

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación de la influencia del dique artesanal en la
captación del recurso hídrico del bofedal
Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma-2023**

Leslie Sharon Godiño Yanqui

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Steve Dann Camargo Hinostraza
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 18 de junio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL DIQUE ARTESANAL EN LA CAPTACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DEL BOFEDAL PUKACOCCHA, DISTRITO DE PALCAMAYO, TARMA – 2023”

Autor:

Leslie Sharon Godiño Yanqui – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20% de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas: 05
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera infinita a mis padres por ser mi soporte incondicional en el cumplimiento de mis objetivos, su confianza en mí ha sido el impulso para perseguir mis metas y obtener este logro. A mis hermanos quienes me brindaron su tiempo de escucharme y guiarme en todo este período académico.

A mi asesor, Mg. Ing. Steve Dann Camargo Hinostraza, por el apoyo constante y los consejos para la culminación de esta investigación.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a todos mis amigos y familiares que compartieron conmigo éste largo período académico contribuyendo de manera positiva y alentándome a continuar.

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mis padres: Norma y Samuel, por su apoyo incondicional su amor y sacrificio han sido fundamentales para el logro de esta meta.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema	12
1.1.1. Problema general	14
1.1.2. Problemas específicos.....	14
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivo general	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación e importancia	15
1.4. Hipótesis.....	16
1.5. Operacionalización de variables	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	21
2.1.3. Antecedentes regionales y locales	23
2.2. Bases teóricas	26
2.2.1. Cosecha y siembra de agua.....	26
2.3. Definición de términos básicos.....	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	34
3.1. Método y alcance de la investigación	34
3.1.1. Método general.....	34
3.1.2. Método específico	34
3.1.3. Tipo de investigación.....	34
3.1.4. Nivel de investigación	35
3.2. Diseño de la investigación	35
3.3. Población y muestra	35
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Presentación de resultados.....	44
4.2. Prueba de hipótesis	52

4.3. Discusión de resultados	53
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	61

Índice de Tablas

Tabla 1: <i>Elementos estructurales del Dique</i>	27
Tabla 2: <i>Cronograma de actividades</i>	42
Tabla 3: <i>Resumen de metrados</i>	44
Tabla 4: <i>Fisiografía de área del Bofedal Pukacocha</i>	46
Tabla 5: <i>Cálculo de dimensiones y volumen del bofedal</i>	47
Tabla 6: <i>Cálculos dimensiones de dique artesanal</i>	49
Tabla 7: <i>Calculo de caudal por método racional</i>	49
Tabla 8: <i>Datos del dique artesanal</i>	50
Tabla 9: <i>Materiales para construcción de dique</i>	51
Tabla 10: <i>Volúmenes de recurso hídrico bofedal Pukacocha</i>	52
Tabla 11: <i>Prueba de normalidad del volumen captado de recurso hídrico</i>	52

Índice de Gráficos

<i>Figura 1.</i> Sección típica de Dique	27
<i>Figura 2.</i> Mapa fisiográfico bofedal Pukacocha.	45
<i>Figura 3.</i> Dimensiones e imagen del bofedal Pukacocha.	46
<i>Figura 4.</i> Diseño de estructura de dique artesanal.	48
<i>Figura 5.</i> Dique artesanal construido en el bofedal Pukacocha.	49
<i>Figura 6.</i> Volúmenes de recurso hídrico	51
<i>Figura 7.</i> A) Imagen satelital año 2020. B) Imagen satelital año 2024 (dique artesanal instalado)	51
<i>Figura 8.</i> Visitas previas a la zona.	64
<i>Figura 9.</i> Reunión con autoridades de la comunidad campesina Corotayoc.	64
<i>Figura 10.</i> Georreferenciación de bofedal Pukacocha.	65
<i>Figura 11.</i> Levantamiento topográfico.....	65
<i>Figura 12.</i> Cantera de arcilla.....	66
<i>Figura 13.</i> Marcado de terreno.....	66
<i>Figura 14.</i> Remoción de tierra para cimiento.....	67
<i>Figura 15.</i> Llenado de cimiento con piedras.....	67
<i>Figura 16.</i> Altura de dique.....	68
<i>Figura 17.</i> Sellado de dique con champa.....	68
<i>Figura 18.</i> Dique en bofedal Pukacocha.....	69
<i>Figura 19.</i> Preparación para vuelo con Drone.....	69

RESUMEN

La presente investigación, sobre la influencia de un dique artesanal, en la captación del recurso hídrico, se realizó en el bofedal Pukacocha ubicado en el distrito de Palcamayo, provincia de Tarma en la región Junín. El objetivo fue evaluar la influencia del dique artesanal sobre la captación del recurso hídrico en el área de investigación, para ello se describió las características fisiográficas de la zona, luego se procedió a realizar el diseño de la estructura del dique, una vez que se obtuvo el diseño se realizó la construcción de este con los materiales de la zona y ayuda de los pobladores, así después de un tiempo (3 meses) se obtuvo el volumen captado de recurso hídrico. Los resultados muestran al “Bofedal” como principal característica y elemento paisajístico en la fisiografía del área total de 1.3353 Ha; la dimensión del bofedal tiene un área de 6251.85 m², perímetro de 486.46 m y un volumen de 4674.07 m³; para el dique se obtuvo los siguientes cálculos dimensionales, 1.2 m de ancho de corona, 6.4 m base de talud, 0.5 m ancho y profundidad del dentellón y 1 m de núcleo de arcilla. El dique artesanal fue construido usando materiales de la zona como piedras, tierra arcillosa, champas húmedas y se agregó tierra orgánica; el dique artesanal instalado tuvo una altura de 2.40 m, 4 m de base, 1.20 m de corona y 77 m de longitud. El volumen captado del recurso hídrico en el bofedal fue de 4515.41 m³. Se concluyó que el dique artesanal tuvo una influencia significativa en la captación de recurso hídrico en el bofedal Pukacocha.

Palabras claves: Dique artesanal, Bofedal, Recurso Hídrico, Captación hídrica.

ABSTRACT

The present investigation on the influence of an artisanal dam on the collection of water resources was carried out in the Pukacocha wetland located in the district of Palcamayo, province of Tarma in the Junín region. The objective was to evaluate the influence of the artisanal dam on the collection of water resources in the research area, for this the physiographic characteristics of the area were described, then the design of the structure of the dam was carried out, once it was obtained. The design was carried out and its construction was carried out with materials from the area and the help of the residents, so after a period of time (3 months) the volume of water resources captured was obtained. The results show the “Bofedal” as the main characteristic and landscape element in the physiography of the area with a total area of 1.3353 Ha; The size of the wetland has an area of 6251.85 m², a perimeter of 486.46 m and a volume of 4674.07 m³; For the dam, dimensional calculations were obtained: 1.2 m crown width, 6.4 m base of slope, 0.5 m width and depth of the notch and 1 m clay core. The artisanal dam was built using local materials such as stones, clay soil, wet champas, and organic soil was added; The artisanal dam installed had a height of 2.40 m, a base of 4 m, a crown of 1.20 m and a length of 77 m. The volume of water resources captured in the wetland was 4515.41 m³. It was concluded that the artisanal dam had a significant influence on the collection of water resources in the Pukacocha wetland.

Keywords: Artisanal dam, Bofedal, Water Resources, Water collection.

INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento indispensable para la vida, constituyendo las tres cuartas partes del planeta. El agua se encuentra en los océanos, hielos polares, glaciares, ríos, lagos y aguas subterráneas. El agua es más abundante, sin embargo, del total de la masa líquida, las aguas continentales solo representan un 6% y el agua dulce únicamente el 2% del agua existente. Por tanto, el agua dulce viene a ser un recurso escaso y que se viene agotando por diversas causas como: el crecimiento poblacional, uso inadecuado, contaminación, entre otros propiciando escenarios de escasez (1)

América Latina es muy rica en agua y aunque hay algunas zonas importantes como Perú y sus nevados que están desapareciendo por el cambio climático, estas zonas eran el almacenamiento natural de agua y ahora dependemos sólo del agua de lluvia (1)

“Los humedales son ecosistemas vitales que se encuentran inundados permanente o temporalmente. Cubren menos del 3 % de la superficie de la tierra y contribuyen hasta en un 40 % con los servicios ecosistémicos que se proveen al planeta durante un año”. A escala mundial más del 50% de áreas iniciales de humedales se ha perdido, a causas naturales y antrópicas Dangles et al. (2014) citado en Baldoceca (2).

“Uno de los principales factores que ejercen presión sobre los humedales en el Perú es el uso intensivo y prolongado de los humedales para la producción ganadera y el pastoreo excesivo” (3)

Mencionamos la gran importancia de humedales andinos en la regulación hídrica, estas áreas se encuentran amenazados por causas del hombre como mala infraestructura de drenaje, construcción, cultivos, construcción de carreteras, contaminación entre varias formas de intervención ecológica y de sistemas hidrológicos (4)

Los bofedales según el Ministerio del Ambiente cubren el 0.42% del territorio nacional, estos reservan un recurso importante como es el agua, debido que poseen suelos arcillosos con alto contenido de materia que permiten almacenar agua que proviene del deshielo de glaciares, agua subterránea y precipitación (5)

La investigación se enfocó en evaluar la influencia de la instalación de un dique artesanal en la captación del recurso hídrico, teniendo como objetivos específicos la descripción de características fisiográficas, el diseño de la estructura del dique artesanal, la instalación del dique artesanal y la determinación del volumen captado del recurso hídrico.

En el capítulo I se presenta al planteamiento del problema de manera concisa abarcando los temas de problemática para la investigación, de ahí la formulación del problema general como específicos, también los objetivos con la respectiva justificación, se muestra también la hipótesis y las variables con su operacionalización.

En el capítulo II se presenta al marco teórico donde se tiene los antecedentes de investigación tanto a nivel internacional, nacional y local, también se presenta las bases teóricas que son el soporte esencial de la investigación siendo complementados con las bases conceptuales.

En el capítulo III se presenta toda la parte metodológica, desde el método, tipo y nivel de la investigación, también el diseño de investigación siendo no experimental, también se muestra la población que es el área total del bofedal y la muestra censal también del bofedal, se tiene las técnicas e instrumentos de recolección de datos como también las técnicas de análisis y procesamiento de datos.

En el capítulo IV se presenta los resultados de la investigación en función del objetivo principal y los objetivos específicos así mostrando todos los datos obtenidos en campo y sistematizados para su presentación mediante gráficos, pudiendo así realizar las discusiones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El agua es un elemento vital y constituye 75% de la tierra. Encontrándose en los océanos, los casquetes polares, los glaciares, los ríos, los lagos y las aguas subterráneas. Sin embargo, representa una cantidad mucho mayor en la masa total de líquidos: el agua continental representa solo el 6% del agua presente y el agua dulce solo el 2% del agua presente. Por tanto, el agua dulce se ha convertido en un recurso limitado y cada vez más agotado por diversos motivos como el crecimiento demográfico, el mal uso, la contaminación, etc. por lo que se produce escasez de agua (6).

El cambio climático es un problema complejo donde las principales causas son originados por el hombre, este es un problema que en los últimos años se ha visto más agravado a nivel mundial, afectando a varios ecosistemas.

A escala global es una alarma el cambio climático, en parte debido a retraso y falta de lluvia en las áreas de siembra, debido a eso debemos elegir tácticas de prevención y corrección para soportar cambios. Además, debido a causas antropogénicas las reservas de agua se están derritiendo rápidamente sumado al cambio climático, por lo que es hora de repensar el cuidado del agua para garantizar una vida mejor (7).

Una de las razones por las que el cambio climático es tan catastrófico para la humanidad es su relación con el agua, afectando a su calidad, disponibilidad y sus ciclos. No es para tomar a la ligera y las consecuencias suelen ser fatales. El calentamiento global también está afectando el suministro de agua. Según el Informe sobre el cambio climático y la política hídrica de la ONU, alrededor del 7% de la población mundial enfrentará al menos una reducción del 20% en los recursos hídricos renovables por cada grado de calentamiento global (8)

“Debido al cambio climático, las precipitaciones que se presentan en las cabeceras de las cuencas son anormales, debido a las lluvias torrenciales de alta intensidad, esto hace que la mayor parte del agua de lluvia se pierda por escorrentía” (9)

La escasez de agua es un problema global causado por el cambio climático y el aumento de los gases de efecto invernadero, que provocan un aumento de la temperatura de la Tierra y cambios en fenómenos naturales como las precipitaciones. Ante esta situación, las personas buscan nuevas tecnologías y soluciones para la

gestión de los recursos hídricos, entre las que encontramos soluciones para la cosecha de agua (10).

Los humedales altoandinos (HAA), conocidos como humedales de altura, identificados como áreas frágiles (Convención de Ramsar y EHAA, 2008). Sus suministros de agua son las lluvias, glaciares y aguas del subsuelo (11).

Los humedales, como otros ecosistemas de montaña en los Andes, se ven afectados por actividades del hombre y/o naturales; estos ecosistemas resultan un poco costoso para su restauración, aún más si se necesita proyectos de ingeniería. Estos proyectos presentan gran nivel de riesgo, por eso es necesario la instalación de plantas de la zona en un ambiente edáfico, principalmente orgánico (3).

Los ecosistemas brindan una variedad de servicios ecosistémicos que se puede disfrutar libremente, principalmente bosques, reservas naturales y muchas especies de flora y fauna que científicamente son importantes y pueden utilizarse para la investigación, economía, conservación o belleza natural (12).

En la región Junín las zonas altoandinas también son afectadas por el cambio climático donde se puede presenciar la disminución del recurso hídrico, afectando el caudal de los ríos, el cual genera un problema en las poblaciones aledañas que usan este recurso para la ganadería y agricultura.

Para el presente estudio la problemática se basa en la disminución y la poca captación del recurso hídrico en la parte alta de la comunidad de Corotayoc, donde se vio un aumento de la demanda de agua el cual utilizan para subsistencia y desarrollo de sus actividades económicas como la ganadería y agricultura.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la influencia del dique artesanal en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma - 2023?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características fisiográficas del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma - 2023?
- ¿Cuál es el diseño del dique artesanal para la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma - 2023?
- ¿Cómo será la implementación de un dique artesanal para la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma - 2023?
- ¿Cuánto es el volumen captado de recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma – 2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la influencia del dique artesanal en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma – 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir las características fisiográficas del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma - 2023.
- Diseñar la estructura del dique artesanal en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma – 2023.
- Implementar un dique artesanal para la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha - distrito de Palcamayo, Tarma – 2023.
- Determinar el volumen captado de recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma – 2023.

1.3. Justificación e importancia

En el Perú la Ley N° 30989 – Ley que declara de interés nacional y necesidad pública de la implementación de la siembra y cosecha de agua; es así que la presente investigación se enfocó en la comunidad Corotayoc en el distrito de Palcamayo, como toda zona rural de los Andes peruanos la economía en los pobladores es de escaso recurso económico considerados en pobreza o pobreza extrema, y mediante este trabajo se pretendió mejorar la captación hídrica para de alguna manera mejorar en algo relativo la económica local, así beneficiando a los pobladores.

Los bofedales al ser una fuente natural de servicios ecosistémicos son de mucha importancia que proveen recurso hídrico en las cabeceras de cuenca, así aumentado el caudal y beneficiando a las poblaciones cuenca abajo, el cual utilizan este recurso tanto para la ganadería y agricultura, beneficiando su economía.

“La siembra y cosecha de agua es una de las iniciativas que actualmente impulsan el Ministerio de Agricultura y Riego, y el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social para impulsar actividades que incrementen la capacidad productiva de las zonas rurales para que podamos diversificar los ingresos de los pueblos” (13).

La creación de reservorios naturales de agua es un gran beneficio por lo cual Morante (2018) nos menciona que “La construcción del embalse natural permitirá el uso de materiales de la zona y ayudará a proteger la vida silvestre. Esto evitaría la creación de estructuras artificiales que requieren materiales complejos y costes elevados” (14). Martínez (2017), menciona que la siembra de agua no se trata de mejorar el consumo o promoción de conservación, sino también darle un gran valor a la cosmovisión andina para preservar el conocimiento y la tecnología andina con sus métodos tradicionales de gestión del agua, protección vegetal y actividades de agricultura. Así promoviendo el cuidado infantil como manera de un enfoque de la gestión de riesgo de varias culturas frente al inevitable cambio climático, citado en (15).

Para la creación de reservorio natural es con el uso exclusivo de materiales de la zona así aligerando los costos de instalación, y generando empleo momentáneo a los pobladores cercanos.

La recarga de los acuíferos es importante para mantener un flujo constante de aguas abajo de ríos y manantiales (9), esto mejora la oferta hídrica y a la vez el comportamiento del ecosistema de las cuencas.

“También se consideran importantes para los camélidos sudamericanos porque mantienen una cubierta vegetal templado durante todo el año, proporcionan forraje de alta calidad durante todo el año y son una fuente directa de agua” (16)

Un dato importante es que el 95% de nuestra población depende de los elementos líquidos que fluyen desde la sierra de los Andes, precipitaciones, glaciares y lagunas. Es esta fuente la que se puede abordar a nivel de cuenca, entendiendo así la gestión holística del espacio para adaptarse al cambio climático (17).

La presente investigación pretende estudiar los efectos que tendrá la creación o instalación de una cocha artificial piloto en un área de un ecosistema altoandino el cual se encuentra en una zona frágil o degradada, con una serie de trabajos y actividades se podrá determinar si hay un cambio significativo o no dentro de la zona.

1.4. Hipótesis

Ho: El dique artesanal influye de manera significativa en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma – 2023

Ha: El dique artesanal no influye de manera significativa en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma - 2023.

1.5. Operacionalización de variables

VARIABLES		DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente	Dique artesanal	Estructura construida con materiales de la zona para la captación de agua e impedimento de su paso	<ul style="list-style-type: none"> - Ancho - Altura - Distancia longitudinal - Materiales de construcción 	Estructura construida	Metros cúbicos y metros lineales
Variable dependiente	Recurso hídrico del bofedal	Depósito de agua que puede ser usado por el ser humano	Volumen de agua	Volumen inicial y final disponible de agua	Metros cúbicos

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Lligüi y Ñauta realizaron el análisis de las alternativas de diques propuestas en el Plan de Control de Inundaciones del Río Karnal desde un punto de vista geotécnico; para ello determinaron la variante más adecuada a implementar en el proyecto mediante la construcción completa de 4 diques de prueba. Se confirmó que la arcilla y los agregados existentes en el área de pruebas de laboratorio, que se utilizarán para la construcción del dique de prueba, cumplieron los parámetros requeridos para su uso consecuente final. Para no tener alguna falla catastrófica, cada dique de prueba fue sometida a análisis de permeabilidad y estabilidad, verificando que realmente cumplieran con lo especificado en el diseño de ingeniería. En conclusión, se encontró que todas las opciones de terraplenes tuvieron el correcto uso estructural y resistente, por lo que es posible utilizar cualquiera de las cuatro opciones propuestas, y desde el punto de vista económico, esta fue la solución más adecuada: diques arcillosos y granulares, así como diques de arcilla homogénea, la primera se construirá en la ribera del río y la segunda a lo largo del by-pass (18)

Gil y Orozco en su investigación sobre *diseño de la rehabilitación del dique del Río Cauca entre el km 18+925 y 19+025* utilizaron 4 materiales disponibles en la ciudad de Cali, tuvieron el objetivo central estudiar las 4 fuentes de materiales que existen en la ciudad para poder ser usados en la construcción del dique, un estudio comparativo del desempeño de los cuatro materiales en la reparación de diques de sección transversal llevó a la conclusión de que se analizaron cuatro materiales cualitativos para su uso en la construcción de presas contra inundaciones. Según el sistema unificado de clasificación de suelos, estos 4 materiales pertenecen al grupo de alta plasticidad ($LL > 50$), que corresponde a suelos limosos flexibles (19)

Herrera-Franco *et al.* en su estudio sobre la aplicación del conocimiento ancestral mediante albarradas y tapes en la gestión de agua, en la provincia de Santa Elena, tuvieron como objetivo la presentación de prácticas de conocimiento ancestral relacionadas con el agua subterránea, describiendo uso de albarradas y cintas para asegurar el suministro de agua terrestre en zonas rurales parcialmente seco. La metodología que desarrollaron contempló: i) principios generales del uso de estructuras ancestrales; ii) descripción de albarradas y tapes en PSE; iii) panorama de la estructura de conocimientos ancestrales; iv) prácticas de rescate y manejo del agua en zonas semiáridas. Los restos de albarradas y tapes se encontraron en áreas rurales del PSE revelando historia, experiencia de la gestión y uso de aguas subterráneas en sus territorios. El gobierno del Ecuador respaldó la recuperación de conocimientos ancestrales mediante la restauración de albarradas. En Manglaralto, la comunidad, junto con aliados estratégicos, continúa desarrollando y adaptando este conocimiento ancestral para satisfacer la creciente demanda de suministro de agua en sus comunidades y mejore su rendimiento productividad como el turismo y la agricultura (20).

Herrera en su investigación analiza la construcción de un dique como solución para el problema de abastecimiento de agua de la parroquia de Manglaralto, Guayaquil; tuvo como objetivo el determinar una solución técnica para almacenar agua en el cauce del río Manglaralto, para ello con base en estudios topográficos, hidrológicos, geológicos y geotécnicos, desarrolló un proyecto para incrementar las reservas de agua dulce y dotar de agua potable de manera especial a la población de Manglaralto. Desarrolló y analizó al menos tres alternativas, la más conveniente de las cuales fue la construcción de una presa de desbordamiento con un hueco que actuaría como barrera al flujo de agua subterránea. De esta forma se consiguen decenas de miles de metros cúbicos de capacidad de almacenamiento de agua y se aumenta la capacidad de retención de agua de la capa de grava aluvial. Realizó un proyecto correspondiente y determinó los costos de las soluciones propuestas (21).

Silva, O. en su investigación “Análisis del índice de vulnerabilidad a sequía e identificación de sitios para cosecha de agua en la subcuenca media del río Viejo, Nicaragua” menciona que los métodos de captación de agua utilizados para adaptar el cultivo al cambio climático y la transformación de los sistemas agrícolas proporcionan información sobre la sensibilidad de las subcuencas a la sequía, por lo que el objetivo principal es “determinar los lugares de captación y almacenamiento de agua productos de precipitación para compensar la escasez de agua de los productos de la subcuenca del río Viejo” y obtuvo los siguientes resultados: 4 áreas tienen el mayor volumen de captación de agua, la ubicación estratégica que han logrado permite que la población se beneficie con el riego de la producción, lo que mejora la economía de la población y aumenta así la calidad de vida, en este artículo esta información nos ayuda a desarrollar lugares estratégicos para recolectar agua en la época de lluvias y utilizarla en la época seca (22).

Carrión-Mero *et al.* en su publicación sobre “Geología aplicada al diseño de diques artesanales (tapes) y su incidencia en la recarga del acuífero costero de Manglaralto, Santa Elena, Ecuador”, tuvo como objetivo mejorar ubicación de tapes con la ayuda del análisis de datos geológicos, geotecnia e hidrología con el fin de lograr el máximo almacenamiento de agua superficial y mejorar la regeneración inducida para la sostenibilidad del acuífero. La metodología utilizada en el trabajo fue: i) Análisis de información de la cuenca y acuífero de Manglaralto, ii) Trabajos de campo y laboratorio relacionados con la geología y topografía de la industria e interpretación de la información obtenida en campo y laboratorio, y, iii) Recomendaciones para la ubicación del eje de la cinta para un suministro óptimo de agua y para el almacenamiento. Mostraron que en la parte baja de la subcuenca del río Manglaralto el acuífero es más grueso y tiene mayor cantidad de agua almacenada. Por lo tanto, se sugirieron 5 ubicaciones adecuadas para tapes artesanales y se seleccionó la ubicación óptima que tuvo 3 metros de altura donde el dique encausaría un volumen de 4641,88 m³ (23)

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ccahua, en su investigación titulada “Evaluación de recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de Cuenca Rio Sañu, Espinar 2021”, evaluó la recarga del acuífero para aumentar la captación de agua mediante qochas, identificó parámetros hidrogeológicos de área de embalse, realizó el estudio hidrológico determinando la recarga del acuífero y también propuso el diseño y especificaciones técnicas para la instalación del dique. La metodología que uso se basó en el trabajo de campo y gabinete, de enfoque cuantitativo, de aplicación y no experimental, como muestra tuvo una qocha “Qocha Manquere” y como instrumentos tuvo el levantamiento topográfico, pruebas de permeabilidad, método volumétrico y ensayos de suelo en laboratorio. Como resultado mostró que los parámetros hidrogeológicos para recarga de acuífero califican como regular, por tener conductividad hidráulica y coeficiente de permeabilidad (K) moderado ($k=1.32\text{m/día}$), proponiendo un dique artesanal así obteniendo un incremento teórico de 34.36% de la demanda de agua potable (24).

Curi, en su investigación “Aprovechamiento del recurso hídrico mediante qochas para su utilización en irrigación, utilizando el software civil 3d, Andahuaylas, Apurímac, 2022”, el objetivo general fue construir el dique de la Qocha para utilizar y optimizar los recursos hídricos para el riego en la provincia de Andahuaylas. El estudio es un estudio aplicado, no experimental, en el que la población está constituida por un área definida por un río ubicado en la parte alta de la cuenca. En este artículo se considera la qocha conocida como huayllapucro una qocha que almacena 7510 m³. La conclusión sobre el aprovechamiento de los recursos hídricos a través de Qochas está dada por una presa de 72 m, ancho 3,5 m y altura máxima 3 m (7).

Cuadros y Mercado es su investigación “Práctica ancestral de cosecha de agua, para el aprovechamiento y almacenamiento” tuvieron como objetivo la implementación de soluciones basadas en infraestructuras "verdes", como las "qochas" o embalses naturales. La práctica de "Qochas" es una práctica ancestral de cultivo y recolección de agua. Para desarrollar el proyecto, inicialmente

evaluaron condiciones ambientales (lluvias, temperatura, cobertura vegetal y suelos) en el área de estudio, región Puno, distrito de Asillo, provincia de Azángaro. Luego se realizaron estudios hidrológicos y balances hídricos mediante la herramienta CUBHIC (Cutchment of Water Benefits of Catchment Interventions), que permitirá evaluar rápidamente los beneficios de las intervenciones hídricas naturales. Finalmente, "Qocha" Warihumaña y la inversión del agua del sistema Chullumpirini. Los resultados mostraron que la primera penetración de Qocha aumentó en 328 515 metros cúbicos por año, y la segunda tasa de penetración de Qocha aumentó en 132 003 metros cúbicos por año. Por lo tanto, la conclusión es que debido a la introducción de qochas, ha alcanzado un aumento significativo en el volumen de agua y la herramienta CUBHIC es una alternativa práctica como un método hidrológico (14).

Mercado (2022), realiza el estudio sobre efectos de la implementación de qochas frente al cambio climático en la población Altoandina haciendo una revisión sistemática, ahí nos mencionó que las qochas son una tecnología ancestral que se originó en poblaciones altoandinas que consisten en depresiones naturales o excavaciones artificiales que pueden inundarse formando pequeñas lagunas. Su función es almacenar agua para su consumo oportuno, durante la estación seca y cerca a la estación seca, donde se utilizó para riego y consumo de animales. El objetivo central de este análisis en orden es analizar los impactos de la implementación de Qochas sobre los cambios de clima en grandes poblaciones de los Andes. En cuanto a los métodos, se realizaron búsquedas de artículos y se utilizaron diversas bases de datos de revistas científicas como: ProQuest, Science Direct, EBSCO y Scopus, por lo que se seleccionaron 19 artículos para el análisis. Se concluye que diversos estudios muestran que la introducción de qochas ha tenido un efecto positivo en las altas poblaciones de los Andes, permitiéndoles adaptarse a los efectos del cambio climático (25)

Pizarro (2021), en tu estudio titulado "Mitigación del impacto del cambio climático en el recurso hídrico de la sierra peruana con el uso de qochas" nos menciona que el problema actual del acceso a los recursos hídricos es grave. Las emisiones de gases de efecto invernadero como dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han exacerbado el problema en los últimos años. Estos gases

aumentan la temperatura de ambiente y afectan el suelo. Actividades como la deforestación, la agricultura, el cambio de cobertura del suelo, etc. También los hay naturales, como la actividad volcánica y los fenómenos astronómicos. Afecta principalmente a los glaciares, la humedad del suelo y las nevadas; sin mencionar que la calidad de los pocos recursos restantes también cambia. En consecuencia, actualmente se utilizan diversos métodos para mitigar estos problemas, utilizando la gobernanza territorial, acuerdos extranjeros y actividades de prevención/mitigación. Actualmente se está reviviendo en el país técnicas ancestrales de recolección de agua conocida como siembra y cosecha de agua y la transforma para que no sólo contribuya a la regeneración del agua en Puquiales, sino que también ayude a mitigar el cambio climático, que no sólo produce agua, sino que también regula la temperatura del aire y suelo, y desempeña un papel en la proliferación de vegetación (26).

Ccencho (2019), realiza el estudio sobre optimización del recurso hídrico mediante el diseño de captación superficial en la comunidad de Millpo en el departamento de Ayacucho, su objetivo principal fue el diseño de una captación superficial para optimizar el recurso hídrico; utilizó el método científico, de investigación tipo aplicado, con nivel descriptivo-explicativo y el diseño no experimental de corte transversal; como población tuvo los tipos de presas existentes; el método de muestreo no es aleatorio ni direccional y se selecciona un dique de tierra con una capacidad de almacenamiento de 5911,67 m³. La conclusión del diseño de cuencas superficiales que afectan la optimización de los recursos hídricos es: largo 30.00 ml, ancho 3.50 ml, alto 2.80 ml. El almacenamiento beneficia a 9.55 hectáreas de tierra cultivable. El factor de seguridad resultante es 1,232 (27).

2.1.3. Antecedentes regionales y locales

Mallma, en su publicación titulada “Recarga de acuíferos con la construcción de qochas en cabecera de cuencas” nos menciona que la recarga de los acuíferos es importante para mantener el flujo constante de ríos y manantiales aguas abajo; para ello se identifican las fuentes de las subcuencas de los ríos Shullcas, Cunas, Yacus, Achamayo y Chanchas, los territorios identificados y las aguas

subterráneas en las mismas, correspondiendo a la situación de escurrimiento e infiltración, la precipitación anual a la parte superior del grupo tiene una altura de 794,95, etc.; sin embargo, debido a la degradación de la calidad del agua en el nacimiento de la cuenca, la precipitación que cae en la superficie se pierde por escorrentía. Usando esta tecnología propuesta, la mayor parte del agua perdida por escorrentía se puede almacenar en el acuífero, este acuífero puede recargar hasta 1,05 m³ de agua por 1,00 hectárea de área con las precipitaciones mencionadas. Esta recarga está relacionada con la velocidad a la que el agua penetra la capa del suelo, que en este caso promedió 14,57 cm/hora (9).

Cuadros, en su investigación realizó el estudio sobre la aplicación de programa Qochas de siembra y cosecha de agua y su influencia en la disponibilidad hídrica en su fuente natural ejecutado en la provincia de Angaraes, región Huancavelica, el objetivo fue determinar el impacto de la aplicación del Plan Hídrico de Siembra y Cosecha de Qochas en el año 2019 en la disponibilidad de agua de fuentes naturales. El método utilizado fue de sistematización, de tipo aplicado a nivel explicativo, un diseño cuasiexperimental con una muestra conformada por 19 Qochas. Los instrumentos de recolección de datos fueron informes, documentos y estudios de intervención típicos del programa Qochas administrado por el Municipio de Angara. Los análisis se realizaron mediante estadística descriptiva y las hipótesis se probaron mediante estadística inferencial y prueba de hipótesis. Correlación de Pearson y T de Student para muestras relacionadas. Los resultados muestran que la aplicación del programa Qochas afecta significativamente la mejora del nivel de suministro de agua en la provincia de Angaraes, lo que confirma estadísticamente la alta correlación, $r = 0,846$. Nuevamente, significancia bilateral de $p = 0,000$, lo que indica que el 69% del aumento en el uso de agua proveniente de sus fuentes naturales es causal siendo utilizados en agricultura, ganadería y consumo humano (15).

Guerrero y Gutarra, en su investigación titulada “Propuesta de un programa de cosecha de agua frente a la escasez del recurso hídrico en la microcuenca Yanama, en el distrito de Yauli, provincia de Yauli - La Oroya 2021”, nos menciona que, en la provincia de Yauli, la escasez de agua es un problema persistente que restringe las actividades comunitarias, por lo que el propósito de este estudio es desarrollar un plan de recolección de agua para la escasez de agua

en la Microcuenca Yanama. El método usado fue el descriptivo, porque se describió características y procesos de recolección del agua; con una investigación tipo aplicado de nivel explicativo utilizando métodos de captación de datos mediante encuestas, listas de verificación y entrevistas. Los resultados de este estudio brindan una descripción detallada de las características de la microcuenca, la falta de agua, áreas potencialmente favorables para captación de agua, el suministro y la demanda de agua para los esquemas de captación de agua y el contexto social (10).

El objetivo del estudio Ñahui es analizar el comportamiento del humedal Callqui Chico y proponer estrategias de conservación del agua. El método fue cualitativo, con un alcance descriptivo y diseño no experimental. El desarrollo se basó en análisis del comportamiento del recurso hídrico en humedales utilizando factores climáticos, biodiversidad, factores físicos y químicos del suelo y factores socioeconómicos. Los resultados muestran que una cubierta vegetal deficiente da como resultado una disminución de las precipitaciones, una temperatura máxima anual más alta y un aumento de la evapotranspiración acompañado de pendientes pronunciadas y suaves. Los humedales N° 02 y N° 03 son ricos en materia orgánica, superior al 4,21%, y presentan problemas de humedad y salinidad a largo plazo. La estrategia propone restauración ecológica, mejores prácticas de riego y pastoreo, y talleres para personas para promover la protección de los recursos hídricos y sus ecosistemas. Se concluye que la mala cobertura vegetal, las pendientes más pronunciadas y los suelos limosos generalmente contribuyen a mayores tasas de escorrentía e infiltración de agua. Los humedales en elevaciones más altas tienen mayores problemas de salinidad, lo que resulta en una mayor infiltración y evapotranspiración, lo que resulta en desequilibrios hídricos de los humedales (28).

Quispe (2021), en su investigación titulada “La siembra y cosecha de agua: conocimiento local y tecnología estatal frente al cambio climático en la comunidad campesina Ccochatay/Huaracopata distrito de Seclla, Huancavelica”, tuvo como objetivo describir el conocimiento local y las tecnologías nacionales para siembra y cosecha de agua en la comunidad de Ccochatay/Huaracopata en el área de Seclla – Huancavelica bajo condiciones

de cambio climático, utilizando métodos de observación participante para observar el conocimiento local, tecnología nacional, procedimientos y aplicación de siembra y cosecha de agua; también se revisan las investigaciones realizadas por las instituciones y la experiencia de los autores en este tema. Logros: En la comunidad, el cultivo y la recolección de agua no son creaciones modernas, sino antiguas, y muchas de estas prácticas se transmiten de generación en generación; por ejemplo, la intervención en la laguna se realiza desde la antigüedad, utilizándose materiales de la zona como diques artesanales usando piedra, barro, champa, etc. Una de las mejores prácticas son las qochas de infiltración, que protegen el medio ambiente de manera sostenible, brindando beneficios sociales y ambientales al aumentar el flujo de aguas superficiales y subterráneas (29).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cosecha y siembra de agua

La recolección de agua y la siembra son conocidas en todo el mundo, especialmente en países con características áridas y semiáridas. Esta práctica también se conoce como recolección de agua, recolección de agua de lluvia, siembra de nubes y otros términos. La captación y siembra de agua en el Perú nos permite conservar y regular el agua de lluvia, y gestionar el agua de acuerdo con las necesidades humanas (30).

La siembra y cosecha de agua representan diferentes actividades de implementación y gestión de infraestructura. Uno de ellos es regular el ecosistema según el trabajo y uso del territorio con el fin de restaurar y mejorar su funcionalidad. Además, se han producido cambios menores en las condiciones físicas de la zona, como topografía, flujo de agua hacia determinados lugares, aumento de la cobertura vegetal, aumento de la permeabilidad del suelo, etc., así como acuerdos con instituciones sociales para mejorar la retención de aguas superficiales o subterráneas, garantizar la calidad y regular el consumo de agua (14).

La siembra y cosecha de agua de lluvia pueden entenderse de manera más amplia como un modelo hidrológico que busca proporcionar una mayor seguridad hídrica para los ecosistemas y sistemas de usuarios en los Andes y las aguas altoandinas, permitiéndonos adaptarnos a los desafíos que enfrentan los agricultores y la

población local en las comunidades de subsistencia y pequeños productores, en zonas rurales debido al cambio climático, y la escasez de agua (31).

2.2.2. Dique

“Es una estructura de tierra, piedra y geo sintéticos que sirve para contener y almacenar el agua de las lluvias que discurren por el curso del afluente, este dique tiene elementos que lo componen y garantizan su estabilidad” (1)

Tabla 1

Elementos estructurales del Dique

Enrocado con piedra	1
Cimentación	2
Núcleo	3
Dren	4
Anclaje	5
Dentellón	6

Fuente: Curi, D. (2022).

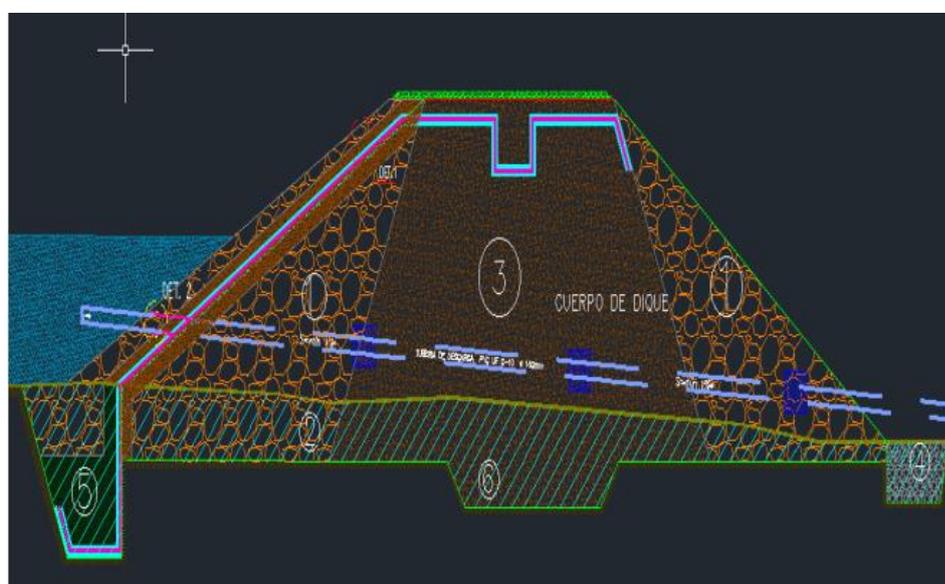


Figura 1. Sección típica de Dique

Fuente: Curi, D. (2022).

“Una presa es una estructura (hecha de hormigón, roca, tierra y otros materiales) construida para contener agua e impedir su paso. Pueden construirse perpendiculares o paralelos al curso de agua al que estén destinados” (32)

Es una estructura ubicada a lo largo de un curso de agua cuyo propósito es prevenir posibles inundaciones. Los materiales pueden ser piedra, suelo arcilloso compactado u hormigón para proporcionar estabilidad frente a los efectos del agua (27).

Elementos de un dique:

- a) Dique: muros construidos con tierra que al excavar tienen forma de vaso para poder almacenar lluvia y mantener la presión del agua. Los tipos de suelo influyen en el cálculo para evitar la tubificación del dique.
- b) Corona: su función es de prevención sobre algún desborde ocasional, es así se considera tener en cuenta la altura y base del dique.
- c) Talud “Aguas arriba”: parte interna, esta parte se encuentra en contacto con el agua que se almacena, su función es el soporte de toda el agua almacenada.
- d) Talud “Aguas abajo”: parte externa el cual proporciona la estabilidad a toda la estructura.

A. Dique artesanal

Son construidos por el hombre, profundizando el terreno en la orilla del río para las necesidades humanas, con un fondo ancho y una parte superior puntiaguda, y se acostumbraba a colocar sacos llenos de arena. También se les llama muros de contención (21).

“Las presas de qochas se construyeron para utilizar depresiones naturales (barrancos) o lagunas naturales en el suelo como embalses. Esto permitirá recolectar y almacenar agua de lluvia para su uso durante los meses de mayor escasez de agua.” (33)

El dique artesanal es la construcción artificial de un muro para contener o captar agua con materiales propios de la zona, como piedras, arcilla, champa, etc., esta construcción tendrá el objetivo de almacenar agua en épocas de lluvia para tener una reserva en las épocas de estiaje.

2.2.3. Captación de agua

La captación de agua superficial, como ríos, lagos y embalses, es una estructura terrestre que utiliza y desarrolla el agua de la fuente correspondiente, utilizando la

gravedad (suelo) o el bombeo, para abastecer de recursos a la población. La naturaleza y tamaño de la infraestructura de recolección dependerá de la cantidad o flujo de agua requerido por la comunidad (34).

“La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada de una cuenca y conducida a estanques reservorios puede aumentar significativamente el suministro de ésta para el riego de huertos, bebederos de animales, la acuicultura y usos domésticos” (35).

La captación de agua de lluvia es todo tipo de esfuerzo técnico, simple o complejo, surgido de la iniciativa de los agricultores o desarrollado científicamente, para aumentar la cantidad de agua de lluvia que se almacena en el suelo o en estructuras construidas, de tal manera que pueda ser utilizada posteriormente, bajo condiciones de déficit de lluvias (36).

2.2.4. Recurso hídrico

Andrade (2004) nos menciona que el agua en su amplio sentido incluye todas las etapas del ciclo del agua, así como toda la diversidad biológica que sustenta, como la flora y la fauna. Citado por (28).

Para Andrade (2004) “La escasez, el uso y manejo inadecuado de los recursos hídricos, se constituye en uno de los factores de mayor limitación para el desarrollo sostenible a nivel mundial”. Citado por (28).

Son fuentes de agua que desempeñan un papel vital en nuestra vida diaria y en todos los ecosistemas. Hay muchos tipos de recursos hídricos que proporcionan agua dulce para el consumo humano, la agricultura, la producción de energía y otros fines. La cantidad y configuración de los recursos hídricos varía según el área geográfica. Si bien se desperdicia en algunos lugares, es especialmente escaso en otros. Además, existen diversos contaminantes y actividades que amenazan la protección de los recursos hídricos y requieren medidas constantes para prevenirlos. (37).

Importancia de los recursos hídricos

- El agua juega un papel crucial en nuestras vidas y el funcionamiento de los ecosistemas. Su importancia es innegable y afecta a muchos aspectos de nuestra sociedad.
- Primero, el agua es esencial para nuestro suministro de agua potable. El agua dulce de ríos, lagos, acuíferos y otras fuentes es necesaria para

satisfacer nuestras necesidades diarias de consumo, higiene y saneamiento. Sin acceso a agua limpia y segura, nuestra salud se verá gravemente afectada.

- Además del consumo humano, los recursos hídricos también son esenciales para la agricultura. El riego depende en gran medida de ríos, embalses y aguas subterráneas para mantener la productividad de los campos y alimentar a una población en crecimiento. Sin suficiente agua, la producción de alimentos se ve afectada y podemos enfrentar escasez y hambrunas.
- Otro aspecto importante es la energía hidroeléctrica. En particular, los ríos con presas y embalses son fuentes importantes de energía renovable.
- También sustentan una increíble biodiversidad. Los ríos, lagos y humedales albergan una variedad de plantas, animales y otras criaturas que dependen del agua para sobrevivir. Estos ecosistemas acuáticos son hábitats importantes y forman parte de complejas redes alimentarias.
- Los recursos hídricos tienen también un valor recreativo y cultural; los lagos, ríos y playas son áreas para el ocio, practicar algunos deportes acuáticos, realizar pesca y relajación.

2.2.5. Bofedal

El Ministerio del Ambiente denomina a las turberas y humedales ubicadas en los Andes que se encuentran por encima de los 3800 metros sobre el nivel del mar como áreas de bofedales y oqonales (5).

Cerrate (1979), citado en Baldoceña (2), menciona que los bofedales se distribuyen desde los 3100 m.s.n.m. Como ecosistema su característica son los suelos hidromorfos con poco drenaje; que se ubican en fondos de valle fluvio glacial, planicies, piedemonte y terrazas fluviales. Estos se cargan del agua que proviene del deshielo de glaciares, agua subterránea o puquiales y de la precipitación pluvial.

Según Sharman et al. los humedales de la sierra andina o bofedales, también conocidos como turberas, llanuras andinas, oqonal, etc., son considerados un ecosistema único y frágil y se encuentran entre los más vulnerables al cambio climático, la sequía prolongada y las actividades humanas (por ejemplo, minería, agricultura, ganadería, etc.) (38).

Formado a medida que el agua fluye por las laderas de las cuencas montañosas y los altos valles formados por el avance y retroceso de los glaciares, forma un lecho denso, y con forma que acompaña a los arroyos o cubre por completo los valles. En condiciones adecuadas para su crecimiento, partes de estos ecosistemas pueden secarse temporalmente (39).

Los humedales son importantes para muchas especies animales nativas, así como para la población local, estas proporcionan forraje para el ganado (principalmente camellos, ovejas y vacas) durante los meses secos del invierno. Los humedales en laderas y en valles tienen una importante función de equilibrio hídrico del paisaje porque la acumulación de agua en el humedal permite que el agua fluya gradualmente y, por lo tanto, reduce el poder erosivo del humedal (39)

Algunos de los servicios ambientales que brindan los bofedales y son mencionados por Flores *et al.* (40) están distribuidos de la siguiente manera:

Provisión: agua dulce y forraje

Regulación: captura de carbono, control de erosión de suelo, calidad y cantidad de agua, purificación de agua, almacenamiento de agua, regulación del clima.

Apoyo: refugio de fauna, migración de fauna silvestre, funcionamiento del ciclo hidrológico.

Culturales: belleza paisajística y escénica, patrimonio cultural, recreación y turismo.

2.3. Definición de términos básicos

- a) Cambio climático: “Cambio climático relacionado directa o indirectamente con la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y aumenta la variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo comparables” (41).
- b) Ciclo hidrológico del agua: “El proceso por el cual el agua de fuentes como océanos, lagos, ríos, etc. Se evapora y forma nubes y, al enfriarse, se deposita en el suelo en forma de lluvia, granizo o nieve, formando arroyos” (42)
- c) Escasez de agua: “Es un fenómeno natural y también es causado por el hombre. Aunque el mundo tiene demasiada agua dulce para satisfacer las necesidades de toda la población, su distribución en el espacio y el tiempo es desigual, lo que provoca pérdida de agua, contaminación y una gestión sostenible insuficiente” (43)
- d) Siembra y cosecha de agua: “La hidrosiembra se refiere a la adición de agua al suelo, subsuelo y/o acuífero. La extracción de agua es el almacenamiento local de agua que previamente ha sido retenida o atrapada en la superficie o bajo tierra” (30).
- e) Dique: “Una presa es una estructura (hecha de hormigón, roca, tierra y otros materiales) construida para contener agua e impedir su paso. Pueden construirse perpendiculares o paralelos al curso de agua al que estén destinados” (32).
- f) Captación de agua: “La captura implica la recolección y almacenamiento de agua de diversas fuentes para un uso beneficioso. Recibir agua de las cuencas y entregarla a estanques de embalses puede aumentar significativamente el suministro de agua para el riego de huertos, abrevaderos para animales, acuicultura y uso doméstico” (35).
- g) Recurso hídrico: “Son fuentes de agua que desempeñan un papel vital en nuestra vida diaria y en todos los ecosistemas. Hay muchos tipos de recursos hídricos que proporcionan agua dulce para el consumo humano, la agricultura, la producción de energía y otros fines” (37).

- h) Agua superficial: “Es agua procedente de precipitaciones que no se absorbe y devuelve a la atmósfera por evaporación, o de manantiales o manantiales derivados de aguas subterráneas” (27).
- i) Agua subterránea: “Es el flujo de agua acumulada en ríos o lagos hacia la superficie terrestre que emerge y llega a la superficie formando una fuente” (27).
- j) Bofedal: A. *et al.* (2001), “Son un tipo de pradera nativa poco extensa con humedad permanente donde se maximiza la utilización del agua, vegetación siempre verde y de elevado potencial productivo, acentuados sobre suelos hidromorfos” citado en (28).
- k) Sequía: “Es una violación temporal caracterizada por una falta temporal del suministro normal de agua durante un período de tiempo determinado (una temporada, un año o más)” (32).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método general

El método usado para la investigación fue el método científico esto “Porque sigue el procedimiento para identificar cuestiones científicas, probar hipótesis y herramientas de trabajo y extraer conclusiones” (44).

Para la investigación la hipótesis planteada fue evaluar si el dique artesanal influía o no de manera significativa en la captación de recurso hídrico, para lo cual se realizó los procedimientos necesarios obteniendo resultados y sacando las conclusiones.

3.1.2. Método específico

El método específico de investigación fue el método descriptivo porque “el objetivo es describir la naturaleza de un grupo de población sin centrarse en las razones por las que se produce el fenómeno” (45).

La investigación en su objetivo principal fue evaluar la influencia de un dique artesanal por lo cual se describió las características de la zona, esto realizado para la captación del recurso hídrico siendo el bofedal una fuente de este recurso.

3.1.3. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, según Arroyo este tipo de investigación “tiene como finalidad primordial la resolución de problemas prácticos inmediatos y de interés social” y a partir de estas crear otras tecnologías partiendo de conocimientos adquiridos en la investigación básica (46).

En esta investigación se usó conocimientos sobre diseño e instalación de diques artesanales con el objetivo de captar recurso hídrico utilizando materiales de la zona, así pudiendo evaluar la influencia de esta construcción en ecosistemas frágiles como fue el bofedal Pukacochoa.

3.1.4. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue descriptivo, que según Lozano “consiste en evaluar o medir diversos aspectos o características del objeto a investigar, incluye la recopilación de datos para contestar preguntas” (47).

Para esta investigación se conoció, analizó, caracterizó y se entendió la influencia que ejerce el dique artesanal instalado en el bofedal Pukacocha, tanto su influencia directa e indirecta para el beneficio de la población.

3.2. Diseño de la investigación

Hernández *et al.* nos menciona que el diseño no experimental “Se define como estudios realizados sin manipulación deliberada de variables. Es decir, en estos estudios no cambiamos deliberadamente las variables independientes para observar sus efectos sobre otras variables” (44).

El diseño de investigación fue no experimental, porque no se manipulo de manera intencional alguna variable, al mismo tiempo esta investigación tiene un corte transversal siendo la recolección de datos en un momento único.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Para Hernández *et al.* la población es el “conjunto de elementos que tienen alguna característica o valores en común; una vez definida la unidad de análisis se procede a delimitar la población que va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados” (44).

Se consideró como población al bofedal Pukacocha ubicado en la comunidad campesina de Corotayoc del distrito de Palcamayo en la provincia de Tarma, por ser un ecosistema muy importante para las personas que viven cerca siendo este una fuente de agua.

3.3.2. Muestra

Se consideró una muestra censal porque se eligió el 100% de la población al ser un dato manejable, este tipo de muestra según Hayes, B. (1999) es “donde la muestra es toda la población, este tipo de método se utiliza cuando se cuenta con una base de datos de fácil acceso, sin embargo, los costos al utilizar este método pueden ser muy altos” citado en (48).

Como fue una muestra censal, en esta investigación también se consideró como muestra al bofedal Pukacocha ubicado en la comunidad de Corotayoc, distrito de Palcamayo, en la provincia de Tarma.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas e instrumentos

La técnica principal usada en la presente investigación fue la observación directa, una técnica que permite tomar datos de manera in situ, también como técnicas se tuvo el levantamiento topográfico, análisis fisiográfico y las técnicas en sistemas de información geográfica.

En la recolección de datos se utilizó varios instrumentos entre ellos un navegador GPS, un smartphone como instrumento fotográfico, algunos mapas realizados previamente, y como instrumento principal se tuvo un registro de datos de campo el cual se rellenó en cada toma de datos.

3.4.2. Materiales

- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Navegador GPS garmin
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Lápiz
- ✓ Pico
- ✓ Lampa
- ✓ Guantes
- ✓ Botas de jebe
- ✓ Información geográfica GIS (shapes)
- ✓ Wincha de 50 m
- ✓ Flexómetro de 5 m

3.4.3. Lugar de estudio

El estudio fue realizado en el bofedal ubicado en el paraje Pukacocha, en la comunidad campesina de Corotayoc, en la parte alta de dicha población.

Ubicación política

Región: Junín

Provincia: Tarma

Distrito: Palcamayo

Ubicación Geográfica – Coordenadas UTM

Este: 417976.51

Norte: 8756331.41

Altitud: 4183 m.s.n.m.

Datum: WGS 84

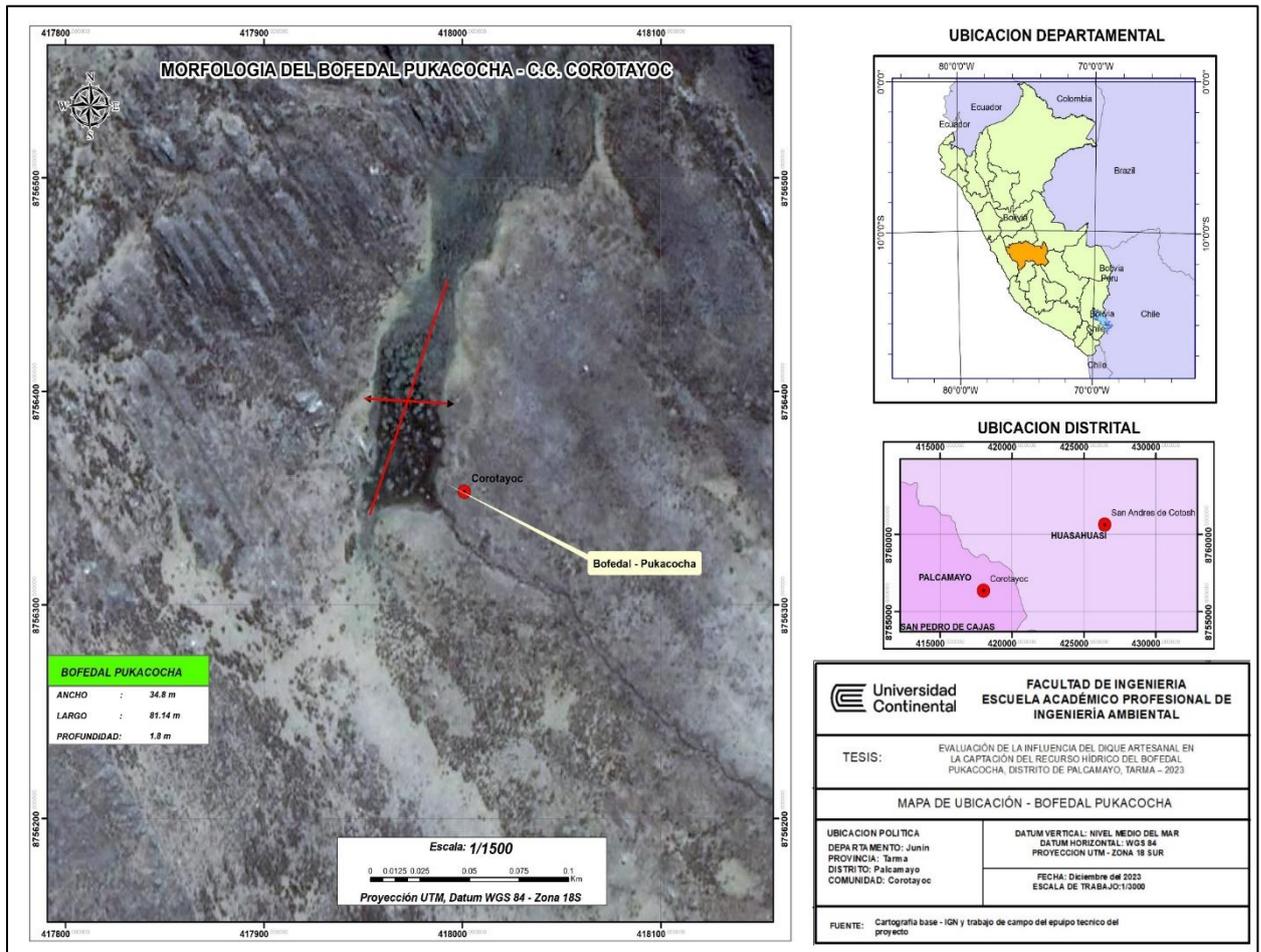


Figura 2. Mapa de **ubicación** – Bofedal Pukacocha

3.4.4. Procedimientos

3.4.4.1. Etapa de pre-campo

Se recopiló información sobre bofedales, como también de la implementación o construcción de diques artesanales. También se realizó visitas previas al lugar para tener un conocimiento previo sobre el bofedal, a la vez se realizó las coordinaciones con autoridades de la zona para los permisos correspondientes.

3.4.4.2. Etapa de campo

Descripción de las características fisiográficas del bofedal Pukacocha

Ubicación del bofedal Pukacocha

Luego de las visitas previas, y las reuniones de coordinación se procedió a tomar puntos UTM en la población y en el bofedal para la ubicación cartográfica, así también se tomó puntos en las vías de acceso para una mejor referencia espacial, obteniendo una base de puntos UTM para la elaboración de mapas base.

Descripción fisiográfica

Para la descripción de la fisiografía se realizó mediante visitas al lugar, tomando fotografías detallando cada característica de la zona, se procedió a delimitar el área de estudio siendo este el bofedal Pukacocha, para la caracterización también se utilizó herramientas de información geográfica como las cartas nacionales, mapas fisiográficos del Perú y la información brindada en la Zonificación Económica Ecológica de la región Junín.

Comparación de características fisiográficas

Con las fotos tomadas y las visitas a campo se procedió a realizar la comparación de las características fisiográficas vistas en campo con las que se muestran en los mapas fisiográficos y documentos del Ministerio del Ambiente, así como datos espaciales que brinda el instituto geográfico nacional y el estudio de zonificación ecológica y económica de Junín.

Diseño de la estructura del dique artesanal en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha

Levantamiento topográfico

Una vez realizado la georreferenciación del bofedal se procedió hacer el levantamiento topográfico aprovechando los días soleados, para ello se utilizó una estación total LEICA modelo PinPoint R500 y la ayuda de un técnico topográfico para las mediciones tanto del bofedal como del ojo de agua, obteniendo datos espaciales de alta precisión.

Análisis del área con sistema de información geográfica (SIG)

Complementando la información obtenida con el levantamiento topográfico se utilizó imágenes satelitales del área del bofedal, también se usó datos cartográficos como la carta nacional ofrecido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), y cartografía ofrecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Zonificación Económica, Ecológica de la región Junín (ZEE), Ministerio de transporte y telecomunicaciones (MTC), entre otros servidores; con toda la información recopilada se logró realizar mapas temáticos para una mejor comprensión del estudio realizado.

Criterios de diseño

Para el diseño del dique se utilizó información geográfica, como el mapa geológico de la región Junin, mapa de uso de suelos, mapa de pendientes, mapa de influencia de lluvias entre otros.

Parámetros de diseño

Dique rustico de piedra con núcleo de arcilla: el diseño consistió en un cuerpo de piedras colocadas en seco, con un núcleo impermeable arcilloso; para aguas arriba el material pedregoso protege contra el oleaje y el talud aguas abajo se protege con champas sobre una capa de materia orgánica. La altura del dique se limita hasta 3m; no se necesitan cimentaciones especiales y su construcción se hace íntegramente con mano de obra local.

Ancho de corona: la mayoría de veces se define al ancho con fines de tránsito de personas para labores de mantenimiento e inspección del dique, lo cual se considera un mínimo de 1.20 m, se puede calcular con la siguiente formula.

$$e = H - 0.50 \text{ m}$$

Donde:

e = ancho de corona (m)

H = Altura de agua de almacenamiento (m)

Taludes: el diseño puede ser de relación 1:1 cuando las piedras son redondeadas, teniendo un ancho de base 4 veces el ancho de corona. Y de realacion 1:0.5 a 1:0.75 cuando las piedras son planas, teniendo un ancho de base de 3 veces el ancho de corona.

Ancho y profundidad del dentellón: es igual al ancho de la corona, en cuanto a la profundidad depende del terreno, si el terreno donde se funda es impermeable se considera una profundidad mínima de 0.50m y cuando es permeable se ahonda hasta encontrar un estado impermeable.

Núcleo de arcilla: tiene como función la impermeabilización del dique, esta tiene 1 m de ancho construido manualmente para comodidad de la compactación.

Criterios para hallar caudal

El caudal se halló mediante el análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas, se obtuvo los datos de la estación meteorológica Tarma mediante la página oficial del SENAMHI con el cual se realizó los análisis. El caudal se halló por el método racional con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

Q = Caudal método racional

C = Coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad

A = Área

Implementación del dique artesanal para la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha

Identificación de materiales de construcción de Dique

Se realizó un reconocimiento de toda la zona para poder determinar las áreas que sirvieron para obtener los materiales que se usaron para construir el dique, principalmente las piedras que se recolectaron de toda la zona escogiendo las más grandes para la base y disminuyendo de tamaño mientras va aumentando la altura, para la unión y compactación de las piedras se utilizó arcilla el cual fue extraído y preparado en una cantera, y finalmente se usó champa el cual fue cortado también cerca al bofedal.

Preparación de terreno

Con los datos obtenidos con el levantamiento topográfico se procedió a realizar el diseño del dique para así luego plasmar en campo dicho diseño, para ello se identificó la parte donde se hará la remoción de tierra donde se cimentará la base del dique, luego se procedió a realizar las mediciones con la wincha y hacer el marcado de terreno, esto con la ayuda de la población.

Luego se procedió a la excavación de la zanja para la base del dique. donde se utilizó diferentes herramientas como picos, lampas, barrenos, carretillas y también la mano de obra de la población.

Construcción de Dique

Después de la preparación del terreno se procedió con el llenado del cimiento con piedras de gran tamaño para tener una mejor resistencia y duración para un tiempo prolongado. Luego el dique se fue construyendo por plataformas de piedras uniéndolas con arcilla (barro) así cada vez aumentado la altura según el diseño propuesto. Como uno de los últimos pasos se pasó a cubrir el dique con champa, para evitar algunas fugas o deterioro de la construcción, así aumentado la vida útil del dique por un tiempo más prolongado. Finalmente se obtuvo el dique construido bajo el diseño planteado y con todas las especificaciones técnicas requeridas todo esto bajo la supervisión de un especialista en este tipo de estructuras.

Cronograma de actividades

Para un mejor desarrollo de actividades se tuvo un cronograma de actividades para poder realizarlos en el tiempo establecido de acuerdo a cada actividad, en la tabla se muestra el cronograma.

Tabla 2

Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES						
ACTIVIDAD	SEM 1	SEM 2	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7
Reunión con autoridad y pobladores	X					
Limpieza y desbroce		X				
Trazado de eje		X				
Trazado de zanja		X				
Construcción de dique			X	X	X	
Clausura de praderas						X

Resumen de metrado

Se realizó un resumen de los metrados con las respectivas actividades para la instalación del dique artesanal, se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3

Resumen de metrados

RESUMEN METRADO			
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES		
01.01.01	Obras provisionales		
01.01.01.01	Instalación de almacén de obra (9.30m x 3.20m)	und	1
01.01.01.02	Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias	glb	1
01.01.02	Obras preliminares		
01.01.02.01	Limpieza y desbroce de terreno natural c/maquinaria	m2	8000
01.01.02.02	Trazo y replanteo	glb	1
01.02	CONFORMACIÓN DE DIQUE		
01.02.01	Movimiento de tierras		
01.02.01.01	Excavación de material suelto c/maquinaria	m3	652
01.02.01.02	Excavación de material compactado manual	m3	20,15
01.02.01.03	Relleno y compactado con material propio c/maquinaria	m3	10,52
01.02.01.04	Perfilado, refine y compactado de talud en dique c/equipo	m3	125,6
01.02.01.05	Conformación de espaldón con piedra (manual)	m3	125,6
01.02.01.06	Colocación de piedras base	m3	146,5
01.02.01.07	Colocación de piedras altura	m4	156,3
01.02.01.08	Colocación de vegetación	m5	120,2

Determinación de volumen captado de recurso hídrico del bofedal Pukacocha

Para hallar el volumen inicial del cuerpo de agua en el bofedal Pukacocha se realizó el levantamiento topográfico con una estación total marca Leica así se obtuvo las dimensiones de área, para hallar la profundidad se utilizó una balsa inflable para el ingreso al cuerpo de agua y con la ayuda de una cuerda de metal con marcas cada 1 y 5 metros se tomó las medidas de profundidad en tres puntos, dos a los extremos y uno al centro obteniendo una altura promedio.

También se utilizó imágenes satelitales de años anteriores como imágenes tomadas con un Drone procesadas para tener datos referenciales; para hallar el volumen final se realizó la misma metodología que se usó en el volumen inicial.

Se realizó la comparación entre el volumen de recurso hídrico inicial con el volumen final con toda la información recabada obteniendo el volumen captado en el lapso de tres meses a partir de la instalación del dique artesanal.

3.4.4.3. Etapa de gabinete

Los datos obtenidos en campo se digitalizaron, procesaron y analizaron con el software EXCEL donde se realizó cálculos de sumas, promedios, prueba de hipótesis y también se realizó cuadros y gráficos; se utilizó el software ArcGIS para la generación de mapas temáticos y algunos análisis espaciales como la forma, tamaño, una área aproximada y ubicación geográfica del bofedal, como así también algunos softwares especiales en fotogrametría y procesamiento de imágenes con Drone, finalmente se redactó el informe final.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Características fisiográficas del bofedal Pukacocha.

En la tabla 1 se observa las diferentes fisiografías del área del bofedal Pukacocha, tanto como los paisajes, sub-paisajes y los elementos paisajísticos; el área de estudio tiene como elemento paisajístico bofedales con un área aproximada de 1.3353 ha, en cuanto a la topografía resulta ser muy variada teniendo una gran extensión como llanura, en cuanto a la flora hay una gran presencia de gramíneas, la presencia de escurrimientos superficiales teniendo mucha relación con lo visto in situ y eso se observa también en el Mapa de fisiografía en la Figura 2.

Tabla 4

Fisiografía de área del Bofedal Pukacocha.

BOFEDAL PUKACOCHA				
PAISAJE	FISIOGRAFÍA		PENDIENTE	
	SUB PAISAJE	ELEMENTO PAISAJÍSTICO	RANGO PENDIENTE	SÍMBOLO PENDIENTE
Montañas	Laderas de Montañas	Laderas de Montañas Empinadas	25-50	E
Montañas	Laderas de Montañas	Laderas de Montañas Extremadamente Empinadas	> 75	G
Planicies	Planicie Fluvioglacial	Fondo de Valle Fluvioglacial	4-8	B
Planicies	Planicies Hidromórficas	Bofedales	0-4	A

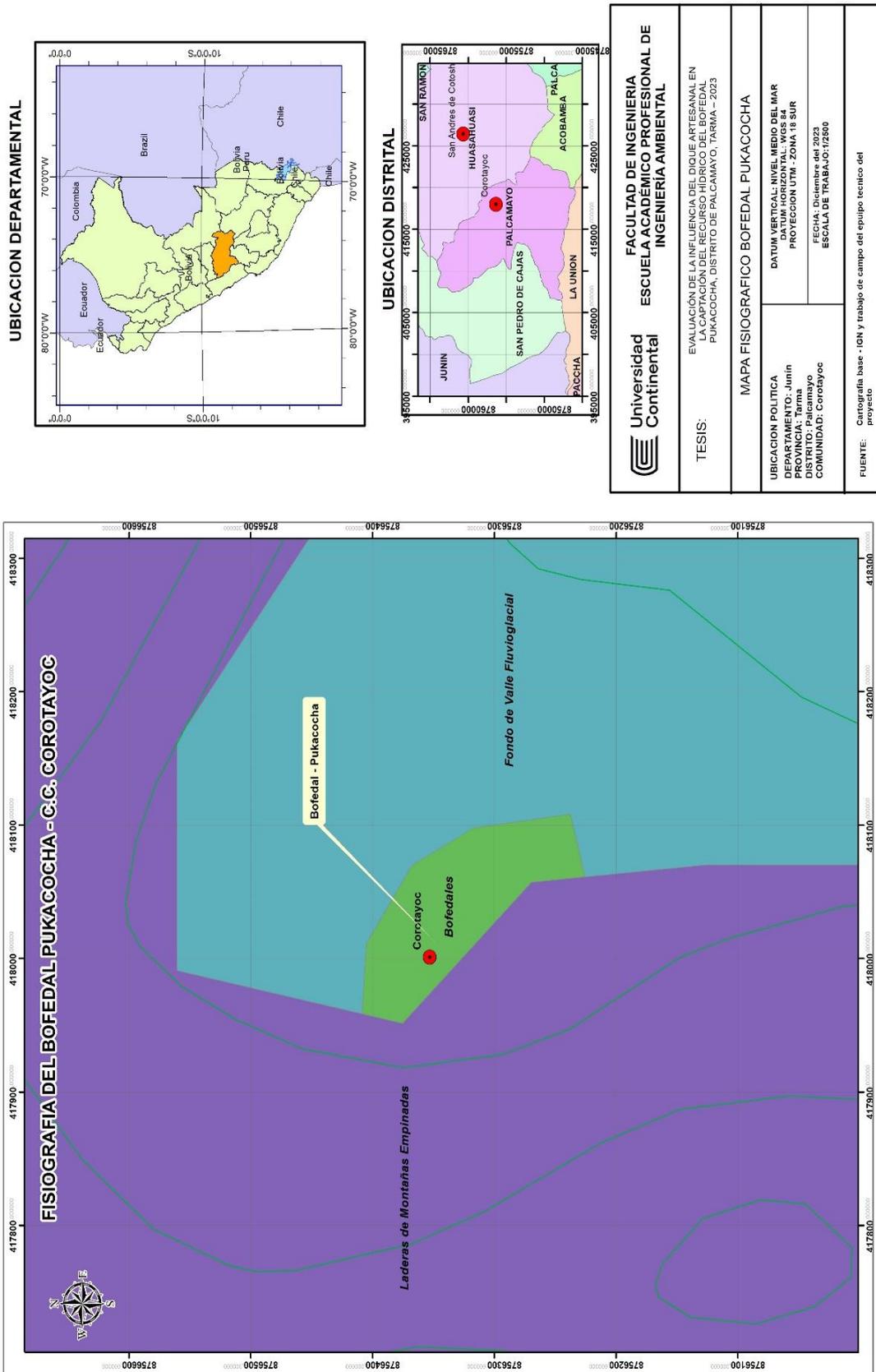


Figura 3. Mapa fisiográfico bofedal Pukacocha.

4.1.2. Diseño de la estructura del dique artesanal en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha.

En la tabla 3 se puede observar las dimensiones del bofedal los cuales fueron obtenidos mediante información geográfica y levantamiento topográfico teniendo así un área de 6251,85 metros cuadrados con un perímetro de 486,46 metros, para hallar el volumen se utilizó un cable de acero con marcas tomados en 3 puntos del bofedal, así promediando las medidas obteniendo un volumen de 4674,07 metros cúbicos. En la figura 3 se muestra forma y dimensiones del bofedal Pukacocha el cual tiene una mayor longitud de la parte norte a sur.

Tabla 5

Cálculo de dimensiones y volumen del bofedal

BOFEDAL	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO (m)	VOLUMEN (m ³)
PUKACOCHA	6251,85	486,46	4674,07



Figura 4. Dimensiones e imagen del bofedal Pukacocha.

Los datos para los siguientes cálculos fueron tomados con instrumentos de medición como wincha y flexómetro realizando así los cálculos necesarios, como también se obtuvieron datos del levantamiento topográfico.

Cálculo de dimensiones para diseño de dique

Ancho de la corona

$$e = H - 0.50m$$

$$e = \text{Ancho de la corona (m)}$$

$$H = \text{Altura de agua de almacenamiento (m)}$$

Tenemos

$$e = 2.10 - 0.50$$

$$e = 1.60 \text{ m}$$

Taludes

Es conveniente que la estructura del dique tenga talud aguas arriba y aguas abajo de 1:1. Lo que significaría un ancho de base de 4 veces el ancho de la corona.

$$\text{Ancho de base} = 4 * 1.60$$

$$\text{Ancho de base} = 6.4 \text{ m}$$

Ancho y profundidad del dentellón o atraque

$$\text{Ancho del dentellón} = \text{Ancho de la corona} = 1.60 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad del dentellón} = 0.50 \text{ m}$$

Núcleo de arcilla

$$\text{Ancho del núcleo de arcilla} = 1 \text{ m.}$$

La tabla 4 nos muestra las medidas de los cálculos que se obtuvieron para las dimensiones, el ancho de corona fue de 1.20 metros, la base del talud de 6.4 metros, ancho y profundidad del dentellón fue de 0.50 metros y 1 metro como núcleo de arcilla. En la figura 4 se muestra un ejemplo del diseño de dique artesanal.

Tabla 6

Cálculos dimensiones de dique artesanal

ANCHO DE CORONA (m)	BASE TALUD (m)	ANCHO Y PROFUNDIDAD DEL DENTELLÓN (m)	NÚCLEO DE ARCILLA (m)
1.2	6.4	0.5	1

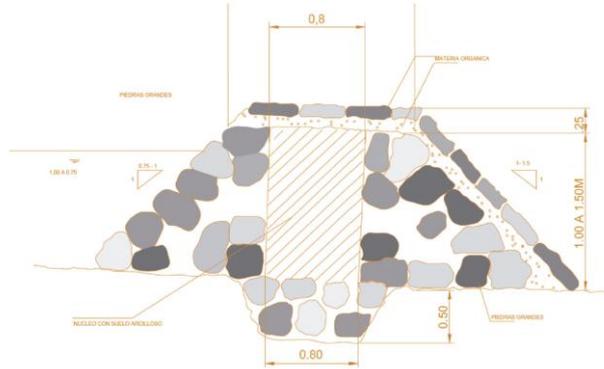


Figura 5. Diseño de estructura de dique artesanal.

La figura 5 se puede observar los datos de la estación meteorológica del SENAMHI de las precipitaciones máximas que se tienen en 24 horas. También en la figura 6 se observa que la precipitación máxima es de 19.08 mm/hr.

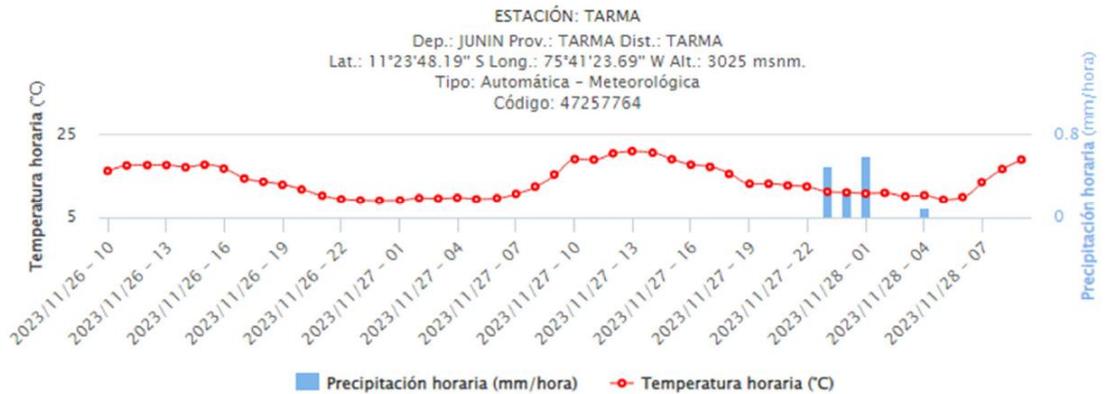


Figura 6. Datos precipitaciones máxima estación Tarma

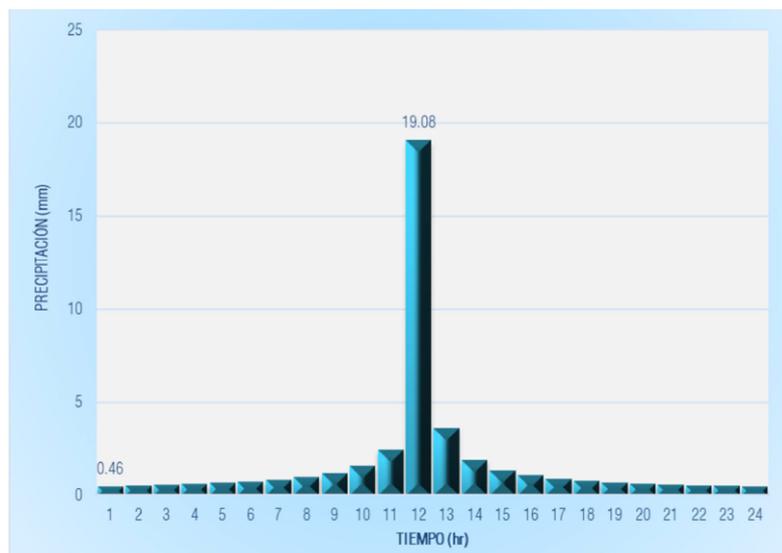


Figura 7. Precipitación máxima estación Tarma

La tabla 5 nos muestra el caudal hallado con la fórmula del método racional donde se obtuvo que el dique tuvo un caudal de 14.98 Lt/s.

Tabla 7

Cálculo de caudal por método racional

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
CAUDAL	Q	0.01490864	m ³ /s	14.908635	Lt/s
ÁREA	A	0.6251	Ha		
INTENSIDAD	I	19.08	mm/hr		
COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	C	0.45	adm		

4.1.3. Implementación de un dique artesanal para la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha.

La tabla 5 nos muestra los datos de las medidas del dique artesanal teniendo una altura de 2.40 metros, una base de 4 metros, la corona mide 1.20 metros y la longitud del dique de 77 metros; todo esto se observa en la Figura 5 donde se muestra el resultado de la construcción del dique en el bofedal Pukacocha.

Tabla 8

Datos del dique artesanal

ALTURA (m)	BASE (m)	CORONA (m)	LONGITUD (m)
2.40	4	1.20	77



Figura 8. Dique artesanal construido en el bofedal Pukacocha.

La implementación se basó en la construcción del dique artesanal para ello se realizó primero las coordinaciones previas con la población; se ejecutó charlas de capacitación sobre el proceso de construcción y la importancia de la cocha artesanal.

Materiales y herramientas

- Piedras grandes para cimentación, cara interna y externa del dique
- Piedras medianas y pequeñas para colocarlas en el centro del dique.
- Tierra arcillosa para impermeabilizar el dique y evitar las fugas de agua
- Champas húmedas con pasto vivo, de dimensiones 60 x 60 cm.
- Tierra negra (orgánica) y abono para la cara externa y corona del dique
- Lampas cuchara, lampa recta, barretas, combas, zapapicos, carretillas, cordel, yeso, estacas de 40 cm, guantes de cuero, wincha y aerosol.

Tabla 9

Materiales para construcción de dique

BIENES	UND	CANT
Carretillas	Und.	5
Zapapico	Und.	5
Lampa recta	Und.	5
Lampa cuchara	Und.	5
Barreta	Und.	5
Comba 8lb	Und.	5
Abono	Und.	5

4.1.4. Volumen captado de recurso hídrico del bofedal Pukacocha.

La tabla 7 nos muestra el volumen inicial, antes de la instalación del dique artesanal, el cual fue de 5082.61 metros cúbicos aproximadamente, este dato fue obtenido con el levantamiento topográfico y toma de profundidad con un cable de acero con marcas de medición, el volumen de recurso hídrico después de la instalación del dique fue de 9598.02 metros cúbicos, como se puede observar el volumen captado fue de 4515.41 metros cúbicos, esto siendo casi igual a la cantidad inicial; en la figura 6 se puede observar los mismos resultados en comparativa. La figura 7 nos muestra mediante imágenes de satélite un antes y después del bofedal, observando la captación del recurso hídrico con la instalación del dique artesanal.

Tabla 10

Volúmenes de recurso hídrico bofedal Pukacocha

VOLÚMENES BOFEDAL PUKACOCHA		
VOLUMEN INICIAL (m3)	VOLUMEN FINAL (m3)	VOLUMEN CAPTADO (m3)
5082.61	9598.02	4515.41

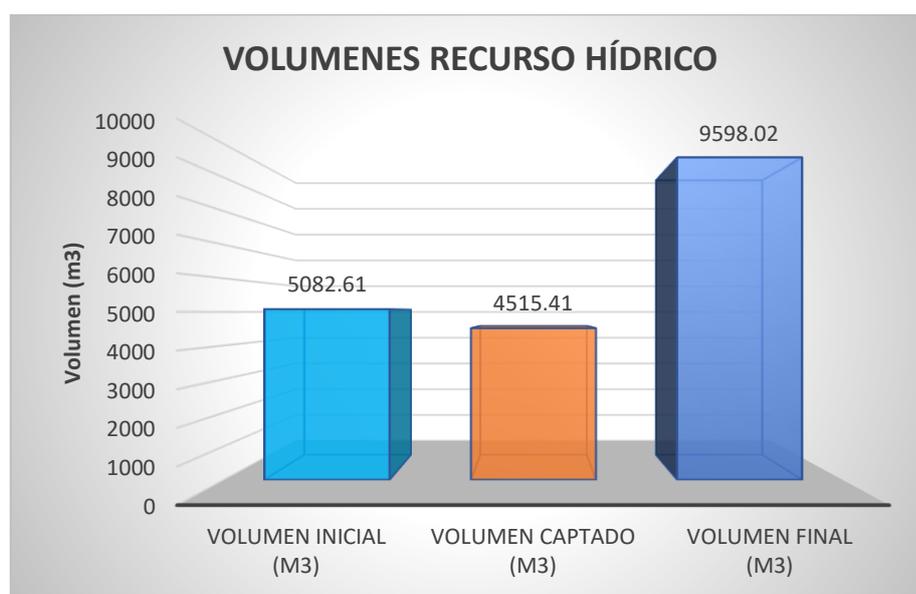


Figura 9. Volúmenes de recurso hídrico

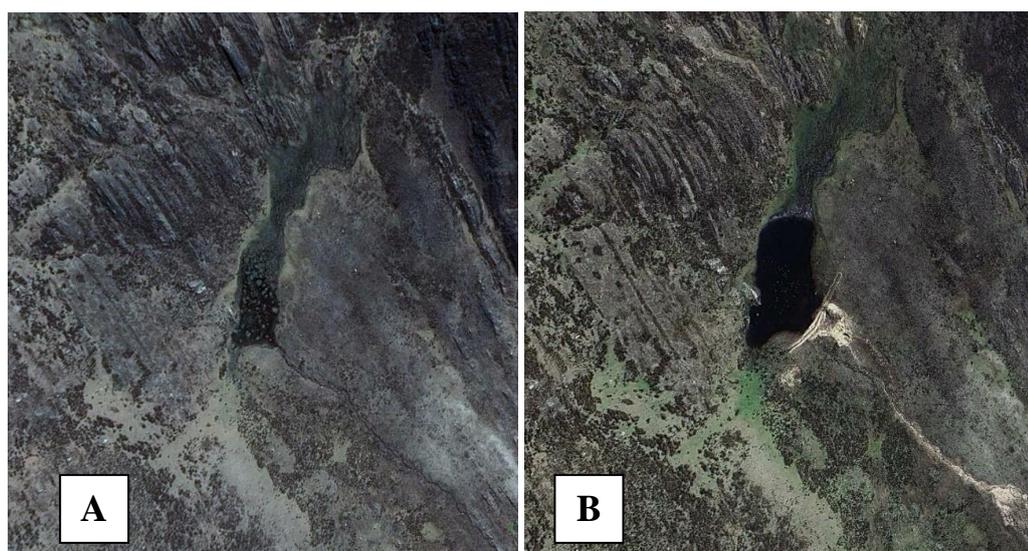


Figura 10. A) Imagen satelital año 2020. B) Imagen satelital año 2024 (dique artesanal instalado)

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Prueba de normalidad

Tabla 11

Prueba de normalidad del volumen captado de recurso hídrico

Pruebas de normalidad			
	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Volumen Captado	0,972	4	0,854

a. Corrección de significación de Lilliefors

Ho: Los datos tienen una distribución normal.

Ha: Los datos no tienen una distribución normal.

Siendo el valor de significancia 0.972 mayor a p valor $\alpha=0.05$ no se rechazó la hipótesis nula por el cual los datos de la muestra tienen una distribución normal.

4.2.2. Prueba de T student para hipótesis

Tabla 12

Prueba de T student del volumen captado de recurso hídrico

Prueba para una muestra				
Valor de prueba = 1000				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Volumen Captado	1,257	3	0,298	128,85250

Ho: El dique artesanal influye de manera significativa en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma – 2023

Ha: El dique artesanal no influye de manera significativa en la captación del recurso hídrico del bofedal Pukacocha, distrito de Palcamayo, Tarma - 2023.

Siendo el valor de significancia 0.298 mayor a p valor $\alpha=0.05$ no se rechazó la hipótesis nula donde el dique artesanal influye de manera significativa en la captación del recurso hídrico, viendo en campo que la instalación del dique logró captar y aumentar el volumen de agua.

4.3. Discusión de resultados

La fisiografía que se caracterizó en el bofedal Pukacocha que tuvo como elemento paisajístico bofedal, esta fisiografía es característica especial de áreas altoandinas como lo menciona Mercado (25) en su estudio, a su vez se tuvo presente lo publicado por Pizarro (26) donde la fisiografía es importante para poder realizar proyectos de conservación del recurso hídrico mediante practicas ancestrales.

El diseño de la estructura del dique artesanal para la captura del recurso hídrico consideró como referencia a datos adaptados a lo publicado por Curi (7) donde su presa es una estructura amplia, también se tomó referencia al estudio de Ccencho (27) comparando que el lugar de ejecución de su investigación tiene un parecido, pero el diseño tuvo datos menores y relativos a la presente investigación.

La construcción del dique tuvo diferentes procesos en los cuales se utilizaron diferentes herramientas como materiales, Lligüi y Ñauta (18) usaron en su investigación materiales parecidos como la arcilla y algunas piedras donde cumplieron los parámetros requeridos, también Gil y Orozco (19) mencionan el uso de materiales cercanos y accesibles en la ciudad de Cali teniendo buenos resultados; Cuadros y Mercado (14) también para la construcción de sus embalses naturales utilizaron materiales de la zona y también aplicaron la herramienta CUBHIC para los análisis hidrológicos; el estudio de Quispe (29) muestra la efectividad de la aplicación de tecnología ancestral, el conocimiento local para la captura de recurso hídrico esto bajo las condiciones del cambio climático; y también el estudio de Mallma (9) nos menciona que las construcciones de para la recarga de acuíferos en cabeceras de cuenca tienen una gran importancia y tienen una influencia positiva dentro del área.

El volumen captado de recurso hídrico en el bofedal Pukacocha mediante la instalación de un dique artesanal fue de unos 4515,41 m³ tal como se muestra en la Tabla 7, este valor es parecido a lo publicado por Ccencho (27) con la construcción de una captación superficial en la comunidad de Millpo; así también tenemos la investigación de Curí (7) el cual realiza el aprovechamiento del recurso hídrico mediante qochas para su utilización en irrigación, donde utilizó tecnología informática en Andahuaylas, teniendo que el volumen captado o almacenado en la gocha Huayllapucro almacena 7510 m³.

CONCLUSIONES

1. La construcción del dique tuvo una influencia significativa en la captación de recurso hídrico en el bofedal Pukacocha.
2. El área de estudio tiene como principal elemento paisajístico los bofedales con un área que abarca los 1.3353 Ha.
3. El diseño del dique artesanal tuvo como cálculos de dimensión del bofedal a un área de 6251,85 m², perímetro de 486,46 m y un volumen de 4674,07 m³; para el dique se tuvo los siguientes cálculos dimensionales, 1,2 m de ancho de corona, 6,4 m base de talud, 0,5 m ancho y profundidad del dentellón y 1 m de núcleo de arcilla.
4. Se construyó un dique artesanal usando materiales de la zona como piedras, tierra arcillosa, champas húmedas y se agregó tierra orgánica; también se usó herramientas de construcción; se realizó la limpieza previa del área, se trazó un eje principal para hacer la zanja base, se rellenó con piedras por niveles hasta llegar a la altura diseñada, se unió cada capa con arcilla, se cubrió con champa el dique y se agregó la tierra orgánica para el prendimiento de los pastos.
5. El volumen captado del recurso hídrico en el bofedal fue de 4515,41 m³, esto calculado mediante imágenes capturadas con vuelos de drones.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar estudios sobre caracterización fisiográficas a detalle en otras áreas parecidas, así poder tener una base de datos a una escala trabajable.
- b) Estudiar y mejorar los diseños actuales de diques artesanales para poder adaptarlos a la realidad de varios humedales.
- c) Mejorar las técnicas de construcción de diques artesanales en humedales.
- d) Recopilar información sobre volúmenes captados en otros proyectos similares de instalación de diques para la cosecha de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Curi, Danny. *Aprovechamiento del recurso hídrico mediante qochas para su utilización en irrigación, utilizando el software civil 3d, Andahuaylas, Apurímac*, 2022. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2022.
2. Baldoceca Cajahuanca, Idania Angela. *Análisis de la humedad de suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas*. Lima : Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2020.
3. Aduvire, Osvaldo y Aduvire , Hugo. Diagnostico y rehabilitación de bofedales afectados por pasivos ambientales mineros. [En línea] 2021. [Citado el: 18 de Noviembre de 2023.]
4. Palacios, Graciela. *Determinación de humedad de suelo para la conservación de los humedales altoandinos-sector Moyobamba, Yauyos*. Huaura: Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2021.
5. Ministerio del Ambiente. *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal Memoria Descriptiva*. [En línea] Diciembre de 2015. [Citado el: 17 de Mayo de 2024.] <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>.
6. Aylas , Briner y Aylas , Rody. *Aptitud de depresiones Naturales para la Infiltración de Agua en la Subcuenca del Río Cunas*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.
7. Curi, Danny. *Aprovechamiento del recurso hídrico mediante qochas para su utilización en irrigación, utilizando el software civil 3d, Andahuaylas, Apurímac*, 2022. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2022.
8. Soto, Jocelyn. Greenpeace Org. *¿Cómo afecta el cambio climático el acceso al agua?* [En línea] 22 de Enero de 2021. [Citado el: 16 de Noviembre de 2023.] <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/9460/como-afecta-el-cambio-climatico-el-acceso-al-agua/>.
9. *Recarga de acuíferos con la construcción de qochas en cabecera de cuencas*. Mallma Capcha, Tito. 1, Huancayo : Prospectiva Universitaria, 2019, Vol. 16. ISSN: 1990-2409.
10. Guerrero , Dayanna y Gutarra, Carlos. *Propuesta de un programa de cosecha de agua frente a la escasez del recurso hídrico en la microcuenca Yanama, en el Distrito de Yauli, provincia de Yauli - La Oroya 2021*. Huancayo : Universidad Continental, 2021.
11. *Caracterización y modelamiento espacial de patrones en humedales alto andinos, Perú, mediante algoritmos, periodo 1985-2016*. Saravia, Jhonathan, Ospina, Jesus y Posada, Elena. Mexico : Revista Geográfica , 2017, Vol. 158.
12. *La valoración económica de bienes y servicios ambientales como herramienta estratégica para la conservación y uso sostenible de los ecosistemas: Caso Ciénaga La Caimanera, Coveñas - Sucre*. Carbal , A. Colombia : Estudio piloto hacia la

implementación de una metodología, 2009, Estudio piloto hacia la implementación de una metodología, págs. 19-23.

13. Admeconomica. ECONÓMICA E. *Beneficios e importancia de promover la siembra y cosecha de agua en el Perú*. [En línea] 18 de Enero de 2020. [Citado el: 20 de Noviembre de 2023.] <https://economica.pe/beneficios-e-importancia-de-promover-la-siembra-y-cosecha-de-agua-en-el-peru/>.

14. Cuadros, Blanca y Mercado, Medalit. *Práctica ancestral de cosecha de agua, para el aprovechamiento y almacenamiento*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2021.

15. Cuadros, Yuye. *Aplicación de programa qochas de siembra y cosecha de agua y su influencia en la disponibilidad hídrica en su fuente natural en la provincia de Angaraes Huancavelica 2019*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022.

16. Cárdenas , Marlo y Encina , Gloria. Gestión sustentable de Bofedales del Salar del Huasco. *Congreso Gob.* [En línea] [Citado el: 11 de Noviembre de 2023.] [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BC55AAE235A063F705257C6200804154/\\$FILE/Guia_Metodologica_Bofedales.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BC55AAE235A063F705257C6200804154/$FILE/Guia_Metodologica_Bofedales.pdf).

17. *En la sombra del cambio global: hacia una gestión integrada y adaptativa de recursos hídricos en los Andes del Perú*. Drenkhan, Fabian. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016, Espacio y Desarrollo, Vol. 28, págs. 25-51. ISSN 1016-9148.

18. Lligüi , Edgar y Ñauta, Paul. *Análisis Geotécnico - Económico comparativo entre Diques construidos con materiales arcillosos y gravosos en el proyecto control de Inundaciones del Río Cañar*. Cuenca : Universidad de Cuenca, 2014.

19. Gil, Jessica y Orozco, Johan. *Diseño de la rehabilitación del dique del río cauca entre el km18+ 925a km19+ 025empleando cuatro materiales disponibles en la ciudad de Cali*. Santiago de Cali : Pontificia universidad Javeriana, 2016.

20. *Aplicación del conocimiento ancestral mediante albarradas y tapes en la gestión del agua en la provincia de Santa Elena, Ecuador*. Herrera-Franco, Gricelda, Carrión-Mero, Paúl y Briones-Bitar, Josué. 1, Santa Elena : Boletín Geológico y Minero., 2020, Vol. 131. ISSN: 0366 -0176.

21. Herrera, Paul. *Análisis de la construcción de un dique como la solución para el problema de abastecimiento de agua de la parroquia Manglaralto*. Guayaquil : Escuela Superior Politécnica del Litoral , 2018.

22. Silva, Oscar. *Determinación de sitios para la cosecha de agua que permitan cubrir el déficit hídrico de la producción agrícola familiar de la sub uenca media del río viejo, Nicaragua*. Nicaragua : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2017.

23. *Geología aplicada al diseño de diques artesanales (tapes) y su incidencia en la recarga del acuífero costero de Manglaralto, Santa Elena, Ecuador*. Carrión-Mero, Paúl, y otros. 1, Ecuador : LACCEI, 2020, Vol. 1. ISSN: 2414-6390.

24. Ccahua, Cesar. *Evaluación de recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de Cuenca Rio Sañu, Espinar 2021*. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2021.
25. Mercado, Juleyska. *Efectos de la Implementación de Qochas Frente al Cambio Climático en la Población Altoandina: Revisión Sistemática*. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2022.
26. Pizarro, Luis. *Mitigación del impacto del cambio climático en el recurso hídrico de la sierra peruana con el uso de Qochas*. Lima : Universidad Científica del Sur, 2021.
27. Ccencho, Diana. *Optimización del recurso hídrico mediante el diseño de captación superficial en la comunidad de Millpo, Ayacucho*. Lima : Universidad Peruana Los Andes, 2019.
28. Ñahui, Elvis. *COMPORTAMIENTO Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO HIDRICO DE BOFEDALES EN CALLQUI CHICO, HUANCAMELICA – 2021*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2021.
29. Quispe, Victor. *La siembra y cosecha de agua: conocimiento local y tecnología estatal frente al cambio climático en la Comunidad Campesina Ccochatay/Huaraccopata Distrito de Seclla, Huancavelica*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2021.
30. MINAGRI. *Rumbo a un Programa Nacional de Siembra y Cosecha de Agua: Aportes y reflexiones desde la práctica*. Lima : Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2016.
31. Aripaylla, Asociación Bartolomé. Abaayacucho org. *Siembra y cosecha del agua de lluvia*. [En línea] [Citado el: 17 de Noviembre de 2023.] <https://abaayacucho.org/>.
32. F. Zarza, Laura. *iagua. ¿Qué es un dique y cuál es su función?* [En línea] [Citado el: 17 de Noviembre de 2023.] <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-dique-y-cual-es-funcion#:~:text=Un%20dique%20es%20una%20estructura,agua%20que%20se%20pretende%20contener..>
33. Lujan, Willian. *Construcción de dique en un qocha, para el incremento de disponibilidad hídrica en la comunidad de Sarhua - Ayacucho*. Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2020.
34. Stauffer, Beat y Spuhler, Dorothee. SSWM. *Sustainable Sanitation and Water Management*. [En línea] Luis Roberti. [Citado el: 18 de Noviembre de 2023.] <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29>.
35. University, International Center For Aquaculture and Aquatic Environments Auburn. *Ag arizona. Introducción a la captación de agua*. [En línea] [Citado el: 18 de Noviembre de 2023.] <https://ag.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf>.

36. FAO. FAO Org. *CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. [En línea] Abril de 2013. [Citado el: 18 de Noviembre de 2023.] <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>. E-ISBN 978-92-5-307581-2.
37. Portillo, Germán. *Ecología Verde. Recursos hídricos: qué son, ejemplos e importancia*. [En línea] 15 de Junio de 2023. [Citado el: 18 de Noviembre de 2023.] <https://www.ecologiaverde.com/recursos-hidricos-que-son-ejemplos-e-importancia-4462.html>.
38. *The economic value of wetland ecosystem services: Evidence from the Koshi Tappu Wildlife Reserve, Nepal*. Sharman, B, Rasul, G y Chettri, N. s.l. : Ecosystem Services, 2015, Vol. 12.
39. *Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia*. Ruthsatz, B. 3, Bolivia : Phytocoenologia, 2012, Vol. 42.
40. Flores, Enrique, Tacuna, Raul y Calvo, Vivian. Marco Conceptual y Metodológico para Estimar el Estado de Salud de los Bofedales. *Mountain.pe*. [En línea] Diciembre de 2014. [Citado el: 18 de Mayo de 2024.] https://mountain.pe/wp-content/uploads/2015/05/HIMAP-TMI_MINAM-BID_IMACC_Bofedales__Nota-tecnica-10-04-2015.pdf.
41. ONU. ACNUR ORG. *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*. [En línea] 1992. [Citado el: 19 de Noviembre de 2023.]
42. AQUAE FUNDACIÓN. *El ciclo del agua, un viaje con retorno*. [En línea] 21 de Setiembre de 2022. [Citado el: 19 de Noviembre de 2023.]
43. Unesco. UNESCO ORG. *Abordar la escasez y la calidad del agua*. [En línea] 2015. [Citado el: 19 de Noviembre de 2023.] <https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad>.
44. Hernandez, R, Fernández, C y Baptista, M. *Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio*. México D.F. : McGraw-Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
45. Pro, Question. Question Pro. *¿Qué es la investigación descriptiva?* [En línea] [Citado el: 19 de Noviembre de 2023.] <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>.
46. Arroyo, J. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Huancayo : Fundacion para el desarrollo y aplicacion de las ciencias, 2012.
47. Lozano, H. *Como desarrollar el proyecto de investigación en carreras de ingeniería*. Huancayo-Perú : UNCP, 2012.
48. Bibliotecas UDLAP. *Metodología*. [En línea] [Citado el: 26 de Noviembre de 2023.] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/fernandez_b_je/capitulo3.pdf.
49. Proquipo. *Manejo de bofedales Camélidos*. Bolivia : Programa quinua Potosí, 1996.

50. Claudia, Caro. *Extracción de pastos por actividad de champeo en la Reserva Nacional de Junín durante el año 2004-2005. Una perspectiva desde la teoría de la sucesión. Estudio de caso en la comunidad campesina de Villa Junín*. Lima : Universidad Nacional Agraria la Molina, 2010.

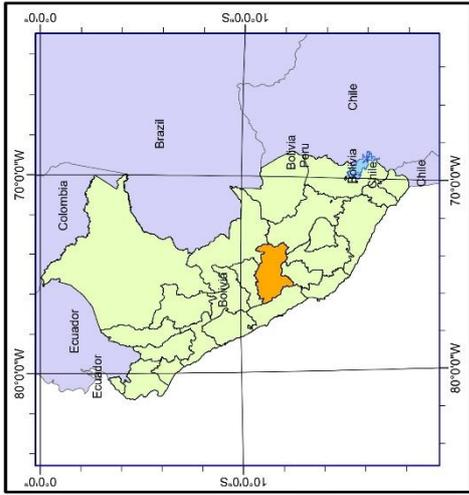
51. Unidas, Naciones. United Nations Org. [En línea] [Citado el: 16 de Noviembre de 2023.] [https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20afecta%20al,agua%20\(O%20NU%2DAgua\)..](https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20afecta%20al,agua%20(O%20NU%2DAgua)..)

52. Méndez , José. *Análisis de la viabilidad de un sistema de captura de agua y su almacenamiento para uso en el beneficiado Húmedo en la Cooperativa de caficultores de Pilangosta R.L., del Cantón de Hojanca, Guanacaste*. Costa Rica : Universidad de Costa Rica, 2016.

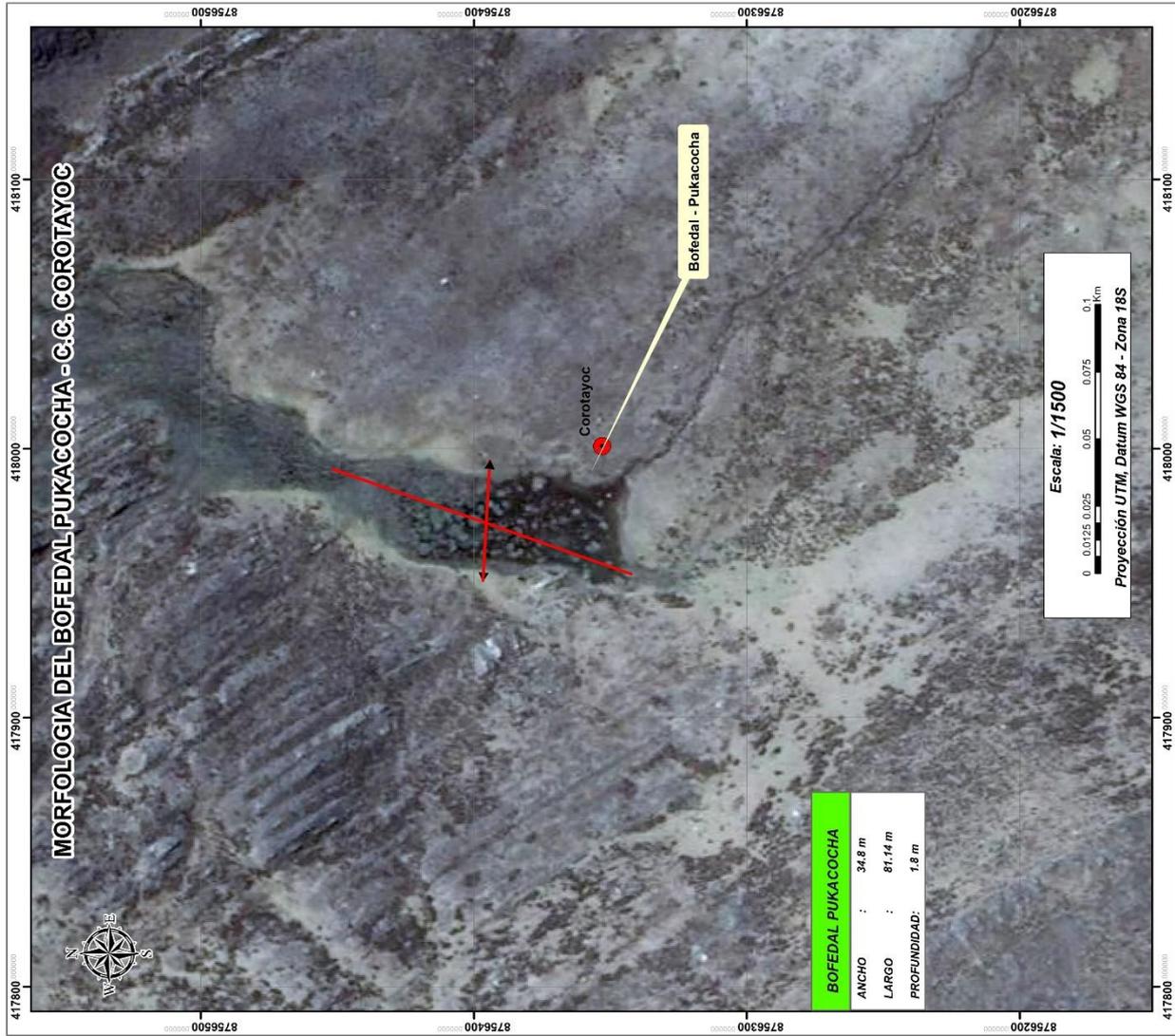
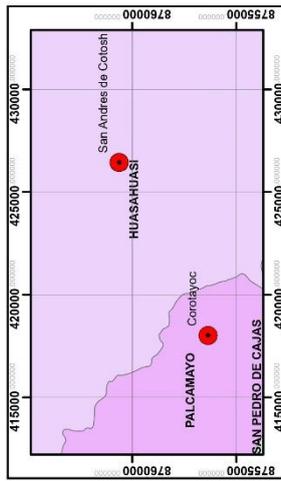
ANEXOS

ANEXO 01: MAPA DE UBICACIÓN

UBICACION DEPARTAMENTAL



UBICACION DISTRITAL



<p>Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental</p>	<p>TESIS:</p> <p>EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL DIQUE ARTESANAL EN LA CAPTACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DEL BOFEDAL PUKACOCHA, DISTRITO DE PALCAMAYO, Tarma - 2023</p>
	<p>MAPA DE UBICACIÓN - BOFEDAL PUKACOCHA</p>
<p>UBICACION POLITICA</p> <p>DEPARTAMENTO: Junin PROVINCIA: Tarma DISTRITO: Palcamayo COMUNIDAD: Corotayoc</p>	<p>DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR DATUM HORIZONTAL: WGS 84 PROYECCION UTM: - ZONA 18 S UR FECHA: Diciembre del 2023 ESCALA DE TRABAJO: 1:3000</p>
<p>FUENTE: Cartografía base - IGN y trabajo de campo del equipo tecnico del proyecto</p>	

ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 11. Visitas previas a la zona.



Figura 12. Reunión con autoridades de la comunidad campesina Corotayoc.



Figura 13. Georreferenciación de bofedal Pukacocha.



Figura 14. Levantamiento topográfico.



Figura 15. Cantera de arcilla.

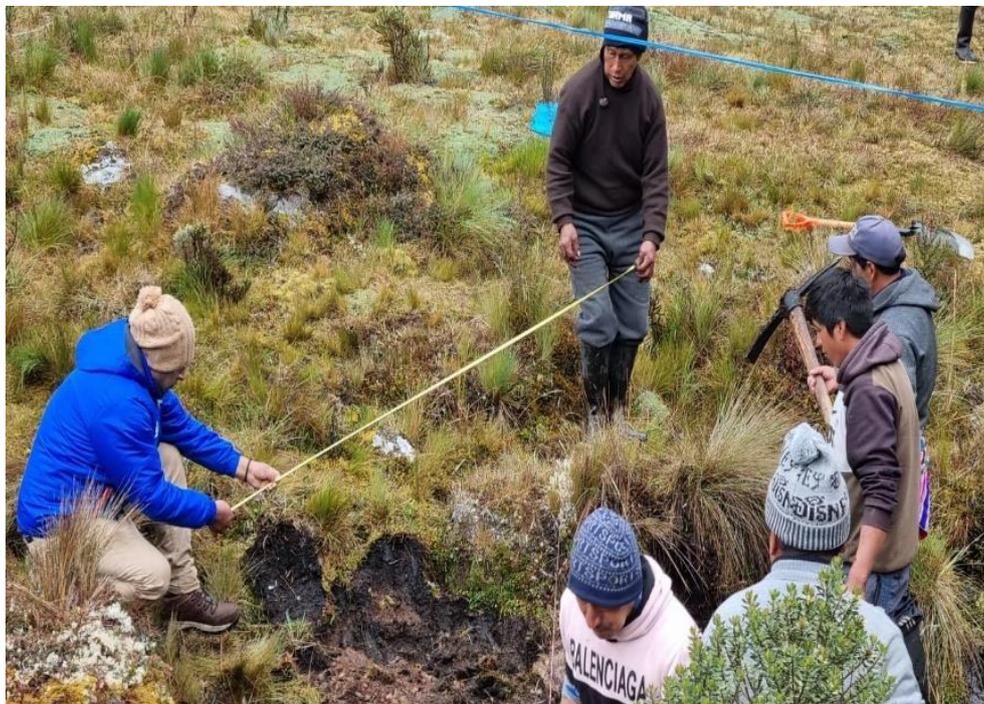


Figura 16. Marcado de terreno.



Figura 17. Remoción de tierra para cimiento.



Figura 18. Llenado de cimiento con piedras.



Figura 19. Altura de dique.



Figura 20. Sellado de dique con champa.



Figura 21. Dique en bofedal Pukacocha.



Figura 22. Preparación para vuelo con Drone.