4500 NH₃ C, 3120-B (Método de Plasma de Acoplamiento Inductivo) de las normas APHA, AWWA, WPCF; 8039, 8507, 819000 norma HACH; 375.4 norma EPA y Técnica Estandarizada de Fermentación en Tubo Múltiple (NMP) de coliformes totales. El agua de lluvia procesada por el prototipo y tratada con hipoclorito de sodio al 5%, con una concentración de 28 ml para 1 000 litros, cumple con la calidad de agua para consumo humano establecida en la norma peruana D.S.-031-2010-SA.

Palabras claves: Colecta de agua de lluvia, cantidad y calidad, Amazonas

ABSTRACT

Most of the inhabitants of the native communities of the Amazon do not have access to water for their consumption, but they do have rainwater, as one of the most important resources; Therefore, the objective of the research was to implement a prototype system to make rainwater drinkable in the Yahuahua native community. The collection and analysis of the rainwater samples was carried out. The collection was carried out with two rain gauges, the daily collection was determined and the demand for a family of 6 people was evaluated, through the use of a prototype collection, storage, treatment and supply system, based on the methodology and recommendations of the Pan American Health Organization (PAHO) and the Pan American Center (CEPIS); In addition, the volume of the storage tank was determined by evaluating supply and demand. The maximum daily monthly collection varies from 1,44 to 2,88 m³ and the daily monthly average of 0,29 to 0,55 m³ of rain water that meets the daily needs of 0,18 m³ for a family of six people and a volume storage of 1167 liters. The analysis of the samples was done with the methods 4500-H*, 2320B, 4500-C1-B, 2340C, 4500 NH₃C, 3120-B (Inductive Coupling Plasma Method) of the APHA, AWWA, WPCF standards; 8039, 8507, 819000 HACH standard; 375.4 EPA standard and Standardized Multiple Tube Fermentation Technique (NMP) of total coliforms. The rainwater processed by the prototype and treated with 5% sodium hypochlorite, with a concentration of 28 ml for 1 000 liters, complies with the quality of water for human consumption established in the Peruvian standard DS-031-2010-SA.

Keywords: rainwater collection, quantity and quality, Amazonas

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.07>

1. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua potable es uno de los mayores problemas de los países en desarrollo y ocasionan que su suministro no satisfaga la demanda según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia - UNICEF y la Organización Mundial de la Salud - OMS (UNICEF y OMS, 2015). En el mundo más del 90% de personas tienen acceso a fuentes mejoradas de agua potable y unos 663 millones no la tienen; así también (Avelar et al., 2019) señala que la política de suministrar agua mediante una red de agua potable para las comunidades rurales resulta insostenible; por lo que ocasionan mayor esfuerzo a los gobiernos para proporcionar agua potable a nivel mundial, recurriendo a la mejora de sus procesos para el aprovechamiento del agua de lluvia (Martínez-Santos, 2017).

Por otra parte, los países que se acogieron al protocolo de Kioto, entre ellos el Perú, han tenido en cuenta el agua de lluvia para el mejoramiento o la ejecución de sistemas de suministro a nivel público o privado, agrícola, empresarial o colectivo; asimismo la Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (IRCSEA) con sede en Dhaka, Bangladesh promueve desde 1982 el uso de sistemas de captación de agua de lluvia con tecnologías y conferencias; otra experiencia mundial es la “Declaración Conjunta sobre el Aprovechamiento de Agua de Lluvia”, editada el día Mundial del Agua en 2011 por 40 entidades internacionales, en la que se estimula el aprovechamiento de las potencialidades de este recurso (Gnadlinger, 2015; Torres, 2019).

Los análisis de la colecta y de la calidad del agua de lluvia, en la época de lluvia y de estiaje, coadyuva a determinar, mediante el análisis de oferta y demanda su aprovechamiento en cantidad, continuidad y calidad suficiente o su empleo con limitaciones, para los pobladores de las comunidades nativas de la selva peruana. La escasez de agua potable es uno de los mayores problemas de los países en desarrollo y ocasionan que su suministro no satisfaga la demanda (UNICEF y OMS, 2015). En el mundo más del 90% de personas tienen acceso a fuentes mejoradas de agua potable y unos 663 millones no la tienen; por lo que ocasionan mayor esfuerzo a los gobiernos para proporcionar agua potable a nivel mundial, recurriendo a la mejora de sus procesos para el aprovechamiento del agua de lluvia (Martínez-Santos, 2017).

En el continente africano, en países como Botswana, Togo, Mali, Malawi, Namibia, Zimbabue, el agua de lluvia se ha constituido en una alternativa importante, toda vez que las fuentes apropiadas en calidad y seguridad son escasas, aunado a ello las tecnologías inapropiadas y la pobreza extrema. Sin embargo, no ha tenido los resultados esperados debido a las bajas precipitaciones, a la reducida área de las cubiertas de los techos, así como a la escasez de materiales base como arena, cemento y al alto costo empleado contra los ingresos nacionales; por lo que las inversiones, principalmente de agencias de cooperación internacional, en sistemas de captación de agua de lluvia son informales, con tecnologías de bajo costo, empleo de materiales disponibles en la zona y de allí que de baja eficiencia y de baja calidad del agua resultante (León et al., 2016).

Antiguamente en Asia según León et al. (2016) la captación y aprovechamiento del agua de lluvia es un esfuerzo técnico, por iniciativa de agricultores o desarrollo científico, para aumentar el agua de lluvia que se almacena en el suelo o en estructuras construidas para usarla frente al déficit de lluvia; esta idea se ha extendido y hoy en día en Singapur el 86% de los edificios destinados a departamentos tienen techos exclusivamente construidos para captar el agua de la lluvia y luego almacenarlos en cisternas; así en Ronjinson, Tokio han instalado una estructura de colecta de agua que la transporta a un pozo subterráneo y de allí, mediante bombeo manual, se usa en riego de jardines, limpieza de fachadas, de pisos o para combatir incendios (León et al., 2016).

En Estados Unidos existen más de 50 empresas especializadas en diseño e instalación de

sistemas de aprovechamiento del agua de lluvia y alrededor de medio millón de personas utilizan estos sistemas. Una experiencia muy interesante se presenta en Toronto, Canadá, en donde el Healthy House o casa saludable es autosuficiente para su abastecimiento de agua potable, en base al agua de lluvia, que se compone de una estructura de techos de recolección, canales y tanque de almacenamiento; el agua de lluvia recibe tratamiento con cal para bajar la acidez y proporcionarle un sabor fresco; para remover las impurezas usa un sistema de filtro de arena fina y carbón activado y el agua se desinfecta mediante radiación ultravioleta (León et al., 2016).

Estudios en los Lagos, Colombia reportan que la superficies de recepción del agua de lluvia o techos, que suministran el agua hacia los sistemas de aprovechamiento, es importante en la medida del material del cual están hechos, tal es así que los techos de asbesto, a diferencia de los de zinc, se ensucian continuamente, tienen elevada cantidad de musgos y restos de hojas que dificultan su limpieza; que los elementos de recolección y conducción, también son de zinc y asbesto, estando los de asbesto siempre sucios y los envases para almacenar el agua, son de plástico y de capacidad insuficiente (Arboleda, 2016).

En el caso de Perú, en la comunidad Awajun Juum del departamento Amazonas, Jiménez, (2017) utilizó un sistema de aprovechamiento de la lluvia con un sistema de captación de agua pluvial de techo (SCAPT) y determinó mediante evaluación económica que es un sistema viable y sostenible. Así también, en la comunidad Vilca Maquera en Puno se evaluaron coberturas de viviendas rurales para la captación del agua de lluvia con fines de consumo humano, diseñándose un sistema de captación, almacenamiento y bombeo, concluyéndose que el agua captada cubre los requerimientos de agua de la población y los parámetros de calidad de agua están dentro de los valores establecidos por los estándares nacionales de calidad ambiental (Chino et al, 2016).

La comunidad nativa Yahuahua, en el centro poblado menor Urakusa, distrito Nieva, provincia Condorcanqui en el departamento Amazonas, tiene 217 habitantes distribuidos en viviendas de material de la zona (estructura y cubiertas de madera, techos de palmera y calamina), es una comunidad organizada y dirigida por una autoridad local denominada Apu; así también carece de servicios de calidad en educación, salud, acceso a energía eléctrica. Cuenta con servicios de educación inicial y primaria alejadas a sus viviendas, saneamiento con pozos ciegos y con un abastecimiento de agua proveniente de un manantial estacional y de una quebrada, las cuales no reúnen las características y parámetros establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud del Perú según el D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2011).

El agua de lluvia para el consumo humano en esta zona de la amazonia, en general, es el insumo único para producir agua potable, donde las fuentes de aguas superficiales como de las quebradas están altamente contaminadas y como también las fuentes de agua subterránea existentes en estas zonas. Empezar proyectos de captación y tratamiento de estas aguas contaminadas en zonas como de la selva, como es el caso de la comunidad nativa de Yahuahua en Perú, requieren de infraestructura compleja y de personal técnico capacitado en estos procesos; en consecuencia los costos de construcción, operación y mantenimientos de este tipo de plantas de tratamiento de agua superficial son muy elevados y cuya condición y naturaleza socioeconómica de sus pobladores no podrían asumirlos (Campisano et al.,2017).

Por otro lado, en nuestro país se puede utilizar el agua de lluvia para el consumo humano, siempre que cumpla con condiciones básicas de las normativas en cuanto se refiere a los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, según lo establecido en D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2011), asimismo, dentro del marco de la modernización de los servicios de saneamiento se establece una serie de medidas orientadas al incremento de la cobertura y al aseguramiento de la calidad y la sostenibilidad de los servicios de saneamiento a nivel nacional,

promoviendo el desarrollo, la protección ambiental y la inclusión social mediante Ley 30045 (Congreso de la República, 2013); además se deja establecido la dotación, el cálculo del almacenamiento y los componentes del sistema de captación del agua de lluvia, denominado no convencional mediante la R.M. N° 192-2018-VIVIENDA (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). Asimismo, que el agua de lluvia colectada y procesada satisfaga la demanda hídrica con el cumplimiento de parámetros de calidad es de suma importancia para su uso en las actividades humanas vitales de los pobladores de la comunidad nativa Yahuahua, en Nieva, Condorcanqui, departamento Amazonas en Perú.

La comunidad nativa Yahuahua está en la selva del Perú, distrito Nieva, provincia Condorcanqui, departamento Amazonas, pertenece a la región natural Omagua con altitud de 217 m.s.n.m. La comunidad fue creada hace 22 años y tiene una población censada al año 2017 de 217 personas, un total de 97 viviendas particulares de las cuales solo 81 están ocupadas; además, tiene acceso a educación inicial denominado Programa No Escolarizado de Educación Inicial - PRONOEI y primaria. Al igual que otras comunidades nativas de Amazonas, no tiene servicios básicos de electrificación y saneamiento: agua y desagüe; actualmente usan agua del manantial estacional "Yuminmat" y de la quebrada "Yawawa" con caudal estimado de 0,21 l/s y 35 l/s respectivamente, lugares donde se recoge el agua y es transportado en baldes plásticos, durante 20 minutos, hasta las viviendas donde es almacenada en los mismos baldes de transporte y luego se consume directamente y en algunos casos hervida. Sin embargo, cuenta con un recurso vital que es el agua de lluvia en casi todo el año con una precipitación anual media (periodo 2013 a 2018) de 3121 mm (Instituto Nacional de Estadística, 2017) y temperatura media mensual (periodo 2013 a 2018) de 27°C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2020), que motivó la ejecución de la presente investigación.

El objetivo fue determinar la demanda, colecta y calidad de agua de un prototipo de sistema para potabilizar el agua de lluvia en la comunidad nativa Yahuahua, durante noviembre 2018 hasta julio 2019.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio estuvo ubicada en la comunidad nativa Yahuahua en las coordenadas UTM WGS84 (Este 167542 y Norte 9483136), es una comunidad nativa de la selva del Perú, distrito Nieva, provincia Condorcanqui, departamento Amazonas, pertenece a la región natural Omagua y altitud de 217 m.s.n.m.

La comunidad fue creada hace 22 años y tiene una población censada al año 2017 de 217 personas, un total de 97 viviendas particulares de las cuales solo 81 están ocupadas; además, tiene acceso a educación inicial, según el Programa No Escolarizado de la Educación Inicial (PRONOEI) y primaria, precipitación anual media (periodo 2013 a 2018) de 3121 mm (Instituto Nacional de Estadística, 2017) y temperatura media mensual (periodo 2013 a 2018) de 27°C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2020), según se muestra en la Figura 1.

Muestreo

La colecta del agua de las lluvias fue registrada diariamente en fichas técnicas, durante el periodo de noviembre 2018 a julio 2019, empleando dos pluviómetros en material acrílico transparente, marca Scientific Sales, modelo 6331 y 280 mm de capacidad, en el área de influencia de la investigación, las coordenadas fueron georreferenciadas con un GPS marca Garmin Monterra y que se indican en la Tabla 1.

Colecta

El cálculo del volumen de agua colectada y del volumen del tanque de almacenamiento se ha efectuado aplicando la metodología y recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud - OPS y del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS (Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004), empleándose la siguiente fórmula:

$$\text{AGUArecogida} = \text{Pm} * \text{Ac} * \text{Coef} \quad (1)$$

Donde: AGUArecogida, es la cantidad de agua de lluvia posible de recoger por familia; Pm, es la precipitación media mensual (mm/mes); Ac, es el área del techo de recojo del agua de lluvia (m²) y Coef., es el coeficiente de escorrentía igual a 0,90 para una lámina metálica galvanizada.

El sistema de recolección, almacenamiento, tratamiento y abastecimiento fue diseñado en un área de techo, equivalente al 50 % del área total del techo, de 40 m² con cobertura de calamina galvanizada, el cual permitió colectar el agua que cae sobre su superficie mediante un sistema de recolección, constituido por canaletas galvanizadas semicirculares de 20 cm de diámetro, de allí pasa a un embudo provisto de un tamiz retenedor de hojas, sigue por un sistema de tubería PVC de cuatro pulgadas, provisto de una trampa retenedora de sedimentos y válvula de limpieza, de allí ingresa al tanque de almacenamiento de 1 100 litros en material polietileno con protección a los rayos ultravioleta, que cuenta con tubería de descarga de excedentes en tubería PVC de dos pulgadas y sombrero de ventilación, tubería de control de volumen y válvula de limpieza; luego tubería de abastecimiento con tubería PVC de media pulgada, válvula de mantenimiento, finalmente filtro comercial de impurezas de 50 micras y grifo para el suministro (Figura 2).

Demanda

Teniendo en cuenta la dotación normada por persona se calcula la demanda de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses (Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004).

$$D_i = (\text{Nu} * \text{Nd} * \text{Dot} / 1000) \quad (2)$$

Donde: D_i, es la demanda mensual (m³); Nu, es el número de usuarios que se benefician del sistema; Nd, es el número de días del mes analizado y Dot, es la dotación (l/persona x día).

Para el caso de determinar el volumen del tanque se ha empleado el análisis de la oferta y la demanda, establecida en el numeral 2.19 de la R.M. N° 192-2018-VIVIENDA.

Calidad del agua

La obtención de muestras de agua de lluvia, se efectuaron al ingreso al sistema de recolección y almacenamiento (embudo recepción) y a la salida (grifo de abastecimiento), previamente desinfectando el embudo y el grifo. Las muestras recogidas fueron colocadas en cooler con bloques de hielo seco a 5°C de temperatura y luego transportadas durante aproximadamente 8 horas hasta los laboratorios de agua del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva - INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - UNTRM para los análisis correspondientes.

Las técnicas analíticas para la determinación de los parámetros de calidad organoléptica, químicos inorgánicos y microbiológicos (Tabla 2) han sido efectuadas por el Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y la colección de las muestras de agua al ingreso y salida del sistema de potabilización del agua de lluvia se ejecutó de acuerdo con los protocolos por tipo de análisis. Variables estudiadas

El análisis estadístico efectuado permitió determinar las precipitaciones medias para el periodo evaluado, así como determinar la demanda real del consumo del agua colectada, empleando el software Microsoft Excel 2019.

3. RESULTADOS

En la Figura 3, se observa que la colecta máxima de agua de lluvia ocurrió en el mes de febrero con 15,48 m³ y la colecta mínima fue de 8,06 m³ en el mes de julio, además se obtuvo que la demanda, en función a la dotación normativa de 30 l/persona/día según la R.M. 192-2018/VIVIENDA, es menor que el agua colectada durante todo el periodo investigado e inclusive el agua colectada es mayor a la demanda real de 60l/persona/día, excepto en los meses abril, junio y julio.

En la Tabla 3 encontramos que las precipitaciones máximas diarias varían entre 22 mm y 80 mm, correspondiendo 22 mm al mes de julio y 80 mm a los meses de abril y mayo; por otro lado, las precipitaciones promedio diarias mensuales varían entre 8 mm y 15 mm, correspondiendo 8 mm al mes de junio y 15 mm al mes de febrero. Se ha obtenido también que la precipitación promedio diaria del periodo de la investigación es de 11,08 mm y que la variación de la precipitación con respecto a la media es de 16,85 mm y además que los valores de las precipitaciones son heterogéneos (CV > 30%).

La Tabla 3 presenta la disponibilidad del agua de lluvia colectada, considerando la demanda real, presentada en la Tabla 4, así como la estimación de la necesidad de almacenamiento considerando el flujo de entrada y salida y el rezago que se genera en cada mes, debido a que la demanda es menor al volumen colectado.

La Tabla 4 encontramos que las colectas máximas diarias mensuales varían entre 0,79 m³ y 2,88 m³, correspondiendo 0,79 m³ al mes de julio y 2,88 m³ a los meses de abril y mayo, guardando estrecha relación con los periodos estacionales meteorológicos de verano e invierno respectivamente; por otro lado, las colectas promedio diarias mensuales varían entre 0,29 m³ y 0,55 m³, correspondiendo 0,29 m³ al mes de junio y 0,55 m³ al mes de febrero. Se ha obtenido también que las colectas máximas y promedio diarias mensuales de agua de lluvia satisfacen la demanda normativa diaria mensual (dotación diaria 30l/(persona x día)) e inclusive satisfacen la demanda diaria real (consumo de 60 l/(persona x día)) excepto para los meses de junio y julio, guardando relación con la R.M. N° 192-2018-VIVIENDA (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018), satisfaciendo inclusive necesidades básicas como la preparación de sus alimentos, higiene personal, lavado de ropa, entre otras, que implicó el uso de hasta 60 litros por cada miembro de la familia.

En la Tabla 5 se muestra las medianas, los valores mínimos, máximos, la desviación estándar y los coeficientes de variación de los parámetros de calidad organoléptica, microbiológicos y químicos inorgánicos del agua de lluvia al ingreso y salida del prototipo de sistema de potabilización, tienen valores dentro de los límites establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2011), con excepción los valores máximo de 8,83 y mínimo de 4,01 del pH en el agua de entrada al prototipo en los meses de junio y abril respectivamente; asimismo, el valor máximo de fosfato 0,26 ppm PO₄ que se presentó en el mes de marzo, al ingreso al

prototipo; en cuanto al Zn hay dos valores máximos de 3,18 y 3,19 ppm Zn que se presentaron en el mes de marzo, tanto en la entrada como en la salida del prototipo. Los Coliformes Totales presentan medianas de 48 NMP/100ml y de 12 NMP/100ml, a la entrada y salida del prototipo respectivamente, ambos sobrepasan los límites establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2011). Con respecto a los valores del cadmio, las muestras de salida de los meses de marzo, abril y junio, mostraron estar sobre la norma, con valores de mediana de 0,01 ppm Cd un valor mínimo de 0,004 ppm Cd y un valor máximo de 0,983 ppm Cd.

4. DISCUSIÓN

Las precipitaciones máximas y promedios diarios mensuales son heterogéneos con valores entre 22 mm y 80 mm y entre 8 mm y 15 mm; situación similar a lo que reporta (Fernandes et. al, 2018) en el noreste de Brasil, donde los valores de las precipitaciones son muy heterogéneos con valores superiores a 2000 mm, en la franja costera y valores de 800 mm en la región de la sequía; además, señala que hay lugares en el interior del semiárido con promedio anual alrededor de 300 mm a 1000 mm.

La colecta de agua de lluvia máxima diaria mensual siempre fue superior a la demanda máxima diaria mensual y a la demanda en función a la dotación normativa (30 litros por persona por día); asimismo, la colecta promedio diaria mensual es superior a la demanda máxima diaria mensual, a excepción de los meses de diciembre, abril, junio y julio; estos resultados evidencian que la colecta u oferta de agua de lluvia satisface la demanda en todo el periodo de la investigación (noviembre 2018 a julio 2019), teniendo en cuenta que en los meses de junio y julio solo satisface la demanda basada en 30 litros por persona por día. Además, se evidencia agua remanente o rezago que puede tener un uso alternativo; situación que concuerda con lo señalado por Chino et al. (2016) que señalan que el agua captada de la lluvia cubre los requerimientos de la población en la comunidad Vilca Maquera en Puno.

Con la disponibilidad del agua de lluvia colectada (Figura 4), la demanda real (Figura 3), el rezago de agua que se genera, debido a que la demanda es menor al volumen colectado y con el análisis de la curva de masas o balance hídrico se determinó que el volumen del tanque de almacenamiento, teniendo en cuenta que el mayor volumen de almacenamiento ocurre en junio (1 167 litros), es de 1 100 litros (volumen comercial); este volumen no considera almacenar el rezago de agua (exceso de agua); asimismo, Jiménez (2017) determinó para la comunidad Awajun Juum una capacidad de tanque de almacenamiento de 13.27 m³, con el criterio de almacenamiento del agua captada para su progresivo en el abastecimiento a una familia de 7 miembros.

El pH tiene un valor de mediana de 7,52 que está dentro del rango establecido en el D.S. N° 031-2010-SA y un valor máximo de 8,83 que sobrepasa ligeramente al límite superior normativo que es 8,50; en este caso Jiménez (2017) señala que el agua con el tiempo de acumulación disminuye su valor de pH o se alcalinizando, situación que ha ocurrido durante el periodo de la investigación, cuyo valor se ha mantenido en el rango normativo, en cuanto al valor de pH de 4,01 es posible aumentar su valor con el empleo de hidróxido de potasio con una concentración diluida de 5 gr para 1 000 litros de agua almacenada; sin embargo, esto requiere ser evaluado en un periodo mayor de investigación.

Los valores del fosfato tienen una mediana de 0,04 ppm PO₄ inferior al valor normativo establecido en el D.S. N° 031-2010-SA (0,1 ppm PO₄); sin embargo, se presentó un único valor máximo de 0,26 ppm PO₄ a la entrada del prototipo presumiblemente por actividad antrópica relacionada al lavado de ropa con detergente (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

En el caso del Zn, los valores de la mediana están por debajo del límite normativo del D.S. N° 031-2010-SA (3,0 ppm Zn) habiéndose presentado dos valores máximos de 3,18 y 3,19, coincidentemente con el retiro del filtro de impurezas por mantenimiento, ello conlleva a mayores estudios, en lo sucesivo, con el envejecimiento de la cobertura tomando en cuenta lo indicado por (Magyarn et al., 2014) que asevera que evaluaciones hechas en coberturas similares arrojan presencia de residuos de metales pesados.

Para el caso de los parámetros de calidad microbiológica, tal como los Coliformes Fecales y *E. coli*, están por debajo de los límites normativos, concordante con la investigación de Chino et al. (2016) que señalan que los parámetros de calidad de agua están dentro de los niveles permitidos por los estándares nacionales de calidad ambiental, en el estudio realizado en la comunidad Vilca Maquera en Puno; en cuanto a los Coliformes Totales los valores obtenidos son mayores a los normativos por el D.S. N° 031-2010-SA, para lo cual ha sido necesario efectuar la desinfección agregando hipoclorito de sodio al 5%, con una concentración de 28 ml para 1 000 litros de agua en el tanque de almacenamiento, obteniéndose como cloro residual 0,1 ppm, procedimiento efectuado por Benavides y Fernando (2017) que recomienda para el caso de requerir tratamiento se debe remover las partículas provenientes de las canaletas con el interceptor y el tratamiento en el tanque puede hacerse con filtro y la desinfección con cloro; esto refuerza el hecho de haber considerado en el prototipo el tratamiento físico con trampa de sedimentación y tratamiento bacteriológico con cloro. Por otro lado Arboleda (2016) puso en funcionamiento 10 sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia por un periodo de tres meses, comprobado que los sistemas eran deficientes en cuanto a su calidad microbiológica, recomendando el empleo de techos de zinc porque se mantienen limpios y algún desinfectante para eliminar la contaminación por coliformes totales y fecales, situación también concordante con la investigación que emplea techo de Zn para la colecta de agua de lluvia.

Fue necesario informar a la familia la necesidad de eliminar ramas y hojas que hagan sombra sobre la calamina de zinc, que pueden servir de perchas a las aves silvestres y dejar caer sus heces en las calaminas (El et al., 2017); además sobre los peligros de contaminación cruzada que podrían generar la crianza de aves domésticas como patos, pavos y pollos, ya que estas aves defecan en cualquier parte del suelo y estos al secarse se convierten en polvo y diseminan a los Coliformes Totales; controlar estas crianzas fuera del área familiar, significarían mejorar y cumplir con los límites permitidos para los valores de Coliformes Totales, estos resultados también coinciden con los encontrados por Avelar et al. (2019) quienes recomiendan limpiar los techos del polvo y heces de aves, así como eliminar el agua que se capta en los primeros minutos de una precipitación utilizando algún tipo de trampa, por lo que el prototipo dispone de un sistema de trampa de limpieza y eliminación de sedimentos de la primera lluvia; esta situación es corroborada por Fernandes et al. (2018) que señala que la calidad del agua de la primera lluvia dependerá, entre otros factores, de los tipos de contaminantes presentes en el área y el periodo anterior sin precipitaciones.

La presencia de cadmio con mediana de 0,01 ppm Cd supera el valor máximo normativo (0,003 ppm Cd) e inclusive el valor máximo de 0,983 ppm Cd, estaría asociado a la quema de residuos de madera y plásticos como hechos aislados (Sánchez, 2016) y también podría deberse a la presencia de pequeña corrosión en la superficie de la cubierta metálica (León et al., 2016); esto sugiere que la familia quema e incinera su basura y estas cenizas, estarían contaminando el sistema de captación de agua de lluvia, siendo necesario incidir en un proceso de capacitación continua de buenas prácticas familiares.

5. CONCLUSIONES

El balance de la oferta y demanda demuestra que las precipitaciones en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas permite colectar (ofertar) agua de lluvia para satisfacer la demanda para una dotación normativa diaria de 30 litros por persona e inclusive para una demanda real diaria de hasta 60 litros por persona.

El volumen del tanque de almacenamiento a emplear es de 1 100 litros (volumen comercial), similar al volumen calculado de 1 167 litros.

La implementación del prototipo de sistema para potabilización del agua de lluvia permite coleccionar, conducir, almacenar, tratar y distribuir agua de lluvia con características físicas, químicas y microbiológicas de acuerdo al reglamento de la calidad del agua para consumo humano, garantizando su uso doméstico en la comunidad nativa Yahuahua.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la familia Toledo Sejekam por brindar su casa para la investigación y el apoyo durante las actividades de recolección de datos de las precipitaciones, así como a la familia Wipio Paukai por las coordinaciones para el envío de los registros de precipitaciones. También el agradecimiento al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva – INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – UNTRM por el apoyo en la ejecución de los ensayos de laboratorio para la caracterización del agua de lluvia.

7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Edwin Adolfo Díaz Ortiz, la concepción y el diseño del estudio, la adquisición de los registros de datos, las fotografías, la elaboración del mapa, redacción del borrador del artículo y la revisión crítica del contenido y la aprobación final.

César Augusto Medina Tafur, la concepción y el diseño del estudio, adquisición de los registros de datos, la colaboración en la redacción del borrador del artículo y la revisión crítica del contenido y la aprobación final.

8. CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses en la redacción, revisión y publicación de este manuscrito.

9. FINANCIAMIENTO

Financiamiento propio de los autores.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda, N. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua de lluvia en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de los Lagos, Buenaventura. *Luna Azul*, 43: 55.
- Avelar, J., Sánchez, J., Domínguez, A., Lobato, C., y Mancilla, O. (2019). Validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. *IDESIA*, 37(1):53-59. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000302>
- Benavides, A., y Fernando, D. (2017). Sistema alternativo de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, para una vivienda de interés social en el Barrio La Victoria de la localidad de San Cristóbal. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnológica en Marcha*, 30(4), 15-27. doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L., Ghisi, E., Rahman, A., Furomai, H., Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115:195-209. doi: 10.1016/j.watres.2017.06.002.

- Chino, M., Velarde, E., y Espinoza, J. (2016). Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú. *Revista de Investigación Altoandina*, 18(3):365-373. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio_Miranda_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Congreso de la República. (18 de junio de 2013). Ley N° 30045. *Ley de la Modernización de los Servicios de Saneamiento*. Perú: El Peruano.
- El, J., Flor, G., y Teresinha, L. (2017). Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma. *Gestão Ambiental e Sustentabilidade-GeAS*, 6(1):26-39.
- Fernandes, P., Amador, P., Cangussú, L., y Viera, P. (2018). Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso da água da chuva no município de Teófilo Otono - MG. *Research Society and Development*, 7(11):01-25. Doi:10.33448/rsd-v7i11.438.
- Gnadlinger, J. (2015). Água de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos, biofísicos, técnicos, económicos e sociopolíticos. En *Captación, manejo e uso de água de chuva* (págs. 39-70). Instituto Nacional do Semiárido. Campina grande.
- Instituto Nacional de Estadística. (2017). *Directorio Nacional de Centros Poblados*. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III Comunidades Indígenas. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.
- Jiménez, G. (2017). Evaluación técnica y económica de un diseño de sistema de aprovechamiento de lluvia para uso doméstico en la comunidad Awajun de Juum del distrito de Imaza, provincia de Bagua, departamento de Amazonas. Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Bagua. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1505>.
- León, A. A., Córdoba, R. J., y Carreño, S. U. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, 20(50), 141-153. doi:10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10.
- Magyar, M., Ladson, A., Diaper, C., y Mitchell, V. (2014). Influence of roofing materials and lead flashing on rainwater tank contamination by metals. *Water Resources*, 18(1), 71-83. doi:<http://dx.doi.org/10.7158/W13-003.2014.18.1>.
- Martinez-Santos, P. (2017). Does 91% of the world's population really have "sustainable access to safe drinking water?". *International Journal of Water Resources Development* *Water Resour*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1298517>
- Ministerio de Salud. (Febrero de 2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. D.S. N° 031-2010-SA. Lima, Lima, Perú: DIGESA.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (abril de 2018). Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA. *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>.
- Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Guía de diseño para captación de agua de lluvia*. Lima.
- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio*. Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>
- Arboleda, N. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua de lluvia en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de los Lagos, Buenaventura. *Luna Azul*, 43: 55.
- Avelar, J., Sánchez, J., Domínguez, A., Lobato, C., y Mancilla, O. (2019). Validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. *IDESIA*, 37(1):53-59. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000302>
- Benavides, A., y Fernando, D. (2017). Sistema alternativo de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, para una vivienda de interés social en el Barrio La Victoria de la localidad de

- San Cristóbal. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnológica en Marcha*, 30(4), 15-27. doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L., Ghisi, E., Rahman, A., Furomai, H., Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115:195-209. doi: 10.1016/j.watres.2017.06.002.
- Chino, M., Velarde, E., y Espinoza, J. (2016). Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú. *Revista de Investigación Altoandina*, 18(3):365-373. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio_Miranda_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Congreso de la República. (18 de junio de 2013). Ley N° 30045. *Ley de la Modernización de los Servicios de Saneamiento*. Perú: El Peruano.
- El, J., Flor, G., y Teresinha, L. (2017). Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma. *Gestão Ambiental e Sustentabilidade-GeAS*, 6(1):26-39.
- Fernandes, P., Amador, P., Cangussú, L., y Viera, P. (2018). Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso da água da chuva no município de Teófilo Otono - MG. *Research Society and Development*, 7(11):01-25. Doi:10.33448/rsd-v7i11.438.
- Gnadlinger, J. (2015). Água de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos , biofísicos, técnicos, económicos e sociopolíticos. En *Captación, manejo e uso de água de chuva* (págs. 39-70). Instituto Nacional do Semiárido. Campina grande.
- Instituto Nacional de Estadística. (2017). *Directorio Nacional de Centros Poblados*. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III Comunidades Indígenas. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.
- Jiménez, G. (2017). Evaluación técnica y económica de un diseño de sistema de aprovechamiento de lluvia para uso doméstico en la comunidad Awajun de Juum del distrito de Imaza, provincia de Bagua, departamento de Amazonas. Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Bagua. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1505>.
- León, A. A., Córdoba, R. J., y Carreño, S. U. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, 20(50), 141-153. doi:10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10.
- Magyar, M., Ladson, A., Diaper, C., y Mitchell, V. (2014). Influence of roofing materials and lead flashing on rainwater tank contamination by metals. *Water Resources*, 18(1), 71-83. doi:<http://dx.doi.org/10.7158/W13-003.2014.18.1>.
- Martinez-Santos, P. (2017). Does 91% of the world's population really have "sustainable access to safe drinking water?". *International Journal of Water Resources Development* *Water Resour*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1298517>
- Ministerio de Salud. (Febrero de 2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. D.S. N° 031-2010-SA. Lima, Lima, Perú: DIGESA.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (abril de 2018). Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA. *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>.
- Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Guía de diseño para captación de agua de lluvia*. Lima.

- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio*. Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense.
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2020). *Estación: Santa María de Nieva, Tipo Convencional - Meteorológica*. https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000256.
- Torres, R. (2019). *La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente*. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XL(2), 125-139.
- UNICEF y OMS. (2015). *25 years progress on sanitation and drinking water*. USA: WHO Press.

Citar como:

Díaz-Ortiz, E.; Medina-Tafur, C. 2020. Demanda, colecta y calidad del agua de lluvia en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Amazonas (Perú). *REBIOL* 42(2):188-205. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.07>

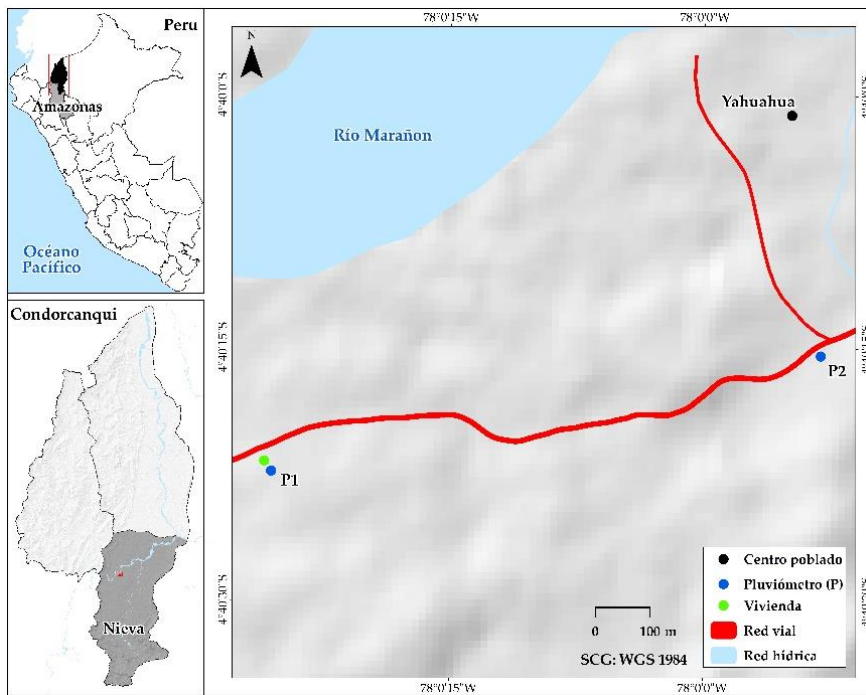


Figura 1. Ubicación de la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú.

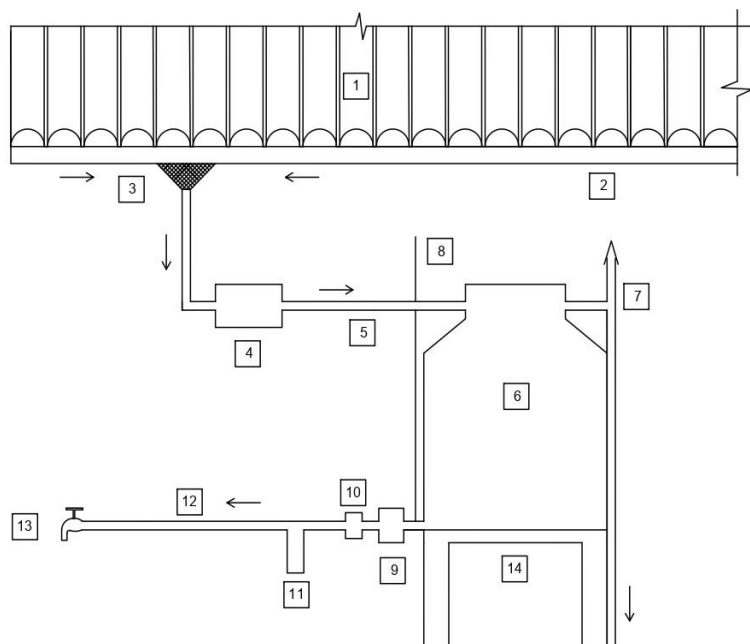


Figura 2. Prototipo de sistema de potabilización del agua de lluvia (1: Colecta, 2: Recolección, 3: Embudo y tamiz, 4: Trampa de sedimentos y válvula de limpieza, 5: Conducción, 6: Tanque de almacenamiento y desinfección, 7: Rebose, 8: Control de volumen, 9: Válvula para limpieza de tanque, 10: Válvula de control de abastecimiento, 11: Filtro de sedimentos, 12:

Abastecimiento, 13: Grifo de suministro, 14: Apoyo de tanque), en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú.

Tabla 1. Localización de vivienda donde se instaló el sistema de prototipo para potabilización del agua de lluvia y puntos de muestreo de las precipitaciones en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Puntos	Altitud (msnm)	Coordenadas espaciales	
Vivienda.	221	78° 0´ 26,220" W	4° 40´ 21,714" S
Pluviómetro 1.	225	78° 0´ 25,815" W	4° 40´ 22,325" S
Pluviómetro 2.	230	77° 59´ 53,332" W	4° 40´ 15,418" S

Tabla 2. Localización de vivienda donde se instaló el sistema de prototipo para potabilización del agua de lluvia y puntos de muestreo de las precipitaciones en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Análisis	Método	Unidad de medida	Valor límite (D.S. N° 031-2010-SA)
pH	4500-H*; APHA, AWWA, WPFC	Valor de pH	6,5 - 8,5
Turbiedad	2130 B; APHA, AWWA, WPFC	UNT	5
Color	Unidad de color verdadero	UCV Pt/Co	15
Alcalinidad	180,1; EPA	ppm CaCO ₃	<200
Cloruros	4500-CI-B; APHA, AWWA, WPFC	ppmCl	250
Dureza	2340C; APHA, AWWA, WPFC	ppm CaCO ₃	500
Sulfatos	375.4; EPA	ppm SO ₄	250
Fosfatos	819000; HACH	ppm PO ₄	0,1
Amonio	4500 NH ₃ C; APHA, AWWA, WPFC	ppm NH ₄	1,5
Cobre	3120-B	ppm Cu	2
Zinc	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Zn	3,00

Coliformes Totales	Técnica Estandarizada del NMP por tubos múltiples	NMP/100 ml	=< 1,8
Coliformes Fecales	Técnica Estandarizada del NMP por tubos múltiples	NMP/100 ml	=< 1,8
<i>E. coli</i>	900225-B; APHA, AWWA, WPFC: Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100 ml	=< 1,8
Nitratos	803900	ppm NO ₃	50
Nitritos	8507	ppm NO ₂	3
Cadmio	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Cd	0,003
Cromo	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Cr	0,05
Níquel	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Ni	0,07
Plomo	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Pb	0,01

Tabla 3. Precipitación máxima, promedio diario mensual y precipitación promedio diaria del periodo en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Mes	Precipitación máxima diaria mensual (mm)	Precipitación promedio diaria mensual (mm)	Precipitación promedio diaria del periodo (mm)	Desviación Estándar del periodo (mm)	Coeficiente de Variación
Nov-18	70	13			
Dic-18	40	10			
Ene-19	40	13			
Feb-19	70	15			
Mar-19	40	12	11,08	16,85	1,52
Abr-19	80	10			
May-19	80	13			
Jun-19	50	8			
Jul-19	22	9			

Tabla 4. Colecta de agua de lluvia máxima, promedio y demanda diaria en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Mes	Colecta máxima diaria mensual (m ³)	Colecta promedio diaria mensual (m ³)	Demanda normativa diaria mensual (m ³)	Demanda máxima diaria mensual (m ³)
Nov-18	2,52	0,48		
Dic-18	1,44	0,35		
Ene-19	1,44	0,48		
Feb-19	2,52	0,55		
Mar-19	1,44	0,43	0,18	0,36
Abr-19	2,88	0,35		
May-19	2,88	0,46		
Jun-19	1,80	0,29		
Jul-19	0,79	0,32		

Tabla 5. Parámetros de calidad organoléptica, microbiológica y química inorgánica del agua de lluvia, a la entrada y salida del prototipo de sistema de potabilización en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Parámetros	pH	Turbiedad	Alcalinidad	Cloruros	Dureza	Sulfatos	Fosfatos	Amonio	Cobre	Zinc	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	<i>E. coli</i>	Nitratos	Nitritos	Cadmio	Cromo	Níquel	Plomo	
Entrada al prototipo	Mediana	7,52	2,00	14,63	7,13	16,10	0,10	0,05	0,02	0,00	2,66	48*	< 1,8	< 1,8	0,09	0,04	0,004*	0,004	0,005	0,005
	Máximo	8,83 *	4,00	42,96	9,50	46,69	4,17	0,26*	0,02	0,10	3,18*	9200*	< 1,8	< 1,8	9,45	0,55	0,004*	0,004	0,010	0,010
	Mínimo	4,01*	0,48	14,63	3,80	12,88	0,10	0,04	0,02	0,00	1,23	4,50*	< 1,8	< 1,8	0,09	0,03	0,004*	0,004	0,005	0,005
	SD	1,89	1,43	12,72	2,38	14,16	2,04	0,11	0,00	0,05	0,94	3448,83	0,0	0,0	4,19	0,23	0,000	0,000	0,003	0,003
	CV (%)	26,44	79,19	54,79	34,48	65,61	182,10	109,10	0,00	165,82	38,50	249,74	0,0	0,0	213,35	168,01	0,000	0,000	40,00	40,00
	D.S. N° 031-2010-SA	6.5 - 8.5	5	< 200	250	500	250	0,1	1,5	2	3,0	=< 1,8	=< 1,8	=< 1,8	50	3	0,003	0,05	0,07	0,01
Salida del prototipo	Mediana	7,52	1,00	29,26	8,55	16,10	0,55	0,04	0,02	0,00	1,64	12*	< 1,8	< 1,8	0,09	0,03	0,01*	0,004	0,005	0,005
	Máximo	7,89	2,00	43,89	9,50	40,25	1,54	0,04	0,30	0,10	3,19*	540*	< 1,8	< 1,8	6,59	0,08	0,983*	0,004	0,010	0,010
	Mínimo	4,27*	0,49	14,63	5,70	11,27	0,10	0,04	0,02	0,00	1,25	1,50	< 1,8	< 1,8	0,09	0,00	0,004*	0,004	0,000	0,005
	SD	1,49	0,55	10,43	1,82	11,80	0,71	0,00	0,14	0,04	0,90	199,50	0,0	0,0	2,91	0,03	0,435	0,00	0,004	0,002
	CV (%)	21,87	50,41	34,94	22,53	57,25	103,90	1,27	156,80	200,00	42,94	225,97	0,0	0,0	209,12	91,88	213,23	0,00	70,71	37,27
	D.S. N° 031-2010-SA	6.5 - 8.5	5	< 200	250	500	250	0,1	1,5	2	3,0	=< 1,8	=< 1,8	=< 1,8	50	3	0,003	0,05	0,07	0,01

* Valores que sobrepasan los límites del Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano, establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

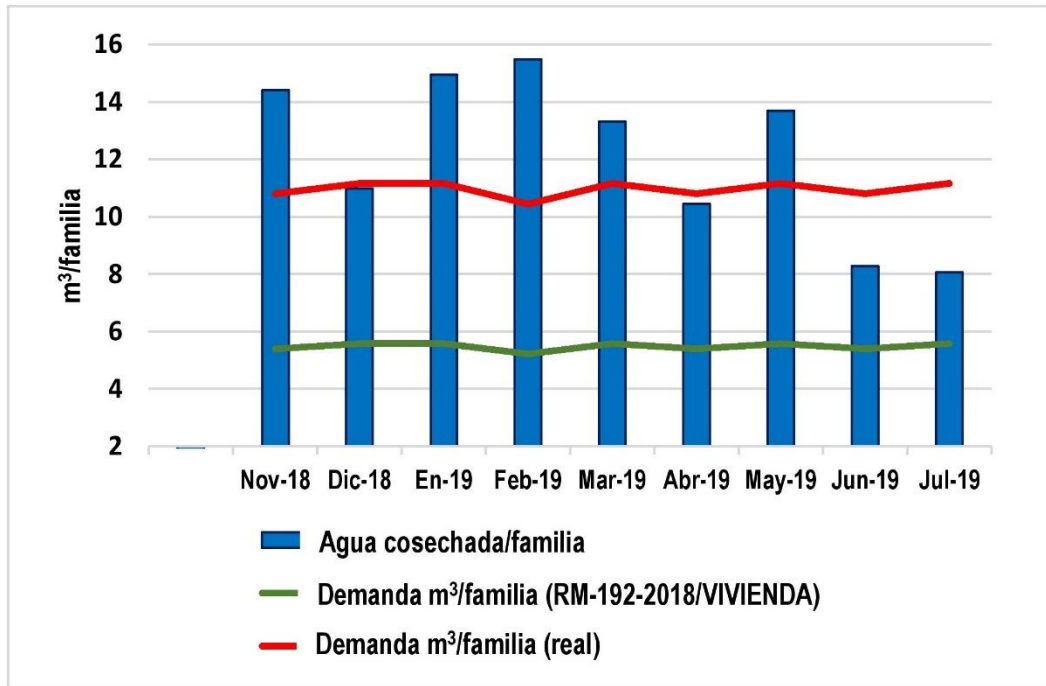


Figura 3. Agua de lluvia colectada y demandas, según dotación normativa y uso real en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

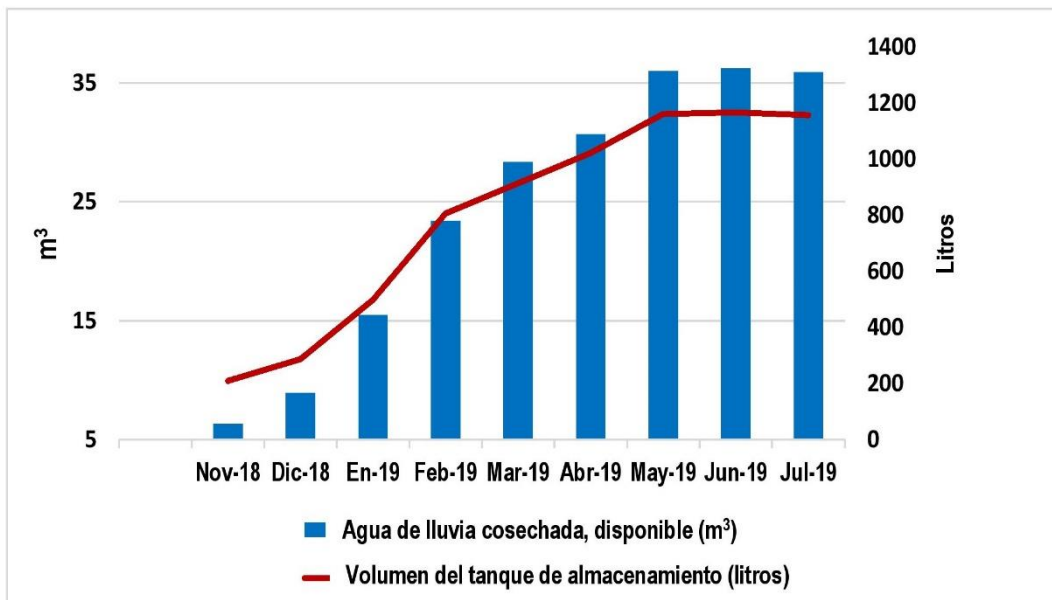


Figura 4. Agua de lluvia colectada y volumen de tanque de almacenamiento, en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.