

**TÍTULO:** Estudio del tratamiento y usos de agua lluvia en residencias de baja altura en Quito, 2022.

**AUTOR:** Ortiz Simbaña Jossué Damian

**TUTOR:** M. Arch. Marcelo Villacis

Ortiz, S. Jossué, D. (2022). Estudio del tratamiento y usos de agua lluvia en residencias de baja altura en Quito, 2022.  
Universidad Indoamérica





**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO  
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**ESTUDIO DEL TRATAMIENTO Y USOS DE AGUA LLUVIA  
EN RESIDENCIAS DE BAJA ALTURA EN QUITO, 2022**

Trabajo previo a la obtención del título de Arquitecto

Autor(a)  
Ortiz Simbaña Jossué Damian  
Tutor(a)  
M. Arch. Marcelo Villacis

QUITO – ECUADOR  
2022



## **AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, ORTIZ SIMBAÑA JOSSUÉ DAMIAN, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre "ESTUDIO DEL TRATAMIENTO Y USOS DE AGUA LLUVIA EN RESIDENCIALES DE BAJA ALTURA EN QUITO, 2022", como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 8 días del mes de Julio de 2022, firmo conforme:

.....  
ORTIZ SIMBAÑA JOSSUE DAMIAN

C.I. 1726267162

Dirección: Pichincha, Quito, Sede, Cotocollao.

Correo Electrónico: [jossueortiz@indoamerica.edu.ec](mailto:jossueortiz@indoamerica.edu.ec)

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: ESTUDIO DEL TRATAMIENTO Y USOS DE AGUA LLUVIA EN RESIDENCIALES DE BAJA ALTURA EN QUITO, 2022, previo a la obtención del Título de Arquitecto , reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 8 de Julio de 2022.

.....  
ARQ. JOSÉ RAMÓN LEYVA GUZMÁN  
C.I. 1756756902

.....  
ARQ. SUSANA ADRIANA MOYA VICUÑA  
C.I. 1719626952

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular "ESTUDIO DEL TRATAMIENTO Y USOS DE AGUA LLUVIA EN RESIDENCIALES DE BAJA ALTURA EN QUITO, 2022" presentado por ORTIZ SIMABAÑA JOSSUÉ DAMIAN para optar por el Título de Arquitecto., CERTIFICO que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 8 de Julio de 2022

---

M.Arch. Marcelo Villacis  
C.I. 1312200106

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 8 de Julio de 2022



---

ORTIZ SIMABAÑA JOSSUE DAMIAN  
C.I. 1726267162

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este presente trabajo de titulación a Dios por darme salud y los recursos necesarios para estudiar la carrera que tanto anhelo, quien me guía y me acompaña en el transcurso de mi vida. En especial a mis padres quienes han sido mi pilar fundamental y apoyo en el transcurso de la carrera, a pesar de todos los fallos que cometi siempre estuvieron ahí para pasar todos los obstáculos.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por estar siempre ahí guiándome en los momentos más duros, por confiar en mí, en consejos, valores y principios que supieron inculcarme, a mi familia que siempre estuvo ahí apoyándome en lo que necesitaba.

Así mismo a mis amigos y maestros por haberme guiado y apoyado en este largo proceso.

## RESUMEN EJECUTIVO

En los últimos años, las problemáticas del cambio climática, desperdicio del agua dulce y sobre todo el desproporcionado crecimiento poblacional, han ido tomando factura en que no se tenga una demanda que cubra a todo el mundo, las personas han tenido que movilizarse hacia las zonas urbanas buscando una mejor calidad de vida.

Debido a que se tiene este problema en el mundo, esta investigación busca dar conciencia a la gente en que hay soluciones amigables para ayudar al medio ambiente. Para esto se investiga los distintos sistemas de tratamiento de agua, se evalúa cada sistema buscando el mejor posible para viviendas de baja altura, debe ser apta para el consumo humano y ayude en el tema del alcantarillado.

Dentro de esta investigación se realiza en varias fases, la primera fase se realiza el problema del porque existe la escasez de agua en un contexto mundial, posteriormente en un contexto local, en una segunda fase se investiga casos de estudio para entender de una mejor manera como implementan los tratamientos de agua, los materiales que son permitidos en nuestro país para la implementación de estos sistemas igualmente que la normativa del país, y por último en la tercera fase se muestra las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas, los resultados de cada sistema los cuales fueron puestos a una evaluación con unas variables.

Finalmente se encontró que el tratamiento más fiable es el método por clorado debido a que tiene una mejor valoración respecto a cada variable se les evalúa, teniendo en cuenta que tiene ciertos problemas con el medio ambiente.

PALABRAS CLAVES: CONSUMO HUMANO, EFICIENCIA DE AGUA, HARVESTING RAIN, TRATAMIENTO AGUA LLUVIA, VARIABLES

## ABSTRACT

In recent years, the problems of climate change, waste of fresh water and above all the disproportionate population growth, have been taking their toll in that there is no demand that covers everyone, people have had to move to urban areas in search of a better quality of life.

Due to the fact that we have this problem in the world, this research seeks to make people aware that there are friendly solutions to help the environment. For this we will investigate the different water treatment systems, each system will be evaluated looking for the best possible for low-rise housing, it must be suitable for human consumption and help in the issue of sewerage.

Within this research will be carried out in several phases, the first phase will be the problem of why there is water scarcity in a global context, then in a local context, in a second phase will be investigated case studies to better understand how to implement water treatments, the materials that are allowed in our country for the implementation of these systems as well as the regulations of the country, and finally in the third phase will show the advantages and disadvantages of each of the systems, the results of each system which were put to an evaluation with some variables.

Finally, it was found that the most reliable treatment is the chlorination method because it has a better evaluation for each variable evaluated, taking into account that it has certain problems with the environment.

KEYWORDS: HUMAN CONSUMPTION, WATER EFFICIENCY, HARVESTING RAIN, RAINWATER TREATMENT, VARIABLES





# ÍNDICE DE CONTENIDOS

ETAPA 1 Introducción: .....	1
Aspectos históricos de la recolección de agua lluvia .....	4
Escasez de agua en el contexto mundial .....	5
Escasez de agua en el contexto local .....	6
Calidad del agua lluvia de la ciudad de quito.....	11
Demanda actual de agua de la vivienda .....	11
ETAPA 2 Fundamentación teórica:.....	13
Casos de estudio .....	13
Estrategias de tratamiento de agua.....	20
Comportamiento climatico .....	20
Ventajas de la recolección de agua lluvia .....	21
Desventajas de la recolección de agua lluvia .....	21
Evapotranspiracion.....	26
Materiales y métodos .....	28
Área de estudio .....	29
Variables .....	31
Materiales de corrosión .....	33
Normativa .....	34
Lista roja LBC .....	35
ETAPA 3 Resultados. ....	36
Ventajas y desventajas .....	36
Resultados de contaminantes.....	44
Resultados de costo-ahorro.....	44

Resultados de calidad .....	45
Resultados de materiales de corrosión.....	46
Resultados finales .....	47
Conclusion .....	48
Reflexiones finales .....	48
Recomendaciones .....	49
Referencias bibliográficas .....	50
Anexos .....	53

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 Distribución del consumo de agua en una casa.....	1
Figura 2 Disponibilidad del agua en Pichincha .....	3
Figura 3 Esquema de cisterna subterránea .....	4
Figura 4 Patio camagüeyano con típicos tinajones .....	5
Figura 5 Tipos de usos de agua lluvia en el pasar del tiempo .....	5
Figura 6 Zonas donde más llueve .....	7-8
Figura 7 Zonas de mayor escasez.....	9-10
Figura 8 Calidad de agua .....	11
Figura 9 Requisitos del nivel de servicio de agua para promover la salud .....	12
Figura 10 Instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario .....	13
Figura 11 Aprovechamiento y filtración del agua lluvia .....	13
Figura 12 Comparacion precipitación Quito y Bogota.....	14
Figura 13 Comparación temperatura máxima y mínima Quito y Bogota .....	15

Figura 14 Comparación precipitación Quito y Dallas .....	16
Figura 15 Comparación temperatura máxima y mínima Quito y Dallas.....	17
Figura 16 Comparación precipitación Quito y Nueva Delhi.....	18
Figura 17 Comparación temperatura máxima y mínima Quito y Nueva Delhi .....	19
Figura 18 Sistema de captación de agua lluvia. ....	20
Figura 19 Tipos de clima en el Ecuador. ....	22
Figura 20 Clima del mundo. ....	23
Figura 21. Humedad de suelo Norte y Centro.....	25
Figura 22. Pisos climaticos de Ecuador. ....	26
Figura 23. Medir evapotranspiración. ....	27

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Tipos/inclinación de techos .....	30
Tabla 2 Variables .....	31
Tabla 3 Variable de captación y almacenaje .....	31
Tabla 4 Variable de materiales .....	32
Tabla 5 Variable de filtración y desinfección .....	32
Tabla 6 Variable de ahorro .....	33
Tabla 7 Materiales de corrosión .....	33
Tabla 8 Variable de normativa.....	34
Tabla 9 Lista roja de materiales de la LBC.....	35
Tabla 10 Valoración para calificar .....	36
Tabla 11 Ventajas y desventajas del Método por ebullición.....	36

Tabla 12 Ventajas y desventajas del Método por filtración de agua.....	37
Tabla 13 Ventajas y desventajas del Método por clorado .....	37
Tabla 14 Ventajas y desventajas del Método por destilación solar .....	38
Tabla 15 Ventajas y desventajas del Método por sodis .....	38
Tabla 16 Ventajas y desventajas del Método por filtro cerámico. ....	39
Tabla 17 Ventajas y desventajas del Método por tejidos. ....	39
Tabla 18 Ventajas y desventajas del Método por filtración por arena.....	40
Tabla 19 Ventajas y desventajas del Método Solvatten.....	40
Tabla 20 Ventajas y desventajas del Método Naiade. ....	41
Tabla 21 Ventajas y desventajas del Método 3 recipientes.....	41
Tabla 22 ventajas y desventajas del Método Osmosis inversa. ....	42
Tabla 23 Ventajas y desventajas del Método Nanofiltración .....	42
Tabla 24 ventajas y desventajas del Metodo Ultrafiltración.....	43
Tabla 25 Ventajas y desventajas del Método Microfiltración.....	43
Tabla 26 Resultados de contaminantes. ....	44
Tabla 27 Resultados de contaminantes .....	44
Tabla 28 Resultados de costo-ahorro .....	44
Tabla 29 Resultados de costo-ahorro .....	45
Tabla 30 Resultados de calidad .....	45
Tabla 31 Resultados de calidad .....	45
Tabla 32 Resultados de Materiales de corrosión .....	46
Tabla 33 Resultados de Materiales de corrosión .....	46
Tabla 34 Resultados Finales .....	47

## ÍNDICE FOTOS

Foto 1 Zona de estudio barrio Calderón .....	29
Foto 2 Zona de estudio conjunto de Calderón.....	29
Foto 3 Zona de estudio barrio Comité del Pueblo .....	29
Foto 4 Zona de estudio barrio Agua Clara .....	29

## ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1 Entrevista a especialista.....	53
Anexo 2 Entrevista a especialista.....	54
Anexo 3 Entrevista a especialista.....	55
Anexo 4 Prueba de calidad 1.....	56
Anexo 5 Prueba de calidad 1.....	57
Anexo 6 Prueba de calidad 2.....	58
Anexo 7 Prueba de calidad 2.....	59
Anexo 8 Prueba de calidad 3.....	60
Anexo 9 Prueba de calidad 3.....	61

## Introducción

El agua es una necesidad básica para las personas, es un recurso limitado que existe en el mundo el cual está dividida por un 97% de agua salada que se encuentra en los océanos y el cual tiene muy poca utilidad para las personas, menos de 1% es de agua dulce que se encuentra en lagos y ríos, el agua restante está atrapada en casquetes de hielo en la Antártida o bajo tierra. (Marcia & Graf, 2010)

Debido al cambio climático y degradación del agua el mundo ha tenido consecuencias humanas, económicas, ambientales, etc. Debido al aumento de las temperaturas se ha ido expandiendo zonas desérticas, igualmente en los últimos años han venido dándose tormentas con frecuencia e inundaciones lo que ha ido provocando una menor producción alimentaria. (Nieto, 2011)

El crecimiento desproporcional de la población a escala mundial provoca que la demanda sea mucho mayor, la introducción de nuevos productos industriales y químicos, y la falta de procesamiento tecnológico del agua para que sea utilizado en el uso doméstico. (Berdonces, 2008)

El agua potable que se genera no abastece a todas personas debido al incremento poblacional, debido a esto se explota las fuentes subterráneas, pero no se tiene en cuenta que estas fuentes son no renovables y si se le explota además puede llegar a ser

inexorablemente a situaciones de mayor riesgo. (Gómez & Grijalva, 2012)

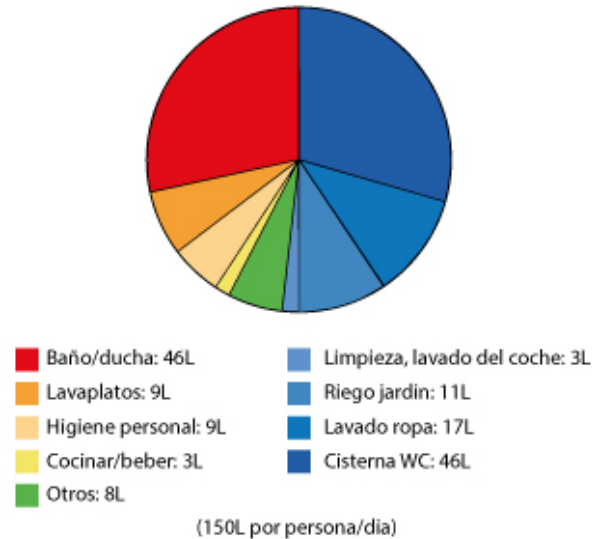


Figura 1 Distribución del consumo de agua en una casa  
fuente: Torres, 2019

Al no tener agua se pierde cosechas ocasionando en distintos países que exista la hambruna, esto da como resultado que las personas que viven de esto tengan que migrar hacia otras ciudades, la escasez de agua ocasiona también que se deje de contratar más personas y tengan que cerrar empresas. (Esparza, 2014)

La sobreexplotación por parte de los agricultores del agua subterránea excede la tasa de renovación de los acuíferos, igual que la

reducción de los caudales de los ríos hace de las personas tengan que movilizarse más lejos para llegar a conseguir agua provocando que se tenga menos producción. (Escribano, 2007)

Igualmente, esta sobreexplotación puede cambiar la calidad de agua que se ofrece a las personas, alterando su dinámica de flujo, una vez que las personas recogen aguas de fuentes abastecedoras la mayoría de las veces estas fuentes están contaminadas. (Posada et al., 2005)

El calentamiento global y el cambio climático son dos factores que inciden en la escasez del agua y también en las inundaciones, estos dos son efectos perniciosos para la salud de las personas. (Camargo-González & Mariscal-Ureta, 2012)

En Ecuador debido a que tiene una riqueza en recursos hídricos, la mayoría de las enfermedades en el sector rural se dan debido a la insuficiencia de los servicios de agua potable y de alcantarillado sanitario. (Recalt, 2007)

El estudio del tratamiento y usos de agua lluvia en los últimos años es un foco de atención debido al crecimiento de la escasez del agua en el mundo por la contaminación ambiental.

Considerando los beneficios de recolectar y usar en el uso doméstico, se debe considerar este tipo de sistemas para equilibrar en algo a la demanda por persona del agua. Las personas no tienen el conocimiento de que el agua se está acabando igualmente no saben cómo puede ayudar este sistema en el hogar que no

tienen la tecnología necesaria para almacenar y aprovechar el agua lluvia, ya sea en lo económico, otra forma es que no tienen la tecnología necesaria para almacenar y aprovechar el agua lluvia.

En esta presente investigación se tiene como objetivo general: evaluar las aplicaciones y tratamientos para el uso de agua lluvia en viviendas de baja altura en el contexto local.

Como objetivos específicos tenemos: identificar la cronología del avance de la utilización de agua lluvia. Definir el orden de prioridad de uso de agua lluvia en una vivienda. Identificar los tratamientos al agua lluvia mas idóneos para el sitio de aplicación.



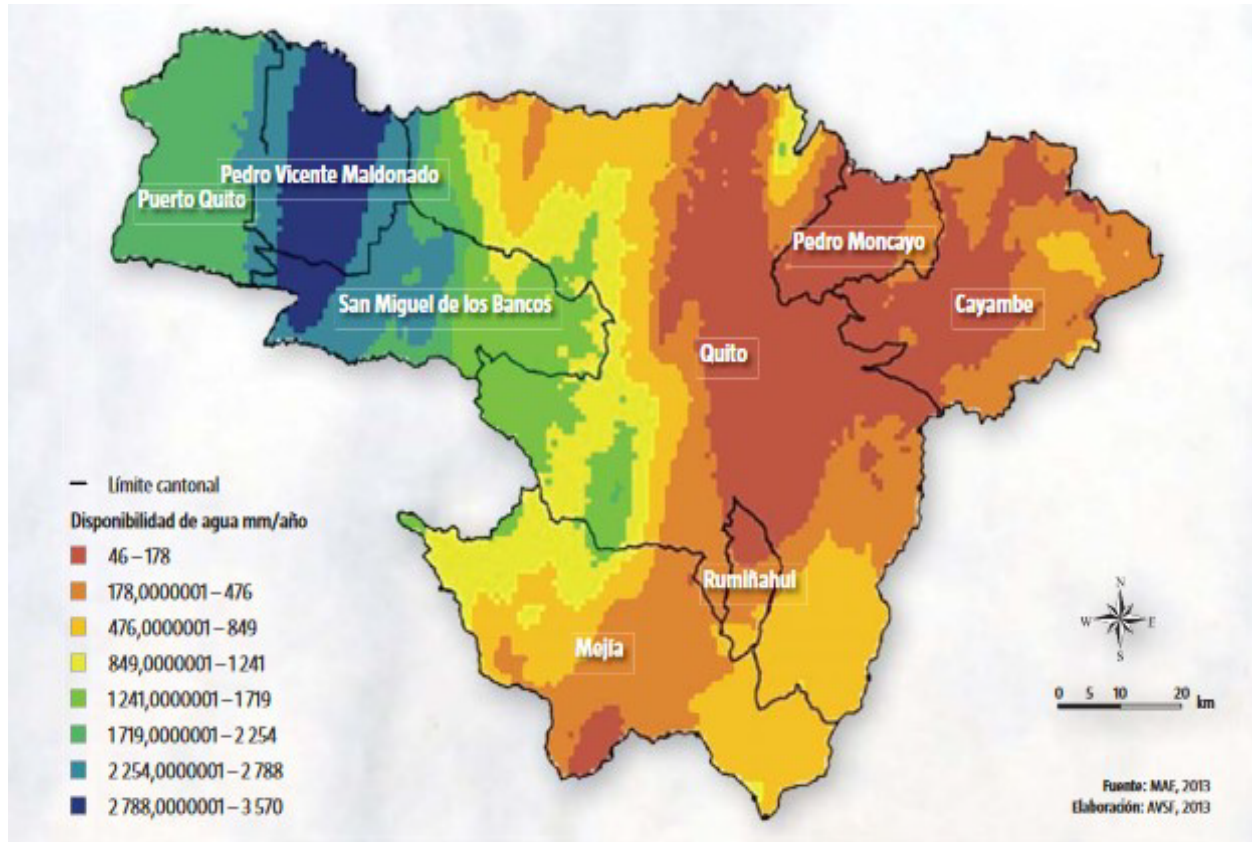


Figura 2 Disponibilidad del agua en Pichincha  
fuente: MAF, 2013

## ASPECTOS HISTÓRICOS DE LA RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

En la antigüedad este tipo de prácticas se ido utilizando mucho para poder suplantar las necesidades básicas, en los palacios europeos antiguos como utilizaban sistemas de recolección más avanzados en estos sistemas utilizaban los techos y la construcción de cisternas piscinas y fuentes. (Magnago, 2019)

En la edad media en la ciudad de Venecia fueron creados más de 6000 cisternas subterráneas alrededor de la cisterna le ponían arcilla para que no puede introducir agua salada y en el interior se tenía un lecho de arena para mantener el agua pura, esta agua era sacado por medio de cubos los cuales eran estas cisternas públicas y era utilizado para beber. (Serea & Urbano, 2006)

En Asia en Israel se pudo encontrar restos de estructuras de más de 4000 años de antigüedad en las cuales se tenía cisternas en los cuales la gente los utilizaba para el ganado y las labores domésticas como es para beber y regar cultivos, en Yemen se pudo encontrar en templos de oración sistemas de recolección en los patios y en las terrazas. (Gnadlinger, 2015)

En la región del Mediterráneo al ser una región con el clima cálido por lo tanto árido las personas de la antigüedad tuvieron que buscar soluciones para obtener y almacenar agua en los periodos cuando había sequia lo que era un problema grave en esas épocas, debido que el agua era muy codiciada para los labores ganaderas y agrícolas. (Medina, 2018)

Aquellas personas recolectaban el agua mediante cisternas estas eran recubiertas por algunas capas de cal para que estas sean impermeabilizadas. El agua sobrante o residual era un problema de cada día hicieron canales que drenaba y canalizaba hacia el mar. (Medina, 2018)

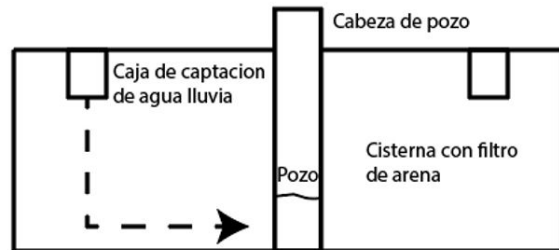


Figura 3 Esquema de cisterna subterránea  
fuente: Elaboración propia

En la época Romana recolectaban grandes cantidades de agua lluvia en cisternas o aljibes igualmente extraían en pozos el agua subterránea, debido al aumento de la población los desarrollos de las ciudades tuvieron que buscar sistemas para tener agua durante todo el año. Desarrollaron un sistema llamada "compluvium" el cual trataba de recoger desde el techo de las casas el agua lluvia que iban dirigidas hacia la cisterna de la casa, pero no todas las casas tenían este sistema. Para mantener el agua fresca y pura en dichas cisternas debía estar protegido del sol, el agua lluvia fue utilizada para la ganadería, cultivo y para el aseo. (Magnago, 2019)



Figura 4 Patio camagüeyano con típicos tinajones  
fuente: Torres, 2019

En la parte China recolectaban el agua de la lluvia en jarras y en pozos de hace más de 2000 años, en Irán en “Albanbar” se encuentra un sistema comunitario donde se recoge y almacena el agua de la lluvia. (Gnadlinger, 2015)

En América latina se han utilizado este tipo de sistemas de recolección para el uso doméstico, el agua es recogida desde los techos es almacenada en cisternas. Uno de los ejemplos es en el imperio Maya en el siglo X a.C, en el cual las cisternas eran excavadas los cuales tenían un diámetro de 5m estas cisternas recogían el agua alrededor de 100 a 200m<sup>2</sup>, estos eran revestidas con yeso para que sea impermeabilizado, esta agua almacenada abastecía a todo el pueblo y se utilizaba para asearse y para el riego de cultivos. (Ghimire & Johnston, 2015)

Region	Periodo	Uso
Norte america	11.500 A.C	Doméstico
China	4.000 A.C	Doméstico
Roma	265 A.C	Doméstico y agricultura
Maya	810 D.C	Doméstico
Escosia	1.800 d.c	Doméstico

Figura 5 Tipos de usos de agua lluvia en el pasar del tiempo  
fuente: Elaboración propia

## ESCAZEZ DE AGUA EN EL CONTEXTO MUNDIAL

Debido al cambio climático ha tenido falta de producción por la falta de lluvia, debido a las altas temperaturas y los cambios en las características hidrológicas esto afecta a la calidad del agua, a medida que va aumento la población va aumento de la misma manera la demanda doméstica como industrial. (Domínguez Calle et al., 2008)

Otra consecuencia del cambio climático es la calidad del agua que puede llegar a perjudicar en la salud de las personas debido a que afecta a todos los sistemas y áreas de desarrollo humano, otro punto de porque se ha reducido la calidad del agua es la introducción de nuevos productos industriales y químicos, y la falta de procesamiento tecnológico del agua para que sea utilizado en el uso doméstico. (Toledo, 2002)

Debido a la falta de recursos hídricos en algunas regiones las estadísticas (Kirby, 2004) indican que más de 5 millones de personas mueren anualmente por enfermedades relacionadas al agua, esto es debido que se debe pagar altos costos para poder obtener un poco de agua, pero no siempre esta agua es pura sino lo

contrario lo que provoca que surjan enfermedades relacionadas por el consumo de agua contaminada, al igual que las personas deben caminar grandes distancias provocando que la gente no pueda producir lo que significa que es una pérdida para el hogar. (Kirby, 2004)

## **ESCASEZ DE AGUA EN EL CONTEXTO LOCAL**

Ecuador es uno de los países que no tiene problemas de escasez de agua porque se encuentra los principales afluentes de río Amazonas gracias a esto se tiene una disponibilidad de 22.500m<sup>3</sup> por habitante por año. El problema del agua en el Ecuador es por la mala distribución, cambio climático, contaminación y el principal problema la explotación de carburos y minería. (Mora, 2017)

La explotación petrolera se comenzó desde los años 70, con esto se aseguraba el desarrollo del país han pasado 40 años y se ha estancado la economía del país aparte de esto se tiene un deterioro ambiental. Los derrames del petróleo han afectado al suelo también la disposición irresponsable de los desechos industriales, sobre todo el agua al igual que se talen árboles para crear caminos. (Salcedo, 2021)

Para tratarle al agua se ha propuesto que todas las personas que trabajen en la minería pidan autorización para usar el agua para su trabajo y procesos siempre y cuando devuelvan el agua al cauce original del río o del lugar donde fue tomada. La reutilización del agua es una obligación para los concesionarios a través de sistemas de recirculación, al no tomar esta medida llegan a tener sanciones una de sus

sanciones es la caducidad de su permiso de trabajo. (Jiménez Amores, 2007)

Según la INAMHI tiene identificado 5000 puntos de agua, pozos subterráneos excavados a nivel nacional, en la época invernal se puede disponer de alrededor de 430.000Hm<sup>3</sup> de agua mientras que en la época verano se tiene 150 HM<sup>3</sup>, el punto en estos es que se tiene problemas de abastecimiento. (BURBANO et al., 2015)

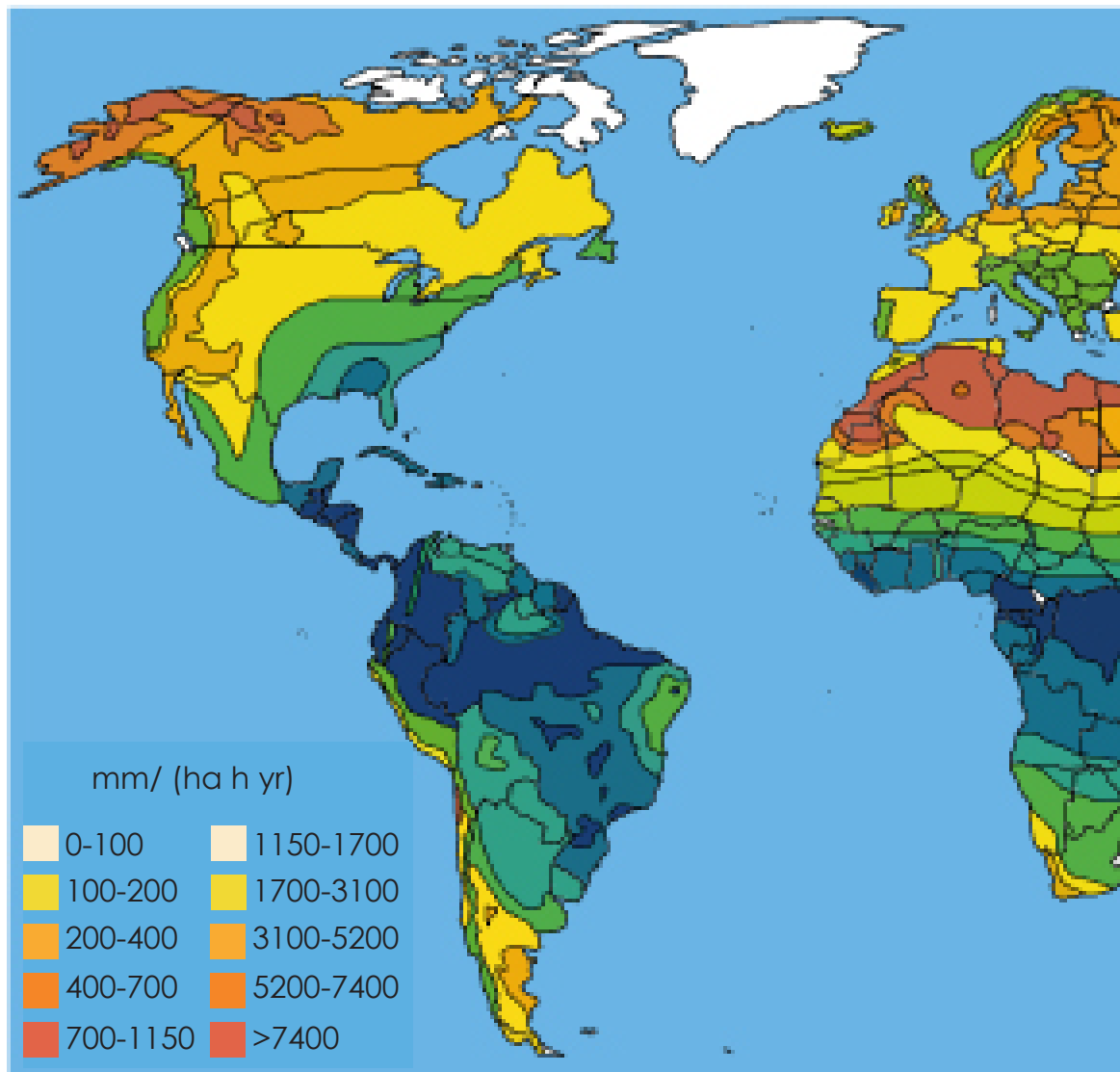
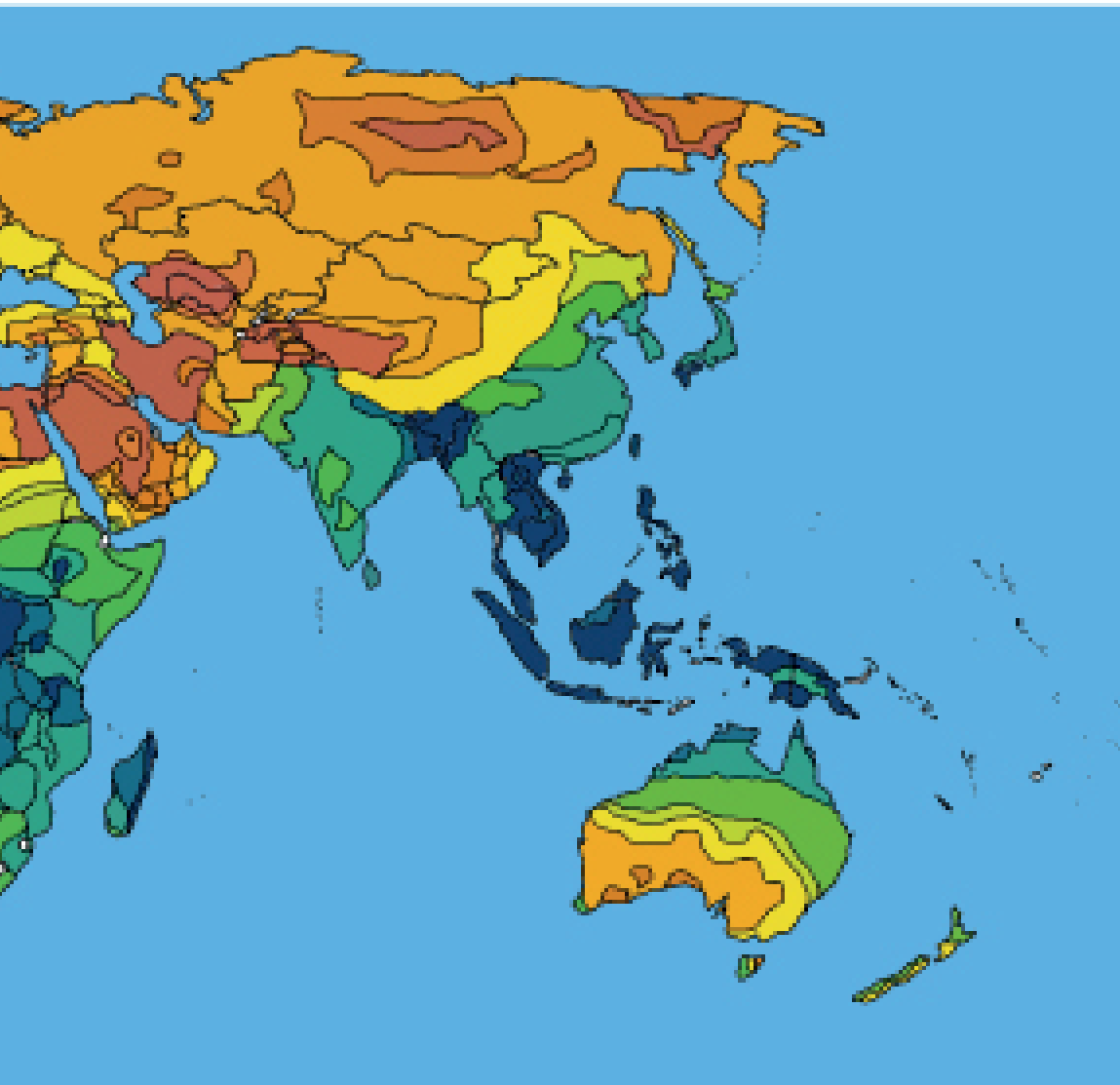


Figura 6 Zonas de riego  
fuente: Union



¿Dónde más llueve?  
Europa, 2017

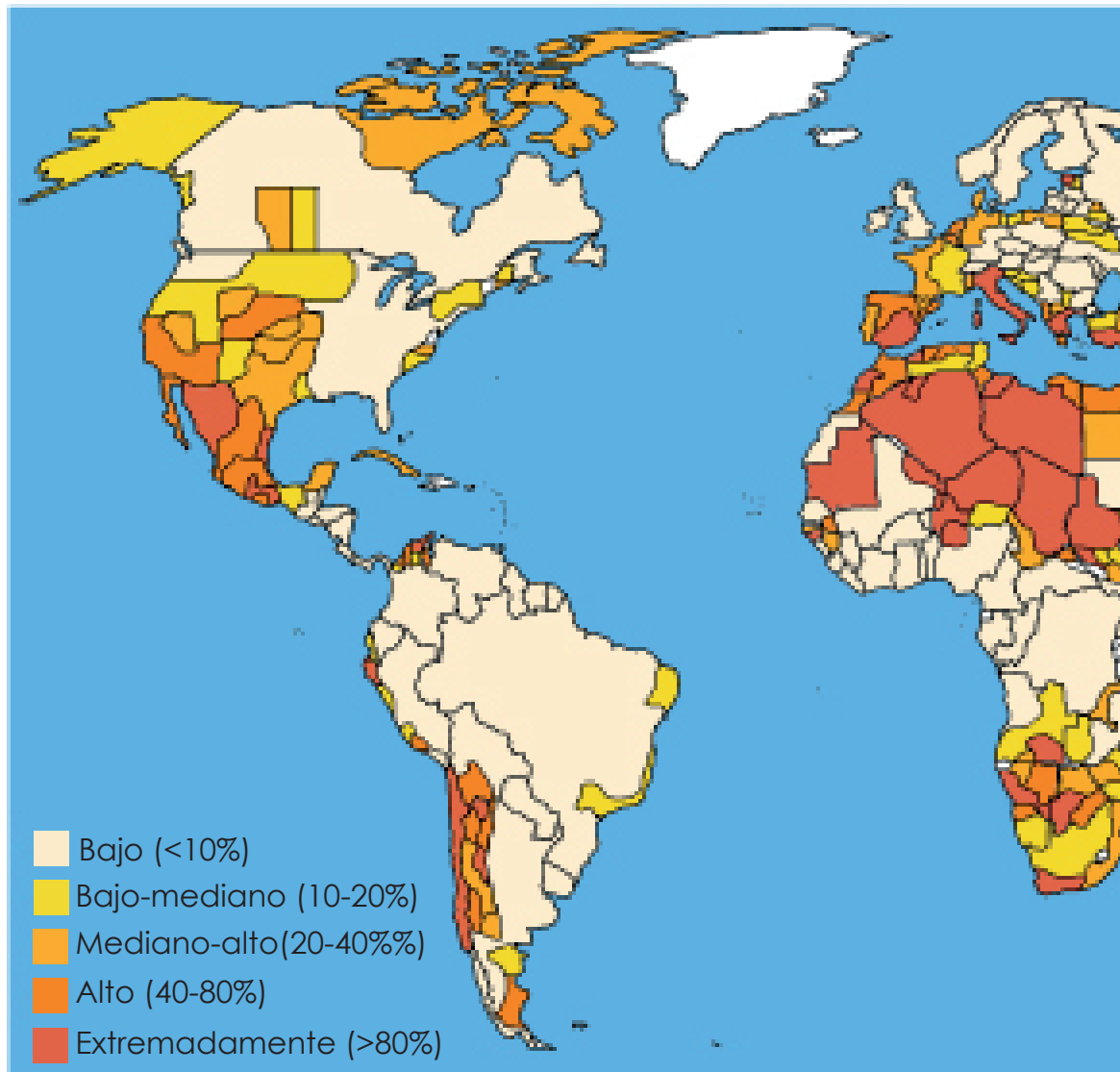
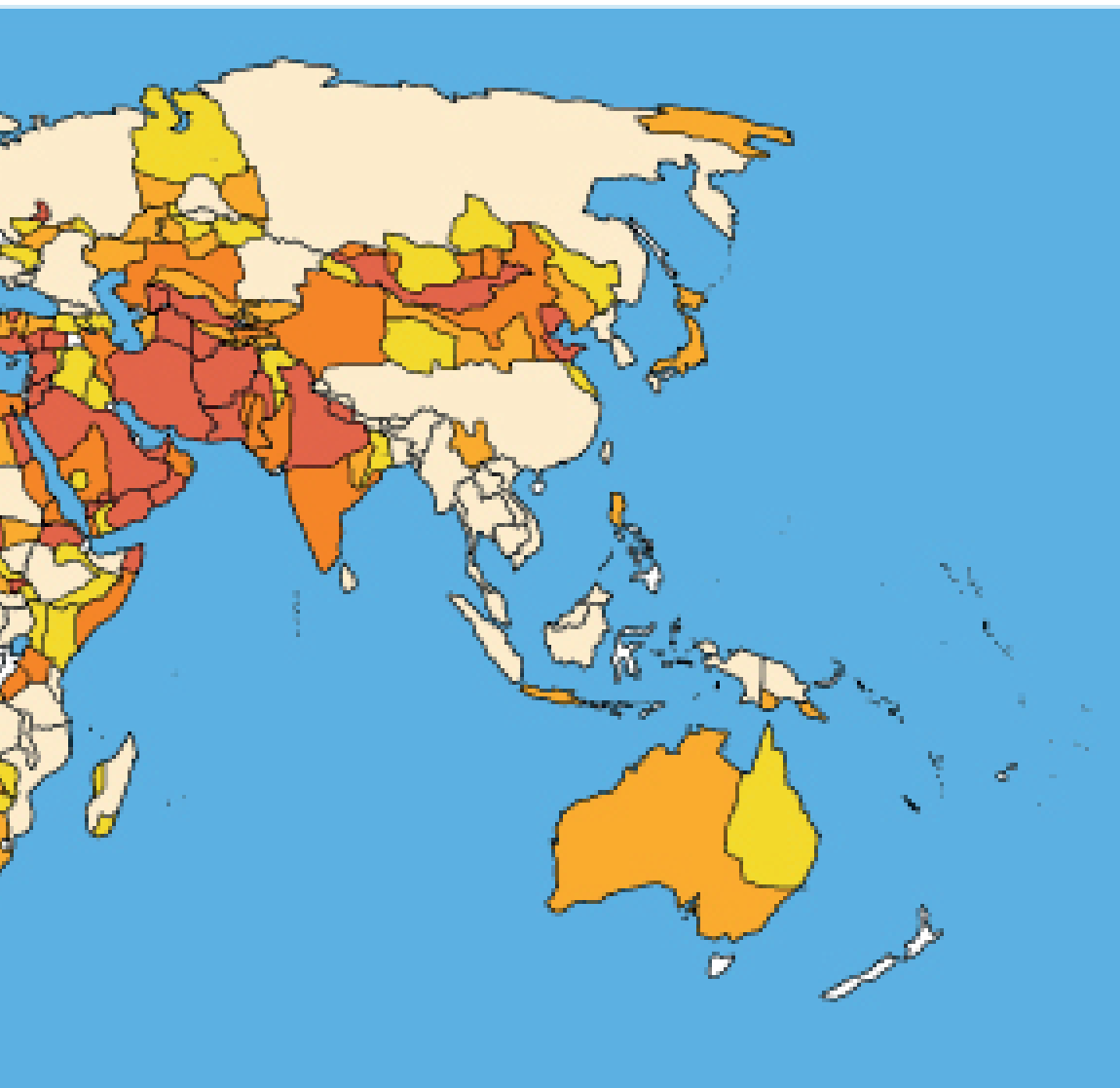


Figura 7 Zonas de  
fuente: WRI A



de mayor escasez  
aqueduct, 2019



## CALIDAD DEL AGUA LLUVIA DE LA CIUDAD DE QUITO.

El agua lluvia de la ciudad de Quito ligeramente es acida y tiene un pH de 5,6 debido a la disolución de CO<sub>2</sub> atmosférico. En el aire existen contaminantes como son SO<sub>2</sub> y NO, estos contaminantes una vez mezclados con el agua de la lluvia hace que baje el pH. Debido a que se forma ácido sulfúrico y nítrico. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010)

Si baja su pH de 5.6 se le conoce como lluvia acida, para saber el efecto que tiene sobre el suelo, vegetación y los lagos se necesita de una medición del pH de las precipitaciones. Los contaminantes primarios de la atmosfera es el óxido de azufre y nitrógeno. El óxido de azufre se produce en los rellenos sanitarios e industrias, mientras que el nitrógeno se produce por la quema de los combustibles fósiles. (Investigation, 2005)

En Quito no hay ningún estudio sobre la lluvia acida, desde el 2004 se a estado monitoreando los contaminantes primarios que son el óxido de azufre y nitrógeno mediante la Corporación Municipal para el Mejoramiento del aire en Quito (CORPAIRE), mientras que los a los contaminantes secundarios nadie se ha puesto a monitorearlos. (Flores & Bonilla, 2017)

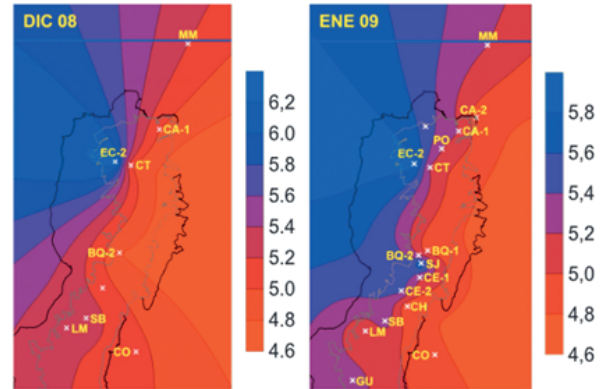


Figura 8 Calidad de agua  
fuente: WRI Aqueeduct, 2019

En las figuras se llega a apreciar que la mitad de Quito se encuentra el pH menor a 5,6 significando que en estos sectores existe lluvia acida teniendo hasta un mínimo de 4,6 en el occidente de la ciudad, en el oriente de la ciudad se tiene más pH debido que en las laderas del Pichincha la vegetación ayuda a que de neutralicen los contaminantes.

## DEMANDA ACTUAL DE AGUA DE LA VIVIENDA

Según la OMS una persona para poder satisfacer sus necesidades básicas necesita de almenos 50 litros por día, para poder asistir todas las necesidades de una manera adecuada se necesita 100 litros por día. El consumo del agua depende de la región en donde se encuentre o el desarrollo que alcancen. (Huaquisto Cáceres & Chambilla Flores, 2019)

Estados Unidos al ser una región donde se tiene buen acceso al agua se tiene que se necesita 596 l/hab/d, En Canada se necesita de 766 l/hab/d, en países donde se tiene un menor acceso al agua como es el caso de Brasil se necesita 192 l/hab/d. Países donde la situación es precaria tienen un consumo de 44 l/hab/d. (Arreguín-Moreno et al., 2009)

Quito y Bogota al ser ciudades similares tienen un consumo semejante, en la ciudad de Quito se consume 200 a 220 l/hab/h, en los meses más secos es cuando la gente usa más agua. En el caso de Bogota tienen un consumo de 123 a 125 l/hab/h. (Garzón & Ortiz, 2014)

Nivel del servicio	Medición del acceso	Necesidades atendidas	Nivel del efecto en la salud
Sin acceso (cantidad recolectada generalmente menor de 5 l/hab/d)	Más de 1000 m o 30 minutos de tiempo total de recolección	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consumo - no se puede garantizar</li> <li>▪ Higiene - no es posible (a no ser que se practique en la fuente)</li> </ul>	Muy alto
Acceso básico (la cantidad promedio no puede superar 20 l/hab/d)	Entre 100 y 1000 m o de 5 a 20 minutos de tiempo total de recolección	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consumo - se debe asegurar</li> <li>▪ Higiene - el lavado de manos y la higiene básica de la alimentación es posible (es difícil garantizar la lavandería y el baño a no ser que se practique en la fuente)</li> </ul>	Alto
Acceso intermedio (cantidad promedio de aproximadamente 50 l/hab/d)	Agua abastecida a través de un grifo público (o dentro de 100 m o 5 minutos del tiempo total de recolección)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consumo - asegurado</li> <li>▪ Higiene - la higiene básica personal y de los alimentos está asegurada (se debe asegurar también la lavandería y el baño)</li> </ul>	Bajo
Acceso óptimo (cantidad promedio de 100 l/hab/d y más)	Agua abastecida de manera continua a través de varios grifos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consumo – se atienden todas las necesidades</li> <li>▪ Higiene – se deben atender todas las necesidades</li> </ul>	Muy bajo

Figura 9 Requisitos del nivel de servicio de agua para promover la salud  
fuente: Huaquisto Cáceres & Chambilla Flores, 2019



## Fundamentación Teórica

### CASOS DE ESTUDIO

Tokio es una de las ciudades en las que aprovechan lo mejor posible el agua lluvia algunos de los puntos para los que se recolecta el agua es para cuando ocurra alguna emergencia puedan abastecerse de ahí. A nivel comunitario se han instalado las llamadas "Ronjinson" estas se encuentran en la vía pública en la cual es abastecida desde el techo de la casa hacia un pozo subterráneo donde se almacena, esta sirve para el aseo de fachadas, pisos, combatir incendios y solo en situaciones de emergencia para el consumo humano por lo cual no se le trata solo se le tiene en el pozo para que no le llegue el sol. (León, A; Córdoba, J; Carreño, 2016)

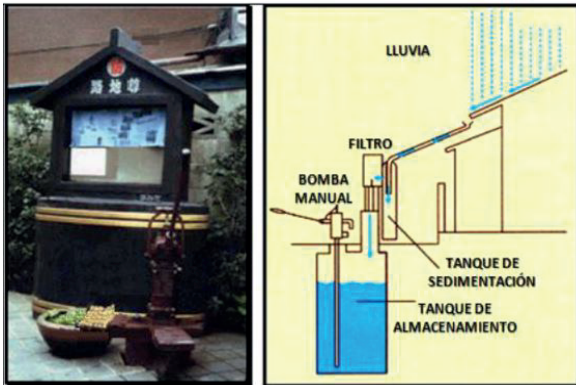


Figura 10 Instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario  
fuente: Serea & Urbano, 2006

En la ciudad de Toronto en Canadá existe una casa que es autosuficiente la cual no necesita de un sistema de acueducto municipal esta casa es llamada "Healthy House". Para el consumo humano el agua lluvia recolectada pasa del techo hacia un tanque en el cual se le aumenta cal, este tratamiento sirve para reducir la acidez del agua, una vez hecho este tratamiento pasa a través de un filtro de arena fina y de carbón para evitar las impurezas en el agua después de este paso se le lleva a un proceso de desinfección el cual trata de luz ultravioleta. (León, A; Córdoba, J; Carreño, 2016)



Figura 11 Aprovechamiento y filtración del agua lluvia  
fuente: Ballen & Galarza, Miguel A G, Ortiz, 2006

Quito y Bogota al ser ciudades con diferentes condiciones climaticas se puede notar que en Quito se va a tener una temperatura minima a la de Bogota igualmente la precipitacion de Quito va a ser mucha mayor a la de Dallas.

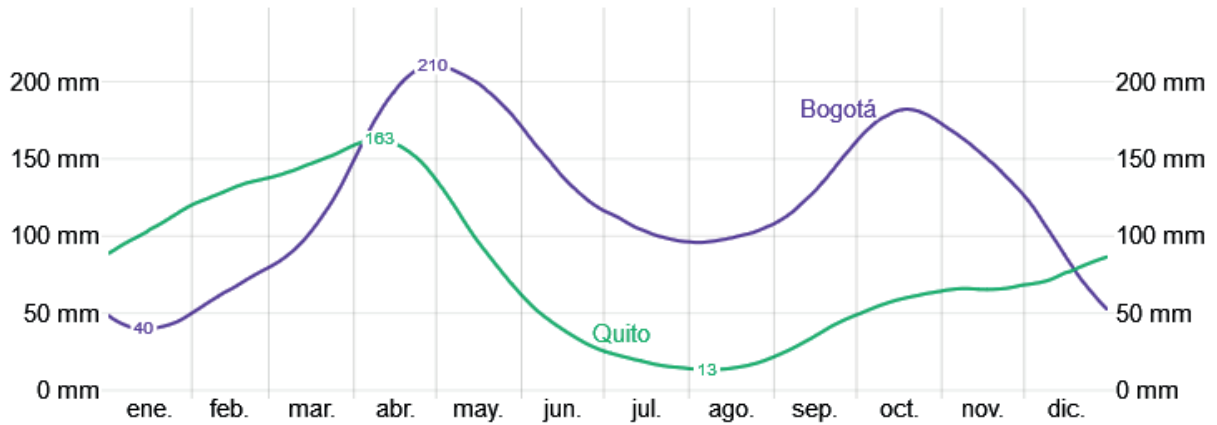


Figura 12 Comparacion precipitación Quito y Bogota  
fuente: Weatherspark

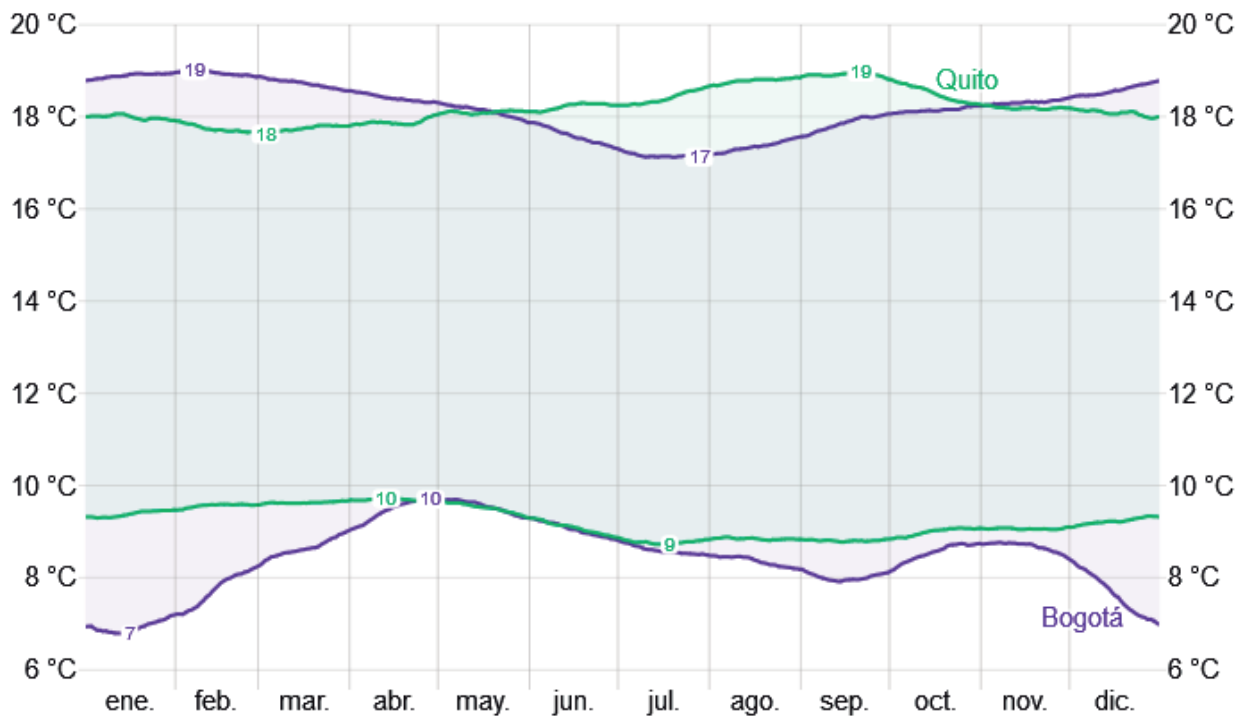


Figura 13 Comparación temperatura máxima y mínima  
 Quito y Bogota  
 fuente: Weatherspark

Quito y Dallas al ser ciudades con diferentes condiciones climaticas se puede notar que en Quito se va a tener una temperatura minima a la de Dallas igualmente la precipitacion de Quito va a ser mucha mayor a la de Dallas.

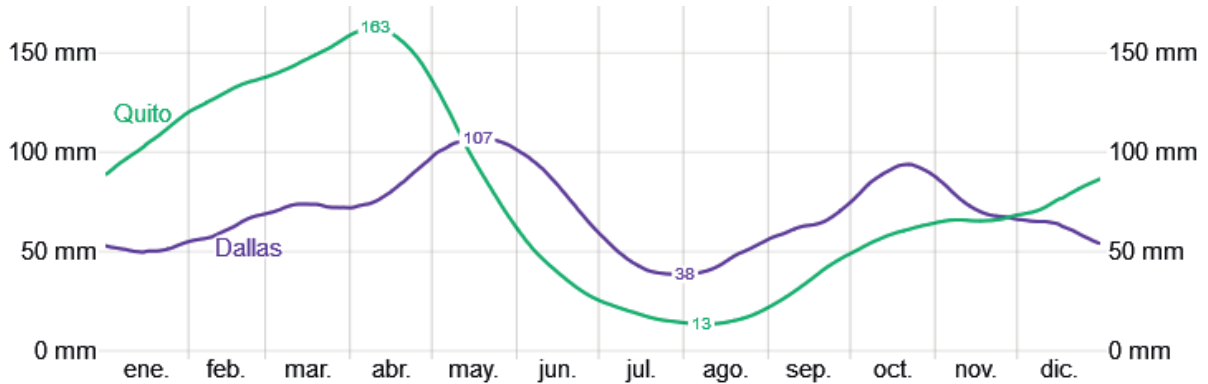


Figura 14 Comparación precipitación Quito y Dallas  
fuente: Weatherspark

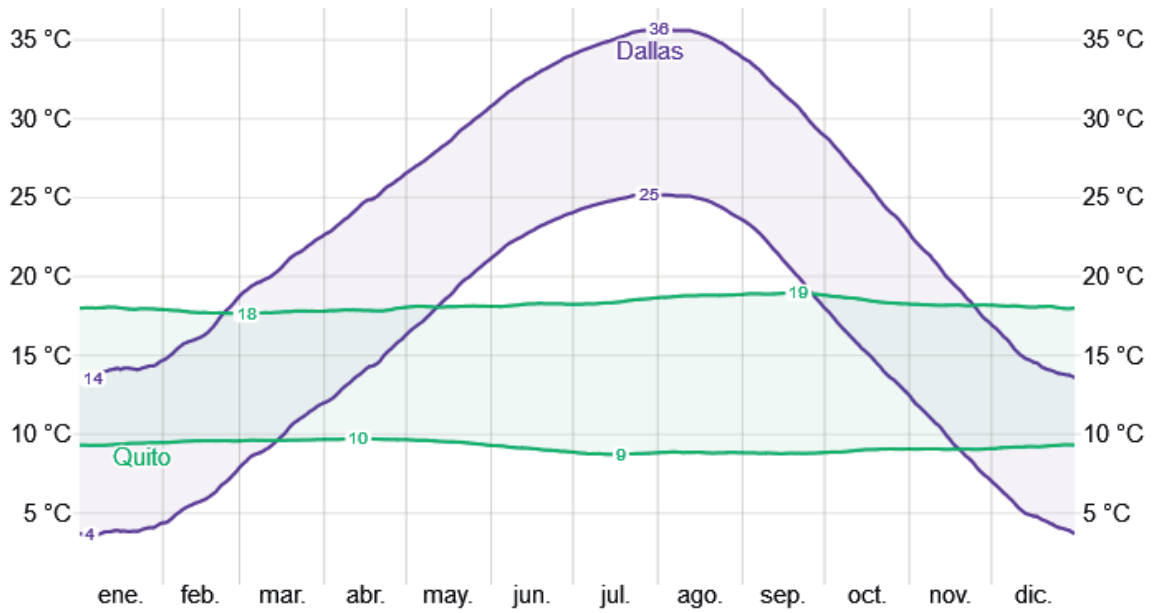


Figura 15 Comparación temperatura máxima y mínima  
 Quito y Dallas  
 fuente: Weatherspark

Quito y Nueva Delhi al ser ciudades con diferentes condiciones climaticas se puede notar que en Quito se va a tener una temperatura minima a la de Nueva Delhi igualmente la precipitacion de Quito va a ser mucha mayor a la de Nueva Delhi.

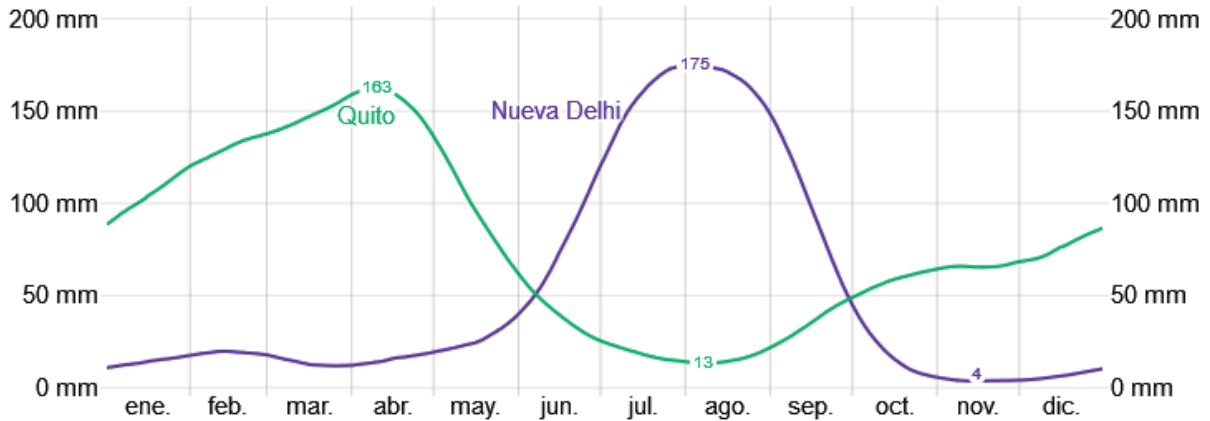


Figura 16 Comparación precipitación Quito y Nueva Delhi  
fuente: Weatherspark



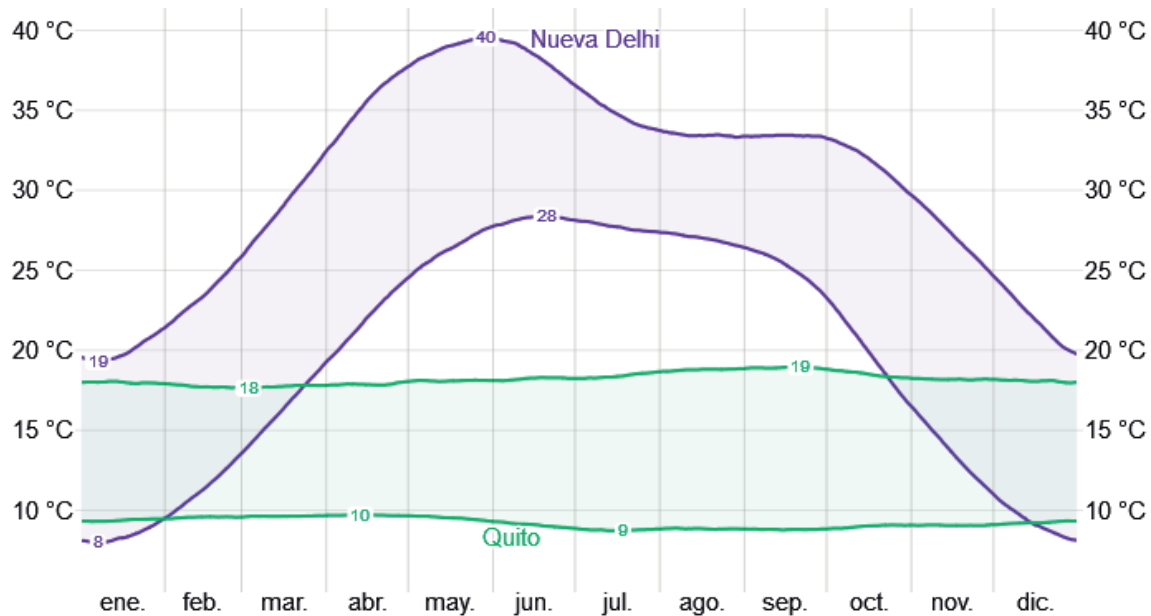


Figura 17 Comparación temperatura máxima y mínima  
 Quito y Nueva Delhi  
 fuente: Weatherspark

## ESTRATEGIAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

El agua pluvial es uno de los mayores contribuyentes en el mundo se sabe que no viene 100% limpia ya que hay algunos contaminantes por lo cual debe ser sometida a un proceso de tratamiento para eliminar las impurezas y mejorar su calidad.

Los tratamientos para potabilizar el agua son:

-Precloracion

Este tratamiento se efectúa antes de la decantación, este tratamiento es recomendable para conseguir una mayor calidad de agua. Ayuda a eliminar los gérmenes patógenos y una máxima eliminación de bacterias obteniendo un menor sabor posible. (Rojas-Valencia et al., 2012) (Orellana, 2016)

-Tratamiento por oxidación y filtración

Este tratamiento se utiliza más especialmente para aguas de pozos, es necesario que el agua que sea de origen profundo se ponga a airear. En algunos casos es necesario que se haga una precloración ayudando a que se tenga una aceleración del hierro al igual que se permite la eliminación química del amoníaco (Jaimes Urbina & Vera Solano, 2020)

-Tratamiento asociado a una descarbonación

Este tipo de tratamiento se utiliza para la eliminación del hierro y manganeso debido a que una descarbonación produce un pH elevado, si llega a un pH cercano a 8 significa que produjo una desferrización completa. (Orellana, 2016)

-Tratamiento por medios físicos

En este tratamiento se inicia por un sedimentador, el siguiente paso es el desarenador aquí se instala una tubería de paso con válvulas para su cierre en ambos lados, las válvulas ayudan a cerrar el paso del agua para el lavado desarenador. (CARE, 2018)

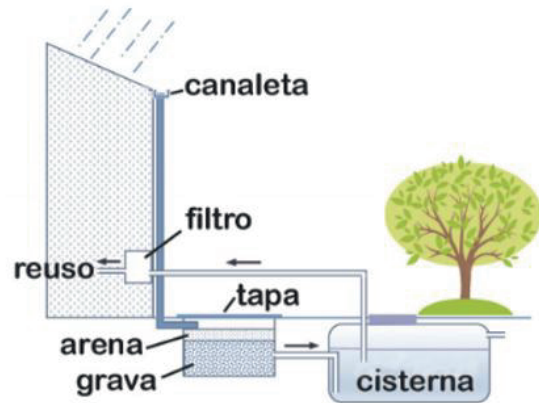


Figura 18 Sistema de captación de agua lluvia  
fuente: FAO, 2013

## COMPORTAMIENTO CLIMATICO

La precipitación atmosférica es cualquier producto de la condensación del vapor del agua, ocurre cuando se satura la atmosfera con el vapor del agua. Las predicciones meteorológicas son utilizadas para determinar cómo va a estar el estado del clima en un lugar y momento determinado. Para poder calcular van desde técnicas donde se utiliza la inteligencia artificial, modelos de circulación general. Una

anomalía climática es la diferencia entre el valor del elemento climático en un periodo de tiempo determinado. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2019)

En Ecuador debido a que es una zona intertropical lo que significa que se convergen los vientos de ambos hemisferios del norte como del sur por eso la precipitación es el doble, estas fuertes precipitación se dan en zonas de América del Sur. Las tormentas tropicales son formadas debido a la energía procedente del sol la cual es absorbida calentando el agua, esto hace que se evapore el agua ocasionando la ascensión de masas de aire húmedo, una vez que el aire suba se enfría y concentra formando las nubes y la lluvia. (Cedeño & Concepcion, n.d.)

### **VENTAJAS DE LA RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA**

-Es más fácil de tratar que otras fuentes de suministro.

-Se puede potabilizar luego de un tratamiento adicional.

-Bajo consumo de energía para obtención de agua.

### **VENTAJAS DE LA RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA**

-Es más fácil de tratar que otras fuentes de suministro.

-Se puede potabilizar luego de un tratamiento adicional.

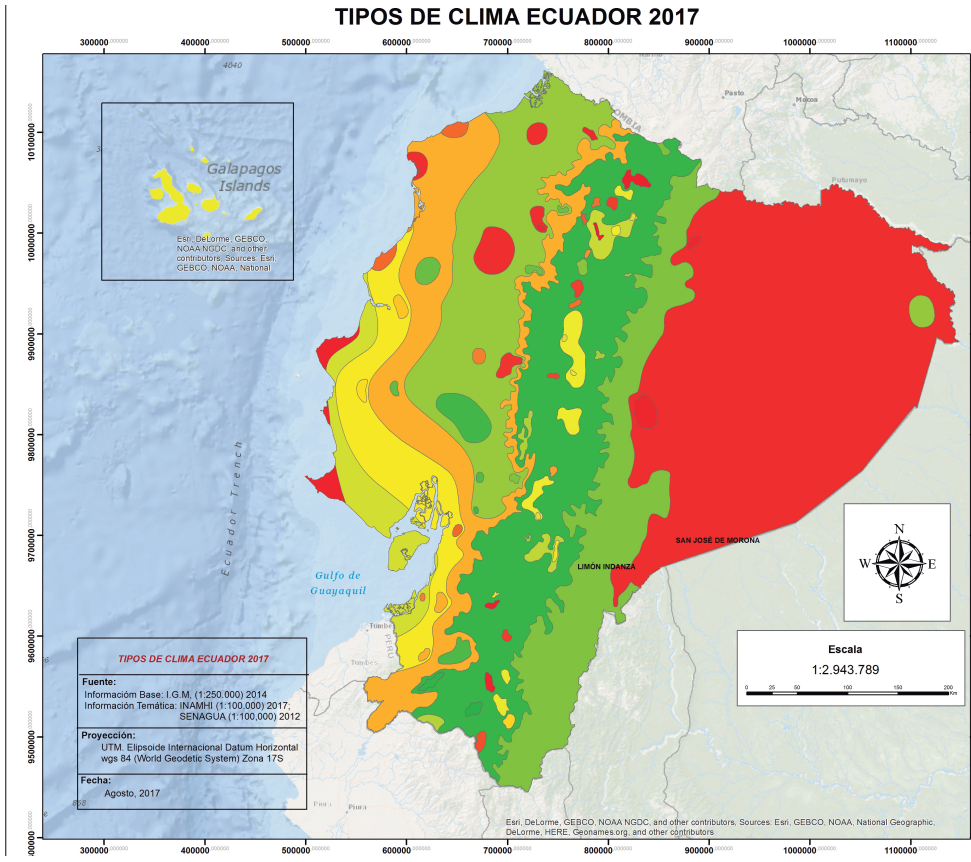
-Bajo consumo de energía para obtención de agua.

## TIPOS DE CLIMA ECUADOR 2017



### LEYENDA

- TIPO CLIMA**
- Clima Subhúmedo con gran déficit de agua en época seca, Mesotermo templado cálido
  - Clima Subhúmedo con gran déficit de agua en época seca, Mesotermo templado frío
  - Clima Subhúmedo con pequeño déficit de agua, Mesotermo templado frío
  - Clima húmedo con moderado déficit de agua en la temporada seca, Megatermo o cálido
  - Clima húmedo con moderado déficit de agua en la temporada seca, Mesotermo o cálido
  - Clima húmedo con moderado déficit de agua en la época seca, Megatermo o cálido
  - Clima húmedo con moderado déficit de agua en época seca, Megatermo o cálido
  - Clima húmedo con pequeño déficit de agua, Megatermo o cálido
  - Clima húmedo con pequeño déficit de agua, Mesotermo semicálido
  - Clima húmedo con pequeño déficit de agua, Mesotermo semifrío
  - Clima húmedo con pequeño déficit de agua, Mesotermo templado cálido
  - Clima húmedo con pequeño déficit de agua, Mesotermo templado frío
  - Clima húmedo en déficit de agua, Megatermo cálido
  - Clima húmedo en déficit de agua, Megatermo o cálido
  - Clima húmedo en déficit de agua, Mesotermo semifrío
  - Clima ligeramente húmedo con gran déficit de agua, Mesotermo templado frío
  - Clima seco con gran deficiencia en la época seca, Megatermo o cálido
  - Clima seco con pequeño exceso de agua, Mesotermo templado frío
  - Clima seco con exceso de agua, Mesotermo templado cálido
  - Clima seco con exceso de agua, Megatermo o cálido
  - Clima seco sin exceso de agua, Mesotermo semifrío
  - Clima seco sin exceso de agua, Mesotermo templado cálido
  - Clima seco sin exceso de agua, Mesotermo templado frío
  - Clima subhúmedo con gran deficiencia en la época seca, Megatermo o cálido
  - Clima subhúmedo con moderado deficiencia de agua en época seca, Mesotermo templado cálido
  - Clima subhúmedo con moderado déficit de agua en la temporada seca, Megatermo o cálido
  - Clima subhúmedo con moderado déficit de agua en época seca, Megatermo o cálido
  - Clima subhúmedo con moderado déficit de agua en época seca, Mesotermo semifrío
  - Clima subhúmedo con moderado exceso de agua en la época húmeda, Mesotermo templado frío
  - Clima subhúmedo con moderado exceso de agua en época húmeda, Megatermo o cálido
  - Clima subhúmedo con pequeño déficit de agua, Megatermo o cálido
  - Clima subhúmedo con pequeño exceso de agua, Mesotermo semifrío
  - Clima subhúmedo con pequeño exceso de agua, Megatermo o cálido
  - Clima subhúmedo con pequeño exceso de agua, Mesotermo templado cálido
  - Clima subhúmedo sin exceso de agua, Mesotermo semifrío
  - Clima superhúmedo con pequeño déficit de agua, Mesotermo templado cálido
  - Clima superhúmedo en déficit de agua, Megatermo o cálido
  - Clima superhúmedo en déficit de agua, Mesotermo semicálido
  - Clima árido sin exceso de agua, Megatermo o cálido
  - Clima árido sin exceso de agua, Mesotermo templado cálido



**TIPOS DE CLIMA ECUADOR 2017**

Fuente:  
 Información Base: I.G.M. (1:250 000) 2014  
 Información Temática: INAMHI (1:100 000) 2017;  
 SENAGUA (1:100 000) 2012

Proyección:  
 UTM, Elipsoide Internacional Datum Horizontal  
 wgs 84 (World Geodetic System) Zona 17S

Fecha:  
 Agosto, 2017

Esri, DeLorme, GEBCO, NOAA, NGDC, and other contributors. Sources: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, DeLorme, HERE, Geonames.org, and other contributors

Figura 19 Tipos de clima en el Ecuador  
 fuente: INAMHI, 2017

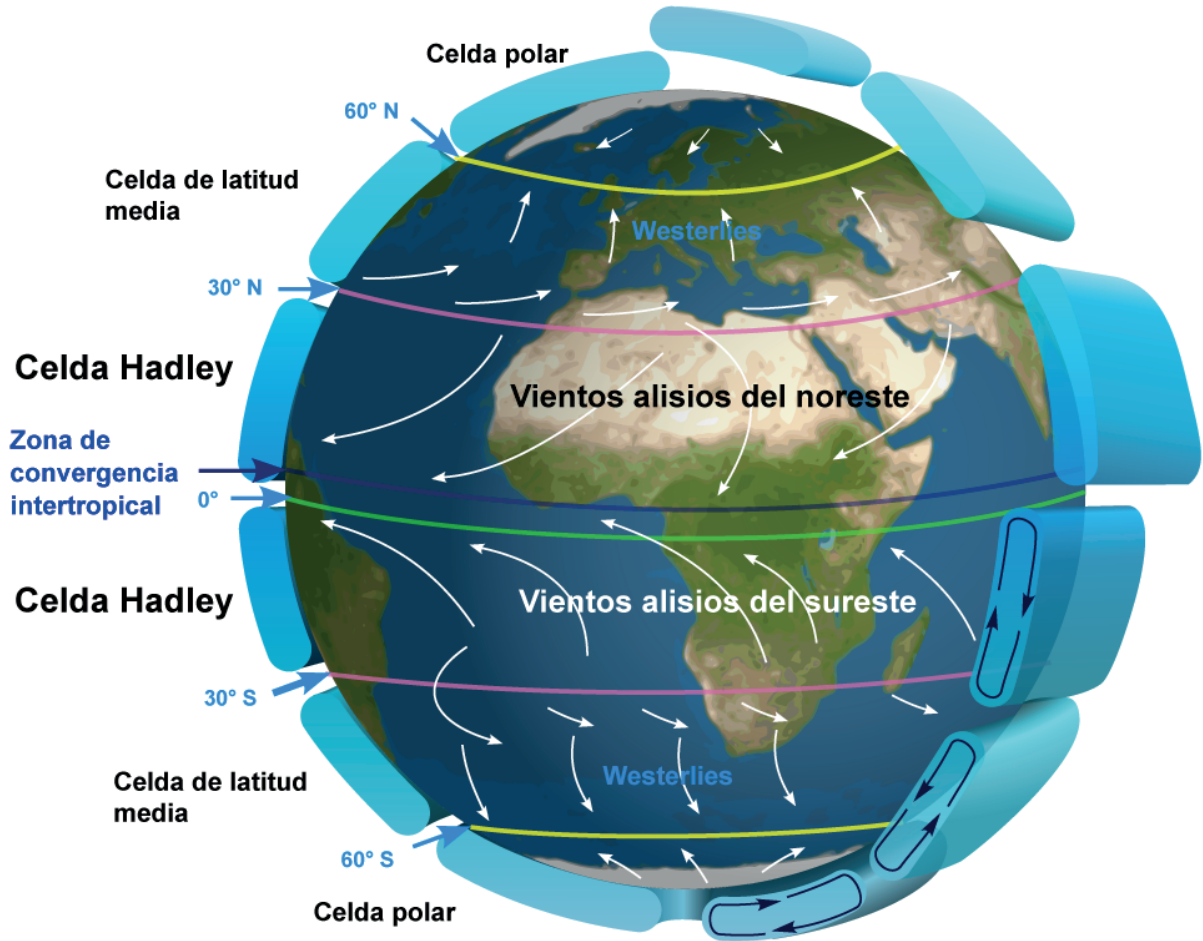


Figura 20 Clima del mundo  
fuente: PUCE, 2020

Ecuador al estar en la línea ecuatorial por lo cual tiene dos estaciones a lo largo del año el invierno y el verano, en la sierra la época de invierno comienza desde el mes de octubre hasta mayo por lo cual la época de verano es entre junio hasta septiembre. (Villacis Rivadeneira & Marrero de León, 2017)

En la siguiente tabla se puede observar que la parte norte de la region interandina la condicion de humedad ha favorecido para la recuperacion de la capacidad de almacenamiento de agua. En la parte centrica las precipitaciones que se han registrado no han permitido satisfacer las demandas debido a que son muy altas dando como resultado deficit hidrico. (INAMHI, 2017)

Ecuador al estar en la línea ecuatorial por lo cual tiene dos estaciones a lo largo del año el invierno y el verano, en la sierra la época de invierno comienza desde el mes de octubre hasta mayo por lo cual la época de verano es entre junio hasta septiembre. (Villacis Rivadeneira & Marrero de León, 2017)

El piso climatico en el que se encuentra Quito esta entre los 2 mil a 3 mil metros, la temperatura en este es de 12 grados centigrados como media anual, este piso al igual que el piso templado tiene presencia de precipitaciones la cual tiene corrientes de aire.(Gómez Araujo et al., 2021)

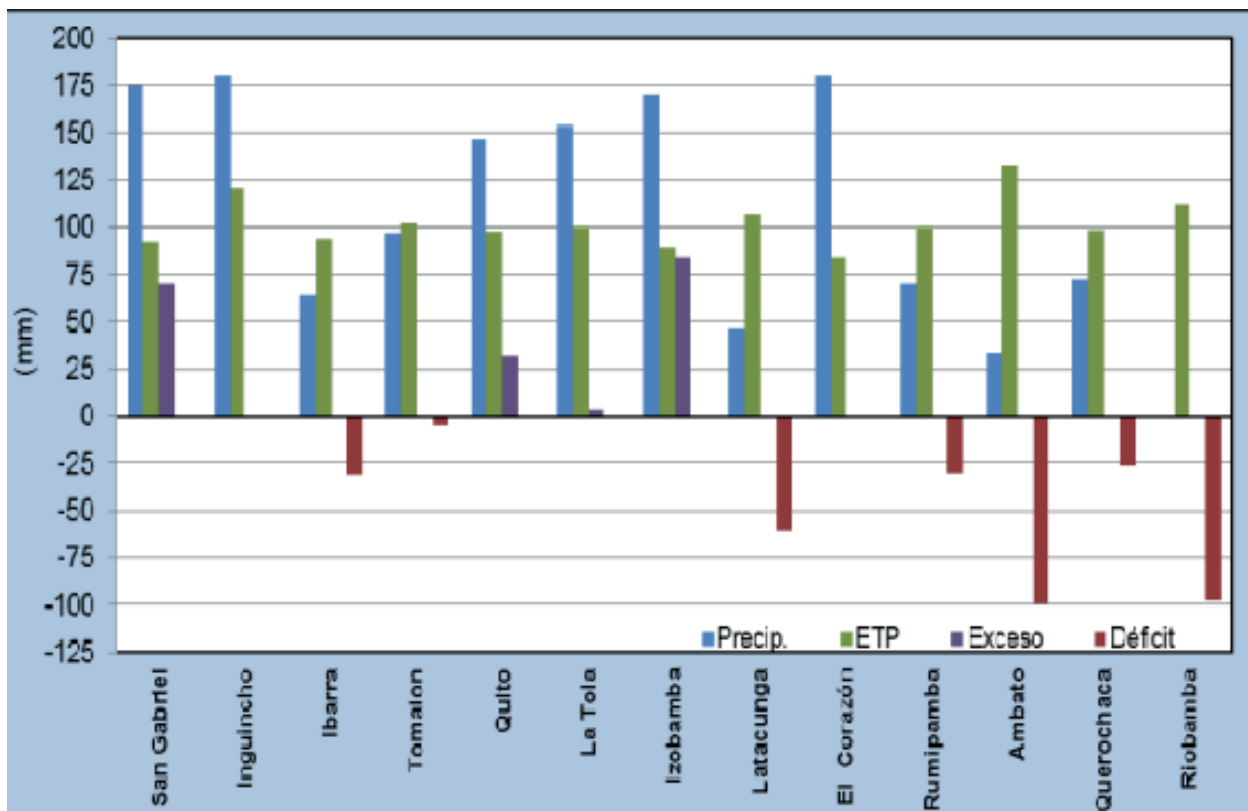


Figura 21 Humedad de suelo Norte y Centro.  
fuente: INAMHI, 2017

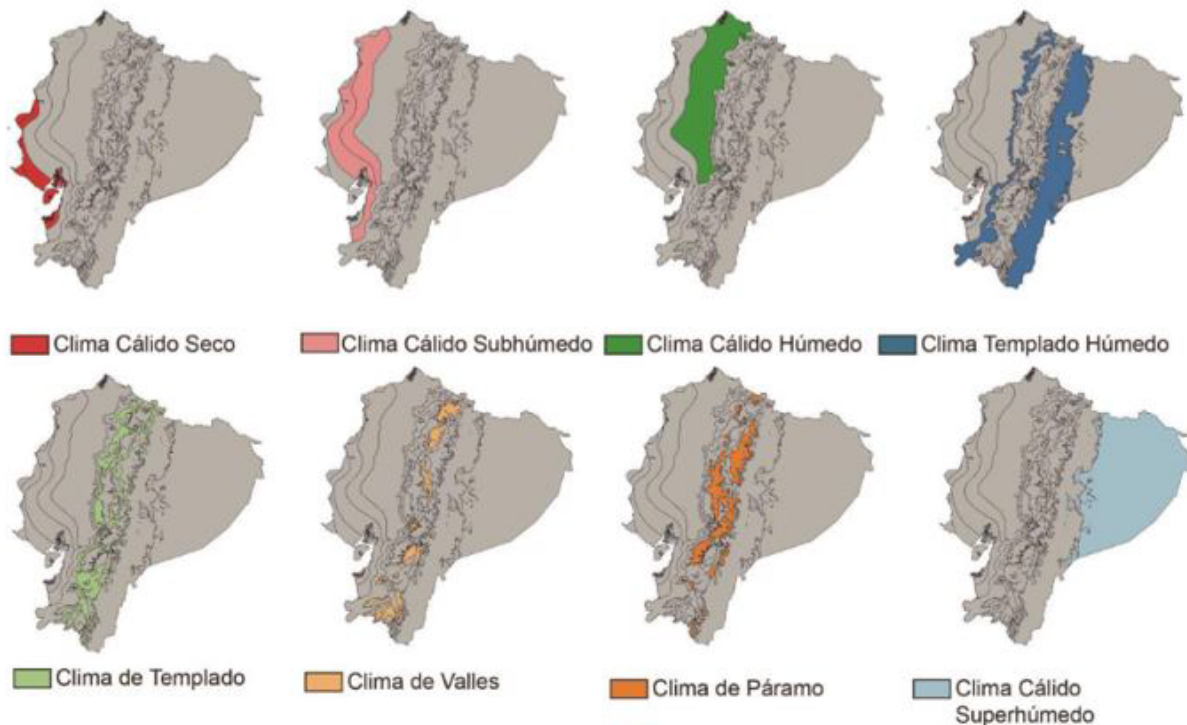


Figura 22 Pisos climáticos de Ecuador  
fuente: Alvear Calle et al., 2016

## EVAPOTRANSPIRACION

La tasa de evaporación (ET) en el ciclo hidrológico tiene su importancia debido a que indica el valor de se transmite de vapor del agua hacia la atmósfera, este proceso pasa por la transpiración de las plantas y la evaporación desde el suelo. La evotranspiración no se puede medir directamente sino se necesita de un lisómetro, este es un recipiente enterrado el cual está sellado lateralmente, de forma que el agua

denada es recopilada en el drenaje. El almacenamiento se le mide a través de la humedad del suelo. (Shil, P., Sapkal, G., Patil, A., Gunjal, S., & Sudeep, A., 2018)



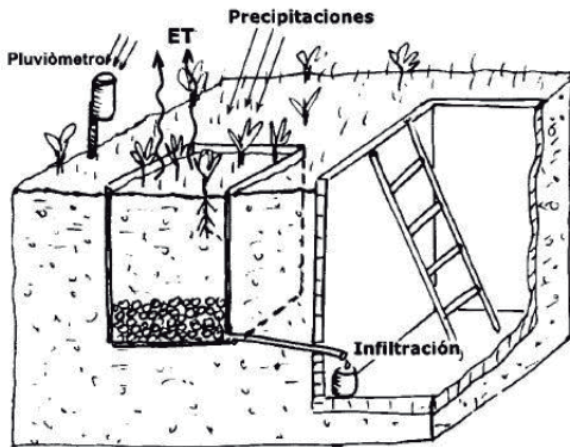
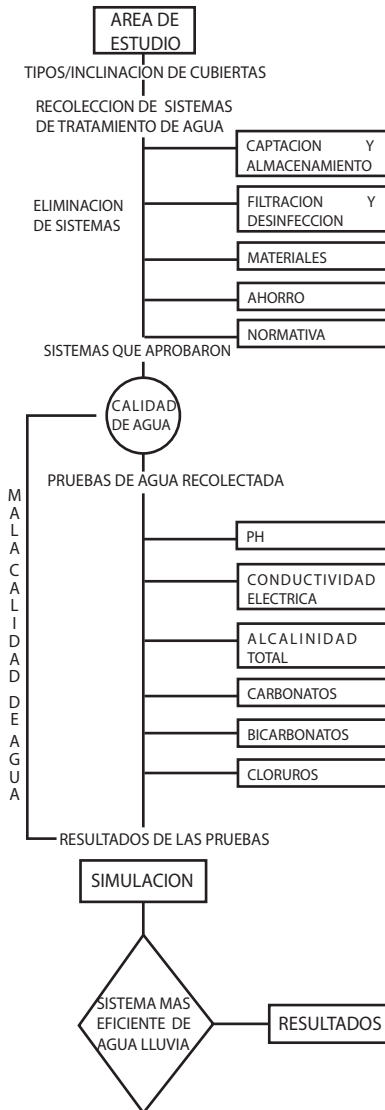


Figura 23 Medir evapotranspiración  
fuente: Docplayer, 2018

“Las tasas de evapotranspiración están controladas por la radiación solar, la temperatura, el déficit de presión de vapor, el intercambio de humedad del aire entre la superficie y la atmósfera, el tipo de cobertura vegetal, las propiedades físicas y químicas del suelo, la sanidad del cultivo y, por las prácticas que alteran el microclima como son la cobertura vegetal, el sombrero, el riego, las barreras rompevientos y las distancias de siembra” (Jaramillo Alvaro, Pag. 2)



## Materiales y metodos



Para la metodología de esta investigación se va a utilizar un enfoque cuantitativo debido a que se va a realizar encuestas a especialistas de esta rama de igual manera se va a hacer un análisis del agua de diferentes puntos de toma, se realizara programas de simulación para definir el tipo de sistema más conveniente para dar un ahorro de agua al hogar y especialmente al mundo, otro punto que se va llegar a tomar son las variables para ir descartando los tipos de tratamientos que se pueden ir simplificando y cuales se pueden llegar a utilizar dependiendo las condiciones del área de estudio.

Como resultados se llega a apreciar cual es el sistema más eficiente de agua lluvia para el hogar, permitirá generar lineamientos donde se llegue a apreciar los lugares de aplicación del sistema, el ahorro de energía que puede llegar a tener, y sobre todo la mejora del ecosistema dando un ejemplo de cuanto porcentaje se le ayuda a la ciudad con un pequeño sistema.

## AREA DE ESTUDIO

Estas diferentes areas de estudio son los distintos modelos de cuadras que hay en la capital, se busca dar una mejor solucion para la recoleccion y tratamiento de agua lluvia, se quiere dar los grados de importancia para la utilizacion del agua lluvia igualmente.



Foto 1 Zona de estudio barrio Calderón  
fuente: Google Earth



Foto 2 Zona de estudio conjunto de Calderón  
fuente: Google Earth












Foto 3 Zona de estudio barrio Comité del Pueblo  
fuente: Google Earth



Foto 4 Zona de estudio barrio Agua Clara  
fuente: Google Earth

Tabla 1 Tipos/inclinación de techos

Tipos/ inclinacion de cubiertas			
Representacion grafica	Nombre e inclinacion	Definicion	Validez de cubiertas
 Cubierta plana	Cubiertas Planas 2% de inclinacion	Este tipo de cubiertas son ligeramente inclinadas debido a que ayuda a drenar mejor el agua.	Tipo de cubiertas se llega a apreciar en todas los sitios de estudio donde se puede llegar a implementar el sistema mas eficiente para este tipo de cubierta.
 Cubierta a un agua	Cubierta a un agua a partir de 27% de inclinacion	Este tipo de cubiertas tienen un solo salfon inclinada hacia un lado, son implementados en aplicaciones con otros tipos de cubiertas.	Tipo de cubiertas donde no se lo puede encontrar muy comun en los sitios de estudio por lo cual se descarta el implementar el sistema.
 Cubierta a dos aguas	Cubiertas a dos aguas a partir de 27% de inclinacion	Este tipo de son las que mas comunes, estos dos faldones pueden ser asimetricos o simetricos. Este tipo de cubiertas ayuda a facilitar la recoleccion de agua y ayuda a la ventilacion.	Tipo de cubiertas se llega a apreciar en todas los sitios de estudio donde se puede llegar a implementar el sistema mas eficiente para este tipo de cubierta.
 Cubierta a cuatro aguas	Cubiertas a cuatro aguas a partir de 27% de inclinacion	Este tipo de cubiertas son populares como el de dos aguas, no permite un buena ventilacion son usualmente implementadas en lugares donde se tiene viientos fuertes.	Tipo de cubiertas se llega a apreciar en todas los sitios de estudio donde se puede llegar a implementar el sistema mas eficiente para este tipo de cubierta.
 Cubierta holandesa	Cubierta Holandesa	Este tipo de cubiertas son similares a los de cuatro aguas solo que en este tipo de cubiertas se le aumenta una cabeza en ambos extremos de la casa, ayuda a entrar una mejor luz natural.	Tipo de cubiertas no se puede apreciar en la ciudad asi que se descarta la implementacion del sistema.
 Cubierta con faldones de mansarda	Cubierta con faldones de mansarda	Este tipo de cubiertas tienen una inclinacion mayor a las de dos y 4 aguas , esto ayuda a aprovechar mejor el espacio interior del techo.	Tipo de cubiertas no se puede apreciar en la ciudad asi que se descarta la implementacion del sistema.
 Cubierta en mariposa	Cubierta en mariposa	Este tipo de cubiertas se caracterizan porque sus faldones son hacia dentro, dando una mejor entrada de luz ventilacion, uno de los problemas es el drenaje del agua.	Tipo de cubiertas no se puede apreciar en la ciudad asi que se descarta la implementacion del sistema.
 Cubierta abuhardillada	Cubierta abuhardillada de 30° a 35° para una pendiente estandar	Este tipo de cubierta se caracteriza por incluir ventanas para generar una mejor entrada de luz al igual que aumentar el espacio.	Tipo de cubiertas no se puede apreciar en la ciudad asi que se descarta la implementacion del sistema.
 Cubierta en dientes de sierra	Cubierta en dientes de sierra	Este tipo de cubiertas es compuesta por dos cubiertas a dos aguas.	Tipo de cubiertas no se puede apreciar en la ciudad asi que se descarta la implementacion del sistema.

fuelle: Elaboración propia

## VARIABLES

El siguiente cuadro indica las variables con las que se van a ir descartando ciertos tipos de tratamientos de agua hasta llegar al más efectivo con respecto al área de estudio.

Tabla 2 Variables

Captación y almacenamiento	Filtración y desinfección	Materiales	Ahorro	Normativa
La importancia de la recolección es la cantidad que se debe recolectar para distribuir en cada área de la vivienda que se utilizará. (Adler et al., 2008)	Se trata el agua con el mejor sistema, para obtener un tratamiento de buena calidad con el agua con el fin de poder tener una agua apta para el ser humano. (Hernández Avilés & Chaparro, 2020)	Los materiales se deben adquirir del mismo lugar o país para reducir los costos al comprarlos que al mantenerlos a fin de disminuir gastos. (Mariana, 2021)	se recomendará hacer una inversión promedio para el pasar de tiempo no se tenga que pagar por el consumo de agua. (Rodríguez, 2015)	Se tomara en cuenta los materiales que se tenga permitido usar en la ciudad de lo contrario se le descartara. (Guilcamaigua & Chancusig, 2017)

fuentes: Elaboración propia

## Captación y almacenaje

Tabla 3 Variable de captación y almacenaje

Punto importante debido a que se puede medir la cantidad de agua que se llega a recolectar y distribuir a los diferentes espacios donde se va a utilizar. (Adler et al., 2008)	
120 ltrs Excelente	>120 ltrs Insatisfactorio
(Mantilla Lopez & Casallas, 2015)	

fuentes: Elaboración propia

## Materiales

Tabla 4 Variable de materiales

Materiales los cuales no se tienen en el lugar ocasionando que se deba traer de diferentes sitios provocando que se gaste mas dinero y al rato de mantenerlo genere mas gasto.		
En el pais Excelente	Países vecinos Minimo	Otros continentes Insatisfactorio
(Mauricio Bedoya-Montoya, 2018)		

fuelle: Elaboración propia

## Filtración y desinfección

Tabla 5 Variable de filtración y desinfección

Se busca la mejor forma de tratarle al agua, dandole una mejor calidad y se pueda utilizar para el consumo humano.		
PH Conductividad electrica Alcalinidad Carbonatos Bicarbonatos Cloruros	6.5-8.4 0.7-3.0 ds/m 100-200 mg/L CaCO3 0.7-3.0 75-425 mgCaCO3/L 1.5-100 mg/L satisfactorio	>3.0 ds/m >200 mg/L CaCO3 >3.0 >425 mgCaCO3/L >30 mg/L Insatisfactorio
(Agrocalidad, 2022)		

fuelle: Elaboración propia

## Ahorro

Se recomendará hacer una inversión moderada debido a cuando pasen los meses no se tenga que pagar por el consumo de agua.	
120 \$ Inversión Moderado	>240 \$ Inversión Insatisfactorio
(Ana Maria Mejia Zelaya, 2020)	

Tabla 6 Variable Ahorro  
fuente: Elaboracion propia

## MATERIALES DE CORROSIÓN

Tabla 7 Materiales de corrosión

Material	Significado	Ventajas	Desventajas
Hormigon	Material el cual es resistente a la compresión, es utilizado en estructuras que se necesita una alta resistencia a la tracción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material que se puede encontrarse en cualquier parte.</li> <li>• Posee un grado alto de durabilidad.</li> <li>• Es resistente al fuego.</li> <li>• Se necesita de muy poco mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En casos que se tenga grandes luces se genera mayor costo en la construcción.</li> <li>• Se tiene un excesivo peso y volumen.</li> <li>• En edificaciones de formas diversas se disminuye el deficiente comportamiento sísmico.</li> </ul>
Teja	La teja son piezas de barro las cuales son de bajo costo, estas impiden que entre agua a la edificación, este tipo de materialidad tienen gran durabilidad, bajo costo y su mantenimiento es poco.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este material es gran aislamiento térmico y acústico al igual que impermeable.</li> <li>• Tiene gran resistencia a cambios climáticos.</li> <li>• Tiene gran durabilidad, su tiempo de vida útil puede llegar a ser de 50 años.</li> <li>• Su mantenimiento es mínimo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un material delicado ya que no soporta grandes golpes.</li> <li>• Su precio de instalar es caro.</li> <li>• Su instalación no recomendable en climas bajo 0.</li> <li>• Son pesados por lo que se deben instalar en un techo reforzado.</li> </ul>
Galvanizado	Este tipo de material es sometido a un proceso de inmersión en caliente, este una vez sacada se le recubre con zinc. Una vez hecho este proceso se le hace otro proceso químico el cual se le busca dar una mayor resistencia y alargar la vida útil.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es resistente a la corrosión.</li> <li>• No necesita de mantenimiento.</li> <li>• Su vida útil es larga.</li> <li>• Su instalación es fácil.</li> <li>• Es termoaislante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tipo de material en tiempo de lluvias hace mucho ruido.</li> <li>• No genera aislamiento acústico.</li> <li>• No se le puede utilizar en cualquier tipo de proyecto.</li> </ul>

fuente: Elaboración propia

## NORMATIVA

Tabla 8 Variable de normativa





Se tomara en cuenta los materiales que se tenga permitido usar en la ciudad de lo contrario se le descartara.	
Asbesto	X
Neopreno	X
Plomo	X
Alquifenoles	X
Bisfenol A	X
Cadmio	X
Polietileno clorado y clorosulfonato polietileno	X
Clorobencenos	X
Clorofluorocarbonos (CFC) y Hidroclorofluorocarburos (HCFC)	X
Cromo VI	X
Cloruro de polivinilo clorado (CPVC)	X
Formaldehído (añadido)	X
Pirorretardantes halogenados (HFR)	X
Mercurio	X
Compuestos perfluorados (PFC)	X
Bifenilos policlorados (PCB)	X
Ftalatos	X
Cloruro de polivinilideno (PVDC)	X
Parafinas cloradas de cadena corta	X
Tratamientos de madera que contengan creosota, arsénico o pentaclorofenol	X
Compuestos orgánicos olatiles (COV) en productos aplicados en húmedo	X
	NO USAR
(LBC, 2014)	

fuelle: Elaboración propia



## LISTA ROJA LBC

Tabla 9 Lista roja de materiales de la LBC

<p>Asbesto</p>	<p>Este tipo de material es un grupo de materiales fibrosos los cuales son de gran resistencia al calor y la corrosión.</p>	
<p>Neopreno</p>	<p>La principal característica de este material es ser utilizado como aislante. Tiene buena estabilidad química lo que ocasiona que tenga una buena flexibilidad a un gran rango de temperaturas.</p>	
<p>Plomo</p>	<p>Este material se utiliza en las cubiertas debido a que es ideal por su impermeabilidad también es buen resistente al fuego por eso resiste la corrosión atmosférica.</p>	
<p>Cloruro de polivinilo (PVC)</p>	<p>Es usado en una variedad de aplicaciones y beneficios para la seguridad, vida útil y rentabilidad. Se le puede encontrar en diferentes formas rígidas o flexibles.</p>	

fuentes: Elaboración propia

The living building challenge (LBC) junta un conjunto de medidas las cuales buscan que las edificaciones tengan un impacto mejor con el medio ambiente debido a que se llega a utilizar los recursos renovables y tratamiento que aprovechen el agua recolectada de la lluvia.

El propósito es llegar a tener el mayor de sustentabilidad en la construcción esto está basada por los conocimientos y pensamientos más actuales, aun así, se reconoce no es posible hasta el momento una edificación “verdaderamente sustentable”. (Antonio & Juárez, 2010)

## Resultados

Según el investigador Arboleda para definir la evaluación de cada tratamiento se realizara en base a una valoración establecida en el siguiente cuadro, en esta valorizacion los tratamientos que tenga mayor numero sera considerada como la mejor para las edificaciones de baja altura.

Tabla 10 Valoración para calificar

Muy óptimo	5
Óptimo	4
Aceptable	3
Inadecuado	2
Muy inadecuado	1

fuelle: Arboleda, 2013

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS

### MÉTODO POR EBULLICIÓN

Tabla 11 Ventajas y desventajas del Método por ebullición

Ventajas	Desventajas
Elimina la mayoría de patógenos.	Mucho consumo de combustible.
Desinfección fácil y simple.	Mal sabor del agua.
Materiales fáciles de conseguir.	No elimina la turbidez.
	Se necesita mucho tiempo.
	No consumir mientras esta caliente.

fuelle: Elaboración propia

## FILTRACIÓN DE AGUA

Tabla 12 Ventajas y desventajas del Método por filtración de agua

Ventajas	Desventajas
Bajo costo y facilidad de instalación.	Gasto de filtros al inicio de su instalación.
No altera el sabor de agua.	Su costo de mantenimiento es alto.
Elimina grandes números de microorganismos	No se conoce el % de cuanto virus elimina.

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO POR CLORADO

Tabla 13 Ventajas y desventajas del Método por clorado

Ventajas	Desventajas
Se elimina la mayoría de los virus.	Se altera el sabor del agua.
Ayuda a evitar la contaminación.	Efectos carcinogénicos a largo plazo.
Se puede cambiar la cantidad dependiendo la demanda.	Se utiliza productos químicos.

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO POR DESTILACIÓN SOLAR

Tabla 14 Ventajas y desventajas del Método por destilación solar

Ventajas	Desventajas
Elimina virus y bacterias.	Lo residual se concentra.
Método accesible para todos.	Proceso lento debido al rejunte de goteo.
	Eliminación de minerales ocasionando que sea dañino a largo y medio plazo.

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO POR SODIS

Tabla 15 Ventajas y desventajas del Método por sodis

Ventajas	Desventajas
Accesible para todos.	Solo sirve en días soleados.
No altera el sabor del agua.	Proceso lento.
Tiene bajo costo.	

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO POR FILTRO CERÁMICO

Tabla 16 Ventajas y desventajas del Método por filtro cerámico

Ventajas	Desventajas
Remueve patógenos y turbidez.	Tiene bajo caudal.
Es medio eficaz en la eliminación de virus.	No elimina los contaminantes químicos.
Mejora el sabor y olor del agua.	Puede haber efecto de recontaminación.

fuentes: Elaboración propia

## MÉTODO POR TEJIDOS

Tabla 17 Ventajas y desventajas del Método por tejidos

Ventajas	Desventajas
Tiene una fácil aplicación.	No puede potabilizar si está contaminada desde su origen.
Su costo es casi nulo.	

fuentes: Elaboración propia

## MÉTODO POR FILTRACIÓN POR ARENA

Tabla 18 Ventajas y desventajas del Método por filtración por arena

Ventajas	Desventajas
Sencillez para su aplicación.	No puede potabilizar si esta contaminada desde su origen.
Tiene un bajo costo.	No tiene la capacidad para eliminar rangos demasiados de turbiedad.

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO SOLVATTEN

Tabla 19 Ventajas y desventajas del Método Solvatten

Ventajas	Desventajas
Tiene fácil aplicación.	El material debe ser importado.
Método fiable y eficaz.	Su costo es elevado.
Úso cómodo.	El agua esta expuesta a recontaminación si no se la bebe rápido.

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO NAIADE

Tabla 20 Ventajas y desventajas del Método Naiade

Ventajas	Desventajas
Tiene gran capacidad de producción.	El material debe ser importado.
Bajo costo de mantenimiento.	Su costo al principio es importante.
Tiene fácil aplicación.	

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO 3 RECIPIENTES

Tabla 21 Ventajas y desventajas del Método 3 recipientes

Ventajas	Desventajas
Su costo es bajo.	Su desinfección no es del 100%.
Tiene gran grado de eliminacion de impurezas.	Su tiempo de espera es demasiado.
Tiene fácil aplicación.	

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO OSMOSIS INVERSA

Tabla 22 ventajas y desventajas del Método Osmosis inversa

Ventajas	Desventajas
Ocupa poco espacio.	Elimina los minerales saludables.
Se tiene un mejor sabor los alimentos que se cocinen con esta agua.	El agua se vuelve ácida.
Eliminan bacterias y patógenos.	Su tiempo de espera es demasiado.

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO NANOFILTRACIÓN

Tabla 23 Ventajas y desventajas del Método Nanofiltración

Ventajas	Desventajas
Elimina sustancias orgánicas.	Elimina los minerales saludables.
Remueve la dureza del agua.	
Elimina las bacterias y virus.	

fuelle: Elaboración propia



## MÉTODO ULTRACCIÓN

Tabla 24 ventajas y desventajas del Metodo Ultrafiltración

Ventajas	Desventajas
Ahorro de energía.	Si se tiene gran cantidad de elementos se tiene poca eficiencia.
Requiere de un mantenimiento mínimo.	Según el agua que se trata hay un rechazo del 30% y 60%.
Su costo es aceptable.	

fuelle: Elaboración propia

## MÉTODO MICROFILTRACIÓN

Tabla 25 Ventajas y desventajas del Método Microfiltración

Ventajas	Desventajas
Su costo es bajo.	No elimina por completo los virus.
Tiene un bajo consumo de energía.	es sensible para los productos que sean químicos.
Se necesita de pocas acciones manuales.	

fuelle: Elaboración propia

Tabla 26 Resultados de contaminantes

	Ebullicion	Filtracion de agua	Clorado	Des lacion Solar	Sodis	Mediante filtro cerámico	filtración por tejidos	filtración por arena
Asbesto	0	1	1	0	1	1	1	1
Plomo	0	1	1	0	1	1	1	1
PVC	3	3	3	3	3	3	3	3
Cloro	1	0	2	0	0	0	0	0
TOTAL	4	5	7	3	5	5	5	5

fuelle: Elaboración propia

Tabla 27 Resultados de contaminantes

	El método Naiade (rayos UV)	método Solva en (rayos solares)	Método de 3 recipientes	Ósmosis inversa	Nanofiltración	ultrafiltración	Microfiltración	Medios filtrantes
Asbesto	1	1	1	1	1	1	1	1
Plomo	1	1	1	0	0	0	1	1
PVC	3	3	3	3	3	3	3	3
Cloro	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	5	5	5	4	4	4	5	5

fuelle: Elaboración propia

Tabla 28 Resultados de costo-ahorro

	Ebullicion	Filtracion de agua	Clorado	Des lacion Solar	Sodis	Mediante filtro cerámico	filtración por tejidos	filtración por arena	El método Naiade (rayos UV)
Muy inadecuado									1
Inadecuado									
Aceptable		3		3		3			
Óp mo			4						
Muy óp mo	5				5		5	5	

fuelle: Elaboración propia

Tabla 29 Resultados de costo-ahorro

	El método Naiade (rayos UV)	método Solva en (rayos solares)	método Lifestraw	Método de 3 recipientes	Ósmosis inversa	Nanofiltración	ultrafiltración	Microfiltración	Medios filtrantes
Muy inadecuado	1								
Inadecuado						2	2		
Aceptable				3	3			3	
Óp mo		4							4
Muy óp mo			5						

fuelle: Elaboración propia

Tabla 30 Resultados de calidad

	Ebullicion	Filtracion de agua	Clorado	Des lacion Solar	Sodis	Mediante filtro cerámico	Filtración por tejidos	Filtración por arena
PH	3	3	4	4	3	4	3	4
Olor	4	4	4	4	3	4	4	3
Sabor	3	4	4	4	4	4	3	3
Turbidez	1	3	3	4	4	4	4	4
Bacterias	4	5	3	4	3	3	4	4
Conduc vidad	3	3	4	4	4	3	4	4
Alcalinidad	3	3	4	4	3	3	3	3
TOTAL	21	25	26	28	24	25	25	25

fuelle: Elaboración propia

Tabla 31 Resultados de calidad

	El método Naiade (rayos UV)	Método Solva en (rayos solares)	Método de 3 recipientes	Ósmosis inversa	Nanofiltración	ultrafiltración	Microfiltración	Medios filtrantes
PH	4	4	4	4	4	4	4	4
Olor	4	4	3	4	4	4	4	4
Sabor	4	3	3	4	4	4	4	4
Turbidez	3	4	4	3	4	3	3	4
Bacterias	4	4	4	4	3	4	3	4
Conduc vidad	4	3	4	4	3	3	4	3
Alcalinidad	3	3	3	3	4	3	4	3
TOTAL	26	25	25	26	26	25	26	26

fuelle: Elaboración propia

Tabla 32 Resultados de Materiales de corrosión

Filtración de agua	Clorado	Des lacion Solar	Sodis	Mediante filtro cerámico	Filtración por tejidos	Filtración por arena
4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
10	10	10	10	10	10	10

fuelle: Elaboración propia

Tabla 33 Resultados de Materiales de corrosión

Método Solva en (rayos solares)	Método de 3 recipientes	Ósmosis inversa	Nanofiltración	ultrafiltración	Microfiltración	Medios filtrantes
4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
10	10	10	10	10	10	10

fuelle: Elaboración propia

Tabla 34 Resultados Finales

Metodo	Contaminantes	Costo-Ahorro	Calidad	TOTAL
Ebullicion	4	5	21	30
Filtracion de agua	5	3	25	33
Clorado	7	4	26	37
Des lacion Solar	3	3	28	34
Sodis	5	5	24	34
Mediante filtro cerámico	5	3	25	33
filtración por tejidos	5	5	25	35
filtración por arena	5	5	25	35
El método Naiade (rayos UV)	5	1	26	32
método Solva en (rayos solares)	5	4	25	34
Método de 3 recipientes	5	3	25	33
Ósmosis inversa	4	3	26	33
Nanofiltración	4	2	26	32
ultrafiltración	4	2	25	31
Microfiltración	4	3	26	33
Medios filtrantes	5	4	25	34
método Lifestraw	0	5	0	5

fuelle: Elaboración propia

## **Conclusión**

Según los datos expuestos en esta investigación, podemos concluir que las aplicaciones y tratamientos para el uso de lluvia nos han mostrado que no todos son los más óptimos para la ejecución de la misma, debido a que se deben tener parámetros para la calidad del agua a fin del consumo humano debido a esto se recolecto, se mandó 3 pruebas de calidad de diferentes lugares para tener una idea de cómo se les debe calificar a los distintos tratamientos, los tratamientos fueron sometidos a diferentes variables a calificar las cuales son filtración, materiales, ahorro, normativa, captación y almacenamiento.

Se concluyó que al pasar de los años en cada región la necesidad de las civilizaciones hizo que la gente recolecte y almacene el agua lluvia, cada una de estas tiene su forma de almacenar y en la forma en las que se utilizaba. Se pudo determinar que, aunque pase el tiempo no se ha cambiado mucho la forma de almacenar sino solo la forma en la que se le trata, ya que al igual que las antiguas civilizaciones se lo utiliza para el consumo humano.

Una vez analizado los distintos tratamientos de esta investigación, se da una respuesta a que el mejor orden de prioridad del uso de agua lluvia es el tema de la alimentación seguido para la higiene personal, utilización del lavado de ropa y utilización en los sanitarios finalmente para el regadío de

jardines y lavado de los carros, este orden se llega debido a la demanda que se tiene y ala cantidad de agua de recolección, de estar forma no se va a desperdiciar el agua de una forma desmeritada.

Finalmente, el mejor tratamiento que dio como resultado esta investigación es el método por clorado ya que este desinfecta de una mejor manera el agua recolectada y se tiene un mejor ahorro comparado con las demás, al igual que en las normativas se tiene una mejor valoración.

## **Reflexiones finales**

En relación a que debido a la sobrepoblación del mundo y a medida va aumentando la demanda de agua no se puede abastecer a todos, debido a esto las personas han ido buscando medidas para aprovechar el agua lluvia como se hacía en épocas pasadas. La mayor escasez de agua tiene las zonas de Europa y África mientras que en América latina y parte de Estados Unidos se tiene gran cantidad de agua. Debido a esto se realiza esta investigación dando como un mejor resultado de todos los tratamientos estudiados el método por cloris, siempre teniendo en cuenta como el cloro es dañino para el medio ambiente, este tipo de método resulta con una mejor valoración debido a que también sus materiales no son difíciles de conseguir.

## Recomendaciones

Se recomienda, al momento de implementar un sistema de tratamiento de agua, la desinfección va relacionarse con el tema de sanidad es decir tener el agua de una mejor manera se tiene una mejor salubridad.

La implementación de estos sistemas implica una inversión inicial pero dicha inversión se va a devolver a lo largo del tiempo, esto se logra debido a que no se paga agua potable dicho así es una inversión económica, igualmente los beneficios ambientales van a ser muchos, estos no se los puede cuantificar solamente con dinero.

Una vez concluida el presente trabajo de tesis, se recomienda a futuros investigadores y comunidad educativa evaluar los sistemas basarse en un método más experimental implementando esta investigación, se deberá tener los recursos necesarios para proceder a dichos procesos.

Se sugiere que las tecnologías y materiales que se utilizan en los sistemas sean de fácil alcance, permitiendo que la gente no tenga que movilizarse o gastar en traer la materia prima, igualmente es aconsejable investigar si los materiales que se va a utilizar no son muy pesados para la zona donde se va a implementar dichos sistemas.

Tener en cuenta el lugar donde se va a implementar debido a que algunos materiales se pueden ir descomponiendo con el pasar del

tiempo, igualmente tener en cuenta en los lugares donde se tiene un clima más cálido el material del techo, teniendo en cuenta que el zinc es el que mejor va a ayudar en estas zonas.

## Referencias bibliográficas

Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, A. (2008). Manual de Captacion de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos. 1–47. [http://www.pnuma.org/reccat/esp/documentos/MANUALDECAPTACION\\_oct\\_2008.pdf](http://www.pnuma.org/reccat/esp/documentos/MANUALDECAPTACION_oct_2008.pdf)

Antonio, J., & Juárez, V. (2010). Refrigerant Management - Ozone Protection Optimize Energy Efficiency Performance.

Bedoya, M.-Montoya, C. (2018). Sustainable house construction with soil cement blocks: From waste to material. *Revista De Arquitectura*, 20(1), 62–70. <http://www.scielo.org.co/pdf/rarq/v20n1/1657-0308-rarq-20-01-62.pdf>

Camargo-González, I., & Mariscal-Ureta, K. E. (2012). Escasez de agua: en busca de soluciones normativas. *Economía Informa*, 374, 53–74.

CASTAÑEDA, N. P. (2010). PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA, COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE, EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA AUXILIADORA DE CALDAS, ANTIOQUI. *Interagir: Pensando a Extensão*, 0(15), 60. <https://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/>

Cedeño, J., & Concepcion, M. (2010). Atlas pluviometrico del Ecuador. Documentos técnicos del PHI-LAC, N°21.

Escribano, B. (2007). Una visión sostenibilista sobre la escasez del agua dulce en el mundo. *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 2, 23. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4234/Escribano.pdf>

Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, 89, 195. <https://doi.org/10.18234/secuencia.v0i89.1231>

FAO. (2013). Captación Y Almacenamiento De Agua De Lluvia. In Santiago de Chile. <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>

Gómez Araujo, E. S., Arteño Ramos, R., & Zavala Machado, M. E. (2021). Reserva ecológica Cotacachi Cayapas en su diversidad climática. *Revista Boletín Redipe*, 10(1), 290–301. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i1.1181>



Gómez, G., & Grijalva, R. (2012). Riesgos de escasez de agua en la ciudad de Huancayo al año 2030. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 02(01), 15–26. <https://doi.org/10.18259/acs.2012003>

Guilcamaigua, D., & Chancusig, E. (2017). Agroecosistemas Y Calidad Del Agua Para Riego En La Agricultura Familiar Campesina De La Sierra Central Del Ecuador. 1–20.

Hernández Avilés, D. M., & Chaparro, T. (2020). Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 97–107. <https://doi.org/10.18359/rcin.4409>

INAMHI. (2017). Boletín Agrometeorológico Mensual No 12. 12. [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_agr\\_men.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_agr_men.pdf)

Jaramillo, A. (2006). Evapotranspiración de referencia en la Región Andina de Colombia. *Cenicafe*, 57(4), 288–298.

Jiménez Amores, P. S. (2007). Estudio De Impacto Ambiental Ex - Ante De La Fase De Exploración Y Explotación Del Área Minera "Playa Brisas Del Upano" Código 1401640001. In Ministerio del Ambiente y Agua. [http://www.morona.gob.ec/sites/default/files/AMBIENTAL/EIA\\_BRISAS\\_DEL\\_UPANO\\_MUNICIPIO.pdf?fbclid=IwAR02PMY2hIAIRIkq6KRlIXBqwEJl1-g-O-28UORvCBvR5ISx6Bs2kLVbs4](http://www.morona.gob.ec/sites/default/files/AMBIENTAL/EIA_BRISAS_DEL_UPANO_MUNICIPIO.pdf?fbclid=IwAR02PMY2hIAIRIkq6KRlIXBqwEJl1-g-O-28UORvCBvR5ISx6Bs2kLVbs4)

LBC. (2014). *Materials Petal Handbook*. August.

Magnago, J. (2019). Revista de Derecho Romano – Número I – ( 2019 ). *Revista de Derecho Romano*, 2019(1), 57–72. <http://revistas.bibdigital.uccor.edu.ar/index.php/rdr/article/view/4249/2851>

Mantilla lopez, J. A., & Casallas, M. A. (2015). Diseño de un tanque de almacenamiento de agua caliente sanitaria, utilizando materiales de bajo costo. *Scientia et Technica*, 20(3), 225. <https://doi.org/10.22517/23447214.9991>

Mariana, U. (2021). Entrelazando formación, experiencias, escena-rios y procesos vivenciales de investigación e innovación Memoria del XVI Encuentro Institucional de Semilleros Investigación.

Mejía A. (2020). Espacios comunitarios recolectores de agua lluvia para la vivienda social en el clima calido lluvioso. Pag 164.

Medina, M. L. (2018). Between tradition and innovation. A first approach to water storage systems in Gadir/Gades. *Complutum*, 29(1), 95–114. <https://doi.org/10.5209/CMPL.62397>

Mousalli-Kayat, G. (2015). Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa. Mérida, June, 1–39. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2633.9446>

Shil, P., Sapkal, G., Patil, A., Gunjal, S., & Sudeep, A. (2018). Meteorological. *Journal of Mosquito Research*, 38, 21–39. <https://doi.org/10.5376/jmr.2018.08.0003>

So, Á., Valdéz-Salas, B., Schorr Wiener, M., Carrillo Beltrán, M., Ramos Irigoyen, R., & Curiel Alvarez, M. (2010). Materiales y corrosión en la industria de gas natural. *Corrosión y Preservación de La Infraestructura Industrial*, 87–102. <https://doi.org/10.3926/oms.84>

Zamora, J. L. (1998). *cubiertas.pdf* (p. 20).

# Anexos

Re: Reunion  
Daniel A. Pazmiño <dpazmino@inamhi.gob.ec>  
Dom 17/4/2022 21:24  
Para:

- Jossue Ortiz <jossueortiz@hotmail.com>

CC:

- marcelovillacis@uti.edu.ec <marcelovillacis@uti.edu.ec>

Estimada María José y Jossue,

Les pido mil disculpas, me encuentro de viaje y va a estar difícil coordinar una reunión. No obstante, voy a intentar responder sus preguntas por correo, y si todavía necesitan la reunión avísenme.

1. ¿Cuál es la razón de que hoy en día se den las lluvias intensas o torrenciales en Quito?

El período 2021-2022 se caracterizó por un evento "La Niña" en el Océano Pacífico, que se asocia a mayores eventos de precipitación en la región Andina de Ecuador. El cambio climático también tiene un rol, aunque esto no se ha cuantificado en nuestro país.

2. ¿En que lugar de Quito las lluvias son más intensas y a que se debe este fenómeno en ese sector?

Las lluvias más intensas se presentan en el sur de la ciudad. El principal factor es la topografía y su influencia en los microclimas.

3.- ¿Existe algún estudio indicando la calidad de agua lluvia de Quito?

Pueden revisar mi tesis de pregrado acerca de lluvia ácida en el centro del DMQ en el repositorio digital de la EPN (Pazmiño, 2008). Ahí analicé variables como pH y sólidos totales. Seguramente, en tesis de ingeniería ambiental de otras universidades podrían encontrar más información.

4.- Para realizar un cálculo sobre el potencial de recolección de agua se debe utilizar un promedio anual o un resumen de los últimos 10 años?

Para la variable de precipitación no se usan promedios anuales, sino acumulado anual. Con el dato de acumulado anual pueden obtener el promedio de un período de tiempo para caracterizar la zona de estudio (climatología). Para estudios científicos se exige al menos 30 años de datos (de acuerdo a normas de la Organización Meteorológica Mundial). En nuestro medio, en estudios de consultoría y tesis se suele usar al menos 10 años de datos (debido sobre todo a la falta de datos).

5.- ¿Cómo calcular el porcentaje que se puede mitigar en cuanto a inundaciones mediante la recolección de agua lluvia?

Existen muchas metodologías para investigar acerca del control de inundaciones. En cualquier caso, la metodología debe ser ajustada a su caso de estudio. Haciendo una generalización bien gruesa, esto es función de las características de su zona de estudio (topografía, uso y cobertura de suelo, climatología, hidrología, etc.) y las características de las obras de mitigación (presa, alcantarillado, etc.).

Anexo 1 Entrevista a especialista  
fuente: Hotmail

6.- ¿Cómo calcular todas las variantes que conlleva la recolección de agua lluvia para poder saber su potencial?

No entiendo su pregunta. ¿Con "variantes" se refieren a la infraestructura necesaria para captar agua lluvia? o ¿se refieren a los factores meteorológicos? Por otra parte, ¿potencial de agua lluvia para qué? ¿agricultura, consumo humano, consumo animal, etc.?

No sé en otras universidades, en la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Politécnica Nacional se han hecho varias tesis sobre captación de agua lluvia. Les sugiero hacer una revisión de la literatura sobre las mismas.

Muchos éxitos con su investigación.

Saludos,  
Daniel

---

**De:** "Jossue Ortiz" <jossueortiz@hotmail.com>  
**Para:** dpazmino@inamhi.gob.ec  
**CC:** marcelovillacis@uti.edu.ec  
**Enviados:** Miércoles, 13 de Abril 2022 20:17:08  
**Asunto:** Reunion

Buenas tardes Daniel, te saluda María José Ordóñez y Jossue Ortiz.  
El Arquitecto Marcelo Villacis nos comento que nos podrías ayudar con una reunión para aclarar algunas dudas sobre las precipitaciones de Quito que nos servirían posteriormente para desarrollar nuestras tesis, quisiéramos saber cuándo nos puedes regalar un momento de tu tiempo.

Algunas de las preguntas que quisiéramos solventar son:

1. ¿Cuál es la razón de que hoy en día se den las lluvias intensas o torrenciales en Quito?
2. ¿En que lugar de Quito las lluvias son mas intensas y a que se debe este fenómeno en ese sector?
- 3.- ¿Existe algun estudio indicando la calidad de agua lluvia de Quito?
- 4.- Para realizar un calculo sobre el potencial de recolección de agua se debe utilizar un promedio anual o un resumen de los últimos 10 años?
- 5.- ¿Cómo calcular el porcentaje que se puede mitigar en cuanto a inundaciones mediante la recolección de agua lluvia?
- 6.- ¿Cómo calcular todas las variantes que conlleva la recolección de agua lluvia para poder saber su potencial?

Estaremos al tanto de tu respuesta, muchas gracias.

Enviado desde [Outlook](#)

—  
-----

*Saludos cordiales*

**Daniel Pazmiño Vernaza**  
DIRECTOR  
DIRECCIÓN NACIONAL DE LA RED DE OBSERVACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

Anexo 2 Entrevista a especialista  
fuente: Hotmail

Ext. 87050

Núñez de Vela y Corea  
(593) 2 3971100  
Código postal 170507 / Quito-Ecuador  
[www.serviciometeorologico.gob.ec](http://www.serviciometeorologico.gob.ec)



Instituto Nacional  
de Meteorología e  
Hidrología



República  
del Ecuador




Gobierno  
del Encuentro

Juntos  
lo logramos



Anexo 3 Entrevista a especialista  
fuente: Hotmail

	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-F003</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS</b>	<b>Rev. 5</b>  <b>Hoja 1 de 2</b>

Informe N°: LN-SFA-E22-0485  
 Fecha emisión Informe: 12/05/2022

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Jossue Ortiz

Dirección<sup>1</sup>: Calderón

Provincia<sup>1</sup>: Pichincha

Cantón<sup>1</sup>: Quito

Teléfono<sup>1</sup>: 0979548200

Correo Electrónico<sup>1</sup>: jossueortiz@hotmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0457

N° Factura/Documento: 026-001-13466

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Agua	Conservación de la muestra: En refrigeración hasta su análisis	
Provincia <sup>1</sup> : Pichincha	X: ----	
Cantón <sup>1</sup> : Quito	Y: ----	
Parroquia <sup>1</sup> : Calderón	Altitud: ----	
	Lote <sup>1</sup> : ----	
Muestreado por <sup>1</sup> : Jossue Ortiz	Tipo de envase <sup>1</sup> : Plástico	
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 25-04-2022	Fecha de inicio de análisis: 28-04-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 28-04-2022	Fecha de finalización de análisis: 12-05-2022	

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS


CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0557	Directa	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/43	----	6,72
		Conductividad eléctrica	Conductimétrico PEE/SFA/44	dS/m	0,011
		Alcalinidad total	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	16,00
		Carbonatos	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	---
		Bicarbonatos	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	16,00
		Cloruros	Volumétrico PEE/SFA/46	meq/l	0,33

Analizado por: Edison Vega

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 4 Pruebas de calidad 1  
 fuente: Agrocalidad

	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO03</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS</b>	<b>Rev. 5</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

**Observaciones:**

- Informe revisado por: Luis Cacuango
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

• **Límites de referencia:**

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	LIGERO - MODERADO	SEVERO
• Conductividad Eléctrica	dS/m	0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
• Cloruros:				
- Irrigación superficial	meq/l	4.0	4.0 – 10.0	> 10.0
- Aspersión	meq/l	3.0	3.0	
• Bicarbonato:				
- Aspersión	mgCaCO <sub>3</sub> /l	75	75 – 425	> 425
• pH	Rango normal		6.5 – 8.4	


FUENTE: TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 4 "Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego"

Q. A. Luis Cacuango  
**Responsable de Laboratorio**  
**Suelos, Foliare y Aguas**

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 5 Pruebas de calidad I  
 fuente: Agrocalidad

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO03</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS</b>	<b>Rev. 5</b>  <b>Hoja 1 de 2</b>

Informe N°: LN-SFA-E22-0486  
 Fecha emisión Informe: 12/05/2022

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>:** Jossue Ortiz  
**Dirección<sup>1</sup>:** Calderón  
**Provincia<sup>1</sup>:** Pichincha      **Cantón<sup>1</sup>:** Quito  
**Teléfono<sup>1</sup>:** 0979548200  
**Correo Electrónico<sup>1</sup>:** jossueortiz@hotmail.com  
**N° Orden de Trabajo:** SFA-22-CGLS-0457  
**N° Factura/Documento:** 026-001-13466

#### DATOS DE LA MUESTRA:

<b>Tipo de muestra<sup>1</sup>:</b> Agua	<b>Conservación de la muestra:</b> En refrigeración hasta su análisis	
<b>Provincia<sup>1</sup>:</b> Pichincha	<b>X:</b> ----	
<b>Cantón<sup>1</sup>:</b> Quito	<b>Y:</b> ----	
<b>Parroquia<sup>1</sup>:</b> Calderón	<b>Altitud:</b> ----	
	<b>Lote<sup>1</sup>:</b> ----	
<b>Muestreado por<sup>1</sup>:</b> Jossue Ortiz	<b>Tipo de envase<sup>1</sup>:</b> Plástico	
<b>Fecha de muestreo<sup>1</sup>:</b> 25-04-2022	<b>Fecha de inicio de análisis:</b> 28-04-2022	
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 28-04-2022	<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 12-05-2022	

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0558	Pergola	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/43	----	6,18
		Conductividad eléctrica	Conductimétrico PEE/SFA/44	dS/m	0,027
		Alcalinidad total	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	16,00
		Carbonatos	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	----
		Bicarbonatos	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	16,00
		Cloruros	Volumétrico PEE/SFA/46	meq/l	0,15


Analizado por: Edison Vega

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 6 Prueba de calidad 2  
 fuente: Agrocalidad



	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO03</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS</b>	<b>Rev. 5</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

**Observaciones:**

- Informe revisado por: Luis Cacuango
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

• **Límites de referencia:**

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	LIGERO - MODERADO	SEVERO
• Conductividad Eléctrica	dS/m	0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
• Cloruros:				
- Irrigación superficial	meq/l	4.0	4.0 – 10.0	> 10.0
- Aspersión	meq/l	3.0	3.0	
• Bicarbonato:				
- Aspersión	mgCaCO <sub>3</sub> /l	75	75 – 425	> 425
• pH	Rango normal		6.5 – 8.4	


FUENTE: TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 4 "Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego"

Q. A. Luis Cacuango  
**Responsable de Laboratorio**  
**Suelos, Foliare y Aguas**

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 7 Prueba de calidad 2  
 fuente: Agrocalidad

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO03</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS</b>	<b>Rev. 5</b>  <b>Hoja 1 de 2</b>

Informe N°: LN-SFA-E22-0487  
 Fecha emisión Informe: 12/05/2022

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Jossue Ortiz

Dirección<sup>1</sup>: Calderón

Provincia<sup>1</sup>: Pichincha

Cantón<sup>1</sup>: Quito

Teléfono<sup>1</sup>: 0979548200

Correo Electrónico<sup>1</sup>: jossueortiz@hotmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0457

N° Factura/Documento: 026-001-13466

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Agua	Conservación de la muestra: En refrigeración hasta su análisis
Provincia <sup>1</sup> : Pichincha	X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Quito	Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Calderón	Altitud: ----
	Lote <sup>1</sup> : ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Jossue Ortiz	Tipo de envase <sup>1</sup> : Plástico
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 25-04-2022	Fecha de inicio de análisis: 28-04-2022
Fecha de recepción de la muestra: 28-04-2022	Fecha de finalización de análisis: 12-05-2022

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS


CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0559	Piso	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/43	----	6,51
		Conductividad eléctrica	Conductimétrico PEE/SFA/44	dS/m	0,048
		Alcalinidad total	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	24,00
		Carbonatos	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	---
		Bicarbonatos	Volumétrico PEE/SFA/45	mgCaCO <sub>3</sub> /l	24,00
		Cloruros	Volumétrico PEE/SFA/46	meq/l	0,22

Analizado por: Edison Vega

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 8 Prueba de calidad 3  
 fuente: Agrocalidad

	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO03</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS</b>	<b>Rev. 5</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

**Observaciones:**

- Informe revisado por: Luis Cacuango
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

• **Límites de referencia:**

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	LIGERO - MODERADO	SEVERO
• Conductividad Eléctrica	dS/m	0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
• Cloruros:				
- Irrigación superficial	meq/l	4.0	4.0 – 10.0	> 10.0
- Aspersión	meq/l	3.0	3.0	
• Bicarbonato:				
- Aspersión	mgCaCO <sub>3</sub> /l	75	75 – 425	> 425
• pH	Rango normal		6.5 – 8.4	

FUENTE: TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 4 "Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego"

Q. A. Luis Cacuango  
**Responsable de Laboratorio**  
**Suelos, Foliares y Aguas**

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

<sup>1</sup> Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 9 Prueba de calidad 3  
 fuente: Agrocalidad