UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

I PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

"COSECHA Y SIEMBRA DE AGUA PARA ENFRENTAR LAS SEQUIAS, CASO: CASERÍO MARCOPAMPA, DISTRITO DE QUEROCOTO, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

TRABAJO DE INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRICOLA

Presentado por:

BACH. KLEIBER CORONEL CASTRO

ING. GERARDO SANTANA VERA

ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

I PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

"COSECHA Y SIEMBRA DE AGUA PARA ENFRENTAR LAS SEQUIAS, CASO: CASERÍO MARCOPAMPA, DISTRITO DE QUEROCOTO, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

TRABAJO DE INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRICOLA

Presentado por:

BACH. KLEIBER CORONEL CASTRO

APROBADO POR:

M.Sc. MANUEL MACO CHUNGA
PRESIDENTE

MSc. ENOCH MONTES BANCES
MIEMBRO

ING. GERARDO SANTANA VERA
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

I PROGRAMA DEL CURZO DE ACTUALIZACION PROFECIONAL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA

1.1. TITULO

COSECHA Y SIEMBRA DE AGUA PARA ENFRENTAR LAS SEQUIAS, CASO: CASERÍO MARCOPAMPA, DISTRITO DE QUEROCOTO, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

1.2. AUTOR

Bach. Kleiber Coronel Castro

1.3. AUTOR

Ing. Gerardo Santana Vera.

1.4. TIPO DE INVESTIGACION:

Bibliográfica

1.5. AREA DE INVESTIGACION:

Recursos Hidricos

1.6. INSTITUCION DE EJECUCION:

Caserio Marcopampa, Distrito de Querocoto, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca.

1.7. DURACIÓN DEL PROYECTO:

2 meses

Recopilación de datos e Instalación	: 2 meses	2018
Ejecución del Plan de Mantenimiento	: Indefinido.	

Lambayeque - 2018

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a la memoria de mi padre Fermín Coronel, que día a día lucho para verme profesional, y sé que él cada día guía mi camino para seguir adelante y cumplir todas mis metas como profesional, también a mi madre María Castro, mi esposa Concepción y mi hija Hariana.

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y sabiduría, además mi más sincero reconocimiento a mi asesor el Ingeniero Gerardo Santana Vera, a mi colaborador el Ingeniero Walter Campos Ugaz y a todas las personas por su apoyo incondicional para lograr culminar este proyecto.

Títulos

Resumen 9
Abstract 10
Introducción 11
Generalidades 12
Aspectos Generales 12
Objetivos. 12
Objetivo general. 12
Objetivos específicos. 12
Justificación E Importancia De La Investigación. 12
Justificación científica. 12
Justificación social. 13
Justificación técnica ambiental 13
Formulación Del Problema. 13
Antecedentes Del Proyecto 14
Experiencias Tipo 1: Recarga de agua en sub suelos y acuíferos. 14
Experiencias Tipo 2: Incremento de la humedad y recarga in situ de suelo y 16
subsuelo. 16
Experiencias Tipo 3: Almacenamiento superficial del agua. 18
Marco Teórico 21
El ciclo hidrológico. 21
Precipitación. 23
Variaciones de la precipitacion. 24
Variaciones geograficas. 24
Variaciones en el tiempo 24
Analises de datos de lluvia. 24
Lluvia diaria. 24
Lluvia media mensual. 25
Modulo pluviometrico anual medio. 25
Curva de masa. 25
Escorrentía superficial. 26
Coeficiente de escorrentía superficial(C) 29

Infiltración. 30
Evaporación. 32
Demanda Hídrica 33
Necesidad hídrica de las plantas 33
Evapotranspiración de referencia (ETo) 34
Evapotranspiración del cultivo (ETc) 35
Relación área de cultivo y área de capitación. 40
Cuenca Hidrográfica 41
Cambio Climático 43
Reducción de lluvias. 43
Riesgo de sequias 44
Sequias. 44
Factores determinantes de las sequias. 45
Tipos de sequias. 46
Meteorológica: 46
Hidrológica: 46
Agrícola: 46
Efectos de las sequias 47
La Cosecha Y Siembra De Agua 48
Variables, categorías e indicadores de analices. 49
Desarrollo De Las Variables. 50
Cosecha de agua. 50
Tecnicas De Coseha De Agua. 51
Reservorios para alamcenamiento. 51
Condiciones de adaptación. 51
Eficiencia de la escorrentía superficial para captación. 51
criterios de diseño de reservorio. 52
Determinación de la oferta de agua. 52
Micropresas. 52
Condiciones de adaptación. 53
Qochas de almacenamiento 53
Condiciones de adaptación. 54

Siembra de agua..... 55
Tecnica De Siembra De Agua. 55
Zanjas de infiltracion. 55
Condiciones de adaptación. 55
Qochas de infiltracion. 56
Condiciones de adaptación. 57
Amunas. 57
Condiciones de adaptación. 57
Bofedales..... 57
Condiciones de adaptación. 58
Reforestacion 58
Condiciones de adaptacion. 59
Estudio Del Caso..... 60
Nombre Del Proyecto..... 60
Ubicación geográfica..... 60
Ubicación Política 60
Vías De Acceso 62
Descripción de la zona de Zona 62
Clima. 62
Topografía y suelo. 63
Piso Ecológico. 63
Aspectos Socio – Económicos 63
Aspectos Económicos. 63
Producción. 63
Organizaciones Locales. 64
Religión. 64
Viviendas. 64
Servicios de Salud. 64
Educación. 65
Energía Eléctrica..... 65
Ingeniería básica..... 65
Datos pluviométricos. 65

Resultados 67
Aspectos de adaptación a la siembra y cosecha de agua del Caserío Marcopamapa. 67
Aspecto económico. 67
Aspecto social. 67
Condiciones de adaptación a la siembra y cosecha de agua del Caserío Marcopampa 68
Clima. 68
Suelo. 68
Topografía. 68
Conclusiones 69
Recomendaciones 70
Bibliografía 71

Tablas y figuras

tabla 1: *factores de suelo y de terreno.* 28
tabla 2: *Valores de referencia para el coeficiente de escorrentía (C)* 30
Tabla 3: *Tipos de factores que afectan la evapotranspiración* 34
Tabla 4: *tabla de kc de los cultivos* 37
Tabla 5: *valores de referencia de kc de los cultivos* 38
tabla 6: *estimación del déficit hídrico* 40
Tabla 7: *Indicadores Para La Selección Del Área De Cultivo Y Captación* 41
Tabla 8: *Variables de analices de solución para el desarrollo de la investigación.* 50
Tabla 9: *distancia y hora a la zona de estudio.* 62
Tabla 10: *precipitación mensual y promedio* 66
Tabla 11: *promedio de precipitación anual* 66

Figura 1. *Ciclo hidrológico balanceado Fuente, Hidrología Aplicada-Ven Te Chow.* 22
figura 2: *curva de doble mana, según segerer & villodas, (2006)* 26
figura 3*: esquema simplificado del efecto de la intensidad de lluvia sobre la estructura del suelo y la producción de escorrentía (fao, 2004).* 29
Figura 4: *separación simple de infiltración y escorrentía, retención estimada y curva infiltración capacidad. Usando datos horarios de lluvia.* 32
Figura 5: *Ecuación FAO Penman - Monteith, derivada de la ecuación original, para el cálculo de ETo.* 35
Figura 6. *Forma de una cuenca hidrográfica, fuente: (Valdera, Ling, & Alarcón, 2015)* 42
Figura 7: Ubicación Nacional y Departamental 60
Figura 8: *Ubicación Provincial y Distrital* 61
Figura 9: Ubicación de la Zona de Estudio 61

Resumen

La siembra y cosecha de agua, evaluado en el Caserio marcopampa, se ha planteado con la finalidad de brindar medidas de solución de manejo del agua ante las sequias y desarrollar técnicas de adaptación al cambio climático; por ese motivo se ha consultado investigaciones de instituciones y autores que plantean experiencias sobre temas relacionados a este tipo de técnicas las cuales principalmente son; zanjas de infiltración, qochas de infiltración, amunas, bofedales, reforestación, reservorios de almacenamiento, qochas de almacenamiento y micropresas.

Para el caso de estudio, se ha analizado datos de 20 años de información pluviométrica de la estación meteorológica Querocotillo, que se encuentra en la zona de estudio y tiene una precipitación media de 995 mm/año, por lo consiguiente es viable para la adaptación de algunas técnicas de siembra y cosecha de agua. Dadas la condición de clima, suelo y topografía conjuntamente con los aspectos económicos y sociales del caserío Marcopampa, solamente se pueden aplicar las técnicas de zanjas de infiltración, micoreservorios de almacenamiento y reforestación.

Palabras clave: *ciclo hidrológico, cuenca hidrográfica, siembra de agua, cosecha de agua.*

Abstract

The sowing and harvesting of water, evaluated in Caserio marcopampa, has been proposed with the purpose of providing solutions for water management in the face of droughts and developing techniques for adapting to climate change; For this reason, research by institutions and authors has been consulted who present experiences on topics related to this type of techniques, which mainly are; infiltration ditches, infiltration qochas, amunas, bofedales, reforestation, storage reservoirs, storage qochas and micropresas.

For the case study, data from 20 years of rainfall information of the meteorological station Querocotillo, which is located in the study area and has an average rainfall of 995 mm / year, has been analyzed, therefore it is viable for the adaptation of Some techniques of planting and harvesting water. Given the condition of climate, soil and topography, together with the economic and social aspects of the Marcopampa farmhouse, only the techniques of infiltration ditches, storage mycerers and reforestation can be applied.

Keywords: hydrological cycle, watershed, water planting, water harvest.

Introducción

El crecimiento de la población y la intensidad de las actividades agropecuarias, generan mayor demanda de agua; además, el sobrepastoreo, los incendios y la deforestación degradan los suelos y la cobertura vegetal, afectando la infiltración natural del agua en el suelo, disminuyendo la recarga de las aguas subterráneas, que son generadoras de agua en las cuencas. A estos hechos se suman los efectos del cambio climático, como la disminución de las lluvias en la sierra, la desaparición de los nevados y el incremento de la temperatura, que afecta la oferta natural del agua. (Valdera, Ling, & Alarcón, 2015, p.3)

Frente a este problema, se plantea la técnica de siembra y cosecha de agua de lluvia como una alternativa integral de solución que contribuye a contrarrestar la disminución del agua, interceptándola mediante prácticas de infiltración o almacenamiento natural para su uso directo.

La siembra y cosecha de agua es una técnica milenaria que se ha utilizado muchos años atrás y su función sigue siendo la misma, almacenar el agua de lluvia en tiempo de mayores precipitaciones y utilizarlas en tiempo de escasez, en la actualidad ya se tiene varias experiencias con este tipo de técnicas las cuales están dando resultados positivos ante los problemas de escasez de agua.

El presente proyecto siembra y cosecha de agua, se ha planteado como una base teórica para la aplicación de fututos proyectos y como alternativa de solución ante la escasez de agua, tomando como caso el caserío Marcopampa, por lo cual se ha hecho un estudio general de la zona de aplicación para analizar los aspectos de adaptación a estos tipos de técnicas y determinar cuál es la más viable para su aplicación.

Generalidades

Aspectos Generales

Objetivos.

Objetivo general.

Contribuir teóricamente con la cosecha y siembra de agua para enfrentar las sequias en el Caserío Marcopampa, Querocoto-Chota.

Objetivos específicos.

- Medir el impacto social y ambiental que puede ocasionar la siembra y cosecha de agua en el caserío Marcopampa.
- Identificar las condiciones de la zona de estudio para definir las técnicas adecuadas de siembra y cosecha de agua.
- Evaluar la información pluviométrica de la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio.

Justificación E Importancia De La Investigación.

Justificación científica.

La importancia del recurso agua en la vida del hombre es fundamental, pues este elemento es la base de su existencia, sin este recurso en cantidad, calidad y oportunidad, la vida de todo ser viviente sufre primero un grave deterioro y si dicha carencia continua en el tiempo, la vida se extingue; por lo tanto, su importancia no admite discusión, y su preservación debe ser la mayor prioridad para el hombre.

Justificación social.

En este aspecto, el presente trabajo busca demostrar que es posible utilizar el agua pluvial en actividades agrícolas que actualmente se vienen realizando, lo cual nos permitiría una agricultura sostenible, y con ello contribuir a una gestión más adecuada del recurso agua, dándole valor al agua pluvial. Todo esto creemos se puede lograr y además con beneficios económicos para el agricultor.

Justificación técnica ambiental

La cosecha y siembra de agua permite restablecer todos los ecosistemas relacionados con el agua incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos, también aporta soluciones contra la erosión y degradación de los suelos.

Formulación Del Problema.

¿Cómo implementar las técnicas en Cosecha y Siembra de agua en el Caserio Marcopampa, Distrito de Querocoto, Provincia de Chota, Departamento de Cajamrca?

Antecedentes Del Proyecto

La Oficina Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (como se citó en Leon 2016), menciona que los datos de sistemas de captación de lluvia más antiguos con los que se cuentan datan de aproximadamente 4000 años atrás, específicamente en el desierto de Neguev, que comparten hoy los países de Israel y Jordania, en donde manipulaban las escorrentías dejadas por las lluvias con desmontes dirigidos hacia predios agrícolas, lo cual era el uso más común en sus inicios. (p.17).

Según Caballero, (como se citó en Leon 2016), afirma que:

> Los métodos más avanzados en el tratamiento de aguas pluviales se utilizaron en Centroamérica, más específicamente en el imperio Maya. Aquí, se almacenaba el agua en cisternas conocidas como "Chultuns", las cuales eran impermeabilizadas con yeso y tenían aproximadamente 5 metros de diámetro. (p.18)

A continuación, se muestran experiencias relacionadas a la siembra y cosecha de agua en el Perú, en tres diferentes tipos.

Experiencias Tipo 1: Recarga de agua en sub suelos y acuíferos.

Según el Ministerio De Agricultura Y Riego (MINAGRI), se trata de medidas mayormente orientadas a la recarga hídrica de acuíferos y del subsuelo, como zanjas de infiltración, canales de infiltración ("amunas"), pozas y "qochas" de infiltración, etc. Medidas que permiten captar e infiltrar agua, orientadas a conducirla hacia acuíferos y luego cosecharla en manantiales, quebradas, riachuelos, lagunas, etc., en áreas cercanas o aguas más abajo en el territorio.

Ubicación: Comunidad Campesina de Quispillacta, provincia de Cangallo, Ayacucho.

Experiencia: Se centra en el manejo de un conjunto de lagunas artificiales construidas

en hondonadas o vasos naturales que almacenan agua de escorrentía. Los reservorios cumplen al tiempo que almacenan la función de hacer infiltrar el agua.

Sumando las 102 lagunas que se realizaron, se logró una capacidad de almacenamiento de 1.7 millones de metros cúbicos. El agua infiltrada en el subsuelo surge aguas abajo en manantiales nuevos o incrementando el caudal de los ya existentes. Se complementa con la protección de manantes con cercos, y la instalación de las denominadas "plantas llamadoras del agua". Los bofedales que se generan permiten el repoblamiento de pastizales.

La experiencia combina la infraestructura gris con prácticas culturales, sociales y ambientales. Los beneficios son diversos. Destacan la formación de humedales, recarga de manantiales, fortalecimiento de la relación con la naturaleza, valoración cultural y una perspectiva de servicio eco sistémico a la ciudad de Huamanga.

Ubicación: Distritos Kunturkanki y Checca, provincia de Canas, departamento de Cusco.

Experiencia: Consistió en la construcción de q´ochas o represas rústicas como reservorios de agua, en zonas de depresión natural (hondonadas), o para aumentar la cota de las lagunas naturales, donde se construyeron diques para el incremento de la capacidad de infiltración y de almacenamiento de agua. Las q´ochas son el centro de un conjunto de medidas que incorporan forestación, zanjas de infiltración, manejo de pasturas naturales (cercos), acequias colectoras o aductoras. Resalta la metodología de concursos interfamiliares y grupales, mediante los cuales los pobladores postularon al apoyo institucional para la siembra y cosecha de agua. La experiencia se complementa con el estudio hidrogeológico de funcionamiento de las q´ochas y las pasturas en la recarga de acuíferos en la microcuenca de Huacrahuacho. La iniciativa permitió incrementar la capacidad de almacenamiento en un adicional de 74 991 m3 de agua.

Ubicación: Distrito de Santo Domingo de Capillas, Huaytará, Huancavelica.

Experiencia: El componente físico tiene dos partes. Primero, en la cabecera de la microcuenca se hizo mantenimiento y se ampliaron áreas de zanjas de infiltración y clausura de pastizales.

En esta zona el proyecto ACCIH instaló un sistema de monitoreo hidrológico apoyado por CONDESAN.

Segundo, en las zonas laterales de la microcuenca se apoyaron iniciativas privadas de los agricultores para construir pequeños represamientos (diques rústicos o "atajaditos") que colectan agua de lluvia para infiltración, así como micro reservorios en tierra ("estancos") que alimentan los manantiales cercanos y cuyas aguas además son captadas para riego. Estos también han sido considerados en el sistema de monitoreo hidrológico.

Ubicación: Comunidad de Huamantanga, distrito del mismo nombre en la provincia de Canta, departamento de Lima.

Experiencia: Consistió en reactivar la infraestructura ancestral denominada canales de "mamanteo". En términos hidrogeológicos, el esquema es similar a las "amunas" (provincia de Huarochirí) que conducen e infiltran agua a zonas de buena capacidad de infiltración (en este caso, estratos, calcáreos) y permiten la recarga de manantiales aguas abajo. En la zona, CONDESAN ha trabajado la metodología de monitoreo hidrológico, que consiste en un análisis comparativo de cuencas pares, una intervenida y otra testigo. (pág. 41)

Experiencias Tipo 2: Incremento de la humedad y recarga in situ de suelo y subsuelo.

Medidas mayormente orientadas al incremento de la humedad en el suelo y subsuelo en el mismo lugar (territorio) a través de prácticas de retención de agua, para recuperar y/o ampliar humedales, bofedales, espejos de agua, praderas, terrazas, etc. Las medidas que permiten captar

y retener el agua de forma localizada en el suelo y subsuelo para incrementar y mantener durante más tiempo esta humedad para el ecosistema local y la cobertura vegetal.

Ubicación: Anexo de Quenco Calacala, en el distrito alpaquero de Tisco, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa.

Experiencia: Se han construido microrepresas en tierra y con diques de arcilla compactada y piedra, complementada con la distribución del agua para regar pastos que permite la infiltración para incrementar la humedad in situ de los suelos y subsuelos.

De esta forma, tanto los pastos y humedales formados, como el volumen del agua almacenada en los reservorios, son aprovechados por la población, sobre todo en los meses de agosto a diciembre que son épocas de estiaje. Complementan al sistema, la organización para cercar las áreas de pastos y la rotación del pastoreo.

La implementación de 6 micro represas y 11 espejos de agua aporta un total de 1’176,082 m3 a la capacidad de regulación hídrica local, así como el riego de 206 ha de pastos naturales.

Ubicación: Comunidad Campesina de Antaccollana, distrito de Yauli, Espinar; en Cusco.

Experiencia: Consiste en una propuesta tecnológicamixta, de construcción de pozas individuales, atajados a manera de diques continuos y escalonados, de ampliaciones de humedales (q´ochas), dependiendo dónde se puede capturar el agua de lluvia. En muy pocos casos cuentan con área de recarga de aguas subterráneas.

En las pozas o bateas construidas por las propias familias, los animales tienen una fuente de agua, entrando a abrevar en los bordes. Algunas pozas también alimentan agua al subsuelo y permiten humedad en el terreno. Hay pozas para consumo poblacional. Son cerca de 46 comunidades con 1388 familias, que lograron construir un total de 1640 micropresas

individuales y 123 reservorios grupales y comunales. En suma, se estima que la capacidad incrementada de almacenamiento alcanza los 306 085 m3 de agua solo en los reservorios medianos.

Ubicación: Distritos de El Tambo y Huancayo, en el departamento de Junín

Experiencia: Se potenció la experiencia previa de AGRO RURAL en el tema de reforestación con especies nativas y pino y la conservación de praderas naturales, zanjas de infiltración, manejo silvopastoril e instalación de semilleros. Se instaló además sistemas de riego tecnificado para cultivos agrícolas y mejorar la eficiencia de uso de riego.

A ello se complementó, junto al SENAMHI, un estudio de disponibilidad hídrica actual y futura en la subcuenca del río Shullcas y el establecimiento del Área de Conservación regional Huaytapallana (Decreto Supremo Nº 018-2011-MINAM). En la parte baja se instalaron micromedidores como propuesta de control de consumo de agua.

Ubicación: Distritos de Moyobamba y Jepelacio, provincia de Moyobamba zona del Alto Mayo, departamento de San Martín.

Experiencia: Surge para asegurar el aprovisionamiento del agua en cantidad y calidad satisfactorias en la ciudad de Moyobamba, ante la deforestación acelerada y cambios en el uso del suelo, que afectan los ecosistemas destinados a la recarga de agua. Se realizaron estudios de modelamiento hidrológico; diagnóstico socio-económico-ambiental; valoración económica; estudio de disponibilidad y actividades para promover una mayor voluntad de pago por el agua potable. (MINAGRI, 2016, pág. 47)

Experiencias Tipo 3: Almacenamiento superficial del agua.

Aborda medidas mayormente orientadas al almacenamiento de agua y su regulación, a través de embalses, reservorios, micropresas, q’ochas de almacenamiento, etc. Incluye normalmente

acequias de aducción u otras medidas que permitan concentrar y dirigir las aguas precipitadas hacia dichos cuerpos de agua, así como obras de derivación hacia los lugares donde se usará posteriormente el recurso hídrico (áreas de cultivo, población, etc.)

Ubicación: Distrito de Condebamba, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.

Experiencia: El foco de la propuesta consiste en construir microreservorios previo estudio de la hidrología y aforo de las zonas de captación; identificación de lugares para el emplazamiento del microreservorio; coordinaciones con las familias vecinas para la autorización de las servidumbres de paso; e identificación del punto de ingreso del agua para la construcción del canal de aducción y desarenador. Luego se pasa a la etapa de construcción. La mano de obra fue proporcionada por las familias. La construcción lleva de 5 a 6 días; lo más importante es la consolidación del sistema que puede demorar de 2-3 años (impermeabilización natural mediante la sedimentación de partículas finas en el fondo del vaso).

Ubicación: Distritos de Colquepata (comunidades de Choccopia y Colquepata) y San Salvador (comunidad de T´iracancha); en las provincias de Paucartampo y Calca, respectivamente, en el departamento de Cusco.

Experiencia: Por lo anterior, el IMA elabora un proyecto bajo el marco del SNIP que fue aprobado en el 2006, y se ejecutó del 2008 al 2010. En el proyecto se propuso la ampliación del embalse de la laguna de Quescay, y un túnel de trasvase y derivación de aguas hacia Colquepata. Se complementó con acciones de manejo del vaso de la laguna, como la clausura de pastos, instalación de zanjas de infiltración y paralelamente el fortalecimiento de la organización de usuarios. Se formaron técnicos campesinos en la gestión del agua.

Así se logró una capacidad adicional de almacenamiento de más de 2 millones m3 de agua a ser recargada con la lluvia. Se construyeron zanjas de infiltración para apoyar la recarga, pero luego de un estudio hidrogeológico se determinó que la cuenca hidrogeológica no coincidía con la delimitación superficial (topográfica) de la cuenca hidrológica. Por ello se realizó un canal de trasvase (aducción) que capta agua de tres quebradas en la microcuenca adyacente que escurren hacia Tiracancha. Ante un potencial conflicto, se generó un acuerdo en torno al uso de la laguna, incorporándose la comunidad de Tiracancha al proyecto.

Ubicación: Distrito de San Andrés de Tupicocha y otros distritos de la cuenca alta del río Lurín, en la provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

Experiencia: Se inició con el reservorio de mampostería en Yanasiri y luego Yanasiri II, con apoyo de PRONAMACHCS. Ya en el 2007, se impulsó la construcción de los embalses de Oruri, Cantajuayqui, Huachincara, Hueccho, Cancasica; sumando una capacidad de 931 mil m^3 de almacenamiento; además un embalse de 2 millones de m^3 que se comparte con el distrito adyacente de Santiago de Tuna.

Ubicación: Anexo San Lurín, distrito de Chavín, provincia de Chincha, departamento de Ica.

Experiencia: La propuesta tiene dos etapas. En la primera se realizó la construcción de un reservorio de tierra con maquinaria pesada en la cabecera de la microcuenca y en las laderas adyacentes al cauce principal. Se construyeron microreservorios de aproximadamente 5000 m3 cada uno, impermeabilizados con geomembrana, que son precisamente utilizados para riego, tanto de cultivos como de plantaciones forestales, estos últimos hasta los primeros 2 años de crecimiento. En una segunda etapa, se trabajó la mejora de la capacidad de captura, infiltración y retención de las aguas de lluvia manejando los suelos y la cobertura vegetal. (MINAGRI, 2016, pág. 51)

Marco Teórico

El ciclo hidrológico.

Para entender un poco más del ciclo hidrológico hablaremos de un ciclo hidrológico natural y un ciclo hidrológico intervenido por el hombre.

> El ciclo hidrológico natural es la circulación o el "viaje del agua" de los océanos, lagos y ríos, se evaporan formando nubes que al enfriarse caen a la tierra en forma de lluvia, granizo o nieve, infiltrándose y originando los manantes, riachuelos, ríos y lagos. Este conjunto de hechos se denomina el ciclo del agua. (Valdera, 2015, p.6)

Fattorelli & Fernandez (2011) afiman que:

La transferencia de agua desde la superficie de la Tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a la evaporación directa, a la transpiración por las plantas y animales y por sublimación (paso directo del agua sólida a vapor de agua). La cantidad de agua movida, dentro del ciclo hidrológico, por el fenómeno de sublimación es insignificante en relación a las cantidades movidas por evaporación y por transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina evapotranspiración.

El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y se condensa luego de haber recorrido distancias que pueden sobrepasar 1000 km. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes y, posteriormente, a precipitación.

La precipitación puede ocurrir en la fase líquida (lluvia) o en la fase sólida (nieve o granizo). El agua precipitada en la fase sólida se presenta con una estructura cristalina, en el caso de la nieve, y con estructura granular, regular en capas, en el caso del granizo. La precipitación incluye el agua que pasa de la atmósfera a la superficie terrestre por condensación del vapor de agua (rocío) o por congelación del vapor (helada) y por intercepción de las gotas de agua de las nieblas.

El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte escurre por la superficie del terreno, escorrentía superficial, que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua.

El agua restante se infiltra penetrando en el interior del suelo; esta agua infiltrada puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas.

Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desembocan en lagos y en océanos. La escorrentía superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado la precipitación. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen. (p.18)

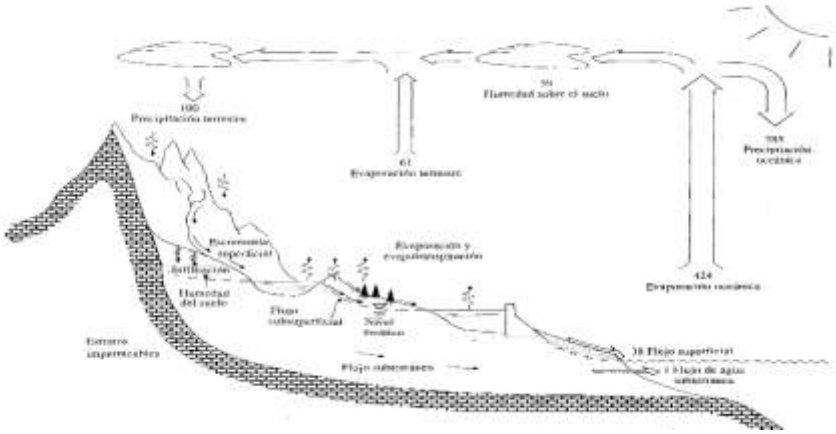

Figura 1. *Ciclo hidrológico balanceado Fuente, Hidrología Aplicada-Ven Te Chow.*

En un ciclo hidrológico intervenido por el hombre todos los fenómenos son alterados ocasionado, menos infiltración por la tala de los bosques, lluvias escasas (sequias) o inundaciones. Para estudiar un poco más a detalle lo analizaremos una cuenca hidrogarfica.

Precipitación.

Según Chow, Maidment, & Mays, (2000), afirma que la precipitación incluye, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae en la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmosfera de tal manera que se enfrié y parte de su humedad se condense. Los tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire son la elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre el aire frio por un pasaje frontal; la elevación orográfica, mediante la cual la masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la elevación conectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por encima de una acción conectiva, como ocurre el centro de una celda de una tormenta eléctrica.

Las heladas convectivas se originan por el calor superficial, el cual causa una inestabilidad vertical de aire húmedo, y se sostiene por calor latente de evaporación liberando a mediada que el vapor del agua sube y se condensa. (p.65-66)

Segerer & Villodas, (2006) meenciona que el termino precipitacion englova a todas las aguas meteoricas que cane sobre de la tierra, tanto bajo la forma liquida como solida (nieve, granizo). Estos diversos tipos de preciptaciones son normalmente medidos sin afectar su discriminacion por medio de sunequivalente en agua.

La precipitacion es el origen de las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificacion y el conocimento de su distribuacion, en el tiempo y en el espacio, se constiyen en problemas basicos para la hirdorlogia. (p.1)

Segerer & Villodas, (2006) afirma que, la precipitacion atmoferica en estado liquido, todas ellas generalmente tiene un diametro igual o mayor que medio milimitro, y caen con una velocidad

superior a los dos metros por segundo. Las intensidades pueden distinguirse en; ligera de 2,5 mm/h, moderada, desde 2,5 hasta 7,5 mm/h y fuerte, por encima de 7,5 mm/h. (p.5)

Variaciones de la precipitacion.

Variaciones geograficas.

Según Segerer & Villodas, (2006) afirma que:

> En general la precipitacion es mayor cerca del ecuador y disminuye al aumentar la latitud, sin enbargo, la irregualirad y orientacion de las isoyetas en los mapas de precipitacion media anuel del mundo indican que su distribucion geografica depnede de factores mas relevantes que la referida distancia al ecuador.
>
> La fuente principal de humedad para la precipitacion es la evaporacion a partir de las superficies de las grandes masas de agua. Por lo tanto la precipitacion tiende a ser mayor cerca de las costas, salvo distorciones debidas a factores orograficos.
>
> *Variaciones en el tiempo*
>
> Aunque algunas fracciones del registro de precipitacion que se consideren aisladamnete, pueden sugerir un aumento o una disminucion temporal de sus magnitudes, parece existir una tendencia a regresar hacia la media al considerar largas series de datos, de modo que en ellas los periodos extraordinarimente humedos tienden a ser balanceados por periodos secos.

Analises de datos de lluvia.

Lluvia diaria.

> Se determina cuando la estacion cuenta con un pluviometro ordinario, generalmente se hase una sola medida. En las redes nacionales, esta medicion se efectura a la misma hora todos los dias (las 9:00 horas en nuestro pais), a fin de homogenizar los resultados.

Lluvia media mensual.

Con el mismo criterio anterior, pueden calcularce las medias de las precipitaciones producidas en un cierto mes, durante la misma serie de años. Este valor es la lluvia media mensula. La suma de las lluvias medias mensuales de todos los meses del año deberia ser igual al modulo pluviometrico anual medio. Se obtien asi una distribucion de ese total medio a lo largo del año.

Modulo pluviometrico anual medio.

Se denomima modulo pluviometrico anual medio a la media arimetica de la lluvia anual, durante una serie de años, cuyos extremos deben consignarse conjuntamente con el valor del modulo pluviometrico, a fin de dejar caracterizado el periodo del cual aquel es representativo.

Curva de masa.

Se la define como la curva de precipitacion acumulada en un determinado periodo, representanda en un sistema de ejes en que se grafican los valores del tiempo (usulmente horas) en abscisas y de precipitacion acumulada (mm) en ordenadas.

Este tipo de curvas es empleado generalmente para reprentar las caracteristicas de las tormentas consideradas en dorma individual, obteniedose los valores pertinentales en base a los registros de pluviometros. (p.9)

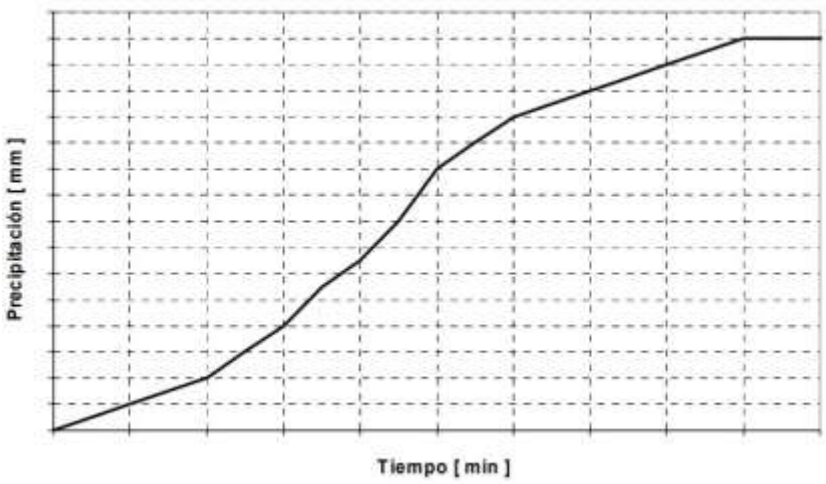

figura 2: *Curva de doble masa, según Segerer & Villodas, (2006)*

Escorrentía superficial.

Según Vieira (2013) afirma que, La escorrentía superficial aporta agua suplementaria a la lluvia directa que precipita y se almacena en el suelo. También suministra agua para el uso doméstico y el consumo de animales, si no hay otras fuentes de agua de mejor calidad. Por lo tanto, la escorrentía superficial es uno de los factores cuya magnitud es muy importante en el diseño del sistema de captación de lluvia para diferentes finalidades.

Durante una lluvia, la velocidad de infiltración de agua en el suelo disminuye gradualmente hasta llegar a unaintensidad prácticamente constante denominada velocidad de infiltración básica. Una vez alcanzada la capacidad de retención inicial del suelo, la intensidad de la escorrentía superficial viene a ser la diferencia entre la intensidad de lluvia menos la velocidad de infiltración en el suelo.

Escorrentia = precipitacion – infiltracion

En la medida que el volumen aumenta, el caudal se mueve más rápido hacia depresiones superficiales del terreno, su energía cinética aumenta y es capaz de romper el suelo y abrir

pequeños surcos. Estos surcos se van sumando a otros y el fl ujo puede ganar energía sufi ciente para transportar grandes cantidades de suelo, abriendo surcos y hasta cárcavas.

La captación de la escorrentía producida en cualquier tipo de superficie (suelo, rocas, patios, techos, etc.) puede contribuir de manera significativa a la disponibilidad de agua. De un lado, se capta la escorrentía superficial que podría representar un problema para el suelo; de otro lado, se complementa la lluvia que cae directamente sobre las áreas cultivadas con el agua que escurre. La mejor manera de establecer una relación lluvia-escorrentía superfi cial es midiendo simultáneamente ambas en el mismo lugar donde se va a realizar la captación. Además de la lluvia y de la escorrentía, la humedad del suelo antes del evento pluvial es un importante factor que se debe considerar para establecer una buena relación lluvia-escorrentía.

tabla 1: *factores de suelo y de terreno.*

Factores del suelo o terreno	Favorece la infiltración	Favorece la escorrentía
Textura	Arenosa; arcillosa bien estructurada.	Limosa; arcillosa, estructura masiva
Estructura	Bien agregada; predominio de macroporos; alta estabilidad de los agregados.	Compactada o masiva; baja macroposidad; agregados poco estables.
Porosidad	Predominio de macroporos: porosidad de aireación.	Predominio de microporos con macroporosidad baja.
Presencia de horizontes o capas muy permeables	Sí, favorece.	No favorece.
Presencia de horizontes o capas poco permeables	No favorece.	Sí, favorece.
Materia orgánica	Contenidos elevados.	Pobres.
Presencia de rastrojos	Sí (deseable > 80% de cobertura).	No favorece.
Presencia de cobertura vegetal viva	Densa y uniforme.	Rala.
Humedad anterior del suelo	Seco o no saturado.	Muy húmedo, saturado.
Tipos de labranza	Puede favorecer (cero labranza, cinceles).	Sí, favorece (arados, rastras, gradas); estructura desmenuzada.
Uniformidad de la superficie	Superficie rugosa y desigual.	Superficie lisa y uniforme.
Pendiente	Plana o baja.	Elevada.
Longitud de la pendiente	Si hay obstáculos presentes.	Más larga.
Área de captación, cuenca	Suave, suelos profundos.	Montañosa, suelos delgados.

Detalle de los factores que afectan la infiltración del suelo por las diferentes características del suelo

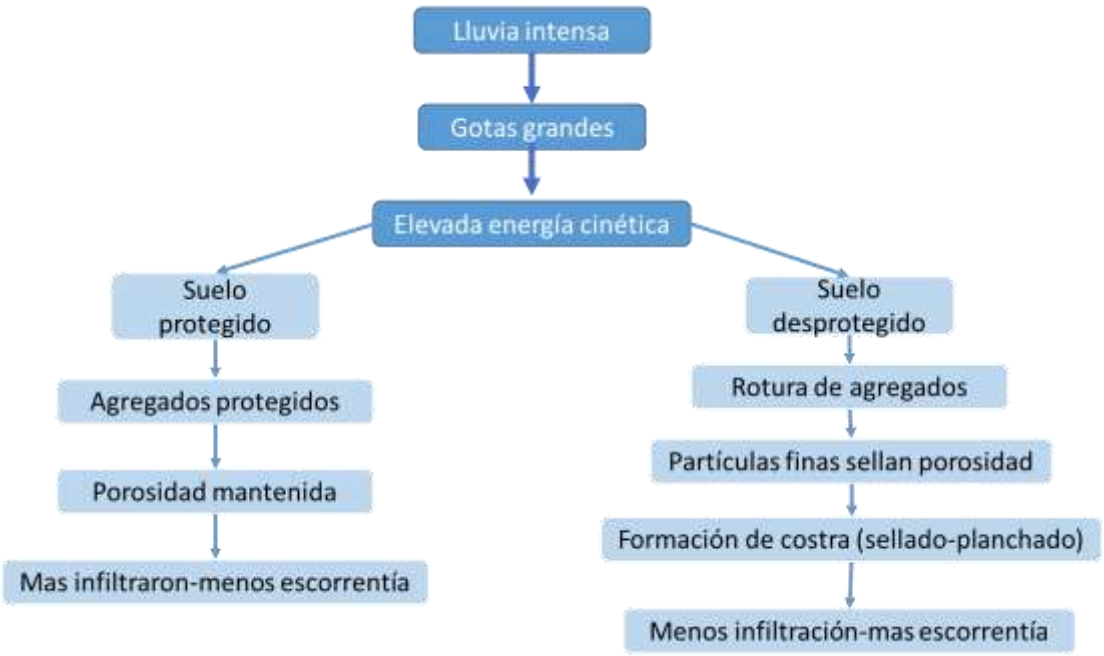

figura 3*: Esquema simplificado del efecto de la intensidad de lluvia sobre la estructura del suelo y la producción de escorrentía (FAO, 2004).*

Después de varias mediciones de campo, se puede determinar un coeficiente de escorrentía (C) más cercano a la realidad de cada superficie, lo que debe ser hecho en base a por lo menos dos años de observación Shanan y Tadmor, 1979, (citados por Critchley y Siegert 1996).

Coeficiente de escorrentía superficial(C).

Se acepta comúnmente que el coeficiente de escorrentía superficial (C) expresa la relación (proporción o porcentaje) entre la magnitud de escorrentía (expresada en mm de lámina de agua) y una determinada magnitud de lluvia (también expresada en mm de lámina de agua) correspondiente a un evento o un periodo lluvioso en una cuenca o área de captación determinada. Tal relación se expresa como:

C = Escorrentía (mm) ÷ Lluvia (mm), entonces:

Escorrentía (mm) = C x Lluvia (mm)

Para los proyectos de captación de agua de lluvia en áreas de cultivos, es conveniente que la superficie cultivada presente un valor menor de C, es decir, que toda el agua de la lluvia, de ser posible, penetre en el suelo y no escurra (C = 0,0 %). Al contrario, en las áreas de captación (áreas colindantes sin cultivo o espacios no explotados por las raíces dentro de las áreas de cultivo) interesa que la escorrentía sea grande (valores de C más altos), para abastecer de agua las áreas de cultivo, donde efectivamente las raíces extraen el agua del suelo. En el Tabla 2, se presentan valores de referencia para el coefi ciente de escorrentía en diversas superficies.

tabla 2: *Valores de referencia para el coeficiente de escorrentía (C)*

Tipos de superficie o coberturas del área de captación	**Coeficiente De escorrentía (C)**
Lámina plástica de polietileno	0,90
Mortero (mezcla de cemento y arena)	0,88
Asfalto	0,88
Tejas de arcilla recocida	0,75
Manta plástica + grava	0,70
Suelo de textura fina (arcilloso), emparejado con lámina	0,55
Suelo de textura fina (arcilloso), en barbecho	0,24
Suelo de textura gruesa (arenoso)	0,20
Pasto bocel (Cenchrus ciliaris)	0,15
Áreas cultivadas	0,08 – 0,41
Pastos	0,12 – 0,62
Techos	0,75 – 0,95
Hormigón	0,70 – 0,95

diferentes tipos de superficies y coberturas. (Adaptado de Chow et al, 1988; Silva et al, 1984 citado por Brito et al, (2007a), citado por Critchley y Siegert, (1996).

Infiltración.

Según Chow, Maidment, & Mays, (2000), afirma que la infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo, muchos factores influyen en la tasa de infiltración, incluyendo la condición de la superficie del suelo y su cubierta vegetal, las propiedades del suelo, tales como la porosidad y la conductividad hidráulica, y el contenido de

humedad presente en el suelo. Estratos de suelos con porosidad físicas diferentes pueden superponerse unos sobre otros formando horizontes; por ejemplo, un suelo limoso con una conductividad hidráulica relativamente alta puede estar superpuesto sobre una arcilla de baja conductividad hidráulica. (p.110)

Linsley, Kohler, & Paulus (2013), menciona que La infiltración es el paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra. Aun cuando existe una diferencia con la percolación, que es el movimiento del agua dentro del suelo, los dos fenómenos están relacionados íntimamente, puesto que la infiltración no puede continuar libremente sino cuando la percolación ha removido el agua de las capas superiores del suelo. La permeabilidad del suelo es activada por medio de canales no capilares a través de los cuales drena el agua de gravedad desde la superficie hasta el nivel del agua subterránea, siguiendo la trayectoria de menor resistencia. Las fuerzas capilares derivan agua continuamente hacia los espacios capilares, de modo que a medida que el agua desciende hacia los niveles inferiores su volumen va disminuyendo paulatinamente. Este proceso se manifiesta en un aumento en la resistencia al flujo en las capas superficiales y una tasa de infiltración que disminuye a medida que progresa la tormenta. La tasa de infiltración en las primeras etapas de una tormenta es menor si los espacios capilares han sido llenados previamente por una tormenta.

La tasa máxima a la cual puede penetrar agua a un suelo en un sitio en particular y bajo una serie dada de condiciones, se llama capacidad de infiltración. La tasa real de infiltración *fi* es únicamente igual a la capacidad de infiltración *fp* cuando la tasa de abastecimiento *i 8* (intensidad de la lluvia menos la tasa de retención) es igual o mayor que *fp*. Conceptos teóricos consideran que las tasas reales de infiltración son iguales a la tasa de abastecimiento cuando $i\ 8 \leq fp$ y son iguales a *fp* en los demás casos, imagen 2. El valor de *fp* es máximo

(fo) al comienzo de una tormenta, y se aproxima a una tasa más baja *fc* a medida que el perfil del suelo se satura. (p.230)

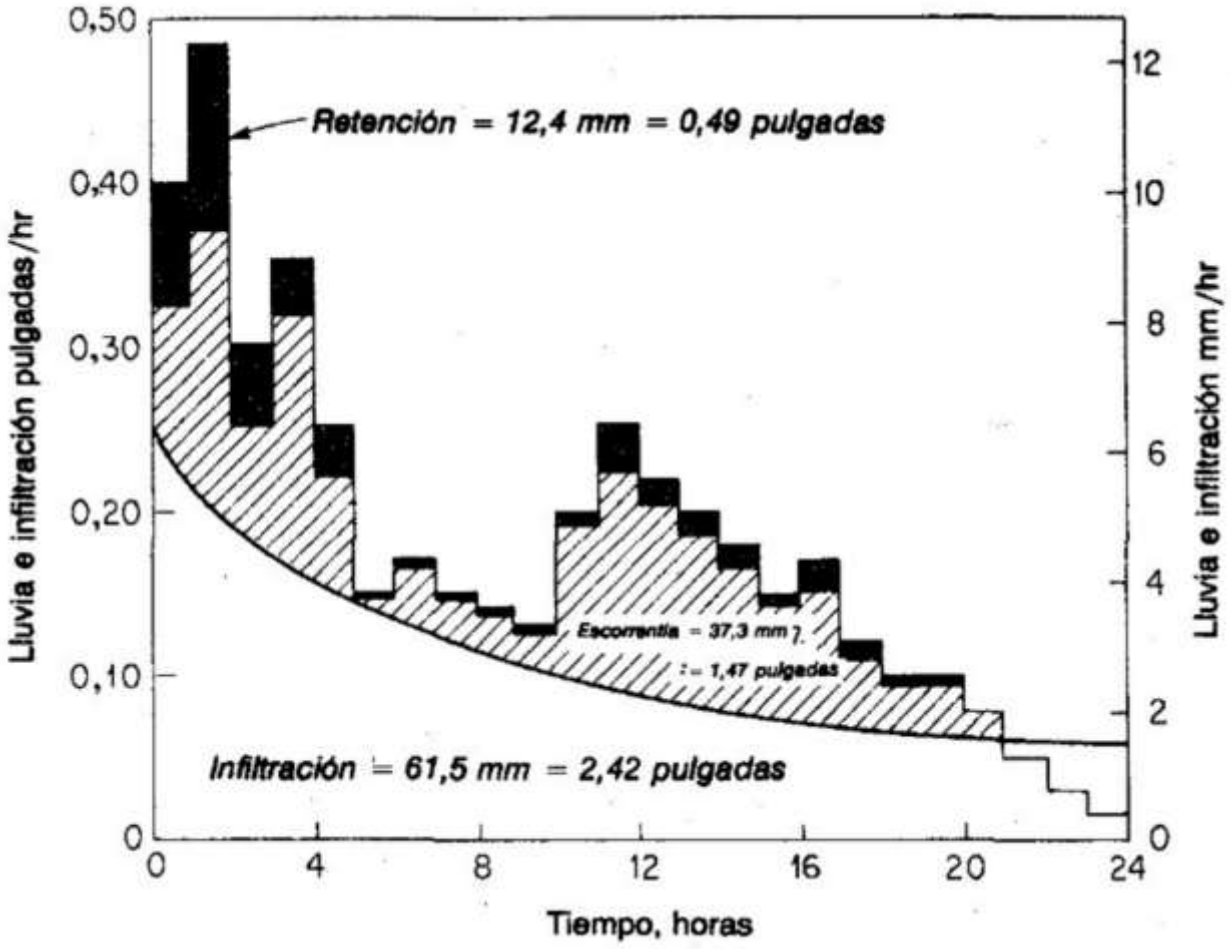

Figura 4: *separación simple de infiltración y escorrentía, retención estimada y curva infiltración capacidad. Usando datos horarios de lluvia.*

Evaporación.

Linsley, Kohler, & Paulus (2013) afirma que a pesar de que continuamente existe un intercambio de moléculas de agua hacia y desde la atmósfera, la definición hidrológica de *evaporación* está restringida a la. tasa neta de transporte de vapor hacia la atmósfera. Este cambio de estado necesita de un intercambio de calor de aproximadamente 600 calorías por cada gramo de agua

evaporada. Para que se mantenga la temperatura de la superficie estas grandes cantidades de calor deben ser suministradas por radiación y conducción de la capa de aire en contacto, o a costa de la energía almacenada por debajo de la superficie.

La tasa de evaporación varía dependiendo de factores meteorológicos y de la naturaleza de la superficie evaporante. La mayor parte de la discusión que se presenta a continuación sobre factores meteorológicos está enfocada hacia la evaporación de superficies de agua libre. Se considera evidente que el material que se presenta es aplicable a otras superficies de interés en hidrología. (p.140)

Demanda Hídrica

Necesidad hídrica de las plantas

En la producción agrícola la necesidad hídrica es el volumen de agua requerida por los cultivos para realizar su metabolismo de producción, También las perdidas naturales por evaporación, escorrentía subsuperficial y escorrentía no captable.

Según Gualdron, (2014) afirma que El consumo de agua de los cultivos corresponde a la evapotranspiración, que es el volumen total de agua en estado líquido que pasa del suelo a la atmósfera, en el estado de vapor, en una superficie cubierta por cultivos. Su valor está representado por la suma de dos componentes: el agua que evapora directamente del suelo (agua no productiva) y el agua absorbida y transpirada por las plantas (agua metabolizada, productiva).

Por lo tanto, el mejor aprovechamiento del agua del suelo ocurre cuando la evapotranspiración se compone de una transpiración elevada y una evaporación baja, lo que significa que las plantas están metabolizando y produciendo biomasa. El mayor riesgo de estrés hídrico ocurre cuando hay condiciones ambientales que elevan la transpiración (elevadas

temperaturas, radiación solar y área foliar) y no hay agua suficiente en el suelo. En esta situación la planta presenta estrés hídrico. Por lo tanto, lo que se debe plantear en condiciones de déficit de agua recurrente es tener siempre una evaporación baja y un nivel de transpiración compatible con el agua disponible en el suelo.

Tabla 3: *Tipos de factores que afectan la evapotranspiración*

Factores que afectan la intensidad de evapotranspiración		
Parámetros climáticos	*Factores de las plantas*	*Factores de manejo y entorno*
» Radiación solar. ***» Temperatura del aire.*** ***» Humedad atmosférica.*** ***» Velocidad del viento.***	» Tipo o variedad de cultivo. » Fase de desarrollo. » Altura y rugosidad vegetal*. » Reflejo de la superficie vegetal. » Cobertura del suelo. » Características radiculares.	» Salinidad. » Fertilidad del suelo. » Horizontes duros, impermeables o impenetrables » Enfermedades y plagas. » Densidad poblacional del cultivo. » Humedad del suelo. » Control del viento (cortinas). » Método de riego. » Prácticas de cultivo. » Rastrojos o residuos (cobertura vegetativa muerta). » Utilización de películas plásticas en la superficie. » Uso de materiales reflectantes en el suelo.

Detalles de los factores que afectan la intensidad de infiltración en superficies cultivadas (Gualdron, 2014).

Evapotranspiración de referencia (ETo)

Para calcular ETo existen numerosas ecuaciones que consideran diferentes variables. A partir de estudios de campo realizados con lisímetros en Estados Unidos y Europa, se ha observado que

ningún método o ecuación es exacto. Sin embargo, la Ecuación de Penman-Monteith produjo los resultados más consistentes para calcular el valor ETo, tanto en climas áridos como en climas húmedos.

$$ETo = \frac{0{,}408\,\Delta(R_n - G) + \zeta \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \zeta\,(1 + 0{,}34\,U_2)}$$

ETo: Evapotranspitación de referencia (mm día^{-1})
Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa ºC^{-1})
Rn: Radiación neta en la superficie del cultivo (Mj m^{-2} día^{-1})
G: Flujo de calor en el suelo
T: Temperatura media del aire a 2 m de altura (ºC)
U_2: Velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1})
e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)
e_a: Presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$: Déficit de presión de vapor (kPa)
ζ: Constante psicrométrica (kPa ºC^{-1})

Figura 5: *Ecuación FAO Penman - Monteith, derivada de la ecuación original, para el cálculo de ETo.*

Evapotranspiración del cultivo (ETc)

La evapotranspiración del cultivo (ETc) es la necesidad de agua estimada para las condiciones de cada cultivo o bosque, en sus diferentes fases de desarrollo, bajo las siguientes condiciones: suelo sin restricción hídrica; buenas condiciones de desarrollo vegetal; y área de cultivo suficientemente amplia para evitar el efecto de bordes, principalmente el viento y la transferencia de calor de áreas aledañas bajo condiciones diferenciadas.

En este caso, ETc depende de las condiciones climáticas y de las condiciones del cultivo, principalmente el tipo de cultivo (más o menos dependiente del agua) y de su grado de desarrollo (área foliar). Su valor representa el máximo que el cultivo puede perder por evapotranspiración, bajo la condición climática específica.

El valor de ETc está directamente relacionado a la necesidad de suministro de agua para los cultivos, sea en la forma de lluvia o riego. De un punto de vista práctico, si el volumen de agua

saliente por evapotranspiración no es compensado con lluvia o riego, las plantas podrán entrar en estado de estrés por déficit hídrico.

Para estimar el valor de la ETc de un cultivo o bosque específico, se utiliza como base ETo y se corrige con el coeficiente adimensional Kc. El coeficiente Kc es el cociente de ETc sobre ETo. Por lo tanto:

ETc ÷ ETo = Kc.

Se deduce que ETc = Kc x ETo

Cuando el valor de Kc se acerca a 1,0, significa que los valores de ETc y ETo son similares. Si el valor de Kc es menor que 1,0, significa que el valor de ETc es menor que ETo. Si, por el contrario, el valor de Kc es mayor que 1,0, implica que ETc es mayor que ETo.

Por lo tanto, el cociente Kc representa los efectos de las condiciones específicas del cultivo en relación a las condiciones de referencia de evapotranspiración del césped, ya descritas. Estas condiciones específicas normalmente están relacionadas a los siguientes factores:

» Altura de la planta, la cual afecta la resistencia aerodinámica (que es considerada en la ecuación Penman-Monteith) y la transferencia turbulenta de vapor desde la planta hacia la atmósfera.

» El albedo o reflectancia de la superficie suelo-plantas, el cual depende del porcentaje de la superficie cubierta de plantas, de la humedad de la superficie del suelo y del tipo de suelo.

» Resistencia de la superficie de las plantas a la transferencia de vapor, que depende del área de las hojas (cantidad de estomas), edad y condición de las hojas y el grado de control de abertura de las estomas.

» Evaporación directa del suelo, especialmente del suelo expuesto.

Estos factores se modifican con el crecimiento de las plantas, las cuales van aumentando de altura, de área foliar y de cobertura del terreno, lo que hace cambiar el valor de Kc en las diferentes fases de desarrollo del cultivo. Por eso, en el cálculo de ETc el valor de Kc debe modificarse según el estado de desarrollo de las plantas, conforme se muestra en la Figura 5-II. Se consideran tres valores básicos de coeficiente que orientan las modificaciones de Kc, los cuales se denominan Kc ini, Kc med y Kc fi n, correspondientes a los puntos de cambio del estado de desarrollo y cuyas descripciones se presentan a continuación:

Tabla 4: *tabla de kc de los cultivos*

Kc ini	Período inicial del cultivo: desde la siembra hasta el inicio significativo del crecimiento de las plantas, normalmente hasta 10-15% de cobertura del terreno (los valores son bajos y estables).
Kc med	Período medio del cultivo: cuando las plantas alcanzan de 80 a 100% de su desarrollo vegetativo y se mantienen prácticamente estables durante el periodo medio de madurez del cultivo hasta que se inicia su envejecimiento (valores elevados y estables).
Kc fin	Periodo final del cultivo: fase final del ciclo del cultivo, generalmente cuando se inicia la maduración fisiológica hasta que se efectúa la cosecha (valores decrecientes hasta bajos al final del ciclo).

Esquema general de la variación del coeficiente del cultivo (Kc), según el desarrollo de las plantas (Adaptado de Allen et al, 1998) citados por (Gualdron, 2014).

Tabla 5: *Valores de referencia de kc de los cultivos*

cultivo	**Etapa inicial**		**Etapa de crecimiento**		**Etapa de pleno desarrollo**		**Etapa de madurez**	
Algodón	0,45	30	0,75	50	1,15	55	0,75	45
Avena	0,30				1,15		0,25	
Papa	0.5	30	1.1	35	1.15	50	0.75	30
Yuca	0.30	150	1.10	40	1.15	110	0.50	60
Maíz	0,40	20	0,80	35	1,15	40	0,70	30
Trigo	0.30	15	1.10	25	1,15	50	0.40	30
Frejol	0.40	20	1.10	30	1.15	30	0.50	10
Sésamo(ajonjolí)	0,35				0,4-0,7		0,4-0,7	
sorgo	0,35	20	0,75	30	1,10	40	0,65	30
Granos pequeños	0,35	20	0,75	30	1,10	60	0,65	40
leguminosas	0,45	15	0,75	25	1,10	35	0,50	15

Kc de los cultivos para diferentes cultivos (Critchley y Siegert, 1996; Allen et al, 2006), citado por (Gualdron, 2014).

En el inicio del cultivo, Kc ini es bajo porque el cultivo está todavía pequeño y hay poca superficie foliar para producir transpiración. En esta fase es importante que el suelo esté protegido de la radiación solar, con residuos vegetales, por ejemplo, para reducir la evaporación y economizar agua.

A medida que las plantas se desarrollan, el valor de Kc se incrementa debido al aumento de la superficie foliar, la cual posee estomas por donde ocurre la transpiración. Cuando la planta alcanza su crecimiento máximo, el Kc se estabiliza y es denominado Kc med. Normalmente, se caracteriza como un período crítico para la mayoría de los cultivos, porque el consumo de agua es máximo y se forman estructuras importantes para la producción vegetal, como la diferenciación de los órganos de reproducción. Por eso, cuando falta agua en el período de florecimiento y llenado de granos, por ejemplo, el déficit suele ser más perjudicial. (p.31-38)

Estimación del déficit de agua

Gualdron, et al., (2014) menciona que Se considera que existe déficit de agua para un cultivo cuando el volumen de lluvia que cae directamente sobre su área de siembra y almacena en la zona de raíces (precipitación efectiva, PE) es menor que la evapotranspiración del mismo cultivo (ETc).

Para una planificación de largo plazo, la que puede contemplar diversos cultivos en el tiempo, en el mismo terreno, se puede utilizar la evapotranspiración de referencia (ETo) para estimar el défi cit. Para el caso específi co de un cultivo conocido, el défi cit se puede estimar utilizando la evapotranspiración del cultivo (ETc) en cuestión.

En el siguiente ejemplo se considera el caso de un agricultor que cultiva maíz choclo (maíz tierno), a ser cosechado a los 100 días de periodo vegetativo, en la localidad de Ayabaca, Perú:

» Siembra realizada el 2 de enero del 2005.

» Periodos de cultivo: inicial de 30 días, crecimiento de 30 días, medio de 30 días, y fi nal de 10 días.

» Valores de Kc para el cultivo: Kini = 0,3, Kmed = 1,15 y Kfi n = 1,05 (Allen et al, 2006).

Como se dispone solamente de valores de precipitación P75 mensuales, los valores diarios se calcularon por P75 mensual/30. Los cálculos han sido realizados para cada 10 días de ciclo, multiplicándose el valor diario obtenido por 10. Un criterio similar se adoptó para la precipitación efectiva (PE) y se tomaron los valores menores (entre P75 y PE) para cada periodo como lluvia de diseño; por consiguiente, el défi cit del cultivo también ha sido calculado para cada 10 dias y mensual.

En la tabla 8, se presentan los valores de lluvia de diseño, la evapotranspiración de referencia (ETo) para la localidad de Ayabaca, los valores de Kc utilizados y la evapotranspiración del cultivo de maíz choclo (ETc), calculada a partir de ellos. La diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la lluvia de diseño para cada mes es el défi cit de agua.

Los datos demuestran que solamente no hay défi cit en enero. En el periodo de máxima exigencia del maíz por agua (crecimiento y reprodución), hay un défi cit que necesita ser cubierto, pudiéndose adoptar como estrategia la captación de la escorrentía de la lluvia (de 102 y 115 mm en este período) en áreas de captación aledañas al área de cultivo. (p.56)

tabla 6: *estimación del déficit hídrico*

Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	total
Lluvia de diseño (mm)	63,4	102,0	115,0	26,9	307,3
ETo (mm)	123,4	110,5	117,5	38,0	389,4
Kc	0,30	1,15	1,15	1,05	3,65
ETc (mm)	37,0	127,0	135,1	39,9	339,0
ETc - Lluvia (mm)	-26,4	25,0	20,1	13,0	31,7
Déficit	0,0	25,0	20,1	13,0	58,1

Estimación para el cultivo de maíz choclo en la localidad de Ayabaca, Perú. (Gualdron, 2014)

Relación área de cultivo y área de capitación.

Para seleccionar las áreas más aptas para los cultivos, pastos o bosque y las áreas mejores para la captación de agua, es conveniente revisar detalladamente, especialmente las variables mostradas en el Cuadro 9. (p.76-80)

Tabla 7: *Indicadores Para La Selección Del Área De Cultivo Y Captación*

Variable	Área de cultivo	Área de captación
Suelo	Elevada infiltración (permeable). Bien drenado (no excesivamente). Elevada retención de agua. Rico en nutrientes. Sin salinidad. Arcilloso bien estructurado o texturas francas (medias). No arenoso. Rico en materia orgánica.	Poco permeable. Rocoso. Superficial (perfil delgado). Arcilloso con estructura masiva. Pobre en materia orgánica.
Terreno	Plano o semiplano. Superficie uniforme. Cotas inferiores al terreno de captación.	Inclinado. Superficie difícil para cultivar. Cotas superiores al área de cultivo.
Vegetación nativa	De hoja ancha. Verde hasta más tarde en la época seca.	Arbustiva y leñosa. De pocas hojas, pequeñas, coriáceas, cerosas. Más especies con espinas.
Radiación solar	Directa en la mañana. Inclinada o indirecta en la tarde (contra exposición).	No es relevante.
Vientos	Protegida.	No es relevante.

Indicadores sencillos y prácticos para seleccionar las áreas de cultivo y las áreas de captación. Gualdron, (2014)

Cuenca Hidrográfica

Son aquellas que hacen que el agua que proviene de las montañas, del deshielo o de las lluvias, descienda por la depresión hasta llegar a un mismo rio o incluso al mar. En algunos casos, si se trata de un valle encerrado por montañas, la formación acuífera será una laguna o lago (Valdera, et al., 2015,p.7)

Según Mijares, (1992), afirma que; Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida, Una cuenca es una zona de la superficie

terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. (p.19)

Se denomina cuenca al territorio que descarga una red de drenaje o red de avenamiento. Dicho de esta forma, no existe en las tierras emergidas del planeta un espacio, pequeño o grande, que forme parte de una cuenca. Las aguas meteóricas al alcanzar la superficie, se reparten en distintas direcciones según el relieve, de modo que, para delimitar una unidad específica, es necesario establecer un contorno o limite denominada divisora de aguas o parteaguas, a partir de un punto de salida o cierre sobre la red de avenamiento. Por lo tanto, el área de aguas arriba al punto señalado que drena la red constituye una cuenca y es un espacio claramente definido. (Vinch, 1999,p.34)

Figura 6. *Forma de una cuenca hidrográfica, fuente: (Valdera, Ling, & Alarcón, 2015)*

Cambio Climático

El cambio climático es un fenómeno que ha alterado las condiciones del clima a nivel mundial ocasionado inundaciones, escases del recurso hídrico, sequias, descongelamiento de glaciares, y alteraciones de toda la flora y fauna.

Según Valer & Perez (2014) afirma que, el cambio climático es la alteración del clima global y de los climas regionales debido al aumento de la temperatura de la Tierra. Este aumento de la temperatura es generado por el incremento excesivo de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que los seres humanos producimos cuando se queman los bosques y praderas, se usa mucho combustible fósil en las industrias, transporte y otras actividades humanas.

Reducción de lluvias.

La reducción de las precipitaciones y cambios en la estacionalidad. El estudio realizado por el SENAMHI en los últimos 20 años, en la microcuenca Huacrahuacho (Canas, Cusco) revela una drástica caída de la precipitación anual a razón de -12,00 mm por año (12 l/ m^2)

Disminución de las fuentes hídricas.

Según el IPCC, los registros de las observaciones y las proyecciones climáticas proveen abundante evidencia de que los recursos hídricos son vulnerables y pueden ser fuertemente impactados por el cambio climático, al extremo de reducir drásticamente su potencial actual, con un amplio rango de consecuencias para las sociedades humanas y los ecosistemas. Asimismo, la disminución de las fluentes hídricas es consecuencia del retroceso glaciar, el incremento promedio de la temperatura, la mayor evapotranspiración y cambios en los patrones de precipitación.

Riesgo de sequias.

Riesgo de sequías, este fenómeno es conocido desde siempre. Se presenta de dos maneras: como interrupción temporal de la época de lluvia (veranillos) y otro con frecuencia y duración irregular, con fuerte disminución del total anual de precipitación. Una de las consecuencias del cambio climático es el incremento de la frecuencia, intensidad y duración de las sequías, producto de una mayor variabilidad climática y cambio en la frecuencia y estacionalidad del Fenómeno de El Niño, que genera lluvias en el norte del país y sequía en el sur.

Para reducir la vulnerabilidad de las poblaciones alto andinas a la reducción de la disponibilidad del agua por los efectos e impactos del cambio climático se deben implementar medidas relacionadas con la siembra y cosecha del agua. Esto permitirá almacenar las aguas de las lluvias e incrementar la recarga acuífera, para aprovecharlos en las épocas de estiaje. (p.12-14)

El proceso de adaptación a los efectos previstos del cambio climático es particularmente importante en el sector hídrico, puesto que el agua es el principal medio a través del cual impactará a la población y al medio ambiente. Recientemente, algunos estudios e informes globales, han destacado la importancia de la adaptación al cambio climático en el sector hídrico, sin enfocar en la mayoría de los casos en cómo lograr dicho fin en los países en vías de desarrollo, lo que genera un contexto de incertidumbre sobre cuáles son las medidas que hay que priorizar ante los impactos variables del cambio climático para la reducción de la vulnerabilidad de los distintos sistemas. (Rodriguez, 2011,p.15)

Sequias.

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (2010), afirma que., las sequías son períodos secos prolongados, existentes en los ciclos climáticos naturales, caracterizados por la falta de precipitaciones pluviales y de caudal en los ríos. Su origen se encuentra en la atmósfera,

en donde la humedad es deficiente. En regiones áridas y semiáridas es común que haya períodos más secos o más húmedos que de costumbre y estas variaciones causan serios problemas. En términos generales puede ser considerada como la insuficiente disponibilidad de agua en una región, por un período prolongado para satisfacer las necesidades de los elementos bióticos locales. Estas necesidades dependen de la distribución de las poblaciones de plantas, animales y seres humanos, de su modo de vida y del uso de la tierra. (p.3)

Factores determinantes de las sequias.

La ocurrencia de una sequía depende de los siguientes factores determinantes que impulsan la emergencia del fenómeno:

- La evapotranspiración,
- El déficit de la precipitación.

La sequía pertenece al esquema climático normal de las regiones semiáridas y, en consecuencia, está relacionada con la alta variabilidad de las precipitaciones.

La variación de la precipitación en un lugar dado y entre épocas determinadas constituye el factor de impulso principal de las sequías. A su vez, dependen del condicionamiento impuesto por los cambios en la presión atmosférica con las consiguientes alteraciones en la circulación general de la atmósfera. Las sequías están asociadas a condiciones predominantemente anticiclónicas que persisten durante un cierto tiempo.

Otro factor condicionante es la modificación de la cubierta vegetal y de las condiciones del suelo producidas por esos cambios en la circulación atmosférica que pueden constituir un proceso de realimentación para prolongar la sequía.

Las sequías se pueden caracterizar por una carencia del factor de impulso que son las precipitaciones debido a valores de temperatura que hacen que la evapotranspiración potencial se

mantenga alta, aunque la evapotranspiración real de ese momento sea pequeña por falta de agua. La sequía no es, como se ve, una entidad tan bien definida como la inundación, porque procede de un decrecimiento en los promedios de precipitación en relación a la necesidad de agua en un período particular y en un área particular.

Las sequías resultan de condiciones hídricas en las que prevalece la escasez de agua como resultado de precipitaciones insuficientes en una serie de años sucesivos. La cantidad de lluvia disminuye el promedio y en consecuencia se empobrecen las pasturas, disminuye el rendimiento de los cultivos, falta agua para la gente y los animales. (INDECI, 2010, p.4)

Tipos de sequias.

Existen tres tipos de sequias

Meteorológica: involucra una reducción en la precipitación en algún período (día, mes, temporada, año) por debajo de una cantidad determinada, normalmente definida como alguna proporción del promedio a largo plazo para un período de tiempo específico. Su definición sólo comprende datos de precipitación. Hay que tener cuidado al usar y agregar datos de precipitación.

Hidrológica: se refiere a una reducción en los recursos acuáticos (flujo en ríos, nivel de lagos, agua subterránea, mantos acuíferos) por debajo de un nivel determinado para un período dado de tiempo. Su definición sólo incorpora datos de disponibilidad y tasas de consumo basadas en el suministro normal del sistema (uso doméstico, industrial y agrícola)

Agrícola: es el impacto que las sequías meteorológicas e hidrológicas tienen sobre esta esfera particular de la actividad humana. Los cultivos requieren condiciones muy particulares de temperatura, humedad y nutrientes durante su crecimiento para alcanzar su desarrollo máximo. Si la disponibilidad de humedad (o de cualquier otro factor) es inferior al nivel

óptimo requerido durante el desarrollo, entonces el crecimiento será menor y la producción se reducirá. (INDECI, 2010, p.5)

Efectos de las sequias.

Entre los efectos típicos de la sequía agrícola están los siguientes:

- Reducción en los ingresos de los campesinos.
- Reducción en las oportunidades de empleo de los trabajadores agrícolas.
- Reducción generalizada de la demanda en toda la economía.
- Aumento en la morosidad de pagos de préstamos en el sector rural (bancos centrales y comerciales).
- Reducción en los ingresos gubernamentales y en las ganancias de intercambio exterior como resultado de la caída de las exportaciones agrícolas.
- Aumento de los precios de los alimentos básicos.
- Aumento de la tasa de inflación dentro de la economía.

La incapacidad de ciertos sectores de la población para pagar los elevados precios de los alimentos hace que:

- Prefieran alimentos más baratos y que a veces no sean los preferidos,
- Reduzcan su consumo general de alimentos,
- Pidan y acepten préstamos para mantener su consumo de alimentos,
- Vendan sus bienes para recaudar fondos, Aprovechen fuentes alternativas de ingresos en su localidad,
- Migren a otra parte en busca de empleo,
- Migren a donde se distribuya auxilio alimenticio,
- Aumento en las tensiones y la morbilidad debido a la migración,

- La reducción en el consumo de alimentos deteriora el estado nutricional y reduce la habilidad para resistir infecciones,
- El agotamiento de las fuentes de agua reduce la calidad del agua, lo cual da origen a la necesidad de desplazarse más lejos para encontrar agua y posiblemente hasta obligue a migrar hacia mejores fuentes de agua, lo cual aumenta los niveles de morbilidad,
- El agudizamiento de la competencia por el acceso a las fuentes de agua puede llevar a un incremento en la incidencia de disputas y conflictos locales,
- Los costos sociales causados por la migración, como la disolución de las comunidades y familias. (INDECI, 2010, p.6)

Ante todo, este problema de calentamiento global, en este proyecto se planteas técnicas de cosecha y siembra de agua con la finalidad de cubrir las necesidades hídricas de los cultivos.

La Cosecha Y Siembra De Agua

Según Valdera, et al., (2015) afirma que la reducción del recurso hídrico nos afecte menos, se debe realizar la “siembra y cosecha de agua” en las cabeceras de cuenca. Esto permitirá almacenar el agua de las lluvias, incrementar su infiltración y aprovecharla en las épocas de estiaje. (p.11)

Según el Ministerio De Agricultura Y Riego (MINAGRI) (2016), La siembra y cosecha de agua se practica en varias partes del mundo, particularmente en países del Mediterráneo y Medio Oriente, desde tiempos milenarios. Independientemente de los conceptos técnicos internacionalmente usados (water harvesting, rain wáter harvesting, cloud seeding, artificial recharge, etc.), en el Perú se ha ido acuñando el término de siembra y cosecha de agua para

referirse a las intervenciones intencionales en el ciclo hidrológico terrestre para retener, infiltrar, almacenar y regular aguas provenientes directamente de la lluvia, para su aprovechamiento en un determinado lugar y tiempo.

La siembra y cosecha de agua implica realizar determinadas acciones de implementación y manejo de infraestructura gris y/o verde. A menudo incluye regulaciones con respecto a la ocupación y uso del territorio para restaurar o mejorar el funcionamiento de un determinado ecosistema. Además, contempla un conjunto de prácticas físicas que normalmente se complementan entre sí, con las cuales se consigue ciertas transformaciones en el territorio (leves cambios en la topografía; cambio de flujos de agua hacia determinadas lugares, áreas superficiales o estratos geológicos; incremento de la cobertura vegetal y otras modificaciones en la geomorfología; incremento o reducción de la permeabilidad del suelo; asegurar mayor estabilidad de taludes; etc.) y acuerdos socio institucionales para favorecer precisamente la retención superficial o sub superficial del agua, procurar su calidad y regular su posterior uso, incluyendo además el agua verde retenida por el sistema suelo– cobertura vegetal. (p.25)

Variables, categorías e indicadores de analices.

En la siguiente tabla se presentan las variables, categorías e indicadores aplicados para el desarrollo de la investigación.

Tabla 8: *Variables de análisis de solución para el desarrollo de la investigación.*

variables	**Categorías**	**Indicadores**
Cosecha y siembra de agua	Cosecha	➢ Reservorios para almacenamiento de agua revestidos con geomembrana. ➢ Micropresas. ➢ Qochas de almacenamiento.
	Siembra	✓ Zanjas de infiltración. ✓ Amunas. ✓ Qochas de infiltración. ✓ Bofedales. ✓ Reforestación.

Detalle de las variables, categorías e indicadores para el desarrollo del proyecto.

Desarrollo De Las Variables.

Cosecha de agua.

El término *"cosecha de agua"* es más difundido en el país. El concepto se relaciona con el almacenamiento local del agua, previamente interceptada o captada en cuerpos superficiales o subterráneos, así como la regulación de sus momentos y caudales de descarga, de tal forma que puedan ser utilizados en los lugares, momentos o periodos oportunos para diversos fines como consumo humano, crianza de peces, agricultura, bebederos de ganado, etc. (MINAGRI, 2016,p.25)

Tecnicas De Coseha De Agua.

Reservorios para alamcenamiento.

Según predes (2005), afirma que La importancia del reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectadas.

Condiciones de adaptación.

Para la construcción de del reservorio se tiene que tener en cuenta aspectos importantes como, el área de captación, el tipo de captación, el coeficiente de escorrentía del área de captación, el promedio de precipitación mensual, la demanda de agua requerida, el tipo de material a utilizar para hacer la impermeabilización del reservorio, estructuras de conducción, aliviaderos y ubicación.

Eficiencia de la escorrentía superficial para captación.

El volumen de la escorrentía superficial por unidad de área se llama “eficiencia de la escorrentía”. La escorrentía es más “eficiente” cuando la superficie del terreno es uniforme, pareja y lisa (no rugosa) y el área es más pequeña.

Los sistemas de microcaptación (pequeñas áreas a distancias cortas del recorrido de la escorrentía superficial) generalmente presentan eficiencias de escorrentía más altas porque las depresiones donde se estanca el agua son menos profundas y, en general, las desigualdades del terreno son menores que las que hay en áreas de captación más grandes y distantes (sistemas de macrocaptación). Se ha visto que, dentro de una misma área de captación, aunque con suelo, topografía y manejo uniformes, y durante el mismo evento o periodo de precipitación, a medida que se considera un área mayor, disminuye la cantidad de agua por unidad de área involucrada.

Esto se debe básicamente a que, a mayor recorrido, parte de la escorrentía superficial se infiltra o evapora en el camino (vegetación, rugosidades, hoyos, irregularidades de los cauces, etc.).

Lo anterior indica que es más eficiente tener un área de producción y captación de escorrentía pequeña, pero bien impermeabilizada (C lo más próximo a 1,0 ó 100%), que tener áreas mayores de captación, donde se pierde eficiencia y se requiere más trabajo para el manejo y mantenimiento del área.

criterios de diseño de reservorio.

Para determinar las medidas se tiene que tomar en cuenta el tipo de suelo para conformar el talud, como en la zona tenemos suelos francos lo más recomendable es conformar un talud de 1(H):1.5(V), y la impermeabilización se debe hacer con geomembrana HDPE o con cualquier otro material impermeabilizante, para evitar las infiltraciones y ponga en peligro los taludes.

Determinación de la oferta de agua.

Para la determinar la oferta de agua se considera el coeficiente de escorrentía de acuerdo el material a usar, la precipitación promedio mensual de una estación meteorológica de todos los años evaluados y el área de captación de acuerdo a las necesidades hídricas.

$$A_i = \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}$$

Pp_i : precipitación promedio mensual (litros/m^2)
Ce : coeficiente de escorrentía
Ac : área de captación (m^2)
A_i : Oferta de agua en el mes "i" (m^3)

Micropresas.

Según Ministerio De Vivienda, (2011) La metodología que se presenta para el diseño hidrológico-hidráulico del volumen a embalsar está compuesta por el análisis de la oferta de agua a través del modelo de precipitación-escurrimiento y el análisis de la satisfacción de la demanda

de acuerdo con el uso previsto del agua, a través de un balance hídrico del embalse. Esta metodología tiene aplicación amplia para todas las presas, aunque se deja en manos del profesional los criterios de aceptación de la satisfacción de la demanda obtenida del balance (p.14).

Condiciones de adaptación.

Las construcciones de estas pequeñas presas se realizan en el cauce los ríos mediante un muro perpendicular a la dirección del agua.

Los aspectos que se debe tener en cuenta son la topografía, la ubicación del lugar adecuado de almacenamiento, la demanda hídrica, el material adecuado para la construcción del muro, las estructuras de aliviadero y válvulas de control, estas pequeñas presas mayormente se construyen en las partes bajas de las de las microcuencas para captar el agua de toda el área de escurrimiento de la microcuenca misma.

Qochas de almacenamiento.

según Valer Barazorda & Pérez Salinas,(2014) menciona que las Qochas de almacenamiento Son aquellas que solo almacenan el agua superficial, producto de las lluvias y se caracterizan por presentar una base impermeable o con bajísimos coeficientes de permeabilidad. Generalmente se encuentran ubicadas sobre bofedales que poseen material impermeable. Los bordes de la qocha también presentan material impermeable.

Con el inicio de las lluvias, el agua se almacena hasta donde permite el vaso y sube rápidamente el espejo de agua, que permanece por más tiempo en el vaso receptor.

Con el cese de las lluvias hay una disminución lenta por la evaporación y la infiltración que es mínima para este caso. Con el retorno de las lluvias, otra vez sube el espejo de agua hasta llenar el vaso. El ciclo se repite en las épocas de sequía y de lluvias. (p.29-30)

Condiciones de adaptación.

Para la construcción de este tipo de técnica, tiene que haber una depresión natural en la cabecera de cuenca con mínima infiltración del suelo de la base, pero para lograr almacenar mayor volumen de agua se complementa con la construcción de diques impermeables.

Según Valdera, Ling, & Alarcón, (2015), afirma que Para determinar el lugar de la construcción de una qocha nueva, se debe realizar un diagnóstico con la participación de pobladores que conocen la zona, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

• En suelos arcillosos y limosos construiremos qochas de cosecha.

• Las qochas deben ubicarse en la parte alta de las microcuencas, en terrenos poco inclinados. Se debe evitar la construcción de qochas en las quebradas o en zonas con deslizamientos, porque son peligrosas en temporada de lluvias.

• De preferencia, el área tributaria debe ser grande para captar la mayor cantidad de agua, también se puede construir en áreas de recolección pequeñas, donde se pueda aprovechar agua de los riachuelos y manantes de las quebradas aledañas mediante canales colectores.

• El área de influencia debe ser lo suficientemente grande, para que beneficie a los manantes, bofedales, riachuelos y pastos naturales.

• El terreno donde se construirá la qocha debe tener depresiones naturales e inclinación muy suave, y el área de almacenamiento debe ser grande.

• Para la construcción del dique, la zona debe contar con suficientes materiales como piedras, champas y tierra arcillosa.

• Se debe tener claridad sobre la tenencia del terreno donde construirán las qochas (áreas de recolección, almacenamiento e influencia) para evitar conflictos. (p.14)

Siembra de agua

El concepto *"siembra de agua"* se centra en la recarga hídrica del suelo, subsuelo y/o acuíferos. Se relaciona con medidas que estimulen la incorporación del agua de lluvia –mediante la interceptación e infiltración de (parte de) la escorrentía superficial que es provocada por dicha precipitación- en el suelo, subsuelo y/o acuífero, sea a nivel de la capa arable, zona radicular, perfiles de subsuelo o alimentando los acuíferos. Estas prácticas pueden beneficiar, incluso a usuarios aguas abajo, a pesar de no haber implementado medidas de siembra de agua. La capacidad de "sembrar" agua depende de la intensidad de precipitación, el grado de escorrentía, la capacidad de retención del sistema suelo– planta y de la capacidad de infiltración del suelo y geología del territorio. (MINAGRI, 2016,p.26)

Tecnica De Siembra De Agua.

Zanjas de infiltracion.

Las zanjas de infiltración son estructuras hechas por el hombre que sirven para atrapar escurrimiento superficial en periodos de lluvias intensas en zonas de ladera. En las zanjas, a pendiente 0 %, el agua captada se infiltra en el suelo y así aumenta su humedad y recarga el agua subterránea, evitando procesos erosivos del manto.

Condiciones de adaptación.

Para el diseño, construcción y mantenimiento de las zanjas se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

• Se sugiere: 5 m de largo, 0,30 m de ancho y 0,30 m de profundidad y 1 m de separación para el camino. La tierra extraída se deposita en la parte baja de la zanja para formar un camellón, el cual debe ser ligeramente compactado. Se sugiere plantar árboles y pastos nativos en el camellón para darle estabilidad.

• La cantidad de agua de lluvia que cae en la zona de captación, debe ser menor o igual a la que capta y absorbe la zanja.

• La pendiente del terreno en el área que se construirá la zanja de infiltración determinará el espaciamiento entre zanjas; en terrenos de mayor pendiente se construirán a menor distancia.

• En zonas de pastoreo se deben dejar tabiques con un ancho adecuado para facilitar el paso de los animales y evitar el deterioro de las zanjas.

• Realizar el mantenimiento de la zanja, limpiando el material arrastrado por el agua o sedimento. De esta manera se aumenta su vida útil.

• Las plantaciones forestales de especies nativas (qolle, queuña, chachacomo, entre otros) sobre el camellón de la zanja, ayudarán a infiltrar el agua y estabilizarán los taludes. (Valer Barazorda & Pérez Salinas, 2014,p.16-17)

Qochas de infiltracion.

Las qochas de “siembra de agua de lluvia” están destinadas a la recarga de los acuíferos, los cuales alimentan a los manantes, bofedales y humedecen terrenos aguas abajo. De esta manera, los pastos se mantienen durante la temporada de sequía. Sin estas qochas, en condiciones naturales, el agua discurre por la superficie del suelo sin ser aprovechada y, en algunos casos, se generan problemas de erosión e inundación en la parte baja de la cuenca.

Generalmente, el vaso receptor permanece seco por un mayor tiempo a lo largo del año. Con el inicio de las lluvias, el agua se almacena con menor velocidad que en las qochas de cosecha, pero con el cese de las lluvias hay una fuerte disminución del agua almacenada por efecto de la infiltración. En consecuencia, el espejo de agua baja rápidamente. Con el retorno de las lluvias vuelve a llenarse lentamente, porque parte del agua se infiltra en el suelo. (Valer Barazorda & Pérez Salinas, 2014,p.24)

Condiciones de adaptación.

Los principios de la construcción de este tipo de qochas de infiltración en similar a las fochas de almacenamiento, con la diferencia que el suelo donde se construye debe ser permeable para permitir la infiltración del agua y recargar los acuíferos subterráneos.

Amunas.

Las amunas son una práctica ancestral de recarga artificial de acuíferos en macizos rocosos de alta montaña. Fueron construidas por la cultura Inca del siglo XIV. Son obras rusticas que sirven para captar las aguas de escurrimiento de las lluvias en las alturas, arriba de los 4400 msnm. De esa manera, el agua será conducida a través de acequias en tierra a curva de nivel, para luego infiltrarse en las laderas de los cerros, sobre los suelos pedregosos y las rocas fracturadas, ubicados encima de sus manantiales más importantes. Sus beneficios son reconocidos, ya que sin ella la agricultura con riego no sería posible en estas zonas, lo que obliga a los lugareños a realizar el mantenimiento anual a través de faenas comunales. Este sistema de recarga artificial de alta montaña ha resultado ser muy eficaz y es perfectamente aplicable a zonas de geografía similares y con problemas de escasez de agua.

Condiciones de adaptación.

Para la adaptación a este tipo de técnica es necesario tener en la parte alta de la cuenca montañas rocosas en forma de codillera para usarlo como filtrantes de agua de lluvia y recargar manantiales en la parte baja.

Bofedales.

Un bofedal es un humedal de altura, y se considera una pradera nativa poco extensa con permanente humedad. Los vegetales o plantas que habitan el bofedal reciben el nombre de "vegetales hidrofíticos". Los bofedales se forman en zonas como las del macizo andino ubicadas

sobre los 3.800 metros de altura, en donde las planicies almacenan aguas provenientes de precipitaciones pluviales, deshielo de glaciares y principalmente afloramientos superficiales de aguas subterráneas.

Condiciones de adaptación.

Para la construcción de bofedales se debe tener las siguientes condiciones:

•No se permitirá la explotación de aguas superficiales, aguas arriba del bofedal, ni tampoco la extracción de aguas subterráneas en su superficie ni a 200 m de sus límites.

• La construcción de terraplenes, preverá la implementación de pedraplenes en la parte inferior, de manera de garantizar el libre flujo de aguas subsuperficiales.

•En las zonas de bofedales no se podrán implementar áreas de botadero, ni tampoco préstamos laterales.

•Está prohibida la eliminación de material excedente y residuos de plantas en los bofedales, éste puede ser dispuesto en zonas intervenidas aledañas, pero de ninguna manera en este tipo de ecosistemas.

•No está permitida la disposición de residuos asfálticos en el bofedal ni siquiera de manera temporal. Todo residuo de la construcción deberá ser inmediatamente retirado y dispuesto en sitios próximos de manera temporal para su posterior traslado hacia los sitios de disposición final.

Reforestacion

La reforestación son maneras de proteger el suelo del impacto de las lluvias y mejorar la infiltración del agua. El tronco y las raíces de los árboles funcionan como retenedores que reducen la velocidad del agua que corre y hacen que la estructura del suelo se rompa y queden aberturas para que el agua se infiltre e incremente la recarga de los acuíferos.

Está probado que las plantaciones forestales con especies nativas en áreas de protección, con distanciamientos cortos entre planta y planta, disminuyen el potencial de erosión hídrica. Además de proveer servicios ambientales, contribuyen a la recuperación de los suelos degradados, incrementan la infiltración en el suelo y reducen notablemente la escorrentía superficial.

Condiciones de adaptacion.

En ese sentido, para la siembra de agua, se recomienda reforestar con especies nativas ¨llamadoras de agua¨ (queuña, aliso, chachacomo, sauco, arrayán, entre otros). No es recomendable usar plantas de pino ni eucalipto, por su alto consumo de agua y por su efecto negativo en el desarrollo de otras especies a sus alrededores, por la alelopatía.8 Se reporta que, para generar el incremento de un metro cúbico de madera de pino radiata, se requiere de 250 a 717 metros cúbicos de agua al año.

Si las condiciones de clima son favorables para el crecimiento de árboles y arbustos, se recomienda realizar plantaciones de especies forestales nativas en las partes más degradadas del área tributaria. Esta práctica permitirá la recuperación del suelo y reducirá la velocidad de la escorrentía, incrementando la infiltración del agua y la recarga de la qocha. (Valer Barazorda & Pérez Salinas, 2014,p.20;47).

Estudio Del Caso

Nombre Del Proyecto: Cosecha y Siembra de agua para enfrentar las Sequias, Caso: Caserío Marcopampa, Distrito de Querocoto, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca.

Ubicación geográfica

El Caserío Marcopampa de encuadra ubicado aproximadamente a 6°20’51.07” sur y a 79°0’34.79” oeste.

Ubicación Política

Departamento : *Cajamarca*

Provincia : *Chota*

Distrito : *Querocoto*

Caserío : *Marcopampa*

Figura 7: Ubicación Nacional y Departamental.

Figura 8: *Ubicación Provincial y Distrital*

Figura 9: Ubicación de la Zona de Estudio

Vías De Acceso

El acceso principal al distrito de Querocoto y a la zona del proyecto esta facilitado por la carretera que une Chiclayo con la provincia de Chota, partiendo la vía de acceso desde el lugar denominado Yanocuna, que pertenece al distrito de Huambos.

Tomando como referencia la ciudad de Chiclayo al Caserío Marcopampa llega de la siguiente manera:

Tabla 9: *distancia y hora a la zona de estudio.*

Desde	Hacia	Vía	Distancia (Km.)	Tiempo (h/min.)
Chiclayo	Yanacuna(Cruce)	Asfaltada	180.00	3.5 hrs
Yanacuna	Querocoto	Afirmada	50.00	1.5 hrs
Querocoto	Pacopampa	Afirmada	5.0	15 min
Pacopampa	Marcopampa	Afirmada	4.0	10 min
		TOTAL	239.0	5,25 hrs

especificaciones de distancias de las vías de acceso al proyecto.

Descripción de la zona de Zona

Clima.

El clima de la zona donde se encuentra la comunidad es templado, propio de la sierra norte, con precipitaciones pluviales que van desde 900 mm/año hasta 1000 mm/año, las cuales se presentan con mayor intensidad en los meses de febrero a abril, pero los meses que se presentan mayor escases va de junio a setiembre. La temperatura mínima de 10°C y máxima de 18°C.

Topografía y suelo.

En general la fisiografía de la comunidad es accidentada, con pendientes entre el 5 % y 40 % todo el terreno agrícola, la conformación de los suelos de la zona va desde suelos franco-arcillosos, limosos y pedregosos.

Piso Ecológico.

El Proyecto está ubicado entre los 2020 a 2350 m.s.n.m., y según el mapa ecológico del Perú, pertenece a un bosque seco mediano bajo tropical

Aspectos Socio – Económicos

Aspectos Económicos.

La actividad económica primaria está representada por la agricultura artesanal como pequeños parceleros, y ofertantes de mano de obra para cultivos; también el comercio informal de productos de pan llevar. Sus ingresos mensuales promedio ascienden a 250-400 soles, que resulta insuficiente para sus gastos de alimentación, educación, abrigo, y transporte.

El caserío Marcopampa está considerada como una Zona Pobre y tienen una tasa de desnutrición muy elevada.

Entre las Instituciones vinculadas con el desarrollo del área tenemos: Municipalidad Distrital de Querocoto, Municipalidad Provincial de Chota, Gobierno Sub Regional Chota, Fondo Social la Granja, Minera Rio Tinto La Granja y otras.

Producción.

Las actividades económicas del área de influencia se sustentan en la actividad: Agricultura y Ganadería.

Entre los principales productos permanentes y transitorios tenemos: el fríjol, maíz, trigo, yuca, y otros árboles frutales; en la ganadería destacan la crianza de ganado vacuno y porcino.

Organizaciones Locales.

El caserio marcopampa cuenta con un comité de Gestión de Agua, Asociación de Padres de familia, Club de madres y Organización de Rondas Campesinas

Religión.

La población del caserío profesa la religión católica en un 98% y el restante es evangélico.

Vivienda y Servicios Públicos

Viviendas.

El 99% de las viviendas son de adobe y/o tapial con techos de teja o calamina sobre estructura de madera, el resto son de ladrillo y concreto.

Se caracteriza por el desarrollo de varias actividades en una sola habitación

Las viviendas del caserío Marcopampa son 35 familias aproximadamente, las que se encuentran un poco menos de la mitad semiconcetrados y el resto dispersas en toda el área intervenida

Servicios de Salud.

La Población del caserío Marcopampa, acuden al Puesto de Salud ubicado en el Distrito de Querocoto que se encuentra a 9 Km. Del Caserío Marcopama.

Las enfermedades más comunes que se presentan en el caserío son las diarreicas y respiratorias agudas.

Educación.

La Población del caserío Marcopampa cuenta con Instituciones Educativas que imparten enseñanzas de nivel Inicial y Primario, mientras que para el nivel Secundario acuden a la Institución ubicado en el C.P Pacopampa y el Distrito de Querocoto. En todo el distrito la educación primaria llega a un 95%, la educación secundaria a un 40%.

Energía Eléctrica.

Marcopampa cuenta con el servicio de energía eléctrica durante las 24 horas del día. -La Empresa prestadora del servicio es Electro Norte S.A.

El costo del servicio mensual por vivienda es de acuerdo al consumo medido y fluctúa entre los s/. 5.00 a s/. 8.00 mensual.

Ingeniería básica

Datos pluviométricos.

La base de este proyecto es principalmente la información meteorológica existente en la zona de estudio, con esa finalidad se ha creído conveniente utilizar datos históricos de precipitaciones acumuladas durante 20 años brindadas de la estación meteorológica de Querocotillo. Los cuales se detallarán en un cuadro posterior mente, también se ha hecho un levantamiento de información tales como: topografía, suelo, clima, etc. Para poder complementar el proyecto.

A continuación, se detalla los datos de la estación meteorológica y la información de precipitaciones.

REGISTROS PLUVIOMETRICOS	
ESTACION: Querocotillo	LATITUD: 6°16'25.16"S
LONGITUD: 79°2'13.04"O	DISTRITO: Querocotillo
PROVINCIA: Cutervo	DEPARTAMENTO: Cajamarca

Tabla 10: *precipitación mensual y promedio*

	AÑOS																				PROM
MESES	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	
ENERO	81.5	80.5	28.7	72.0	79.0	123.5	67.4	145.1	54.6	72.9	57.6	44.0	104.5	115.9	116.1	122.4	32.0	64.4	187.0	122.5	**88.58**
FEBRERO	157.5	26.0	130.0	168.5	106.0	335.3	123.4	103.4	129.5	119.3	79.8	200.0	153.6	35.7	297.2	118.3	172.1	58.4	102.0	83.5	**134.98**
MARZO	180.0	81.0	169.0	17.5	295.5	75.3	109.0	133.0	107.1	94.2	57.7	152.9	251.5	129.2	143.2	257.5	166.2	135.8	149.5	166.3	**143.57**
ABRIL	133.0	47.5	89.0	109.0	299.0	115.2	150.8	102.2	164.7	72.8	161.3	24.2	85.8	95.3	118.5	132.3	180.4	122.9	217.7	127.5	**127.46**
MAYO	100.0	42.5	78.0	60.0	98.0	51.3	91.3	102.0	59.6	95.6	108.5	39.1	35.3	92.9	67.6	67.4	52.5	78.9	46.2	185.4	**77.61**
JUNIO	40.5	43.5	51.5	27.5	50.5	93.9	86.9	16.1	53.5	57.7	60.6	64.6	59.4	16.7	38.5	70.2	25.1	47.5	17.8	32.5	**47.73**
JULIO	31.0	34.0	13.0	0.0	9.0	95.2	15.9	78.6	79.6	16.5	99.7	21.7	22.6	43.3	57.4	51.5	20.8	41.2	40.2	17.6	**39.44**
AGOSTO	17.0	10.0	36.0	29.0	7.5	17.5	58.9	19.4	4.4	14.5	21.3	8.4	19.0	30.8	26.1	35.9	5.4	19.7	28.4	69.9	**23.96**
SETIEMBRE	59.0	24.0	25.0	22.0	37.5	68.5	136.1	105.6	28.0	15.6	41.1	15.5	40.7	20.5	84.9	50.6	40.9	76.1	14.5	18.9	**46.25**
OCTUBRE	42.0	52.0	121.0	58.5	103.5	76.6	40.6	72.3	128.5	78.9	79.9	158.4	108.6	128.1	129.2	55.5	72.4	133.2	89.8	129.3	**92.92**
NOBIEMBRE	50.5	91.0	85.5	47.0	57.0	28.8	31.1	91.1	110.1	74.1	171.0	73.4	100.3	235.1	51.4	121.4	44.3	66.8	88.4	23.4	**82.09**
DICIEMBRE	80.0	228.0	50.0	74.0	28.0	74.7	158.9	130.3	78.0	104.1	102.0	66.6	38.0	47.5	49.6	66.0	100.9	131.3	129.3	81.7	**90.95**

Información de lluvias en mm de la estación meteorológica de Querocotillo, Fuente- SENAMHI

Tabla 11: *Promedio de precipitación anual*

PRECIPITACION EN MILIMITROS																			
AÑOS																			
1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
81.0	**63.3**	**73.1**	**57.1**	**97.5**	**96.3**	**89.2**	**91.6**	**83.1**	**68.0**	**86.7**	**72.4**	**84.9**	**82.6**	**98.3**	**95.8**	**76.1**	**81.4**	**92.6**	**88.2**

Detalle del promedio de la precipitación anual desde el año 1994 hasta 2013 - elaboración propia.

Resultados

Según el registro de lluvias desde 1994 hasta 2013, se tiene un total de 995.5 mm/año, pero los meses de mayor precipitación va desde febrero hasta abril con un promedio de 135.4 milímetros, el cual equivale a 1353.4 metros cúbicos por hectárea aproximadamente, seguidamente los meses de precipitaciones medias van desde octubre a enero con un promedio de 86.4 mm/mes los cuales equivalen aproximadamente a 864 metros cúbicos por hectárea, y de junio a setiembre son los meses que se presenta las más bajas precipitaciones registradas en todos los años con 39.34 milímetros los culés son 393 metros cúbicos por hectárea.

Aspectos de adaptación a la siembra y cosecha de agua del Caserío Marcopamapa.

Aspecto económico.

La población del Caserío Marcopampa económicamente es de bajos recursos económicos los cuales no cuentan con capital para hacer alguna inversión en algún proyecto lo único que colaborarían es con mano de obra, pero el Distrito cuenta con una institución que administra el canon minero el cual hace inversiones en desarrollo social en todo el ámbito distrital.

Aspecto social.

En el aspecto social la población del Caserío de Marcopampa no tiene ninguna experiencia en temas relacionados a la siembra y cosecha de agua, pero con la necesidad y los beneficios de se pueden adaptar a este tipo de técnicas.

Condiciones de adaptación a la siembra y cosecha de agua del Caserío Marcopampa

Clima.

Según la información meteorológica la precipitación en el área de estudio es de 995.4 mm/año, con estas condiciones se puede implementar algunas técnicas de cosecha de agua, tales como:

Reforestación, zanjas de infiltración y reservorios de almacenamiento revestido con geomebrana.

Suelo.

Los suelos son francos-arcillosos, limosos y pedregosos; con estas condiciones de suelos se pueden hacer qochas de almacenamiento, zanjas de infiltración y reforestación, previamente haciendo una zonificación para determinar con exactitud los tipos de suelos.

Topografía.

la mayoría de la topografía es accidentada con pendientes que van desde el 5% a 40%, con escasas formaciones naturales para la adaptación de qochas de almacenamiento e infiltración, bofedales y amunas.

Conclusiones

la siembra y cosecha de agua aporta beneficios sociales y ambientales aumentando los flujos de aguas superficiales y subterráneas, conservando el medio ambiente de manera sostenible.

Determinando principalmente en las técnicas de almacenamiento e infiltración y analizando las condiciones de suelo, clima, y topografía, concluye que: en el Caserío Marcopampa solo es factible las técnicas de reforestación, zanjas de infiltración y reservorios revestidos con geomembrana.

Se registró en la estación meteorológica de Querocotillo registra precipitaciones de 995 mm/año, estas condiciones pluviométricas son ideales para aplicar las técnicas de reforestación, cosecha de agua y zanjas de infiltración y reservorios de almacenamiento permeabilizados con geo-membrana.

Recomendaciones

Al Teniente Gobernador conjuntamente con la población del Caserío Marcopampa, para la ejecución de futuros proyectos relacionados a las técnicas de siembra y cosecha de agua, se debe hacer un estudio más detallado de precipitación, topografía, suelos y las necesidades hídricas de los cultivos.

A la unidad ejecutora del Distrito de Querocoto, se recomienda que: la construcción de reservorios se debe hacer cerca de una depresión geográfica con la finalidad de implementar la cosecha de agua, con obras de captación.

A la unidad de conservación de bosques de la Municipalidad Distrital de Querocoto, se recomienda para la reforestación que deben utilizar plantas nativas de la propia zona tales como; arrayan, roble, aliso, chilca, cordoncillo y sauco.

Bibliografía

Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (2000). *Hidrologia Aplicada.* Bogota Colombia: Editorial Nomos S.A.

Critchley, W., & Siegert, K. (1991). WATER HARVESTING. *Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion*, 154.

Fattorelli, S., & Fernndez, P. (2011). *Diseño Hidrologico.* Zaragoza: Wasa-Gn.

Gualdron, N. (2014). *Captacion de Agua de Lluvia como Alternativa comitaria ante la escazes.* Manizales: Manizales.

INDECI, I. N. (2010). *Las Sequias.* Lima.

Leon, L. (2016). *Aprovechamiento sostenible de recursos pluviales en zonas residenciales (Tesis de pregrado). Universidad Catolica del Perú.* Lima.

LINSLEY, R., KOHLER, M., & PAULUS, J. (2013). *Hidrogia Para Ingenieros.* Bogota: EDITORIAL McGRAW-HILL LATINOAMERICANA, S.A.

Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de la Hidrologia de Superficie.* Mexico: Grupo Noriega Editores.

MINAGRI. (2016). Programa nacional de Siembra y Cosecha de Agua. *Aportes y reflexciones desde la Practica*, 127.

MINISTERIO DE VIVIENDA, O. T. (2011). *Manual de diseño y construccion de pequeñas presas.* Motevideo Uruguay: VOL1.

Paredes. (2005). *www.predes.org.pe*. Obtenido de http://www.predes.org.pe/predes/basedatos/ayudatematica_pdf/mp_sequias.pdf

Rodriguez, A. (2011). Proyecto regional de Cosecha de agua de lluvia para cuatro países de la región. *Plan Operativo General y Anual*, 86.

Segerer , C., & Villodas, R. (2006). Hidrologia I. En *Las Precipitaciones.* Argentina.

Valdera, J. L. (2015). Siembra y Cosecha de Agua. *Proyecto Haku Wiñay/Noa Jayatai*, 43.

Valdera, J., Ling, A., & Alarcón, P. (2015). Siembra y Cosecha de Agua. *Las Qochas Rusticas*, 23.

Valer, F., & Perez, J. (2014). *Programa de Adaptacion al Cambio Climatico-PACC.* Lima.

Vieira, M. J. (2013). Captacion y Almacenaminto de agua de lluvia. *Opciones Tecnicas para la Agricultura Familiar en America Latina y el Caribe*, 272.

Vinch, A. I. (1999). Aguas Continentales Formas y Procesos. *Manual de Aplicaciones Practicas*, 363.