

Área del Conocimiento de Agricultura

EVALUACIÓN DEL MEDIO HIDROGEOLÓGICO Y POTENCIAL HÍDRICO DE UN POZO DE LA FINCA AGRICOLA EXPERIMENTAL (FAE- UNI), UBICADO EN LA PARTE ALTA DEL ACUÍFERO “LAS SIERRAS” EN LA COMUNIDAD LA BOLSA, DE DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2023.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. AREAS LINARTE
WILLIAM FRANCISCO
CARNET: 2019-0594U

Br. GARCÍA PÉREZ
DANA RAQUEL
CARNET: 2019-0720U

Tutor:

MSc. Ing. Josué Acosta
Green

08 de octubre del 2024
Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha dado la fuerza, sabiduría y perseverancia para superar cada desafío. Su guía y bendición han sido mi faro en los momentos más oscuros y mi inspiración para seguir adelante.

A mis queridos padres, Celia Linarte y Arturo Areas. Gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor fuente de inspiración. Sus sacrificios, enseñanzas y valores han sido fundamentales para alcanzar este logro. Esta tesis es un reflejo de todo lo que me han dado, y por ello, les estaré eternamente agradecido.

A mis abuelitos, Estela Silva, Alfonso Linarte y Edelmira Chávez, quienes desde el cielo han sido una luz en mi camino. Su amor y enseñanzas continúan guiándome y motivándome en cada paso.

William Areas

Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien es el que me ha brindado toda la sabiduría y su fuerza en este largo viaje.

A mis padres Denis García Rostran, Brenda Pérez Reyes y hermanas, por su amor y paciencia, por comprender las horas de estudio y por siempre estar a mi lado, celebrando cada pequeño logro y ofreciéndome consuelo en los momentos difíciles.

A mi novio Ángel Martínez Fornos, porque su apoyo y amor incondicional han sido la fuerza que me ha impulsado a superar cada desafío en este viaje. En cada momento de duda y en cada pequeño logro, tu confianza en mí ha sido una fuente de inspiración y motivación.

Y a mí misma, por no rendirme y por perseverar hasta alcanzar este objetivo. Esta tesis es el reflejo de un sueño convertido en realidad, gracias a la colaboración de todos mis seres queridos

Dana García

Agradecimiento

Primero y, ante todo, quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y salud necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

Le doy gracias a mis padres, y a mi hermano Axcel Areas, por ser mis pilares y ejemplos de perseverancia, amor incondicional, esfuerzo y dedicación. Gracias por sus palabras de aliento, por estar siempre a mi lado, por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional a lo largo de este camino, incluso en los momentos más difíciles.

A mis tíos, Claudia Yahoska y Herly Morales, por su constante apoyo y cariño. Gracias por ser una fuente de inspiración, por sus sabios consejos y por estar siempre presentes en mi vida. Sus palabras y actos de amor han sido un gran sostén durante este camino.

A Darling López Latino por ser una parte muy importante en mi vida, gracias por todo el apoyo, por acompañarme en las buenas y en las malas y sobre todo por tu paciencia y amor.

A mi tutor Josué Acosta Green, por su invaluable guía y apoyo a lo largo de este proceso. Gracias por su paciencia, sabiduría, y por compartir su conocimiento de manera tan generosa. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para la realización de esta tesis.

William Areas

Agradezco primeramente a Dios por haberme dado las fuerzas y guiarme a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por brindarme una vida llena de aprendizajes.

Le doy gracias a mis padres Denis García Rostran, Brenda Pérez Reyes, y a mis hermanas por ser mis pilares en toda esta trayectoria, por apoyarme siempre a cada momento y por no permitirme desistir cuando lo estuve a punto de hacerlo, gracias por cada consejo brindado, por los valores inculcados, por la educación que me han

dado, por guiarme por el buen camino, y sobre todo enseñarme que debo poner a Dios de primero, les agradezco por todo lo que me han enseñado.

A mi novio Ángel Martínez Fornos por ser mi paño de lágrimas, por apoyarme incondicionalmente en todo momento y motivarme cada día a seguir adelante. Gracias por ser un pilar fundamental en mi vida, por tu paciencia y brindarme todo su amor constante. Aprecio enormemente tu confianza, tus sabios consejos y tu aliento para terminar mi tesis, Gracias por estar a mi lado tanto en los buenos como en los malos momentos y por ser mi gran admirador.

A mi tutor MSc. Josué Acosta Green, por dedicar su tiempo, paciencia y dedicación durante todo el proceso, por brindarnos su apoyo y sus consejos, por compartir cada experiencia suya con nosotros para que siguiéramos adelante y no rendirnos, le agradezco por cada regaño y cada carcajada que nos brindó.

Dana García

RESUMEN

La presente investigación ofrece un análisis detallado para evaluar el entorno hidrogeológico y el potencial hídrico del pozo localizado en la Finca FAE-UNI, departamento de Masaya. Como parte del estudio, se realizó una caracterización climática basada en datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración obtenidos del Data Access Viewer para las estaciones meteorológicas cercanas. Se llevó a cabo un análisis de la taxonomía de los suelos en la zona, identificando que el tipo de suelo predominante es el Molisol. Dentro del análisis geológico el área de estudio se divide en dos unidades litológicas principales: sedimentos consolidados y depósitos volcánicos.

Se realizó una prueba de bombeo a caudal constante durante ocho horas permitió determinar la transmisividad del acuífero. La conductividad hidráulica sugiere que el acuífero consiste en arenas medias a gruesas, lo que lo convierte en un buen acuífero.

El radio de influencia del pozo indica que no interfiere con los pozos cercanos. Para evaluar la recarga del acuífero, se utilizó el método del permeámetro de Guelph, arrojando resultados que va en relación al tipo de suelo que se encuentra en la zona. El balance hídrico mostró en que periodos del año tenemos la recarga más significativa del año. Por su parte el balance hidrogeológico indicó que el acuífero tiene un potencial hídrico considerable, de los cuales solo se extrae una parte del mismo para actividades de riego en la FAE-UNI, reflejando el volumen disponible, asegurando que el acuífero puede suplir la demanda actual.

Se exponen los resultados y la interpretación de los análisis hidro químicos realizados en el agua subterránea del área de estudio. Estos análisis, obtenidos a partir de pruebas de laboratorio, abarcan variables fisicoquímicas, bacteriológicas y la presencia de metales pesados. Los resultados se contrastaron con las normativas de calidad del agua para consumo humano establecidas por CAPRE y con la norma NTON 05-007-98, encargada de los recursos hídricos destinados al riego.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	JUSTIFICACIÓN	4
IV.	OBJETIVOS	5
4.1.	Objetivo General.....	5
4.2.	Objetivo Especifico.....	5
V.	MARCO TEORICO	6
5.1.	Clima	6
5.1.1.	Precipitación	6
5.1.2.	Temperatura	6
5.1.3.	Evapotranspiración	6
➤	Transpiración	7
➤	Evaporación	7
5.2.	Taxonomía de suelo.....	7
5.2.1.	Orden de suelo.	7
5.2.2.	Suborden de suelo.....	8
5.2.3.	Textura	8
5.2.4.	Uso y cobertura de suelo.....	8
5.3.	Geomorfología	9
5.3.1.	Geología	9
5.4.	Medio hidrogeológico.	10
5.4.1.	Acuífero	10
5.4.2.	Tipos de acuíferos	10
5.4.3.	Pozos.....	12
5.4.4.	Gradiente Hidráulico	12
5.4.5.	Piezometría	13
5.5.	Hidráulica de pozo.....	13
5.5.1.	Transmisividad (T)	13
5.5.2.	Capacidad Especifica	14
5.5.3.	Coeficiente de almacenamiento (S).....	14
5.5.4.	Radio de Influencia	15
5.5.5.	Escurrimiento Subterráneo	16

5.5.6.	Balance hídrico del suelo.....	16
5.5.7.	Balance hidrogeológico	17
5.6.	Hidroquímica	17
5.6.1.	Análisis Físico-Químicos	17
5.6.2.	Análisis Bacteriológicos	20
5.6.3.	Análisis Metálicos	21
VI.	DISEÑO METODOLOGICO	22
6.1.	Tipo de investigación.....	22
6.1.1.	Según su enfoque.....	22
6.1.2.	Según su alcance	22
6.1.3.	Según el tiempo de ocurrencia	22
6.2.	Ubicación del área de estudio	22
6.2.1.	Macro localización	22
6.2.2.	Micro localización	22
6.2.3.	Delimitación del área de acuífero	23
6.3.	Clima	24
6.3.1.	Precipitación	24
6.3.2.	Temperatura	24
6.3.3.	Determinación de la evapotranspiración potencial	24
6.4.	Estimación de la recarga del acuífero	25
6.4.1.	Infiltración	25
6.5.	Hidráulica de pozos.....	26
6.5.1.	Transmisividad.....	26
6.5.2.	Conductividad Hidráulica	27
6.5.3.	Capacidad específica	27
6.5.4.	Radio de influencia	27
6.5.5.	Escurrimiento subterráneo.....	28
6.6.	Hidroquímica del agua	28
6.7.	Matriz de operacionalización de variables.....	30
VII.	ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	32
7.1.	Caracterización Climática.....	32
7.1.1.	Precipitación	32
7.1.2.	Temperatura	34

7.1.3.	Evapotranspiración	35
7.1.4.	Taxonomía de suelo	36
7.1.5.	Geología	40
7.1.6.	Medio Hidrogeológico	42
7.1.7.	Hidrodinámica.....	44
7.1.8.	Datos técnicos del pozo.....	46
7.2.	Hidráulica de pozo.....	48
7.2.1.	Transmisividad.....	48
7.2.2.	Conductividad Hidráulica	50
7.2.3.	Capacidad Especifica	50
7.2.4.	Coeficiente de almacenamiento.....	51
7.2.5.	Radio de Influencia	52
7.2.6.	Recarga del acuífero	54
7.2.7.	Balance Hidrogeológico.....	59
7.2.1.	Potencial vs demanda	61
7.3.	Hidroquímica subterránea	61
7.3.1.	Análisis Físico-químicos.	62
7.3.2.	Análisis Bacteriológico.....	66
7.3.3.	Análisis Metales Pesado.....	66
7.3.4.	Hidroquímica.....	67
7.3.5.	Diagrama de RAS.....	70
VIII.	CONCLUSION.....	72
IX.	RECOMENDACIÒN	74
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	75
XI.	ANEXO.....	I

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triangulo textural	8
Figura 2. Acuífero según su material constituyente.....	11
Figura 3. Acuífero según su presión.....	11
Figura 4. Diseño de un pozo	12
Figura 5. Gradiente hidráulico	13
Figura 6. Coeficiente de almacenamiento	15
Figura 7. Radio de influencia.....	16
Figura 8: Micro localización	23
Figura 9: Área delimitada	24
Figura 10. Permeámetro de Guelph	26
Figura 11: Mapa de Precipitación media anual del área de estudio	33
Figura 12: Mapa de Temperatura media del área de estudio.....	35
Figura 13: Mapa de uso, cobertura y taxonomía de suelo	39
Figura 14: Mapa geológico del área en estudio.....	41
Figura 15: Mapa Hidrogeológico de la zona de estudio	43
Figura 16: Mapa Piezométrico.....	45
Figura 17: Diseño del pozo en estudio (FAE-UNI)	47
Figura 18: Resultado de prueba de bombeo mediante AQTsolve.....	49
Figura 19: Ubicación de la prueba de infiltración.....	56
Figura 20: Mapa Hidroquímica	69
Figura 21: Diagrama de Agua para riego	71

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Matriz de Operalización de variables.....	30
Tabla 2. Datos de precipitación media acumulada (mm) de las estaciones (1981-2022).....	32
Tabla 3. Datos de Temperatura media (°C) de las estaciones (1981-2022).....	34
Tabla 4. Cálculo de evapotranspiración por el método de Hargreaves (1981-2022)	36
Tabla 5. Distribución del suelo en el área.....	37
Tabla 6. Distribución de uso de suelo en el área de estudio	38
Tabla 7. Clase de Transmisividad	42
Tabla 8. Tubería Interna del pozo	46
Tabla 9. Perfil estratigráfico del pozo	46
Tabla 10. Parámetros hidráulicos del pozo en estudio	50
Tabla 11. Parámetros hidráulicos del pozo	51
Tabla 12. Valores típicos de Coeficiente de Almacenamiento.....	52
Tabla 13. Clasificación de permeabilidad en materiales detríticos sedimentarios. 55	
Tabla 14. Resultado de la velocidad de infiltración del área en estudio	57
Tabla 15. Recarga de la zona de estudio.....	58
Tabla 16. Descarga Subterránea en el área de estudio.....	59
Tabla 17. Balance hidrogeológico del área de estudio.....	60
Tabla 18. Potencial vs demanda	61
Tabla 19. Análisis Físicoquímico del área de estudio (FAE-UNI)	62
Tabla 20. Tipo de agua según su dureza	65
Tabla 21. Resultados de Variables Bacteriológica	66
Tabla 22. Resultados de análisis bacteriológico.....	67

INDICE DE ECUACIÓN

Ecuación 1 (Evapotranspiracion, Metodo Hargreaves)	25
Ecuación 2 (Transmisividad, Hantush-Jacob)	26
Ecuación 3 (Conductividad hidraulica)	27
Ecuación 4 (Capacidad especifica).	27
Ecuación 5 (Radio de Influencia).....	28
Ecuación 6 (Esgurrimiento subterranea)	28

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el país ha venido enfrentando una crisis de disponibilidad y calidad de agua, cabe mencionar que la actividad antropogénica es la principal causante del actual estado de contaminación y la disminución de la cantidad del recurso en las fuentes subterráneas del país (Corrales Pérez 2005).

Las aguas subterráneas representan más del 95% de las reservas mundiales de agua dulce; dadas sus grandes reservas, amplia distribución geográfica y buena calidad en general. Uno de los aspectos que la hacen particularmente útil es para el consumo humano es la menor contaminación a la que está sometida y la capacidad de filtración del suelo que la hace generalmente más pura que las aguas superficiales (Vélez, 1999).

La explotación de un acuífero, independientemente de que se trate de una sobreexplotación o no, puede provocar mezclas de aguas de diferentes calidades, lo que se puede traducirse en una desmejora de la calidad. La explotación de acuíferos puede provocar el abandono de pozos por problemas de calidad o de cantidad.

Dentro de diferentes aspectos, tales como: suministro de agua potable, riego agrícola, soporte ecológico de ecosistemas y funcionamiento de los mismos. Adicionalmente actúan como reserva natural de agua, lo que permite satisfacer muchas necesidades hídricas durante períodos prolongados de sequía.

En la presente investigación se definirá la caracterización del medio físico e hidrogeológico, el comportamiento del agua subterránea según el uso de recurso hídrico que tiene la finca, siendo esta una posible problemática en la sobreexplotación del acuífero, así mismo, como el carácter hidroquímico del agua subterránea, proporcionando información técnica – científica que permitirá una evaluación de manera sostenible del recurso hídrico, debido a su potencial en nuestro país y servirá para la información de posibles estándares de consumo para el sector agrícola como para la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI).

II. ANTECEDENTES

Felnz llevó a cabo en Nicaragua un trabajo que consistió en la recopilación de información científica sobre clima, geografía, hidrogeología y geología, con el apoyo de diversos investigadores e instituciones, como INETER, G. Hodgson y C. Valle. Este estudio, según **Felnz (1989)** presentó las primeras delimitaciones de los sistemas de acuíferos, ofreciendo un enfoque regional en comparación con las delimitaciones actuales y proporcionando las primeras nociones sobre las propiedades hidráulicas de los acuíferos del país.

Jioí & Günter (1998) Estudio Hidrogeológico del Pacífico de Nicaragua: Esta investigación se realizó con el fin de presentar el primer mapa hidrogeológico de la región Pacífica de Nicaragua a escala 1: 250,000, en el cual se presentan las condiciones hidrogeológicas de los principales acuíferos del pacífico del país, los resultados comprenden tres mapas temáticos, Chinandega, Managua y Granada, en ellos se presentan los tipos de medios hidrogeológicos, transmisividades y piezometría.

Hecht G (1998) Elaboró un Mapa hidroquímico de los acuíferos del Pacífico de Nicaragua realizado a escala 1: 250,000 en este se presentan los tipos de agua, así mismo se presentan concentraciones químicas de elementos nocivos para la salud tales como Cloruro, Nitrato, Boro y Fluoruro.

Murillo Siria (2010) presenta un estudio hidrogeológico de la parte oeste de Managua, el estudio se enfocó en determinar e interpretar las propiedades hidráulicas y las variaciones de los niveles de agua subterránea, la estimación del balance hídrico, observaciones de recarga y descarga y un modelo hidráulico preliminar, cabe mencionar que este estudio se encuentra al oeste del área de estudio en el acuífero Chiltpe-Mateare.

Daniel Martínez & Mario Chevez (2017) Realizaron una caracterización hidrogeológica de la parte noroeste del acuífero Las Sierras, tomando en cuenta las características físicas, climáticas, edafológicas, tendiendo como principales hallazgos un potencial hídrico de 102.907 millones de metros cúbicos anuales. En el área de estudio el flujo subterráneo de agua subterránea se mueve en dirección

sureste-noreste dividiendo el flujo una barrea hidráulica estable. Dentro de otros resultados presentan una hidroquímica del agua bicarbonatada sódica, siendo esta caracterizada como agua de infiltración.

Josué Acosta Green (2019) Realizó una evaluación del medio hidrogeológico, de la parte alta del acuífero del occidente, en la cual se estimó el potencial hídrico subterráneo versus la demanda presentada por 37 pozos, teniendo como resultado 127.6329 Mm³/anual, con una disponibilidad del medio subterráneo de 117.9012 Mm³/anual, teniendo como principal resultado que la extracción del agua generada de riego, no tendría ninguna incidencia notoria con el acuífero del Occidente, por lo que el medio hidrogeológico suple la demanda que ejercen los pozos.

Izabá Ruiz & Morales Hernández (2022) Realizaron mediciones del flujo de agua subterránea, a través de los niveles estáticos en un período de mayo 2020 a abril 2021, en este trabajo presentan que el balance hídrico subterráneo en la aplicación de riego del plantel no está provocando una explotación del recurso hídrico y que las salidas de agua son menores que la entrada al acuífero “Las Sierras”. La calidad del agua subterránea utilizada en “El Plantel” es apta para riego.

III. JUSTIFICACIÓN

La explotación de un acuífero supone una modificación hidráulica del funcionamiento natural, de modo que a largo plazo lo que se extrae se acaba por detraer de las descargas naturales. Al realizar un acuífero se entra en un periodo transitorio, en el cual se produce un progresivo descenso de los niveles piezométricos, cuando la disminución de las descargas es menor que las extracciones, el balance de agua se cierra con una disminución de las reservas dinámicas, rápida al principio y luego cada vez menor (Custodio Gimena & Cabrera Santana 2023).

A partir de las nuevas tecnología y siembras aplicados en los últimos años, las necesidades hídricas han aumentado, por lo cual es de vital importancia conocer las propiedades hidráulicas del pozo.

El pozo en estudio, no cuenta con una caracterización hidrogeológica detallada para poder evaluar las condiciones y características hidrogeológicas del acuífero que lo alimenta, de modo que no se conoce si es factible de explotar el pozo en forma sostenible a largo plazo.

Los estudios hidrogeológicos son de especial interés ya que a través de los mismos es posible conocer las propiedades y el potencial hídrico, y así generar información que pueda ser utilizada a fin de garantizar una adecuada gestión de los recursos hídricos, es por eso que esta investigación sustentara información de carácter técnico-científico sobre climatología, geomorfología, hidráulica de pozo y hidroquímica.

A partir de los resultados de esta investigación, la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), estaría siendo un beneficiario directo de los hallazgos encontrados, no obstante, instituciones como: ANA, INETER, INAA, CAPS, ENACAL, etc, podrían contar como parte de recopilación de información secundaria los resultados obtenidos en esta investigación, para toma de decisiones, como un uso eficiente del recurso hídrico.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Evaluar el medio hidrogeológico y potencial hídrico de un pozo de la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), ubicado en la parte alta del acuífero “las sierras”, en la comunidad “La bolsa” del departamento de Masaya.

4.2. Objetivo Especifico

- Caracterizar el medio físico e hidrogeológico de la zona de estudio, a través de la realización de mapas topográficos e hidrogeológicos.
- Describir las propiedades hidráulicas y el potencial hídrico, mediante la realización de una prueba de bombeo, y balance hídrico del pozo.
- Analizar la hidroquímica del agua subterránea del pozo a través de los resultados de análisis de laboratorio.

V. MARCO TEORICO

5.1. Clima

Según Köppen (2005) define el clima como el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en una región de la superficie terrestre. Para describir el clima de un lugar se consideran los mismos elementos que para definir el tiempo meteorológico: temperatura, presión, precipitaciones.; basándose en observaciones prolongadas y trabajando con los promedios de los datos obtenidos se puede determinar el tipo de clima y las variaciones de las cuales podría presentar dicha zona.

5.1.1. Precipitación

La precipitación es la fase del ciclo hidrológico que consiste en la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. Esta se produce por la acumulación de vapor de agua en la atmósfera que propicia la formación de nubes (Fernández 2022). Define la precipitación como. Por otra parte, Núñez (2020) , la describe como la encargada de hacer que el agua contenida en la atmosfera, regrese al suelo contemplando el ciclo del agua, así como de proveer de la mayor fuente de agua dulce de la que depende la actividad humana.

5.1.2. Temperatura

La temperatura atmosférica es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire, la cual se suele medir en grados centígrados. Debido a la influencia que ejerce el ser humano, en la vegetación, en la fauna y en muchos otros factores ambientales, la temperatura, juntamente con la humedad relativa, son las variables climáticas más importantes, incluso la temperatura es una variable básica para establecer las clasificaciones climáticas a cualquier escala (Milán Pérez 2010).

5.1.3. Evapotranspiración

Es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: la evaporación y transpiración.

La evaporación se produce desde:

- La superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación.

- Desde la superficie de aguas (ríos, lagos, embalses).
- Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo. Puede tratarse de agua recién infiltrada o, en áreas de descarga, de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo (Sánchez San Román, 2017).

➤ **Transpiración**

La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmosfera. Toman agua del suelo a través de sus raíces, toman una pequeña parte para su crecimiento y el resto lo transpiran (Sánchez San Román, 2017).

➤ **Evaporación**

La evaporación es el proceso por lo que el agua líquida se convierte vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, suelos y la vegetación mojada. La radiación, la temperatura, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de evaporación (Santana Pérez 2008).

5.2. Taxonomía de suelo

La taxonomía de suelos es un sistema jerárquico utilizado para agrupar suelos en función de características observables o medibles (Schwyter y Vaughan 2022).

En Nicaragua hay una gran variedad de suelos distribuidos en función de la geología, el clima, el relieve, con distintos estados de desarrollo. Estos suelos se clasifican con diferentes sistemas, siendo los más utilizados los creados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA.NRSC) (INETER, 2010).

5.2.1. Orden de suelo.

Un sistema de clasificación integral es importante para cualquier ciencia: la ciencia del suelo, la ciencia de las plantas, la biología, la geología, entre muchas otras. La taxonomía efectiva nos permite organizar el conocimiento y aprender nuevas relaciones, formando parte de esta clasificación: Alfisoles, Andisoles, Aridisoles,

Entisoles, Gelisoles, Histosoles, Inceptisoles, Mollisoles, Oxisoles, Spodosoles, Ultisoles, y Vertisoles (USDA, 2014).

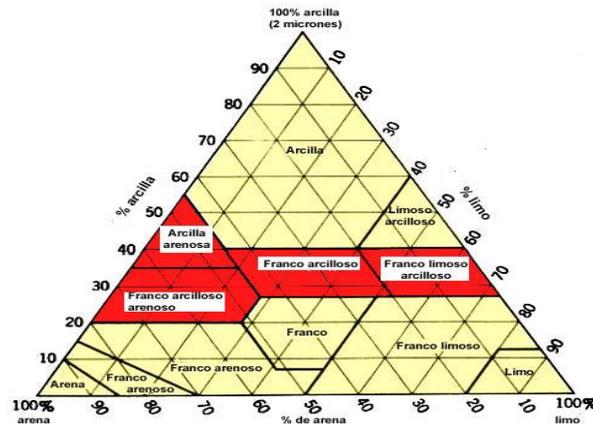
5.2.2. Suborden de suelo

Los subórdenes son categorías más específicas que proporcionan detalles adicionales sobre las características y propiedades de los suelos. Hay varios subórdenes, dentro de los más predominantes en nuestro país incluyen: Hemists (Histosoles), Aquents, Fluvents, Orthens (Entisoles), Aquerts, Uderts, Usterts (Vertisoles), Aquepts, Ustepts (Inceptisoles), Vitrand, Ustands (Andisoles), Aquolls, Udolls (Mollisoles), Aqualfs, Ustalfs (Alfisolos), Perox, Udox (Oxisoles) (INETER, 2010).

5.2.3. Textura

La textura se refiere a la proporción numérica de las partículas de arena, limo y arcilla que se encuentran en una masa de suelo. El contenido de arena, limo y arcilla es estimado manualmente en campo o laboratorio, para luego ser ubicado en el triángulo de textura y determinar la clase de textura (FAO, 1998).

Figura 1. Triángulo textural



Fuente: (USDA, 2011)

5.2.4. Uso y cobertura de suelo

La cobertura del suelo se refiere a las coberturas biológicas o físicas presentes sobre la superficie de la tierra, mientras que el uso del suelo está asociado a las

actividades que la sociedad realiza sobre la superficie terrestre para obtener algún beneficio o producto (Instituto de Geografía de Quito, 2023).

5.3. Geomorfología

La definición más sencilla que se puede dar sobre la geomorfología es: la ciencia (o disciplina) que estudia al relieve terrestre, que es el conjunto de deformaciones de la superficie de la tierra. Dentro de su aplicación se refiere a la solución de problemas relacionados con grandes obras de ingeniería (presas, vías de comunicación), yacimientos de placer e, *in situ*, erosión del suelo, uso del suelo, recursos hídricos (superficiales y subterráneos), yacimientos petrolíferos, riesgos (volcanes, inundaciones, derrumbes, etc.) (Lugo Hubd, 1988).

5.3.1. Geología

La Geología es la ciencia que estudia la composición, estructura, dinámica e historia de la Tierra, incluyendo sus recursos naturales (energía, minerales, agua), así como los procesos que repercuten en su superficie y, por tanto, en el medio ambiente. En consecuencia, la geología representa la base fundamental de la hidrogeología, es el resultado de numerosos flujos de lavas basálticas y andesíticas sucesivas, cubiertas y recortadas por sedimentos fluviales recientes que constituyen las principales unidades hidrogeológicas del país (UPV, 2011).

Cinco elementos estructurales principales se diferencian:

- La Cuenca de Sedimentación de la Costa del Pacífico (Provincias Geológicas de la Costa del Pacífico)
- La Depresión o Graben de Nicaragua,
- Provincia Volcánica Terciaria (Provincia Geológica del área Central)
- Plataforma Paleozoica y Mesozoica (Provincia Geológica del Norte),
- Cuenca de Sedimentación de la Costa Atlántica (Provincia Geológica de los Llanos de la Costa Atlántica) (Kuang, 1973).

5.4. Medio hidrogeológico.

5.4.1. Acuífero

Custodio & Llamas (2001) definen un acuífero como un estrato o formación geológica que permite la circulación de agua por sus poros o grietas, haciendo posible que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para subvenir sus necesidades.

Los acuíferos presentan dos partes diferenciadas: la zona de saturación, que retiene el agua e impide que esta siga circulando o filtrándose, y la zona de aireación que es la que se encuentra justo encima de la zona de saturación y se mantiene sin agua retenida (Ingeoexpert, 2018).

Un acuífero se comporta como si fuera un embalse, en donde hay que considerar: un caudal de entrada, un caudal de salida y una capacidad de almacenamiento y regulación (Fuentes Yagüe, 1993).

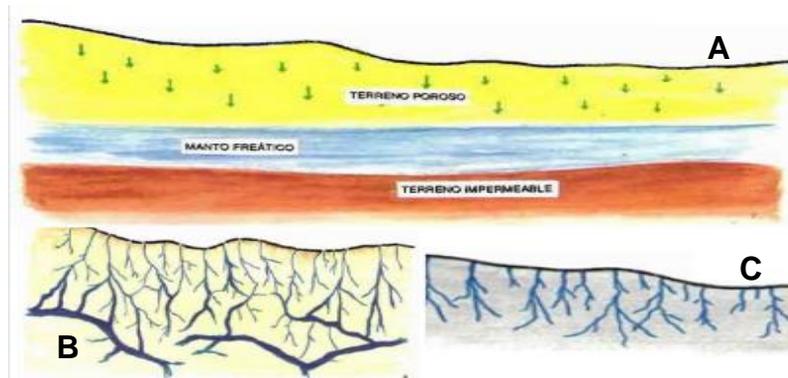
5.4.2. Tipos de acuíferos

Atendiendo a sus características se pueden considerar diferentes tipos de acuíferos.

a) Según los materiales constituyentes:

- Acuíferos Poroso: Están constituidos por materiales sueltos no consolidados (gravas y arenas, generalmente). El agua circula con facilidad por los poros o espacios que dejan entre sí las partículas sólidas.
- Acuíferos Fisurados: Están constituidos por rocas consolidadas, en donde el agua circula por las fisuras y grietas formadas en las mismas. Algunas rocas (tales como las calizas y dolomitas) bajo determinadas condiciones son solubles al agua, con lo cual las fisuras se agrandan, formando conductos y cavidades de considerable tamaño, fenómeno que recibe el nombre de karstificación.
- Acuíferos porosos y, fisurados: Las areniscas y los conglomerados son un tipo de roca intermedia entre las consolidadas y las no consolidadas. Están formadas por materiales sueltos (arena en el caso de las areniscas y grava en el caso de los conglomerados) unidos mediante un cemento (generalmente calcáreo o silíceo (Fuentes Yagüe, 1993).

Figura 2. Acuífero según su material constituyente



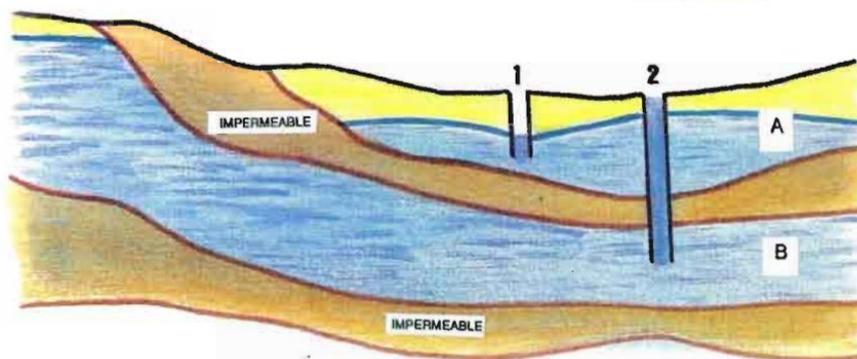
Fuente: Aguas Subterráneas, (Fuentes Yagüe, 1993)

Nota: A) Acuífero poroso, B) Acuífero fisurado, C) Acuífero poroso fisurado

B) Según el grado de presión a que está sometida el agua, los acuíferos pueden ser:

- Libres, no confinados o freáticos: La superficie del agua está a la presión atmosférica, debido a que no tiene encima ningún terreno que actúe como capa confinante.
- Semicautivos o semiconfinados: El techo del acuífero está limitado por un terreno semipermeable, con lo que se dan unas características intermedias entre los dos tipos anteriormente citados (Fuentes Yagüe, 1993)

Figura 3. Acuífero según su presión



Fuente: Aguas Subterráneas, (Fuentes Yagüe, 1993)

Nota: A) Acuífero libre, B) Acuífero confinado

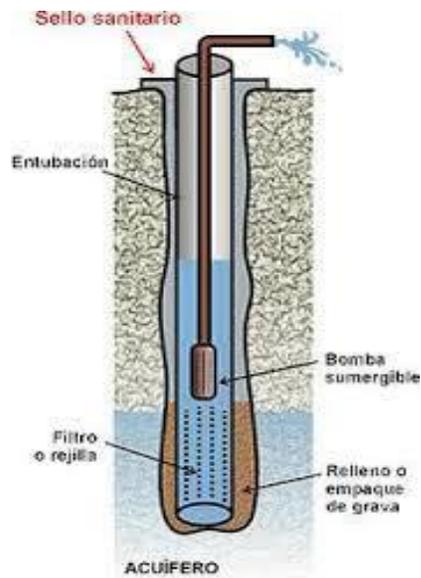
5.4.3. Pozos

Las perforaciones para medir los niveles piezométricos son los pozos existentes en la zona, excavaciones hasta el nivel del agua y los piezómetros que son a modo de pozos, en general de pequeño diámetro, construido especialmente con este objetivo (Custodio & Llamas 2001).

El agua que satura las formaciones rocosas migra hacia el pozo y de este, puede ser bombeada hacia la superficie. Según la metodología de perforación utilizada los pozos de agua subterránea se pueden clasificar en:

- Pozos Artesanales
- Pozos Perforados

Figura 4. Diseño de un pozo

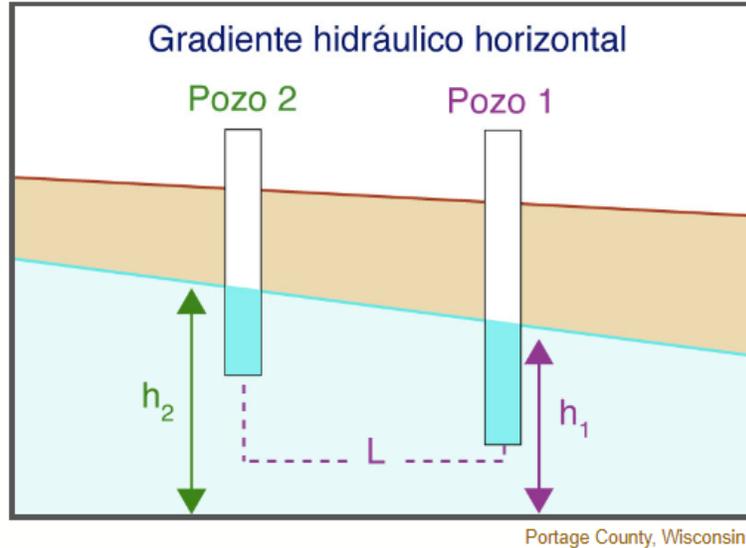


Fuente: Construcción hidráulica SA de CV, 2018

5.4.4. Gradiente Hidráulico

Según Bear (1972) el gradiente hidráulico es un vector gradiente entre dos o más mediciones de la carga hidráulica a lo largo de la trayectoria del flujo. Este vector describe la dirección del flujo de agua subterránea, donde los valores negativos indican el flujo a lo largo de la dimensión, y cero indica que no hay flujo.

Figura 5. Gradiente hidráulico



Fuente: (M. Ponce, 2020)

5.4.5. Piezometría

La piezometría en los acuíferos se refiere a la medición de las fluctuaciones que se presentan en los niveles del agua subterránea, producidas por causas tanto naturales como artificiales. Mediante pozos de observación debidamente localizados y distribuidos en las áreas de estudio, es posible determinar las superficies piezométricas, efectuando lecturas periódicas de los niveles estáticos del agua subterránea (Hidrología de agua subterránea, 2014)

5.5. Hidráulica de pozo

5.5.1. Transmisividad (T)

Es una medida de la capacidad de un acuífero para conducir agua o transmitir agua, definiéndose como el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario, extendida en todo el espesor saturado. La transmisividad es el producto de la conductividad hidráulica y el espesor saturado del acuífero (Ordoñez Gálvez 2011).

Según Krásný, J. y Hecht (1998) la transmisividad es una propiedad que ha tenido relevancia práctica en la evaluación de los acuíferos. Está determinada directamente el rendimiento del espesor acuífero que atraviesa el aprovechamiento

hidráulico. La define como la cantidad de agua que circula a través de una sección vertical de un metro de anchura y de altura igual al espesor saturado del acuífero, afectado por un gradiente hidráulico cuyo valor es igual a uno. Tiene dimensiones de longitud al cuadrado sobre el tiempo y se expresa en $m^2 / \text{día}$ o m^2 / s .

5.5.2. Capacidad Específica

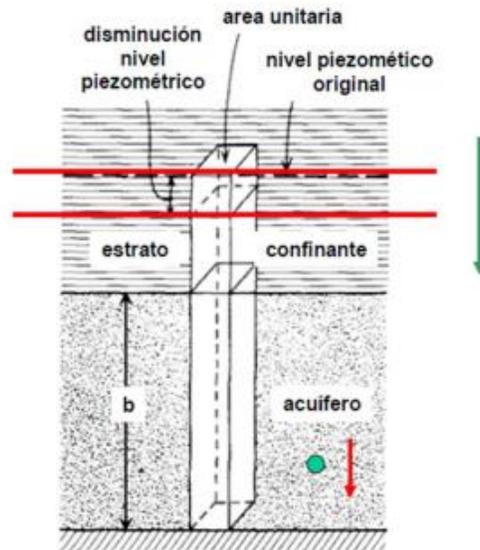
Se llama caudal específico o capacidad específica de un pozo al cociente entre el caudal de agua bombeado y el descenso de nivel producido. El caudal específico no es constante para un determinado caudal, ya que, con el tiempo el descenso aumenta. Sin embargo, los descensos tienden a estabilizarse y por lo tanto el caudal específico también (Custodio y Llamas 2001).

5.5.3. Coeficiente de almacenamiento (S)

Se refiere al volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico (o la presión). Se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad y altura la del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico (Ordoñez Gálvez 2011).

El coeficiente de almacenamiento es el volumen de agua liberado por una columna de acuífero de altura igual al espesor del mismo y de sección unitaria, al disminuir la presión en una unidad. En acuíferos libres el coeficiente de almacenamiento coincide con la porosidad eficaz y su valor suele oscilar entre 0.01 y 0.4 siendo el intervalo más frecuente de 0.1 a 0.3. En acuíferos cautivos y semi confinados el valor del coeficiente de almacenamiento es varios órdenes de magnitud inferior al de la porosidad eficaz, en general entre 10^{-5} y 10^{-3} (Custodio & Llamas 2001).

Figura 6. Coeficiente de almacenamiento



Fuente: Cartilla Técnica- Aguas subterráneas (Ordoñez Gálvez 2011).

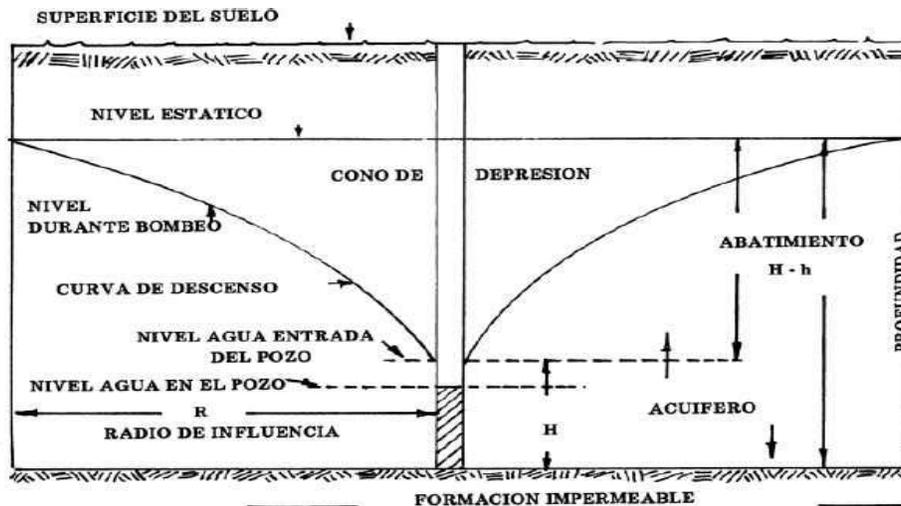
En acuíferos confinados los valores típicos se encuentran entre 0.00005 y 0.005, mucho menores que la porosidad eficaz de un acuífero libre. Esto se debe a que en un acuífero confinado el agua no es liberada por el drenaje de los intersticios sino por la compresión del acuífero, en particular de las capas de arcillas y limos intercaladas, (por eso también denominado coeficiente de almacenamiento elástico), y todo el material acuífero permanece saturado (Ordoñez Gálvez 2011).

5.5.4. Radio de Influencia

El radio de influencia se calcula a través del método de Jacob, la cual dice que el radio de influencia depende del valor de transmisividad, coeficiente de almacenamiento del acuífero, y del caudal y tiempo de bombeo del pozo.

Al producirse el descenso de nivel estático del pozo, se establece un gradiente hidráulico entre cualquier punto de la formación y el pozo, originándose un movimiento radial desde todas las direcciones hacia el pozo en una forma simétrica y de tal manera que el caudal Q que se extrae del pozo es igual al caudal que pasa por cualquier sección del acuífero (Kleinfeld Ávila 2012).

Figura 7. Radio de influencia



Fuente: (Kleinfeld Ávila, 2012)

5.5.5. Escurrimiento Subterráneo

El escurrimiento subterráneo es aquél que, debido a una profunda percolación del agua infiltrada en el suelo, se lleva a cabo en los mantos subterráneos y que, posteriormente, por lo general, descarga a las corrientes fluviales (Escurrimiento Subterráneo, 2023)

El cálculo de la descarga subterránea se realiza a través del principio de la dirección del flujo, establecido por Krásný empleando la Ley de Darcy y el método de tubo de flujo (Krásný, J. 1998).

El método consiste en describir los flujos de fluidos a través de materiales porosos, en el cual el agua se desplazará en la dirección donde haya más permeabilidad y esta a su vez indicará a qué velocidad se mueve el agua, la misma es válida en un medio saturado, continuo homogéneo e isótropo y cuando las fuerzas inerciales son despreciables.

5.5.6. Balance hídrico del suelo

El potencial de las aguas subterráneas de un acuífero, representa la máxima cantidad de agua a sustraer del acuífero, para que no sea sobreexplotado. Dicho potencial se estima mediante la recarga al acuífero, que se determina conociendo fracción de lluvia que es interceptada por el follaje. También se requiere conocer la

infiltración del agua de lluvia hacia el suelo, generada por la precipitación que llega a su superficie. se debe realizar un balance de suelos, que nos permita estimar el agua que drena del suelo hacia el acuífero, que se encuentra ubicado debajo del suelo (Schosinsky N, 2006).

➤ **Infiltración**

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua circula a través del perfil del suelo (desde la superficie terrestre hacia abajo) reponiendo la humedad del suelo, recargando los acuíferos y manteniendo el caudal de los ríos durante los periodos de estiaje. Este concepto hay que distinguirlo del de percolación, que es el movimiento del agua dentro del suelo (Romera & Santos, 2023).

➤ **Recarga potencial**

Para determinar la recarga potencial para un área determinada se procede a la determinar la capacidad de infiltración del suelo. La infiltración es el volumen de agua que procede de las precipitaciones, a veces también de los ríos o de la recarga artificial, en un determinado tiempo, atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo o de las formaciones geológicas subyacentes (Custodio & Llamas, 2001)

5.5.7. Balance hidrogeológico

Para el balance hidrogeológico subterráneo se consideraron que las entradas son igual a las salidas de agua del acuífero, como entrada se consideran la recarga directa obtenida a partir del balance hídrico de suelo (Acosta Green, 2019b).

5.6. Hidroquímica

5.6.1. Análisis Físico-Químicos

Los análisis físicos-químicos son una serie de ensayos que determinar la calidad del agua y el grado de contaminación de ella.

Es fundamental monitorear los aspectos físicos de la calidad del agua para determinar si el agua está contaminada o no. Las características físicas se pueden determinar mediante:

➤ **Turbidez**

La turbidez es una medida de la capacidad de la luz para atravesar el agua. Es causada por material en suspensión como arcilla, material orgánico, plancton y otros materiales. La turbidez en el agua potable es estéticamente inaceptable, lo que hace que el agua parezca poco apetecible (Diamas Laboratorio, 2021).

➤ **Color**

Los materiales descompuestos de la materia orgánica como la vegetación y la materia inorgánica como el suelo, las piedras y las rocas, imparten color al agua, que es objetable por razones estéticas, no por razones de salud.

➤ **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica es una medida utilizada en el análisis físico del agua y es la capacidad de una solución para transportar o conducir una corriente eléctrica. Dado que la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, la conductividad aumenta a medida que aumenta la concentración de iones (Diamas Laboratorio, 2021).

Las propiedades químicas del agua implican evaluar parámetros como:

➤ **pH**

El pH es uno de los parámetros más importantes del análisis químico del agua en laboratorio. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Es un número adimensional que indica la fuerza de una solución ácida o básica. En realidad, el pH del agua es una medida de cuán ácida / básica es el agua (Diamas Laboratorio, 2021).

➤ **Cationes**

Es un ion (sea átomo o molécula) con carga eléctrica positiva, es decir que ha perdido electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo. Esto se debe a que ha ganado o perdido electrones de su dotación originalmente neutra, fenómeno que se conoce como ionización. Dentro de la clasificación de cationes entra: el calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro y magnesio (Olave, 2013).

➤ **Aniones mayoritarios**

Un anión es un ion con carga eléctrica negativa, es decir, que ha ganado electrones. Los aniones monoatómicos se describen con un estado de oxidación negativo. En la clasificación de los aniones esta: Bicarbonatos, sulfatos, carbonatos, nitratos, y Cloruros (Olave, 2013).

➤ **Bicarbonatos**

El bicarbonato de sodio (también llamado bicarbonato sódico o hidrogenocarbonato de sodio o carbonato ácido de sodio), es un compuesto sólido cristalino de color blanco muy soluble en agua, con un ligero sabor alcalino parecido al del carbonato de sodio, de fórmula NaHCO_3 . Se puede encontrar como mineral en la naturaleza o se puede producir artificialmente (QUIMICA.ES, 2023).

➤ **Nitratos**

Los nitratos son compuestos nitrogenados presentes en la naturaleza, que son absorbidos y acumulados por las plantas, transmitiéndose al ser humano a través del consumo de hortalizas y agua con altas concentraciones de nitratos, pudiendo transformarse a nitritos o nitrosaminas, compuestos tóxicos para el organismo (Elika, 2021).

➤ **Carbonatos**

Los carbonatos son las sales del ácido carbónico o ésteres con el grupo R-O-C(=O)-O-R' . Las sales tienen en común el anión CO_3^{2-} y se derivan del hipotético ácido carbónico H_2CO_3 . Según el pH (la acidez de la disolución) están en equilibrio con el bicarbonato y el dióxido de carbono. La mayoría de los carbonatos, aparte de los carbonatos de los metales alcalinos, son poco solubles en agua. Debido a esta característica son importantes en geoquímica y forman parte de muchos minerales y rocas (QUIMICA.ES, 2023).

➤ **Cloruros**

Especialmente abundantes en los océanos, a donde acceden especialmente por disolución de depósitos minerales de sal gema (NaCl), representan hasta un 0,05% de la litosfera. La concentración de Cl^- en aguas de superficie no polucionadas se sitúa alrededor de 20-40 mg/l e incluso menores. En ríos, es típico su incremento a

lo largo del recorrido del cauce fluvial desde su nacimiento hasta su desembocadura.

En aguas subterráneas, las concentraciones pueden variar extraordinariamente en función de episodios de intrusión marina en determinados acuíferos (el agua salada tiene hasta 19 gll del ion): así, en zonas del Levante español se han medido hasta 2 gll (Valencia, Castellón); sin embargo, también pueden medirse contenidos tan bajos como 5 mg/l (Universidad de Jean, 2010).

5.6.2. Análisis Bacteriológicos

➤ E.coli

Escherichia coli (E. coli) son bacterias gram-negativo y son un tipo de bacterias coliformes fecales que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales y los seres humanos. coli son tan pequeños que no se pueden ver sin un microscopio, sin embargo, su crecimiento puede verse como colonias en medios de agar (como gelatina) en condiciones especiales (Rock & Rivera, 2014).

➤ Coliformes totales

Las bacterias coliformes se encuentran en la tierra, el agua superficial, las plantas y los intestinos de animales de sangre caliente y personas. Un tipo de bacteria coliforme llamada Escherichia coli (E. coli) es una señal de que hay desechos fecales en el agua. Algunos tipos de E. coli en el agua potable pueden enfermarlo. Las bacterias coliformes son uno de los problemas de contaminación del agua más comunes en los sistemas de agua (Sofia, 2021).

Las bacterias coliformes son mucho más comunes en manantiales y pozos poco profundos en comparación con pozos más profundos porque las bacterias son filtradas naturalmente por el suelo y la roca a medida que el agua superficial se infiltra en el suelo. Los pozos más profundos (más de 100 pies) pueden estar contaminados por bacterias coliformes ya que el agua superficial fluye a lo largo del revestimiento del pozo y directamente hacia las aguas subterráneas profundas (Swistock, Clemens, & Sharpe 2023).

5.6.3. Análisis Metálicos

➤ Arsénico

El arsénico es uno de los metales pesados que más intoxicaciones provocan. Se emite al medio ambiente como consecuencia de procesos industriales como la fundición de cobre, zinc y plomo o la fabricación de productos químicos y lentes. El arsénico en su forma inorgánica puede causar efectos en la salud como la irritación del sistema digestivo, afectación en la sangre y en el sistema respiratorio, problemas en la piel, así como daños en el sistema reproductivo, entre otros (OMS, 2011).

➤ Cadmio

El cadmio está considerado un cancerígeno, ataca fundamentalmente a los riñones, donde perjudica el sistema de filtración y provoca que se excreten proteínas esenciales y azúcares. Esto puede desembocar en fracturas de huesos, daños al sistema inmunológico y nervioso y problemas de fertilidad, entre otros (Aconsa, 2020).

➤ Cobre

Ana M.^a Sancha (2018) explica que el cobre es un metal de alto interés en calidad de agua de consumo porque tiene un doble carácter, es un metal esencial para el ser humano y puede, tanto por deficiencia como por exceso, producir efectos perjudiciales en la salud. El carácter esencial del cobre deriva de su incorporación a un gran número de proteínas con fines catalíticos y estructurales.

VI. DISEÑO METODOLOGICO

6.1. Tipo de investigación

6.1.1. Según su enfoque

La investigación presenta un enfoque mixto, en la cual se analizarán las variables cualitativas y cuantitativas, donde se interpretarán datos precisos, puntuales y confiables del medio hidrogeológico en estudio.

6.1.2. Según su alcance

La presente investigación es de carácter descriptivo y correlacional. En el sentido descriptivo, dicha investigación pretende analizar y procesar las variables de datos obtenidos por INETER y datos de campos, para determinar el comportamiento del medio hidrogeológico en estudio. En cuanto a lo correlacional es evaluar la relación que existen entre las variables, de manera cuantitativa, a través de los cálculos de los parámetros hidráulicos y de manera cualitativa, a través de los análisis de los resultados obtenidos.

6.1.3. Según el tiempo de ocurrencia

La investigación presenta un tiempo de ocurrencia prospectiva, ya que se llevará en un periodo de tiempo corto, para recopilar, procesar la información, y brindar los resultados obtenidos.

6.2. Ubicación del área de estudio

6.2.1. Macro localización

El departamento de Masaya se localiza en la región central del pacifico, entre las coordenadas geográficas **11°58'28" latitud norte y 86°05'39" longitud oeste**. Tiene una extensión territorial de 590 km². Los limites departamentales son: al norte con el Rio Tipitapa, Managua, al sur con Carazo, al este con Granada, al oeste con Managua.

6.2.2. Micro localización

La zona de estudio se encuentra en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), la finca está ubicada en la comunidad "La bolsa" en el departamento de Masaya, se

localiza entre las coordenadas geográficas: 85°59'39" y 86°00'05" longitud oeste; 12°00'47" y 12°00'3" latitud norte a una altura de 40 y 60 msnm.

Figura 8. Micro localización



Fuente: Google Earth

6.2.3. Delimitación del área de acuífero

Para la delimitación del área se utilizará el programa ArcGis, con ayuda del mapa hidrogeológico de la región Pacífica de Nicaragua, se tomará en cuenta las condiciones hidrogeológicas, donde se considerará que debe de tener una distancia de 3 km aguas arriba del pozo (recarga) y 1 km aguas abajo (descarga). Otras consideraciones es trazar líneas paralelas y perpendiculares a la dirección del flujo.

Figura 9. Área delimitada



Fuente: Elaboración propia a partir del mapa hidrogeológico de Krásný (1998).

6.3. Clima

Se realizarán mapas basados en datos e información brindada por INETER, y Data Access Viewer, al igual se utilizará el programa de ArcGIS el cual permitirá conocer el material rocoso y tipo de suelo que esté presente en la zona de estudio.

6.3.1. Precipitación

En este parámetro, se recopilará información por medio de los datos brindados de INETER, en el que se tomarán datos de las estaciones de Masaya-Laguna de oxidación (69115), Tisma (69213) y el aeropuerto Augusto Cesar Sandino (67027).

6.3.2. Temperatura

Para esta variable igualmente se ocuparán los datos brindados por INETER, al igual se utilizará el programa de Data Access Viewer, para tener información más precisa.

6.3.3. Determinación de la evapotranspiración potencial

Se calculará una misma evapotranspiración a través del método de Hargreaves simplificada, en estos métodos se utilizan variables de temperatura mínimas, medias y máximas, las temperaturas se tomarán de las estaciones de Masaya-Laguna de oxidación (69115), Tisma (69213) y el aeropuerto Augusto Cesar Sandino (67027).

La fórmula a utilizar por el método de Hargreaves es la siguiente:

Ecuación 1.

$$ET_o = 0.0023 (t_{med} - 17.78) R_o * (t_{max} - t_{min})^{0.5}$$

Donde:

E_t_o =Evapotranspiración potencial diaria, mm/día.

t_{med} =Temperatura media diaria, °C.

R_o = Radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada).

t_{max} =Temperatura diaria máxima.

t_{min} =Temperatura diaria mínima.

6.4. Estimación de la recarga del acuífero

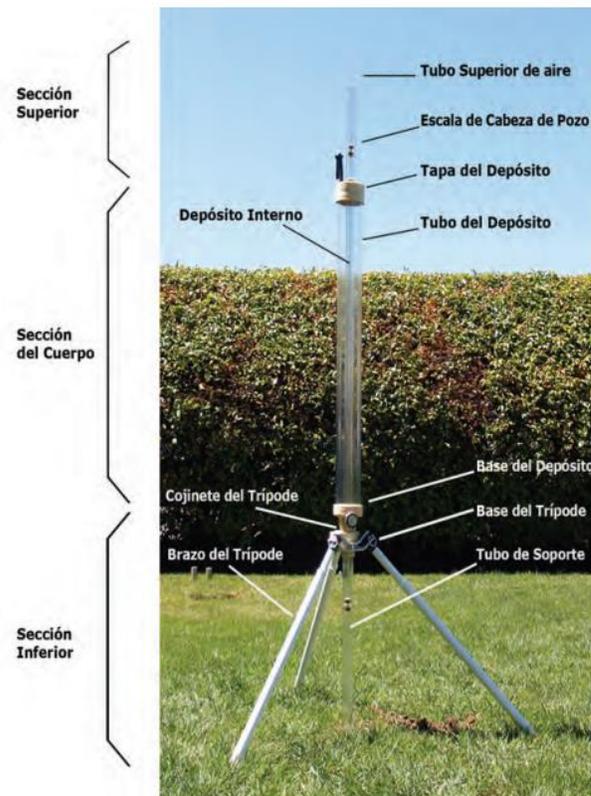
Para la estimación de la recarga se ocuparán a los datos de precipitación, evapotranspiración potencial y capacidad de infiltración, textura y uso de suelo, integrando las variables en el método del balance hídrico de Schosinsky.

6.4.1. Infiltración

Se realizará prueba de infiltración en el área de estudio, con el propósito de determinar la capacidad de infiltración representativa del suelo en la zona estudiada, esta prueba se realizará con el permeámetro de Guelph, el cual consta de dos tubos, uno que actúa como depósito de agua y otro de menor dimensión que se pone en contacto con el suelo y lleva acoplado un sistema que permite mantener una carga hidráulica constante (tubo mariotte).

Cuando el permeámetro se encuentra instalado, el nivel del agua dentro de los tubos comienza a descender producto de la infiltración del agua en el suelo, lo que permite determinar la tasa o velocidad de infiltración.

Figura 10. Permeámetro de Guelph



Fuente: (SOILMOISTURE EQUIPMENT CORP, 2012)

6.5. Hidráulica de pozos

6.5.1. Transmisividad

La transmisividad que se calculara en la prueba de bombeo, al igual se utilizara el programa de AQTsol, las ecuaciones a utilizar van a variar en dependencia al tipo de medio hidrogeológico en que se puede encontrar el sitio de estudio.

La ecuación utilizada en este método es la siguiente:

Ecuación 2.

$$T = \frac{Q}{4\pi} \frac{r}{S} W(u, \frac{r}{B})$$

Donde

T: Transmisividad (m²/d)

S: Descenso producido a una distancia r, tras un tiempo de bombeo

Q: Caudal de bombeo

$W(u, \frac{r}{B})$: Función compleja de variables

6.5.2. Conductividad Hidráulica

La permeabilidad es una de las propiedades hidráulicas de las formaciones rocosas, cuya relevancia en la hidrogeología es importante, debido a que es la responsable fundamental, junto con las propiedades del agua, el gradiente hidráulico y la porosidad, de la velocidad con que circula el agua en el subsuelo a través de las formaciones geológicas.

La conductividad hidráulica se calculará a partir de la siguiente formula:

Ecuación 3.

$$K = T/b$$

K= Permeabilidad o conductividad hidráulica (m/d)

T= Transmisividad (m²/d)

b= Espesor del acuífero captado(m)

6.5.3. Capacidad específica

La ecuación utilizada para calcular la capacidad específica es la siguiente:

Ecuación 4.

$$q = Q/sp$$

Donde:

q= Capacidad específica (m³/d/m)

Q=Caudal de agua de bombeo (m³/d)

Sp=Descenso medido en el pozo o abatimiento (m)

6.5.4. Radio de influencia

El radio de influencia se calculará a través del método de Jacob (1946), la cual dice que el radio de influencia depende del valor de transmisividad, coeficiente de

almacenamiento del acuífero, y del caudal y tiempo de bombeo del pozo. La ecuación del radio de influencia se expresa a continuación:

Ecuación 5.

$$S = 2.3 Q / (4 \pi T) * \log (2.25 T t / r^2 S)$$

Donde:

S: Abatimiento

T: Transmisividad (m²/día)

t: Tiempo de bombeo (día)

S: Coeficiente de almacenamiento (adimensional).

Q: Caudal de bombeo (m³/día)

6.5.5. Esgurrimiento subterráneo

El cálculo de la descarga subterránea se realizará a través del principio de la dirección del flujo, establecido por Krásný (1998), y empleando la Ley de Darcy, al método de tubo de flujo, para lo cual se emplea la siguiente ecuación

Ecuación 6.

$$Q = TIL$$

Dónde

T: Transmisividad (m³/día)

I: Gradiente hidráulico

L: Ancho de la descarga (m)

6.6. Hidroquímica del agua

Se realizará la toma de muestra de extracción de agua del pozo, que presenten las condiciones adecuadas para dicha extracción, para determinar los parámetros: físicos-químicos, bacteriológico y metales pesados; para lo cual se contratará de los servicios del laboratorio PIENSA-UNI.

Las muestras se trasladarán del sitio de extracción hacia el laboratorio, siguiendo los procedimientos establecidos por el laboratorio.

A continuación, se especifican los parámetros que se determinaran en laboratorio

a. Parámetros fisicoquímicos:

- | | |
|---------------------------|------------------|
| ✓ Fluoruro | ✓ Calcio |
| ✓ Nitrito | ✓ Hierro total |
| ✓ Nitrato | ✓ Magnesio |
| ✓ Ph | ✓ Manganeso |
| ✓ Sulfato | ✓ Potasio |
| ✓ Alcalinidad | ✓ Sodio Amonio |
| ✓ Cloruro | ✓ Turbiedad UNT |
| ✓ Color | ✓ Carbonato |
| ✓ Conductividad Eléctrica | ✓ Dureza Total |
| ✓ Bicarbonato | ✓ Dureza cálcica |

b. Parámetros bacteriológicos:

- ✓ Coliforme Totales y Fecales
- ✓ Ecoli

c. Parámetros de metales pesados:

- ✓ Arsénico
- ✓ Cobre
- ✓ Cadmio

Para la evaluación de estos análisis, el laboratorio PIENSA- UNI utilizara la metodología Standard Methods for the Examination of Water y Wasterwater 23 RD 2017, Metodología HACH aprobada por le EPA.

También se utilizará el diagrama de EasyQuim, se representa por diagramas triangulares que se utilizan para representar la porción de tres componentes en la composición de un conjunto de una sustancia. La suma de los tres componentes debe representar el 100% de la composición de lo que se considera; en hidro química se utiliza un triángulo para los cationes principales y otro para los aniones.

6.7. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1.

Matriz de Operalización de variables

OBJETIVO	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	UNIDADES DE ANALISIS	METODO O INSTRUMENTO
Caracterizar el medio físico e hidrogeológico de la zona de estudio, a través de la realización de mapas topográficos, hidrogeológicos y estudios de suelos	Medio Físico e hidrogeológico	Clima	Precipitación y temperatura	Datos climáticos	Milímetros Y Grados Celsius	Estadística
		Suelo	Taxonomía de suelo	Textura y uso	Mapa de cobertura y uso de suelo	Reconocimiento de campo y ArcGIS
		Geomorfología	Relieve	Unidades geomorfológicas	Mapeo geomorfológico	ArcGIS
		Geología	Cartografía Geológica	Unidades geológicas	Mapeo geológico	Reconocimiento de campo y ArcGIS
Describir las propiedades hidráulicas y el potencial hídrico, mediante la realización de una prueba de bombeo, y balance hídrico del pozo	Caracterización hidrogeológica	Hidrodinámica	Nivel Freático	Pozo	Mapas, Nea, NDA	ArcGIS
		Recarga	Balance hídrico del suelo	Precipitación	mm	INETER- Data Access
				Temperatura	°C	ÍNTER- Data Access
				ETC	mm	INETER- Hargreaves
				Infiltración	mm	

		Potencial hidráulico	Hidráulica de pozo	Transmisividad	m ² /día	Permeámetro de gephl AQsolve
				Capacidad específica	m ³ /d/m	Prueba de bombeo
				Coefficiente de almacenamiento	adimensional	Literatura-mapeo
				Radio de influencia	m	Método de Jacob, prueba de bombeo
				Escorrimento subterráneo (recarga y descarga)	m ³ /día	TIL
Analizar la hidroquímica del agua subterránea del pozo a través de los resultados de análisis de laboratorio.	Hidroquímica	Agua subterránea	Parámetros Físico-químicos	Cationes y Aniones	mg. L	Muestreo de calidad laboratorio Piensa-uni Diagrama Easy-Quims
			Parámetros Microbiológico	Coliformes totales y fecales, E coli		
			Parámetros de Metales	Arsénico cobre cadmio		

Fuente: Elaboración Propia

VII. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

7.1. Caracterización Climática

Para abordar la caracterización climática se utilizaron los datos de la media acumulada de las estaciones Laguna de Oxidación (69115), Tisma (69213), Aeropuerto A.C.S (67027) con una serie de 4años.

A partir de una desviación estándar se realizó el método del R^2 , dando un valor de 0.64, en lo cual nos determinan que no existe una diferencia significativa entre los datos de las estaciones meteorológicas de INETER y las estaciones meteorológicas de Data Access Viewer (NASA). Por lo tanto, a partir de este resultado en la investigación estaremos utilizando los datos de Data Access Viewer (NASA).

7.1.1. Precipitación

Se tomo en cuenta la media conjunta de las tres estaciones antes mencionadas en los cual se presenta en la siguiente tabla.

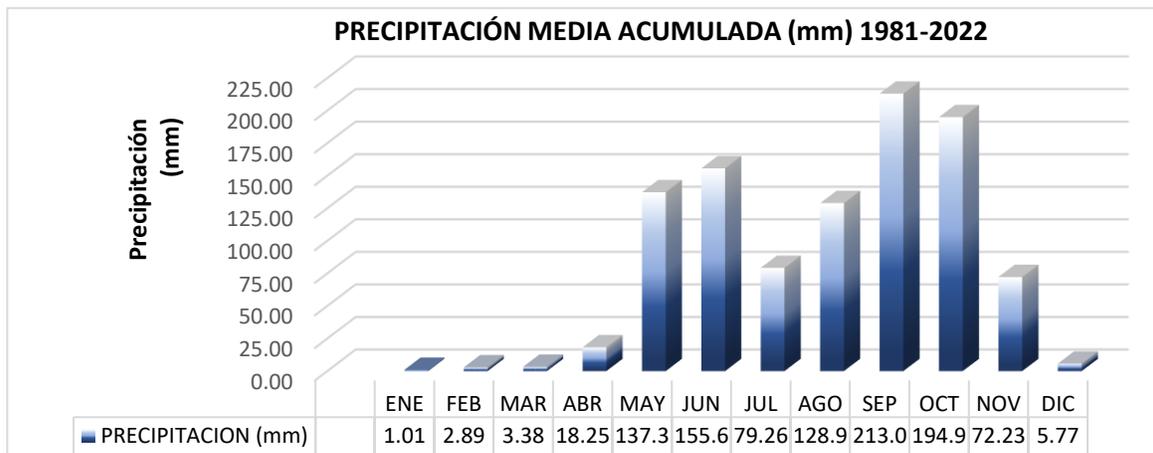
Tabla 2.

Datos de precipitación media acumulada (mm) de las estaciones (1981-2022)

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Pptn (mm)	1,01	2,89	3,38	18,25	137,32	155,62	79,26	128,95	213,00	194,95	72,23	5,77	1012,64

Fuente: Elaboración Propia con base a datos de meteorológicos de Data Access Viewer.

Gráfico 1. Datos de precipitación media (mm) de las estaciones (1981-2022)

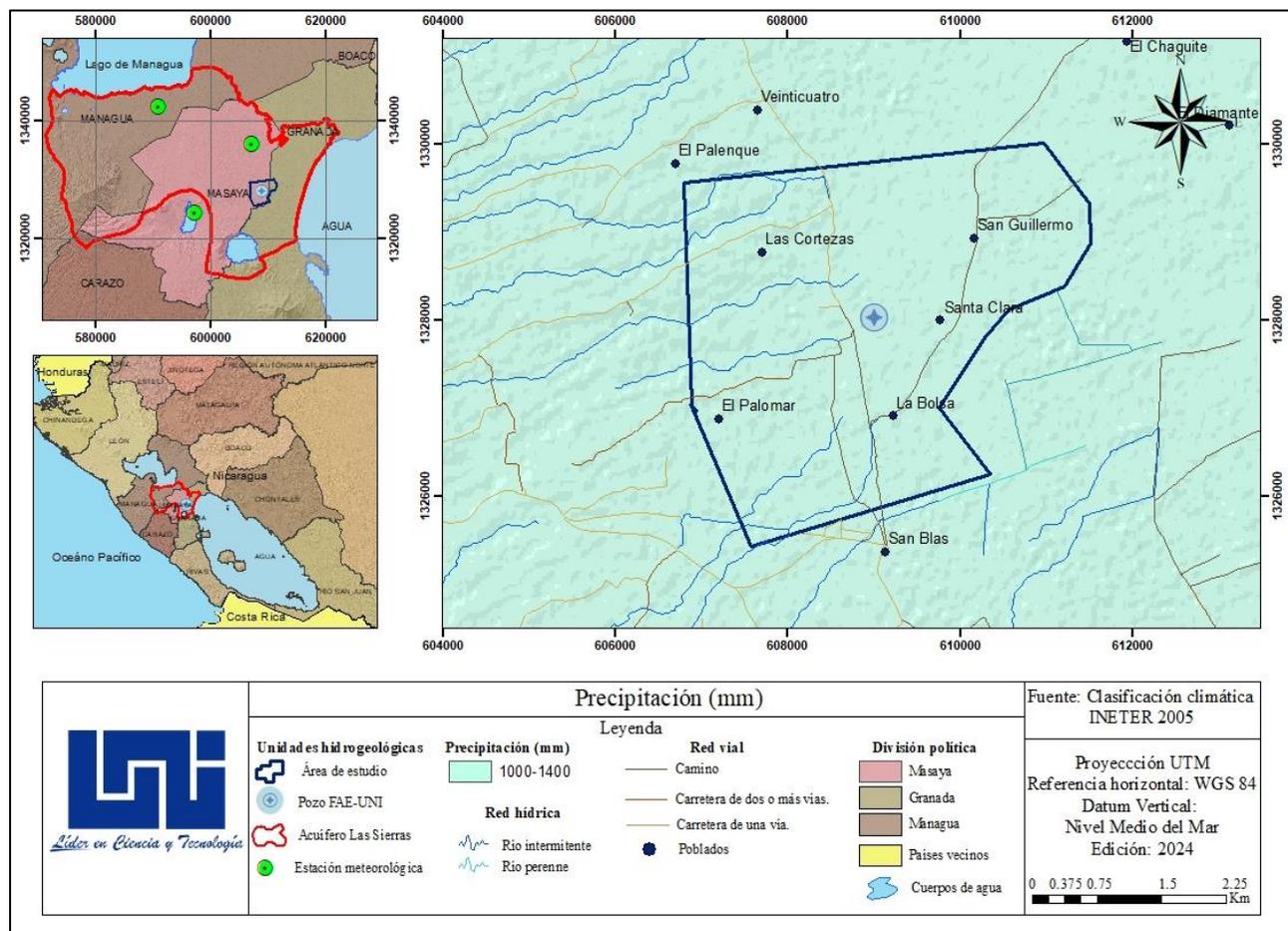


Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los datos reflejados en **Tabla 2 y Grafico 1**, se logra apreciar los meses que presentan mayores precipitaciones, observándose un periodo lluvioso en el mes de Mayo-Noviembre, pero más definido en el mes de septiembre con un valor máximo de 213mm. A partir del mes de diciembre inicia un periodo seco con 5.77mm al mes de abril con 18.25mm en donde se observa valores que disminuyen drásticamente.

De igual manera el área de estudio presenta precipitación promedio acumulada de 1000mm -1400mm anual. Tomando en cuenta los datos históricos del Software Data Acces Viewer de las estaciones anteriormente mencionadas desde el año 1981-2022 se obtuvo un promedio anual de 1012.64mm de tal modo que este valor coincide con la clasificación presentada por INETER 2005.

Figura 11: Mapa de Precipitación media anual del área de estudio



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación climática (INETER 2005)

7.1.2. Temperatura

Para los datos de temperatura de igual manera se utilizaron los datos de las estaciones anteriormente mencionada.

Tabla 3.

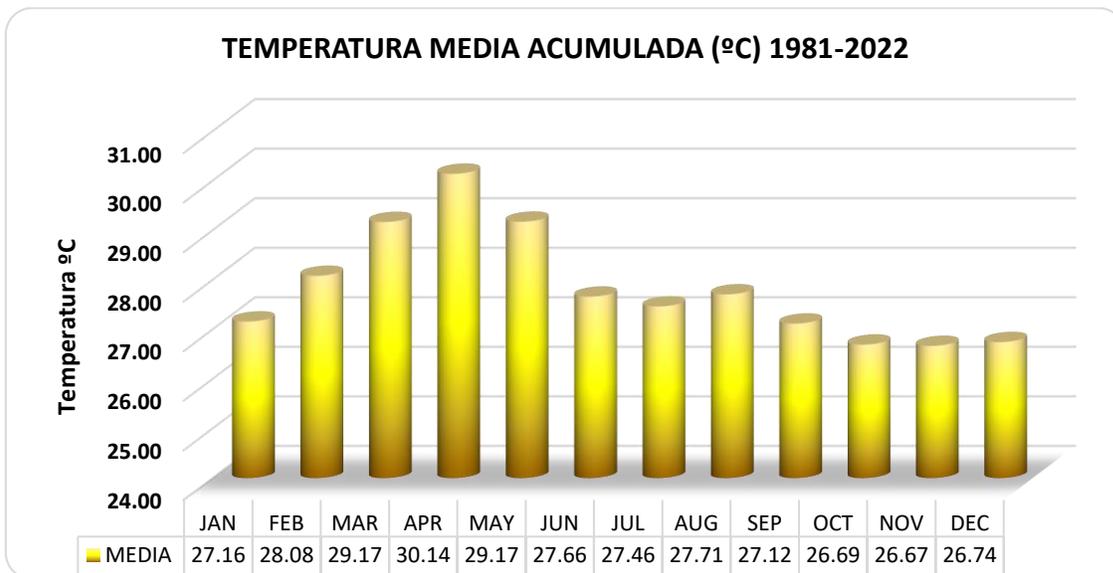
Datos de Temperatura media (°C) de las estaciones (1981-2022)

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temp (°C)	27,16	28,08	29,17	30,14	29,17	27,66	27,46	27,71	27,12	26,69	26,67	26,74	27.82

Fuente: Elaboración Propia con base a datos de meteorológicos de Data Access Viewer.

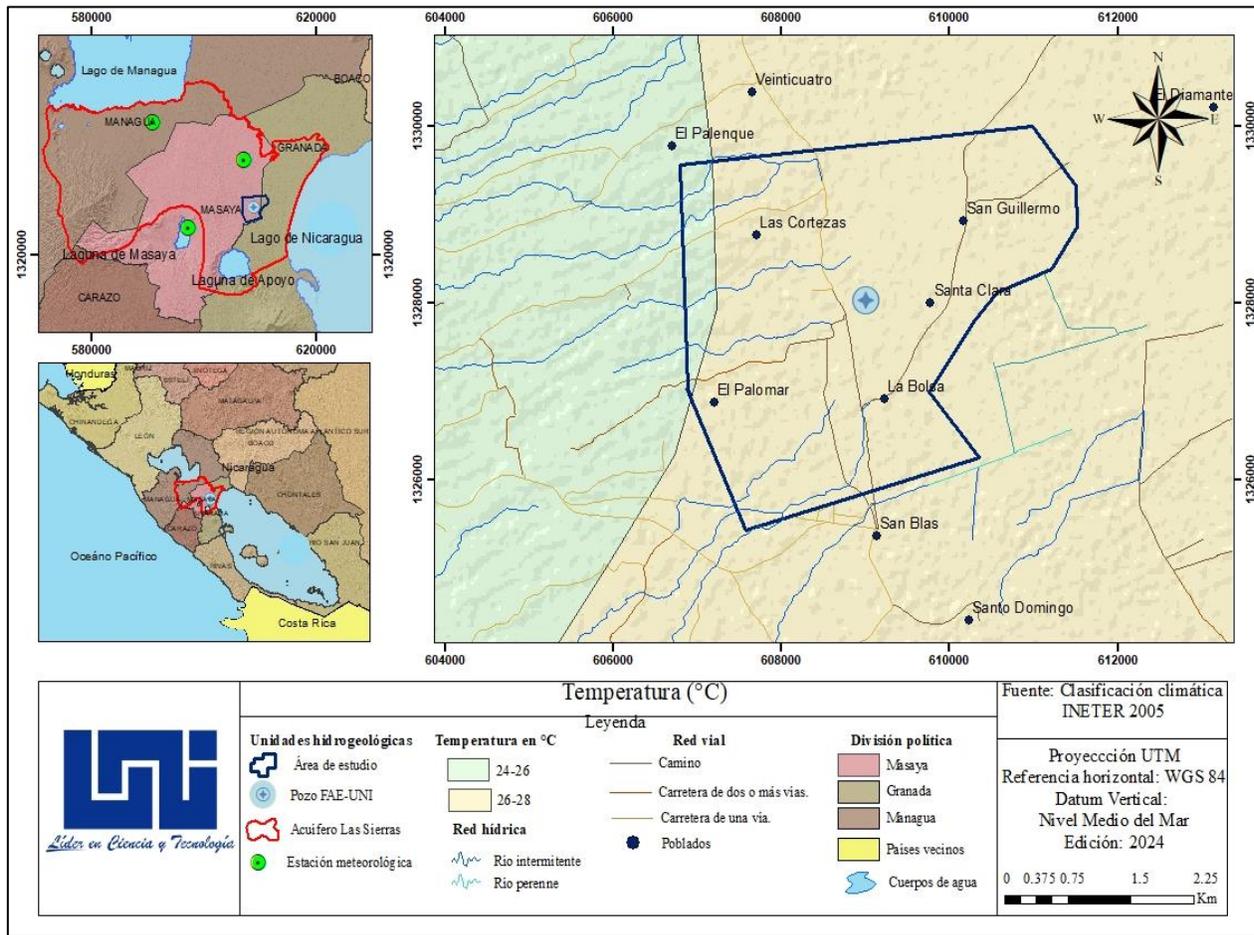
El promedio anual de la temperatura media es de 27.82 °C, las temperaturas máximas están presentadas en los meses de marzo hasta el mes de abril dando valores de 29.17°C, hasta 30.14°C, que coinciden en los meses que presenta el periodo seco a la entrada del periodo lluvioso. El punto máximo es en el mes de abril como se observa en el **Grafico 2**

Gráfico 2. Datos de Temperatura Media (°C) de las estaciones (1981-2022)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Mapa de Temperatura media del área de estudio



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación climática (INETER 2005)

El área de estudio presenta un rango de temperatura de 24 °C a 26°C hasta 28°C según el mapa de Temperatura Promedio Anual elaborado por INETER (2005). Tomando en consideración los datos de Data Access Viewer de las estaciones de influencia de la zona se obtuvo un promedio de 27.82°C, esto nos indica que de tal modo coincide por la clasificación del mapa presentado por INETER.

7.1.3. Evapotranspiración

Para la determinación de la Evapotranspiración se utilizó el método de Hargreaves Simplificada, utilizando los datos de temperatura medias acumuladas, máximas acumuladas y mínimas acumuladas de las estaciones.

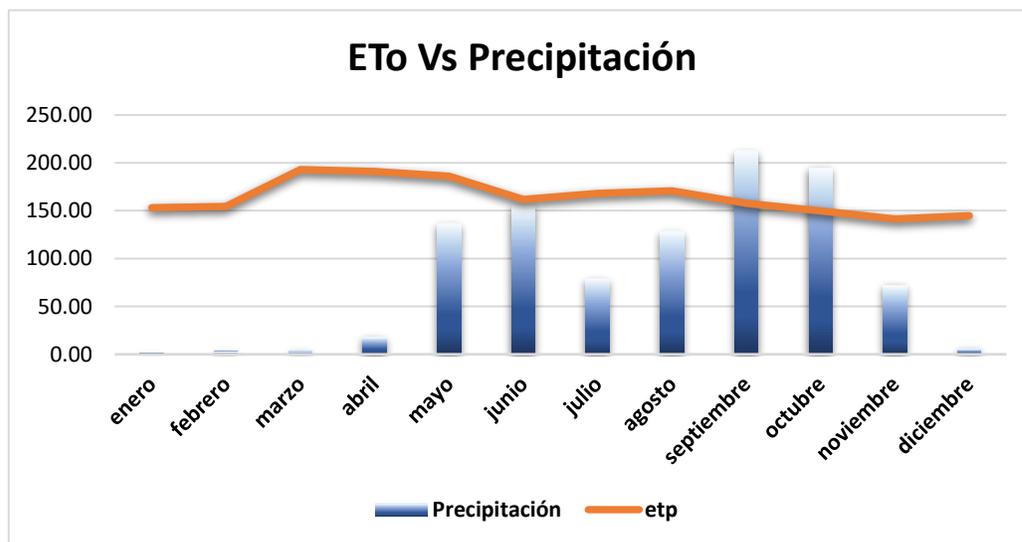
Tabla 4.

Cálculo de evapotranspiración por el método de Hargreaves (1981-2022)

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Eto (mm/mes)	153,00	154,50	193,01	190,99	185,91	161,91	167,99	170,68	157,87	149,65	141,40	144,90	1971,8

Fuente: Elaboración Propia con base a datos de meteorológicos de Data Access Viewer.

Gráfico 3. Evapotranspiración por el método de Hargreaves



De acuerdo con el cálculo de la Evapotranspiración por el método de Hargreaves simplificado, se estimó un valor de 1971,8 mm/año, encontrándose los valores mínimos y máximos del parámetro evaluado en los meses de noviembre y marzo. Esto coinciden con la temporada seca, debido a que es mayor la temperatura que la precipitación.

7.1.4. Taxonomía de suelo

De acuerdo con la caracterización de uso de suelo presentada por (MAG, MARENA, UNA, INAFOR, INETER, 2015), en el área de estudio se distinguen dos tipos de suelos (Figura 13), los que son:

Entisol: Estos suelos son suelos jóvenes que se caracterizan por ser suelos minerales de reciente formación, que tienen poca evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos, presentan escasa materia orgánica, se pueden encontrar tanto en color claro como oscuro, la profundidad esta limitada por rocas duras dentro

de los 25cm de la superficie o contiene un 90% de material pedregoso, se encuentran mayormente en la provincia volcánica del pacífico, presentan un drenaje de medio a bueno, las texturas varían de arenosas a arcillosas.

Molisol: Este tipo de suelo presenta una amplia distribución en el área de estudio, abarca la mayor parte. Los molisoles, son suelos superficiales a moderadamente profundos, joven o maduro, desarrollados a partir de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánicos, rocas básicas, ácidas y piroclásticos tienen horizontes superficiales oscurecidos, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia friable y dotados suficientemente de bases, principalmente Ca y Mg.

Presentan topografía que varía entre ligeramente inclinada a extremadamente empinada. En estos suelos predominan las texturas de franco arenosos a franco arcillosos con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y pardo oscuro, las profundidades oscilan de 60 a 120 cm.

Tabla 5.

Distribución del suelo en el área

Orden	Km2	%
Molisol	13.54	92.17
Entisol	1.15	7.83
Total	14.69	100

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Uso y cobertura de suelo**

Correspondiente a la clasificación de cobertura y usos de la tierra de Nicaragua (MARENA, MAG, INAFOR, INETER 2015) en la zona de estudio se encuentran presente cinco categorías (Figura 13) los cuales son:

Cultivo anual: Son todas aquellas superficies que están dedicadas a todo tipo de cultivos ya sea tecnificado o no, cuyo ciclo vegetativo dura un año a menos, teniendo como característica fundamental que después de la cosecha es necesario volver a sembrar para seguir produciendo.

Cultivo permanente: Los cultivos permanentes corresponden a aquellos que se mantienen en el suelo durante varias temporadas de crecimiento, en lugar de ser

replantados después de cada cosecha. Estos cultivos pueden durar años o incluso décadas.

Bosque latifoliado ralo: Estas superficies son mayores o iguales a 0.5 Ha con predominio de árboles maderables de hoja ancha (latifoliadas) superiores a 5 m de altura. Con copas que cubren entre 30% y 70% de la superficie del suelo.

Tacotal: El tacotal este compuesto por una cubierta mixta de arbustos, lianas y matorrales, con presencia de árboles cuyas copas cubren alrededor del 10% y 30% de la superficie del suelo.

Pasto: Comprende las tierras cubiertas con hierba densa, dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Incluye áreas de pasto cultivado, mejorado, pasto natural, pasto con maleza y pasto con árboles (INETER-DGOT, 2021).

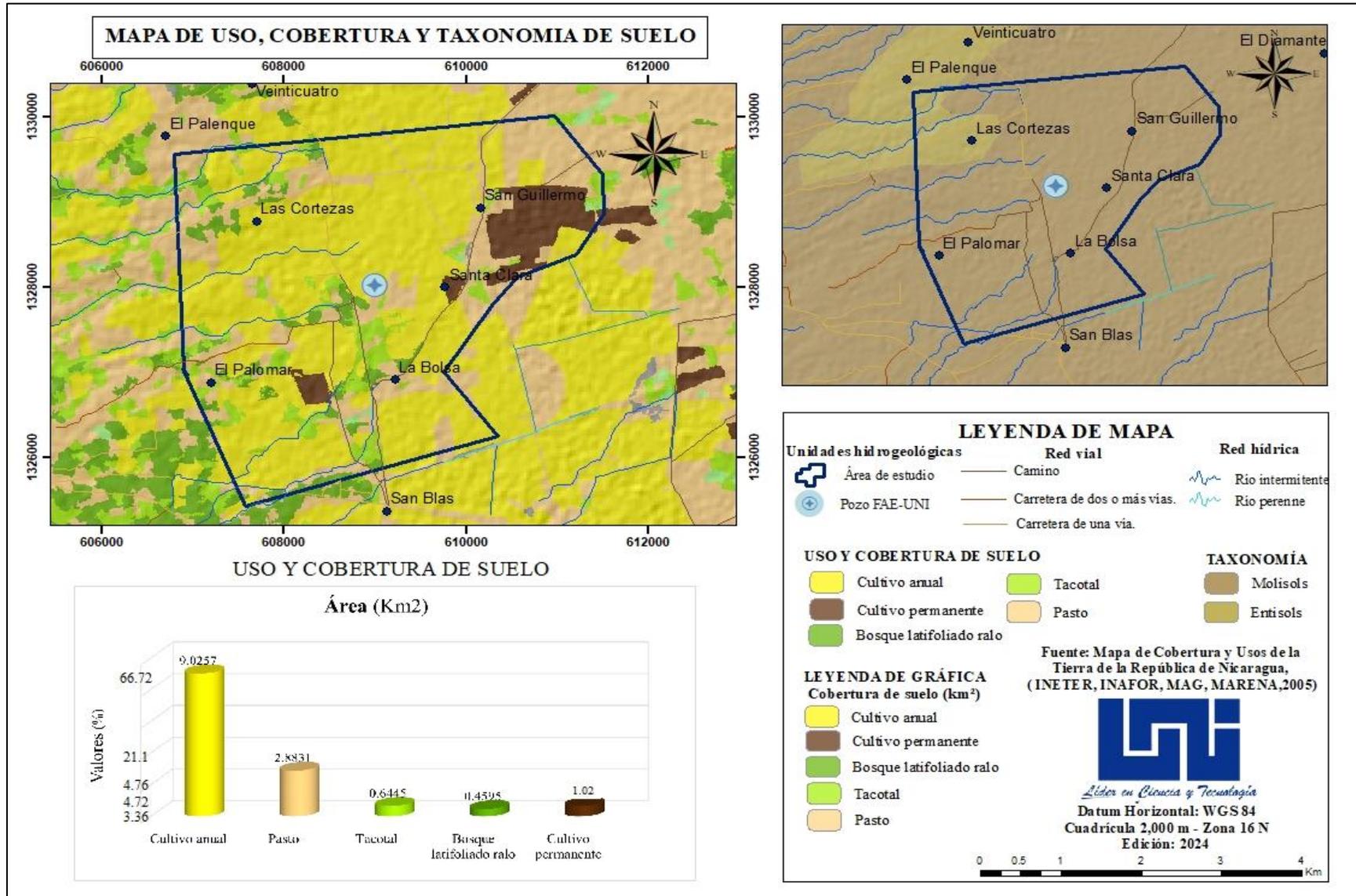
Tabla 6.

Distribución de uso de suelo en el área de estudio

Uso De Suelo	Km2	%
Cultivo Anual	9.289	66.05
Cultivo Permanente	0.914	4.76
Bosque Latifoliado Ralo	0.7235	3.36
Tacotal	0.9085	4.48
Pasto	3.147	21.1
Total	14.69	100

Fuente: Elaboración Propia a partir del mapa de uso y cobertura de suelo (MAG, MARENA, UNA, INAFOR, INETER, 2015)

Figura 13. Mapa de uso, cobertura y taxonomía de suelo



Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de cobertura y uso de tierra de (INETER, INAFOR, MAG, MARENA, 2005)

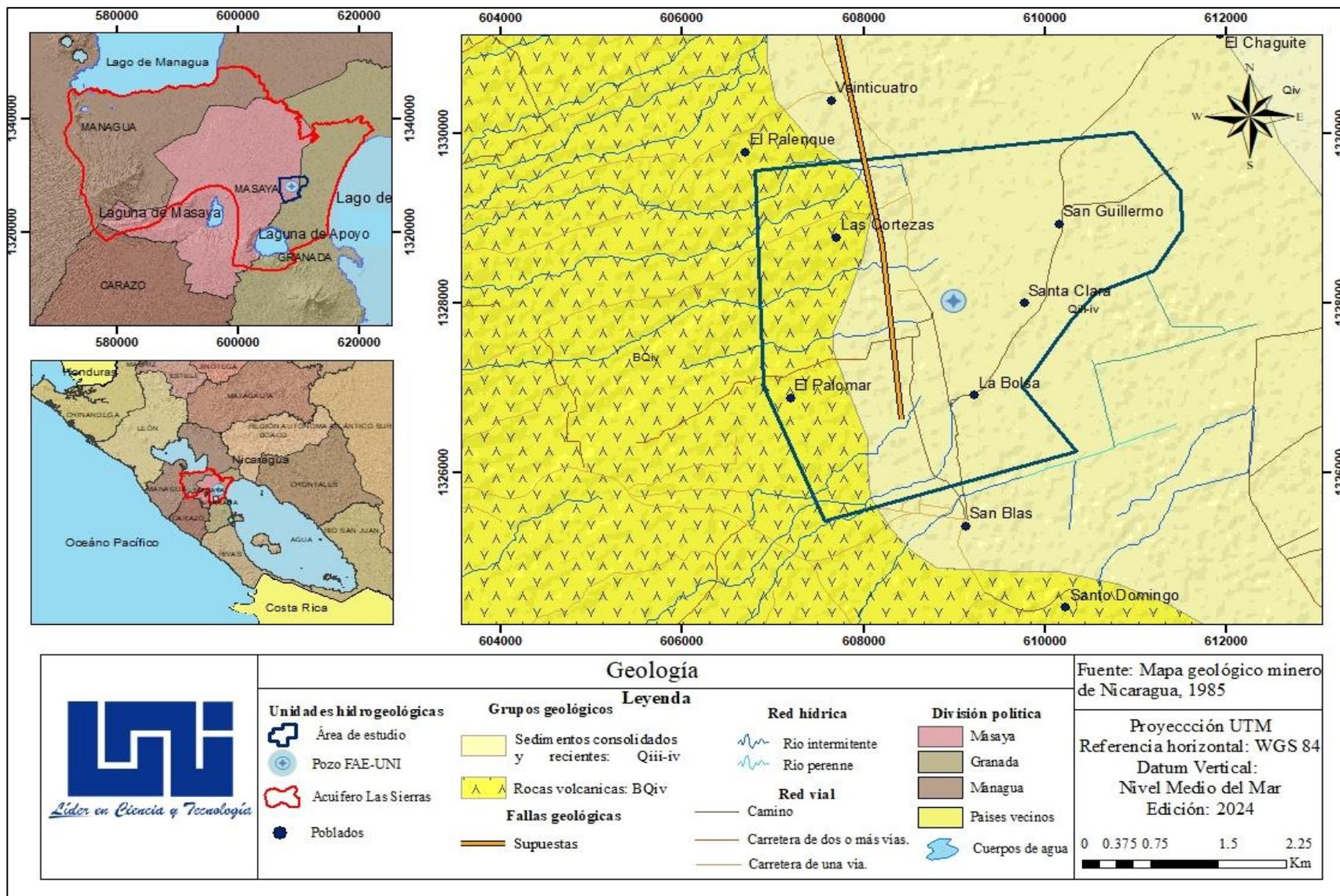
7.1.5. Geología

Localmente el área de estudio se encuentra dividida en dos unidades litológicas, la mayor parte se encuentra abarcada por sedimentos consolidados y recientes, mientras que al oeste de la zona está ocupada por depósitos volcánicos. (Figura 14)

Sus Formaciones geológicas:

- **Rocas sedimentarias (N2b):** Las rocas sedimentarias son un tipo de roca formada por la acumulación y consolidación de sedimentos a lo largo del tiempo geológico. Estos sedimentos pueden ser fragmentos de rocas preexistentes, restos orgánicos, minerales disueltos en agua o materiales precipitados químicamente. Se encuentran divididas en su mayoría por tres tipos: clásticas, químicas y orgánicas.
- **Sedimentos recientes (Qiv):** Son sedimentos que se han depositado recientemente en la superficie de la Tierra o en cuerpos de agua, sin experimentar un proceso significativo de consolidación. Los sedimentos recientes pueden incluir material depositado por procesos como la sedimentación fluvial, la acumulación de sedimentos en lagos, la deposición costera o marina, y la actividad volcánica. Estos sedimentos pueden incluir arena, limo, arcilla, gravilla y materia orgánica reciente (Fenzel, 1989).
- **Sedimentos consolidados (Qiii-iv):** Estos son materiales sedimentarios que han experimentado procesos de compactación y cementación a lo largo del tiempo geológico. Estas rocas pueden ser arcillas consolidadas, limo, areniscas, conglomerados o rocas carbonatadas como calizas y dolomitas.
- **Rocas volcánicas (BQiv):** Dentro de la zona de estudio podemos encontrar un área representativa de depósitos volcánicos, estos depósitos provienen de las diferentes erupciones de las estructuras volcánicas circundantes, entre otros se encuentran de pocitos tobáceos, pómez, lapilli, aglomerado y coladas de lavas.

Figura 14. Mapa geológico del área en estudio



Fuente: Elaboración propia, a partir del mapa geológico minero de Nicaragua 1985

7.1.6. Medio Hidrogeológico

Según el estudio Hidrogeológico del Pacífico de Nicaragua (Krásný, J. & Hecht, G. 1998) las características hidrogeológicas del medio puede mencionar que, pertenece al acuífero La Sierras, en el cual predomina los estratiforme poroso; es decir, es un acuífero con capacidad de almacenamiento y movimiento del agua subterránea, considerando valores de transmisividad de alta.

La transmisividad que se refleja del mapa hidrogeológico del Pacífico de Nicaragua de (Krásný, J. & Hecht, G, 1998), en la zona de estudio se presentan transmisividades desde 190 m²/d hasta 370 m²/d y una transmisividad media de 250m²/d, siendo clasificadas como de clase II.

La alta transmisividad del medio se debe a la formación geología de la zona, como lo son los depósitos volcánicos recientes y consolidados, esto determina que contiene rocas que no son totalmente impermeable, tiene un grado de porosidad y permite la transmisión de agua, por ende, el agua es almacenada y transmitida en el medio.

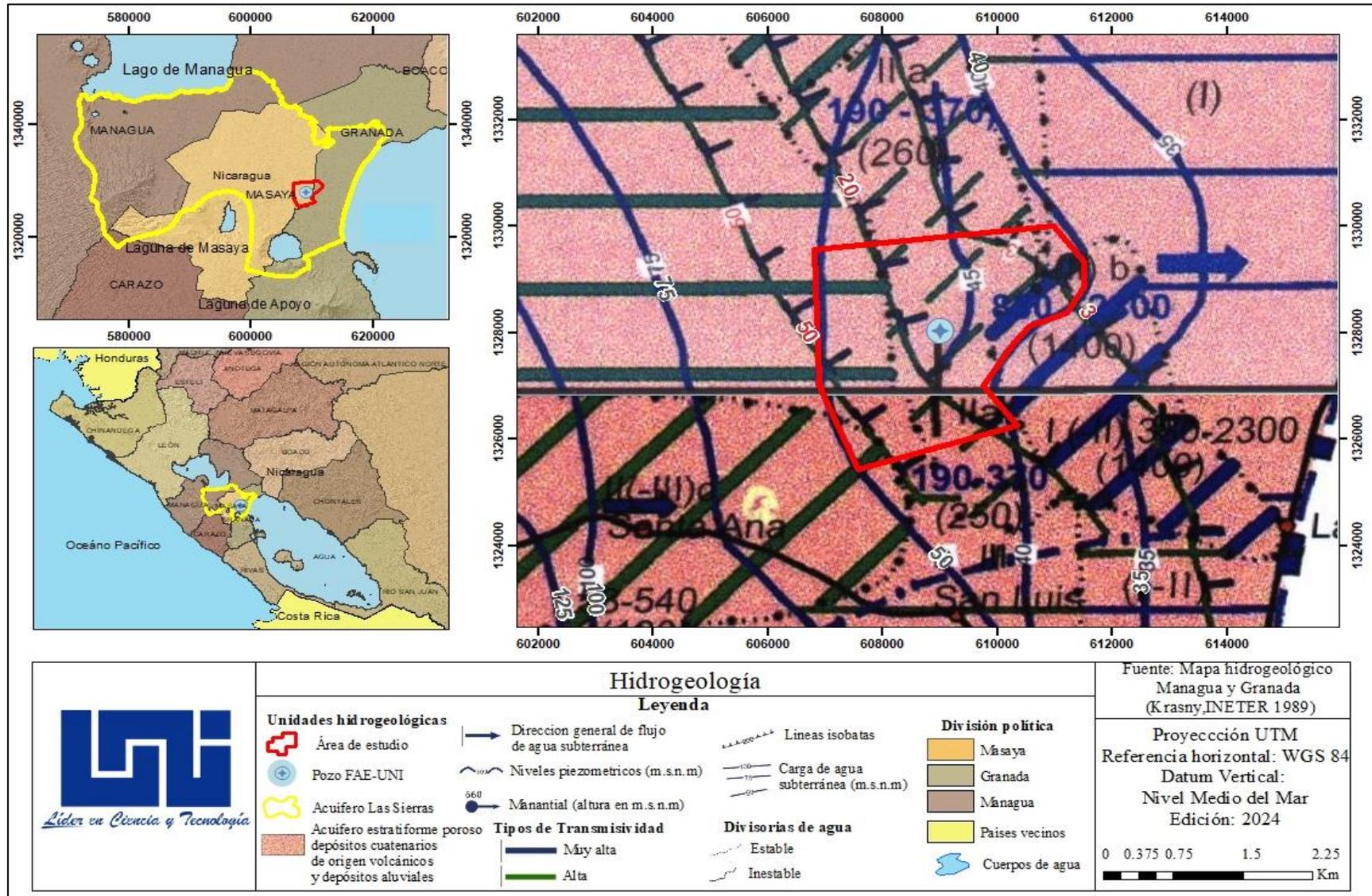
Tabla 7.

Clase de Transmisividad

Coefficiente de Transmisividad (m²/d)	Clase de la Transmisividad	Rango de Transmisividad
>1000	I	Muy alta
100 – 1000	II	Alta
10 – 100	III	Moderada
1 – 10	IV	Baja

Fuente: (Krásný, J. & Hecht, G, 1998)

Figura 15. Mapa Hidrogeológico de la zona de estudio



Fuente: Elaboración Propia a partir del mapa hidrogeológico de (Krasny 1989)

7.1.7. Hidrodinámica

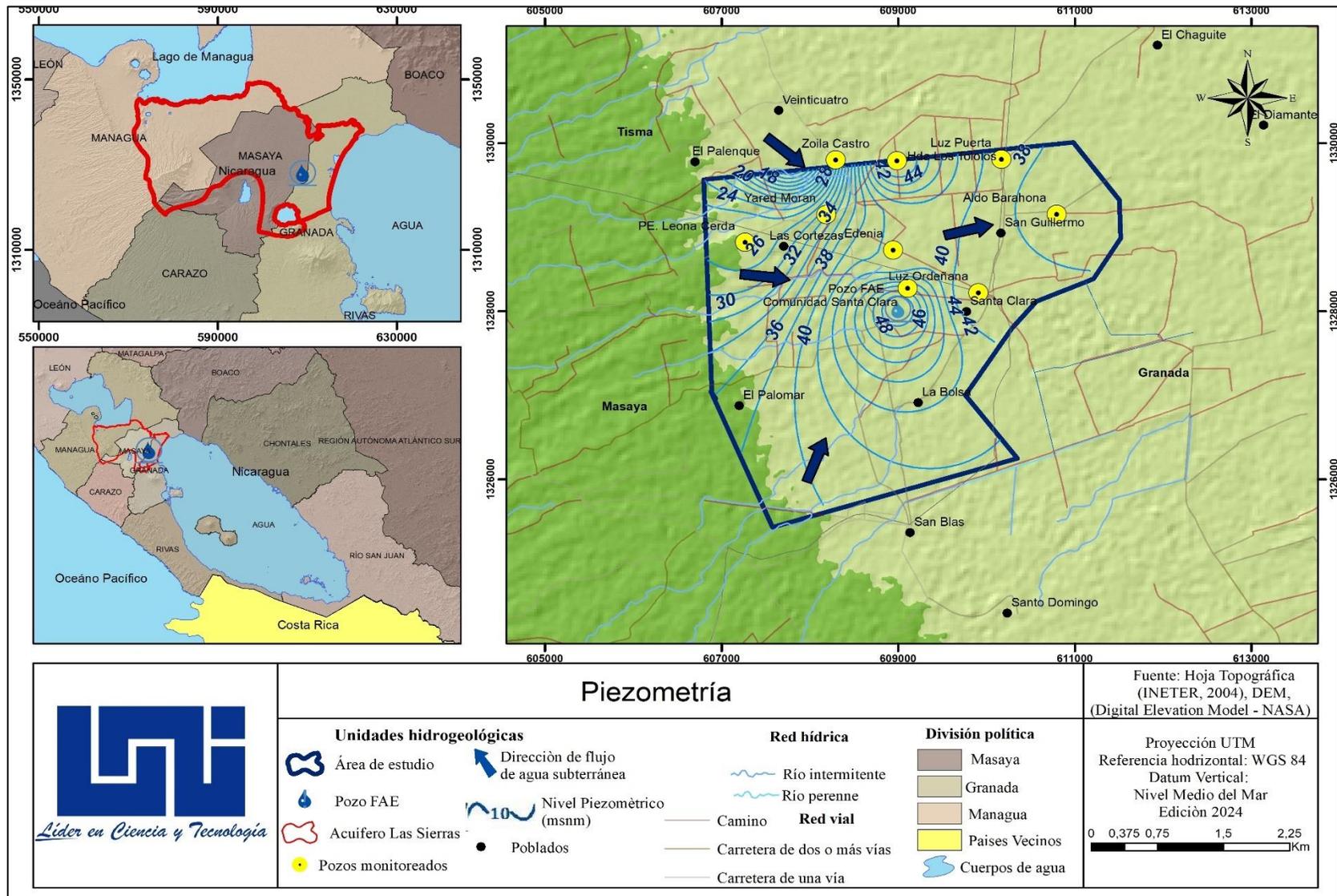
Para la realización de las curvas piezométricas se consideró la interpolación de datos por medio del IDW o interpolación de la distancia Inversa Ponderada.

Se realizó un monitoreo de 11 pozos perforados (ver Anexo 2.1. Inventario de pozo, pag. XIII) de lo cual se tuvieron diferentes niveles estáticos como dinámicos, a partir de esto se generó un mapa piezométrico **(ver Figura 16)**

Por lo tanto, en la Figura 16, los niveles freáticos de agua oscilan entre 67msnm y los 45 msnm. Los flujos de recarga provienen de las zonas altas en dirección noroeste del pozo en estudio (FAE-UNI) y así mismo, se muestra que el flujo del agua subterránea descarga en dirección sureste (Lago de Nicaragua) siendo este el nivel más bajo 33msnm.

De acuerdo con el mapa hidrogeológico de (Kransny 1989) los niveles piezométricos se encuentran en las curvas 45- 50msnm. Sin embargo, las Curvas generadas por el método IDW son de 52 -50msnm, esto indica la existencia de una profundización de los niveles freáticos de la zona, pudiendo considerar que es producido de la sobre explotación del acuífero en estudio durante 34 años.

Figura 16: Mapa Piezométrico



Fuente: Elaboración Propia

7.1.8. Datos técnicos del pozo

El diseño de los pozos está sustentado en el conocimiento de las características hidrodinámicas del acuífero. El pozo de la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI) fue construido en el mes de febrero del año 2021 por la empresa BOMBASA, dicho pozo es Artesiano y fue perforado por el método de percusión.

El Pozo cuenta con una profundidad de 250 pies equivalente a 71.21 metros con un diámetro perforado de 18.5 pulgadas y un ademe de 10 pulgada de igual manera tiene contiene una longitud de columna de 78 pies equivalente a 23.78 metros.

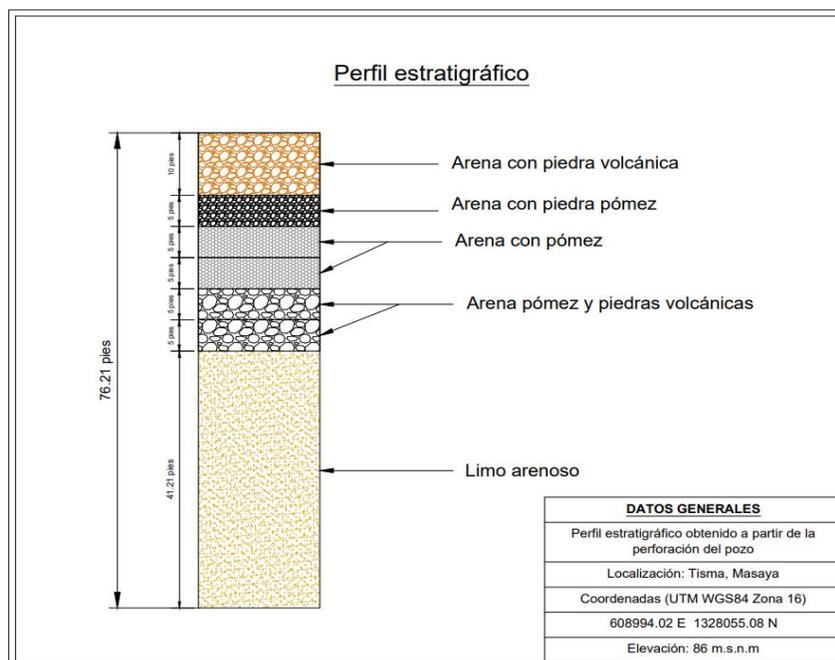
Tabla 8.

Tubería Interna del pozo

Profundidad (Pie)		Tubería interna
0	60	Tubería ciega de 10" PVC-Cedula 26
60	180	Rejilla PVC- Cedula 26
200	210	Tubería ciega de 10" PVC-Cedula 26
210	220	Rejilla PVC- Cedula 26
220	230	Tubería ciega de 10" PVC-Cedula 26
230	250	Rejilla PVC- Cedula 26

Fuente: Elaboración propia con datos técnicos del pozo

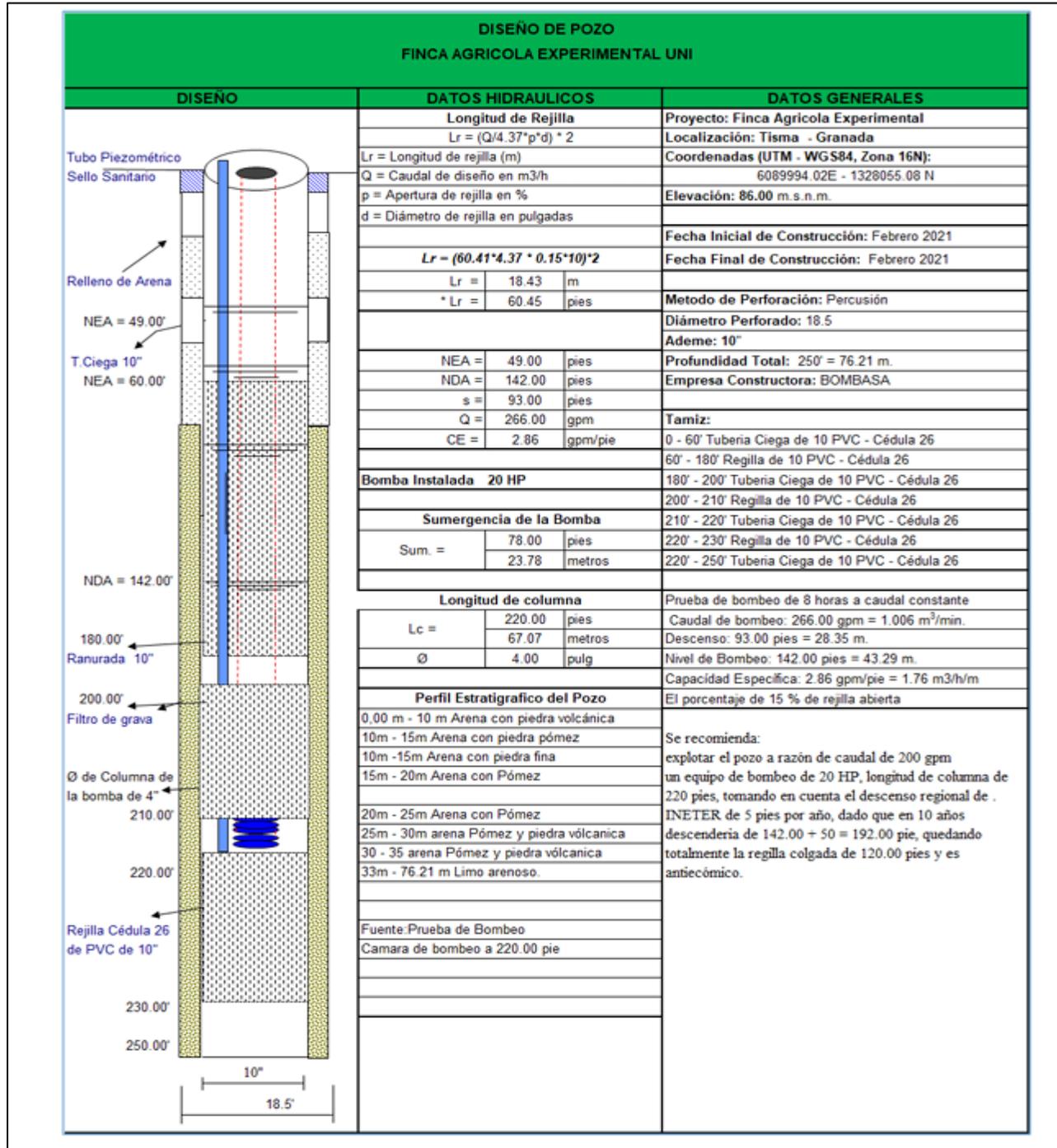
Figura 17. Perfil estratigráfico del pozo FAE-UNI



Fuente: Elaboración propia con datos técnicos del pozo

El caudal de bombeo de explotación recomendado es de 200Gpm equivalente 1.090,08m³/día, con un equipo de bombeo de 20hp, a su vez está conformado por una sarta descarga de 4 pulgadas con una longitud de columna de 220pies que equivale a 67.07m.

Figura 18. Diseño del pozo en estudio (FAE-UNI)



Fuente: BOMBASA DE NICARAGUA

7.2. Hidráulica de pozo

Para evaluar los parámetros hidráulicos del área de estudio se procesó una prueba de bombeo a caudal constante durante un lapso de doce horas (720min) (Ver Anexo 3.1. Prueba de bombeo, pág. XV) dicha prueba se trabajó a un caudal constante de 172,18 Gpm a descarga libre.

7.2.1. Transmisividad

De acuerdo con el estudio de Mapificación Hidrogeológica e Hidro geoquímica de la Región Pacífica de Nicaragua, el área de estudio cuenta con una transmisividad de media de 250 m²/d. Dicha clasificación va referidas a la naturaleza hidrogeológica del acuífero semiconfinado.

La metodología empleada en AQTsolve se basa en la ecuación de Hantush-Jacob para acuíferos del tipo "Leaky". Según la Solución Hantush $H(u,\beta)$ Solution for Leaky Aquifers (1989), esta ecuación permite igualar la función del pozo de Hantush a los datos de descensos de niveles de agua recopilados durante pruebas de bombeo, facilitando así la evaluación de las propiedades del acuífero. La solución considera almacenamientos acuíferos comprensibles con filtraciones y también tiene en cuenta la influencia de pozos de penetración.

Bajo el método utilizado se obtuvo una transmisividad de 112,90 m²/d (Figura 17), estimado a partir de un caudal de bombeo de 938,45 m³/d (172,18gpm), eso indica que el pozo es altamente productivo, ya que, de acuerdo a su geología acápite 7.1.5. y el perfil litoestratigráfico Figura 17, se muestra depósitos volcánicos, arenas y pómez, los cuales suelen ser sedimento granulares y porosos, lo que permite que el agua pueda infiltrarse y moverse a través de los espacios porosos.

La transmisividad obtenida se encuentra dentro del rango tipo clase II la cual indica que es una transmisividad "Alta", por encontrarse en el rango de 100 – 1000m²/d, ver (Tabla 7. Clase de transmisividad) según el mapa hidrogeológico del pacifico (Krásný, 1998)

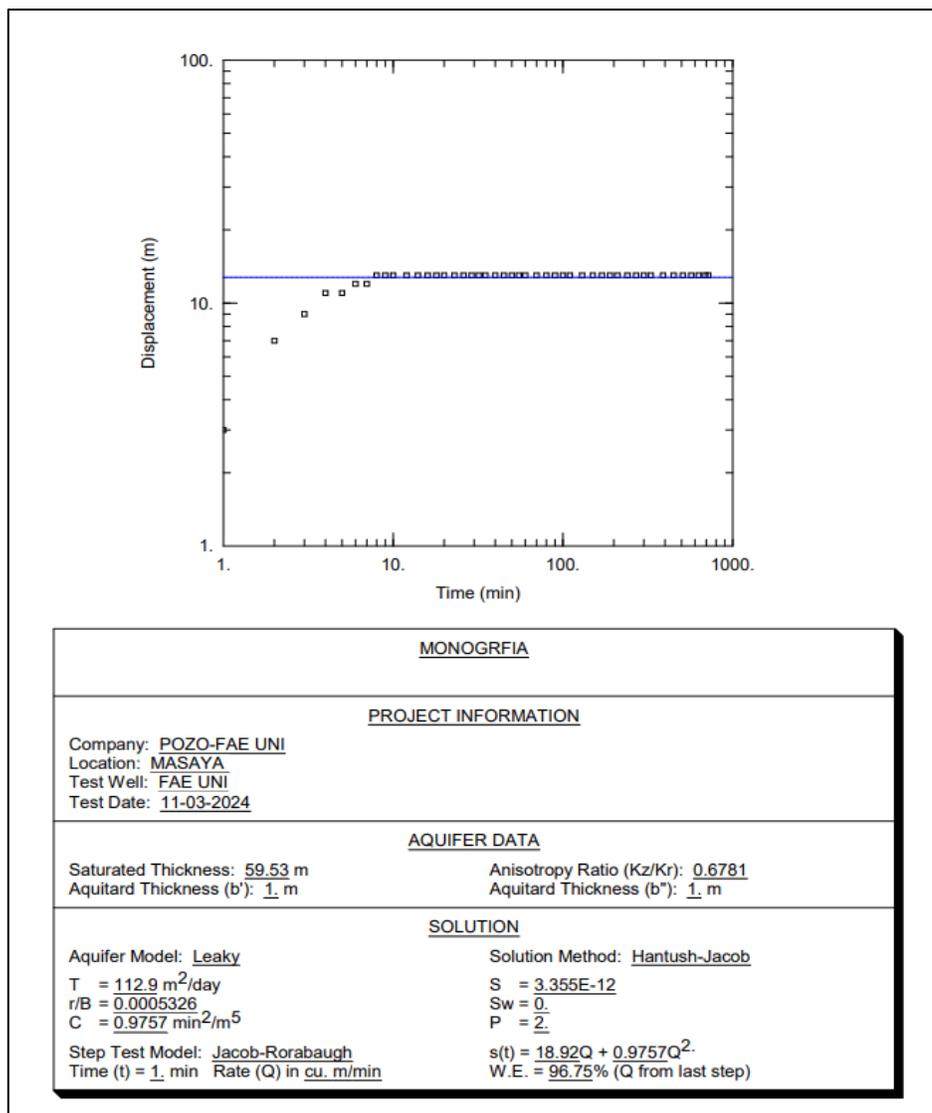
Tabla 9.

Clase de Transmisividad

Coeficiente de Transmisividad (m ² /d)	Clase de la Transmisividad	Rango de Transmisividad
>1000	I	Muy alta
100 – 1000	II	Alta
10 – 100	III	Moderada
1 – 10	IV	Baja

Fuente: (Krásný, J. & Hecht, G, 1998)

Figura 19. Resultado de prueba de bombeo mediante AQTsolve



Fuente: Elaboración Propia

7.2.2. Conductividad Hidráulica

La conductividad hidráulica es un indicador de la velocidad de desplazamiento de los fluidos, a través de las rocas y es directamente proporcional a la textura de granos que componen la roca. El valor de conductividad hidráulica fue de 1,90 m/día, lo que lo clasifica como rocas de muy baja a baja velocidad de movimiento del agua, a través de la estructura de la roca.

La Transmisividad utilizada es la calculada en la prueba de bombeo, el espesor de acuífero captado no es más que la profundidad total del pozo menos el nivel estático medido a la hora de iniciar la prueba de bombeo, por lo que, el espesor del acuífero que intercepta el pozo es de 67,03 m³/d/m.

Tabla 10.

Parámetros hidráulicos del pozo en estudio

Pozo	Transmisividad d (m ² /día)	Coefficiente de almacenamiento	Conductividad Hidráulica (m/día)	Capacidad Especifica (m ³ /d/m)
FAE-UNI	112.90	0.01	1.90	67.03

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los cálculos realizados se estimó una conductividad de 1,90 m/d. Fetter (2001) indica que las propiedades hidráulicas entre 1 y 100 m/d corresponde a medios hidrogeológicos con litologías que van desde arenas medias hasta arenas gruesas concordando con los materiales del perfil estratigráfico y la geología local. Por otra parte, Custodio & Llamas, (2001a) indican que los acuíferos con arena limpia, mezcla de grava y arena son considerados como buenos acuíferos.

7.2.3. Capacidad Especifica

Para el cálculo de la capacidad especifica se trabajó con el caudal de bombeo de 938,45 m³/d, equivalente a 172,18gpm, con un descenso medido en el pozo o abatimiento máximo de 14 m durante un periodo de 12 horas.

Se obtuvo una capacidad especifica de 67,03 m³/d/m, lo que equivale a 2.79 m³/h/m. Esto significa que, durante la prueba de bombeo realizada, el pozo extrae un

volumen de agua de 2.79 m³ por metro de abatimiento en un lapso de 12 horas. Es importante destacar que la eficiencia del pozo no depende únicamente de la capacidad específica, sino también de la litología del área en la que se encuentra, en este caso se han identificado formaciones geológicas porosas y permeables que el pozo atraviesa, contribuyendo a que el pozo opere de manera más efectiva, permitiendo satisfacer la demanda de la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI).

El abatimiento en el pozo fue de 14 m y el caudal utilizado fue de 938,45 m³/d, equivalentes a 172,18 Gpm. De acuerdo a los cálculos realizados para la capacidad específica es de 67,03 m³/d/m.

Los resultados de la capacidad especifican nos muestra que el valor es inversamente proporcional al caudal de bombeo, por lo que al aumentar el caudal de explotación se producirá una extracción mayor (m³) por metro de abatimiento, apoyándose de los materiales poroso presente en el acuífero.

Tabla 11.

Parámetros hidráulicos del pozo

Pozo	Abatimiento m	Capacidad específica (m ³ /d/m)	Capacidad específica (m ³ /h/m)
FAE-UNI	14	67.03	2.79

Fuente: Fuente Propia

7.2.4. Coeficiente de almacenamiento

El coeficiente del almacenamiento o porosidad drenable se suele definir como la cantidad de agua por unidad de volumen de suelo que se drena durante un descenso unitario del nivel freático. Según Custodio y Llamas (1983), este coeficiente mide la cantidad de agua liberada si ocurre un descenso unitario del nivel piezométrico o de carga hidráulica.

El coeficiente de almacenamiento fue tomado del estudio hidrogeológico de la región del Pacífico de Nicaragua, elaborado por Fenzl (1989) con un valor de 0.10 (valor medio del rango antes descrito). Este coeficiente no fue calculado debido que, en la prueba de bombeo no se tomó en cuenta pozo de observación, siendo necesario para la debida estimación.

Tabla 12.

Valores típicos de Coeficiente de Almacenamiento

Acuíferos libres (porosidad eficaz): 0,3 a 0,01 ($3 \cdot 10^{-1}$ a 10^{-2})	El agua proviene del vaciado de los poros
Acuíferos semiconfinados (coef. de almacenamiento): 10^{-3} a 10^{-4}	El agua proviene de descompresión y de los rezumes desde las capas confinantes
Acuíferos confinados (coef. de almacenamiento): 10^{-4} a 10^{-5}	El agua proviene de descompresión

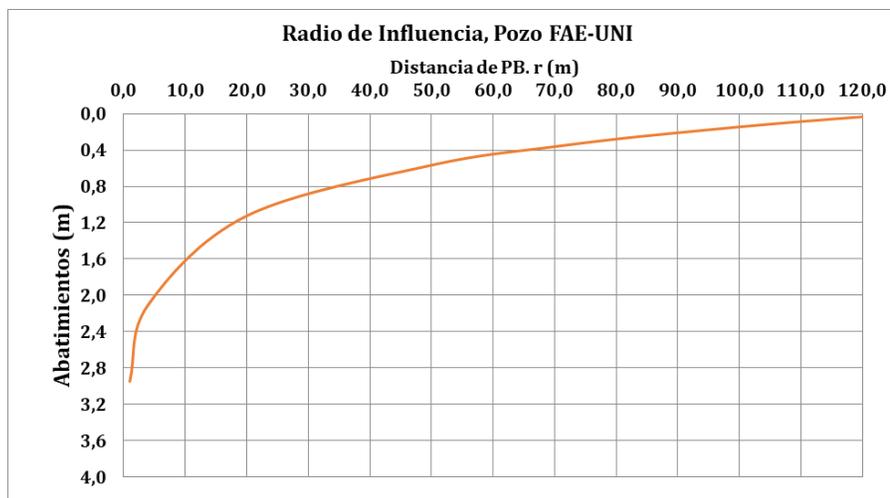
Fuente: (Javier, 2017)

7.2.5. Radio de Influencia

Radio de influencia se calculó a través del método de Jacob (1946), la cual dice que el radio de influencia depende del valor de transmisividad, coeficiente de almacenamiento del acuífero, del caudal y tiempo de bombeo del pozo.

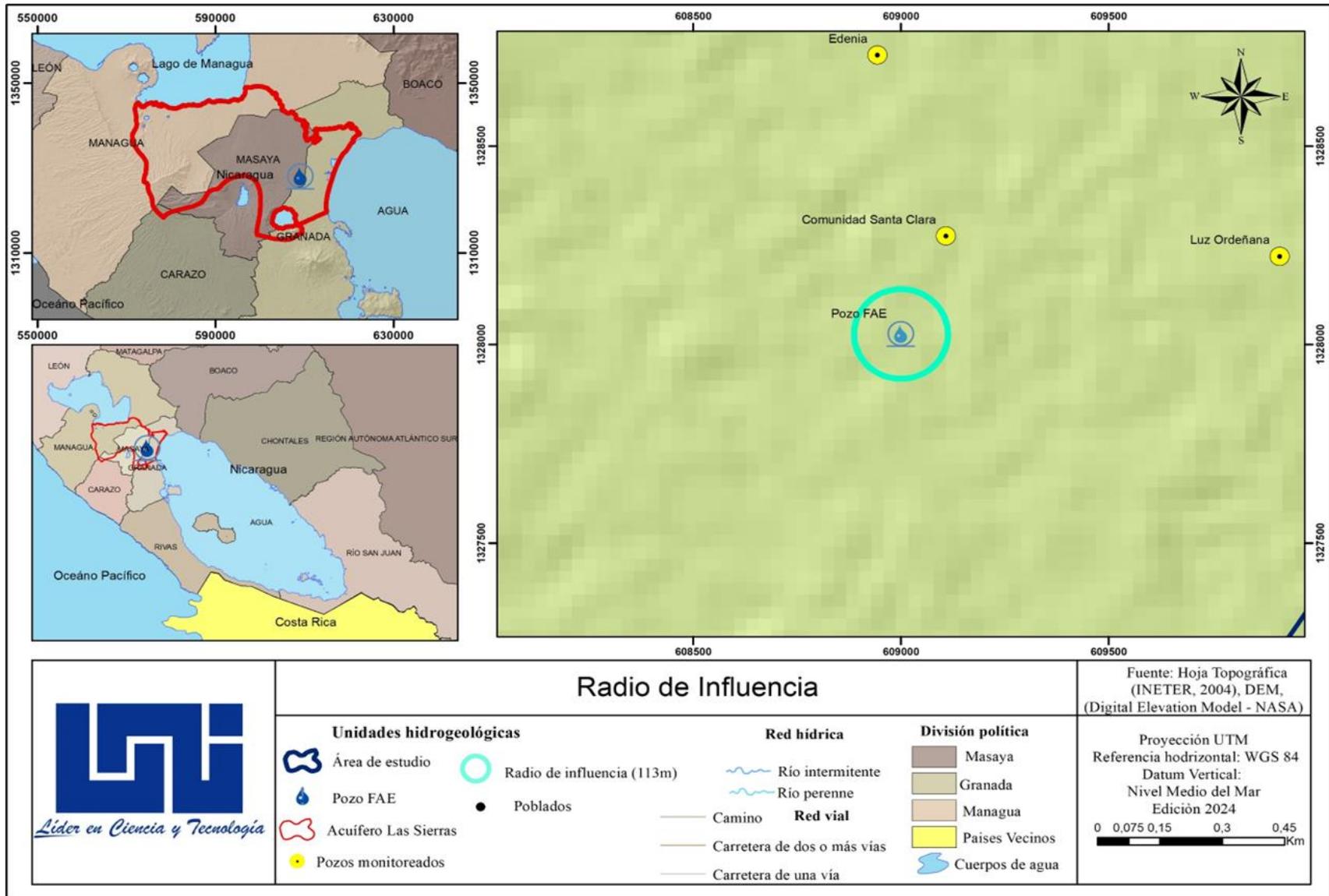
Aplicando la (Ecuación 5 - Radio de Influencia), se tuvo como resultado un radio teórico de 113m, lo que de acuerdo a la Figura 20 no habría incidencia entre el bombeo de pozo en estudio con los pozos inventariados, cabe recalcar que no se obtuvieron los niveles estáticos de los pozos cercanos mientras se realizaba la prueba de bombeo del pozo FAE-UNI para así poder determinar si existe influencia entre el bombeo del pozo con los niveles estático de los pozos cercanos, puesto que la distancia entre el pozo más cercano es el de la comunidad Santa Clara y se encuentra a 279.47m.

Gráfico 4. Radio de influencia de pozo FAE-UNI



Fuente: Elaboración Propia

Figura 20. Radio de influencia teórico



Fuente: Elaboración propia

7.2.6. Recarga del acuífero

➤ Infiltración

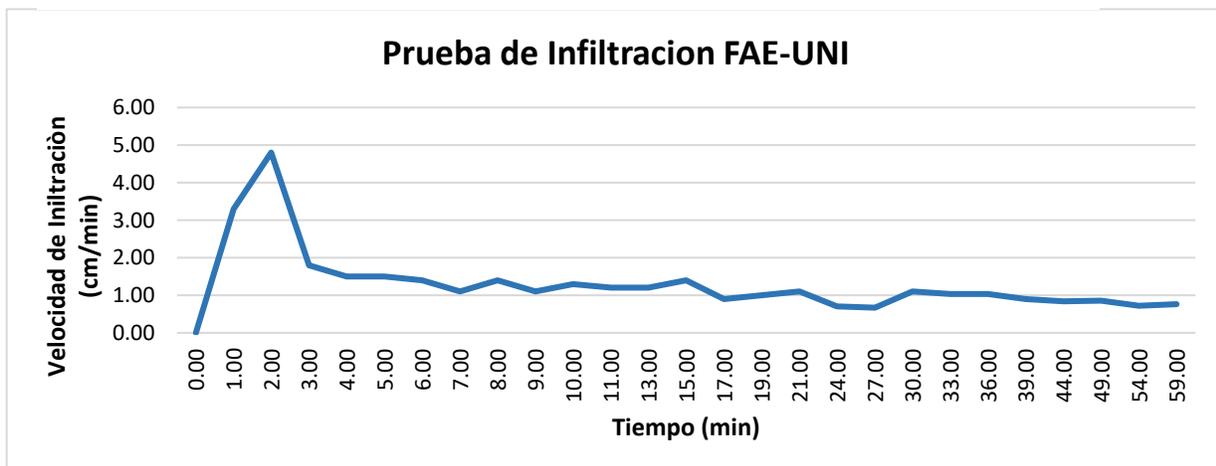
Para determinar la recarga potencial del área en estudio se procede a la determinar la capacidad de infiltración del suelo. Es por eso que se utilizó el método del permeámetro de Guelph.

Para medir la velocidad de infiltración del agua en el suelo se utilizó el permeámetro de Guelph con una hora de prueba. El método consiste en excavar un agujero cilíndrico de radio a profundidad de 30cm, en el cual se le aplica una cantidad pequeña agua para humedecer el área, posteriormente se realiza el ensayo de infiltración manteniendo la altura del agua dentro del agujero lo que permite obtener coeficiente de infiltración a partir de la relación entre el caudal de infiltración y el nivel del agua en el agujero.

El permeámetro de Guelph consta básicamente de dos tubos, uno que actúa como depósito de agua y otro de menores dimensiones que se pone en contacto con el suelo y lleva acoplado un sistema que permite mantener la carga hidráulica constante, (tubo Mariotte), por lo tanto, el nivel del agua del agujero será igual a la posición del extremo inferior del tubo Mariotte.

Se obtuvo un resultado de velocidad de infiltración de 16.98mm/h (Ver Anexo 3.3. Prueba de infiltración, pág. XIX), este valor va en relación al tipo de suelo que se encuentra en la zona, de lo cual es un suelo Franco.

Gráfico 5. Prueba de infiltración FAE-UNI



Fuente: Elaboración Propia

En el Grafico 5. (Prueba de Infiltración FAE.UNI), se muestra el comportamiento de la infiltración del suelo, se observa que la velocidad de infiltración en los primeros minutos fue alta, esto debido a la falta de humedad del suelo y porque el agua se comenzaba a penetrar en los poros y a medida que se fue agregando agua al suelo, su velocidad de infiltración fue disminuyendo, las variaciones de lectura se deben a la capacidad de infiltración, por lo que, este tipo de prueba no tendrá un comportamiento estable.

De acuerdo con Fetter, (2001), las conductividades entre 1 y 10 corresponden a medios hidrogeológicos con litología que va entre 1 y 10 m/d corresponde a medios hidrogeológicos con litologías que van de arenas arcillosas y limos clasificado como acuífero pobre, **Tabla 13.**

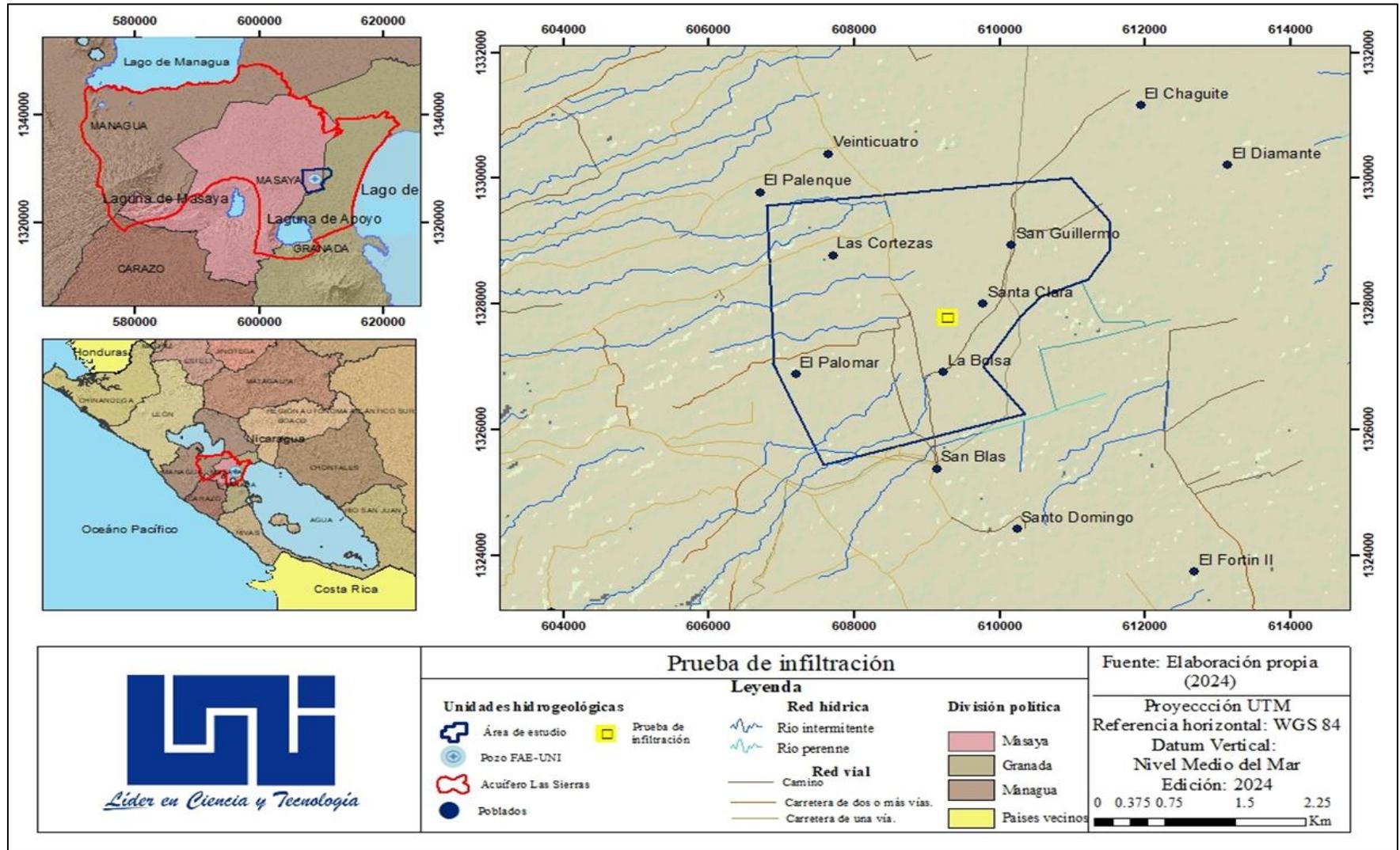
Tabla 13.

Clasificación de permeabilidad en materiales detríticos sedimentarios

Parámetro De Permeabilidad (m/día)	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
Tipo de terreno	Grava limpia		Arena limpia, mezcla de grava de arena		Arena fina, arena arcillosa, mezcla de arena, limo y arcilla, arcilla a				Arcillas no meteorizadas		
Clasificación	Buenos acuíferos				acuíferos pobres				Impermeables		
Capacidad de drenaje	drenan bien				Drenan mal				No drenan		

Fuente: (Custodio L & Llamas, 1983)

Figura 21. Ubicación de la prueba de infiltración



Fuente: Elaboración Propia

En Figura 21, se muestra la distribución del sitio seleccionado, donde se realizó la prueba de infiltración dentro del área de estudio en la Finca Agrícola Experimental.

➤ **Recarga directa**

Para este estudio se utilizó el método de Schosinsky (2006), para estimar la recarga del acuífero delimitado, para ello se consideró tasa de infiltración por el método del permeámetro de Guelph, precipitación, cobertura vegetal, pendiente del terreno, tipo de suelo.

Tabla 14.

Resultado de la velocidad de infiltración del área en estudio

BALANCE HIDRICO DE SUELOS Gunter Schosinsky		
Zona de Estudio:		Estación:
Localización:		Código:
Fecha:		
Textura de Suelo:		
Simbología		
fc: Capacidad de Infiltración.		P: Precipitación Media Mensual.
CI: Coeficiente de Infiltración.		Pi: Precipitación que infiltra.
CC: Capacidad de Campo.		ESC: Escorrentía Superficial
PM: Punto de Marchitez.		ETP: Evapotranspiración Potencial.
PR: Profundidad de Raíces.		ETR: Evapotranspiración Real.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.		HSi: Humedad de Suelo Inicial.
DS: Densidad de Suelo.		HD: Humedad Disponible
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR		HSf: Humedad de Suelo Final.
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR		DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Kp: Factor por pendiente (ver léame)		Rp: Recarga Potencial
Kv: Factor por vegetación (ver léame)		NR: Necesidad de Riego.
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración		Ret: Retención de lluvia
fc [mm/d]	169,80	
Kp [0.01%]	0,20	
Kv [0.01%]	0,10	
Kfc [0.01%]	0,62	
CI [0.01%]	0,92	
DS (g/cm ³):	1,35	
PR (mm)	300	
HSi (mm)	72,90	
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11	
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0,12	
		por peso (%) (mm)
		CC style="text-align: center;">18,00 72,90
		PM style="text-align: center;">12,00 48,60
		(CC-PM) style="text-align: center;">6,00 24,30

Fuente: Elaboración Propia

Mediante el balance hídrico de suelo de Schosinsky se puede apreciar en la **Tabla 14**, los meses que presentan recarga son junio, septiembre y octubre, estos meses corresponde al periodo lluvioso del país, el resto de los meses corresponde al periodo seco, pero al igual que los meses de verano la precipitación es nula por esta razón, en este periodo el acuífero no recibe recarga directa de producto de las precipitaciones.

De acuerdo a lo calculado con el método Schosinsky se obtuvo mayor recarga en el mes de septiembre, en junio se puede inferir debido a la posibilidad a una canícula húmeda obteniendo así un valor de tanto de 916.362 m³/mes que equivale 0,92 Mmc³ al año, cabe recalcar que esta recarga es únicamente para el área de estudio de 14.69km².

Tabla 15.

Recarga de la zona de estudio

Mes	Recarga (m/mes)	Recarga Directa (m ³ /mes)	Recarga Mm3
Enero	0.00000	0.0	0.0
Febrero	0.00000	0.0	0.0
Marzo	0.00000	0.0	0.0
Abril	0.00000	0.0	0.0
Mayo	0.00000	0.0	0.0
Junio	0.03942	579079.8	0.6
Julio	0.00000	0.0	0.0
Agosto	0.00000	0.0	0.0
Septiembre	0.01447	212564.3	0.2
Octubre	0.00849	124718.1	0.1
Noviembre	0.00000	0.0	0.0
Diciembre	0.00000	0.0	0.0
TOTAL/ Anual	0.0624	916,362	0.92

Fuente: Elaboración Propia

MMC: millones de metros cúbicos

➤ **Descarga del acuífero**

El cálculo de la descarga subterránea se realizó a través del principio de la dirección del flujo, establecido por Krásný (1998), y empleando la Ley de Darcy, el método de tubo de flujo

Para efecto del cálculo de la descarga subterránea en el área de estudio fue necesario calcular el gradiente hidráulico, para ello, se utilizó dos Pozos que están en el área de estudio, dicho cálculo se efectuó con los pozos de Augusto Maltes y Yared Moran.

Se considero como punto de recarga: El pozo de Augusto Maltes (Entrada) y el pozo de Yared Moran (descarga)

Posteriormente se tomó como punto de descarga: el Pozo de Yared Moran (Recarga) y el pozo en estudio FAE-UNI (Descarga)

Se midieron los anchos del punto de Recarga de los pozos obteniendo una distancia de 4025m y el ancho de descarga que fue de 1330m, se consideraron a criterio de los pozos más alejados, en forma perpendicular al flujo de agua, aplicando la ecuación descrita anteriormente se calculó una descarga subterránea total para el área de 9,06 MMCA, **Tabla 16.**

Tabla 16.

Descarga Subterránea en el área de estudio

Sitio	T (m ² /m/día)	i	L (m)	Q (m ³ /día)	Q (m ³ /mes)	Q (m ³ /año)	Q Mm ³ anual
Entrada	112.9	0.050	3510	19,813.95	594,418.50	7,133,022.00	7.1330
Total				19,813.95	594,418.50	7,133,022.00	7.13
Descarga	112.9	0.016	2860	5,004.86	150,145.71	1,801,748.52	1.8017
Escurrecimiento Subterráneo Total				24,818.81	744,564.21	9,058,864.56	9.06

Fuente: Elaboración Propia

7.2.7. Balance Hidrogeológico

Para realizar el balance hidrogeológico del sitio en estudio, se consideraron que las entradas son igual a las salidas de agua del acuífero, se tomó como entrada de agua al acuífero la recarga directa obtenida a partir del balance hídrico del suelo y la descarga del acuífero o descarga subterránea, como salida de agua en el acuífero, considerando la extracción o demanda del pozo en estudio.

➤ **Potencial hídrico**

El potencial hídrico se refiere al volumen de agua disponible en el acuífero, el cual es la suma de la recarga directa y el escurrimiento subterráneo, es decir las demandas naturales del ambiente hidrogeológico en estudio.

Tabla 17.

Balance hidrogeológico del área de estudio

Sitio	Recarga Directa (m ³ /mes)	Escurrecimiento Subterráneo (m ³ /mes)	Disponibilidad Potencial (m ³ /mes)
Enero	0.000000	769383.02	769383.02
Febrero	0.000000	694926.60	694926.60
Marzo	0.000000	769383.02	769383.02
Abril	0.000000	744564.21	744564.21
Mayo	0.000000	769383.02	769383.02
Junio	579079.800000	744564.21	1323644.01
Julio	0.000000	769383.02	769383.02
Agosto	0.000000	769383.02	769383.02
Septiembre	212564.300000	744564.21	957128.51
Octubre	124718.100000	769383.02	894101.12
Noviembre	0.000000	744564.21	744564.21
Diciembre	0.000000	769383.02	769383.02
TOTAL	916,362.200000	9,058,864.56	9,975,226.76

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Demanda de agua**

El pozo de la Finca Agrícola Experimental de la UNI se utiliza principalmente para actividades de riego. El consumo promedio diario es de 23,46 m³, lo cual incluye una jornada de riego de 20 horas con un déficit de 6 mm. Esto resulta en un consumo anual de 285,430m³, equivalente a 0,28543 Mm³ por año.

A partir del caudal de explotación 172,18gpm, se obtuvo una demanda 285,430m³ /año este resultado es efectivo para un riego de 13,03 Ha, lo que nos indica que a mayor caudal se puede tener un mejor aprovechamiento de las áreas de riego.

7.2.1. Potencial vs demanda

El balance hídrico se hace la diferencia de extracción respecto a la disponibilidad del recurso, de lo cual, se tiene que de 9,98 Mm³/anual disponible y se extraen únicamente 0,2954 Mm³/anual, quedando un volumen disponible en el medio de 9,96 Mm³ al año, por lo cual se puede decir que el acuífero en el área de estudio sufre con la extracción que realizan en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI)

Tabla 18.

Potencial vs demanda

Sitio	Disponibilidad potencial (m ³ /anual)	Disponibilidad (Mm ³ /anual)	Demanda (Mm ³ /anual)	Volumen no utilizado Mm ³ /anual
Total	9,975,226.76	9,98	0,2854	9,69

Fuente: Elaboración Propia

7.3. Hidroquímica subterránea

En esta sección se presentan los resultados y la interpretación de los análisis hidroquímicos del agua en el sitio de estudio. Los datos se basan en los resultados de los análisis de laboratorio que incluyen variables fisicoquímicas, bacteriológicas y metales pesados.

Los resultados obtenidos en el laboratorio son comparados con la norma de calidad del agua para consumo humano CAPRE y la norma para la clasificación de los recursos hídricos NTON 05-007-98 (Tipo 2B aguas destinadas para el riego de cualquier otro tipo de cultivo).

7.3.1. Análisis Físico-químicos.

Los resultados se evaluaron desde el punto de vista fisicoquímico, bajos los criterios de las normas CAPRE y NTON-05-007-98 (Categoría 2-B Aguas destinadas para riego de cualquier otro tipo de cultivo y uso pecuario).

Tabla 19.

Análisis Fisicoquímico del área de estudio (FAE-UNI)

Parámetros	Unidades	Pozo FAE-UNI	Normas capre	Nton 05-007-98*
Arsénico	Mg/l	<0.002	0,001	0,001
Bicarbonatos	Mg/l	217,4	Sr	Sr
Boro	Mg/l	Nd (<0.005)	Sr	1
Calcio	Mg/l	20,51	100	Sr
Carbonato de sodio residual	-	2,17	Sr	Sr
Carbonatos	Mg/l	Nd (<2,4)	Sr	Sr
Cloruros	Mg/l	6,65	250	Sr
Conductividad eléctrica	µs/cm	383,7	400	Sr
Cromo total	Mg/l	0,005	0,05	Sr
Dureza como carbonato de calcio	Mg/l	69,51	400	400
Fosfatos	Mg/l	Nc (<0.21)	Sr	Sr
Magnesio	Mg/l	4,44	50	Sr
Manganeso	Mg/l	<0.006	Sr	0,5
Nitratos	Mg/l	9,74	50	Sr
Nitritos	Mg/l	Nd (<0.007)	0.10 o 3	Sr
Ph	-	8,16	6.5 - 8.5	Sr
Porcentaje de sodio	%	61,02	Sr	Sr
Porcentaje de sodio intercambiable	-	2,53	Sr	Sr
Potasio	Mg/l	12,83	10	Sr
Relación de absorción de sodio	-	2,62	Sr	Sr
Sodio	Mg/l	50,25	200	200
Solidos totales	Mg/l	291,61	Sr	600
Sulfatos	Mg/l	0,84	250	Sr

Fuente: Elaboración propia

SR: Sin referencia

Entre los parámetros evaluados, el valor de pH reportado por el laboratorio es de 8.16, lo cual se encuentra dentro del rango normal para aguas superficiales y cumple con los valores recomendados por las Normas CAPRE y NTON 05 007-98.

Las concentraciones de sólidos totales disueltos (STD) mg/l, se encuentra en el rango del valor máximo admisible de las Normas CAPRE y cumple con las N 05 007-98, por lo que las aguas que contienen menos de 500 mg/l de sólidos disueltos totales son aptas para usos domésticos y muchos usos industriales.

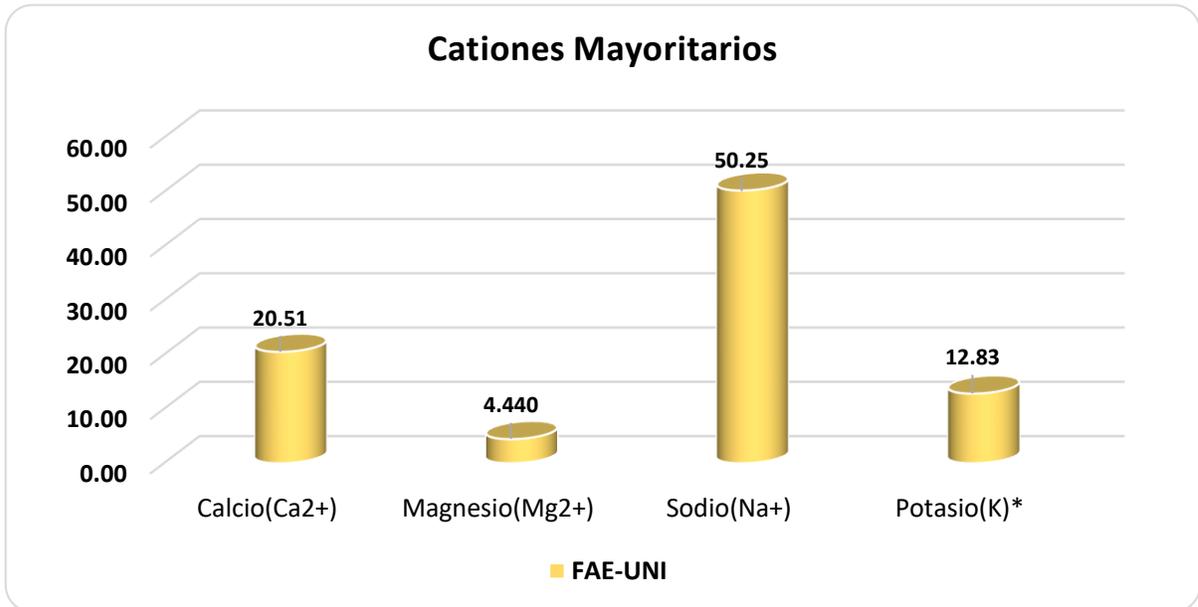
La Conductividad eléctrica tiene un valor de 383.7 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, según las normas CAPRE y NTON 05 007-98; este valor de conductividad no sobrepasa el valor recomendado establecido por las normas CAPRE, sin embargo, las mismas Normas no presentan valor máximo admisible.

➤ **Cationes Mayoritarios**

El contenido de cationes mayores como calcio, sodio y magnesio se encuentra dentro del rango del valor máximo admisible según las Normas CAPRE y cumple con la NTON 05 007-98.

El potasio se encuentra ligeramente por encima del límite permitido, con una concentración de 12.83 mg/l, siendo 10 mg/l el límite aceptable. Esto se debe a la presencia natural de potasio en muchas rocas y minerales, como el feldespato, que son comunes en zonas de rocas metamórficas, también el uso intensivo de fertilizantes potásicos en la finca platanera, incide en la infiltración en el suelo y, eventualmente, en el agua subterránea.

Gráfico 6. Concentración de Cationes Mayoritario

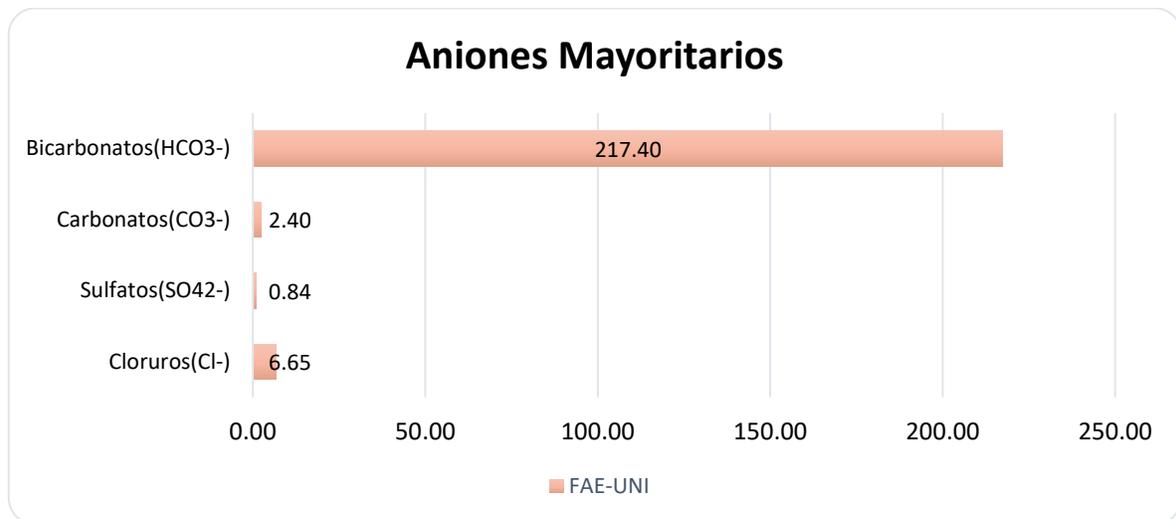


Fuente: Elaboración Propia

➤ **Aniones Mayoritarios**

En relación con los principales aniones (carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos), el contenido presente en las muestras analizadas se encuentra dentro de los límites recomendados por las normas.

Gráfico 7. Concentración de Aniones Mayoritario



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en el Gráfico 7, el pozo de la FAE.UNI, presenta una mayor concentración de Bicarbonatos

En Grafico 7, el anión predominante es el bicarbonato HCO_3^- , seguido de este los Cloruros Cl^- , este presenta una alta concentración en el pozo, sin embargo, las concentraciones determinadas en aniones mayores (Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros y Sulfatos) se encuentran dentro del valor máximo admisible de las Normas CAPRE y cumple con las NTON 05 007-98.

No existe un límite específico para los bicarbonatos en el agua, pero las normas CAPRE, NTON 05 007-98 y la OMS establecen que los sólidos totales disueltos (STD), que incluyen los bicarbonatos, no deben superar los 1000 mg/L. Por lo tanto, la concentración de bicarbonatos está regulada indirectamente por este límite general para los STD. Tanto los bicarbonatos como el calcio están influenciados por el material geológico del área.

➤ **Dureza Total del agua**

La concentración reportada es de 69,51 mg/l. Según la clasificación de dureza del agua por CaCO_3 establecida por la OMS, el rango de aguas moderadamente duras es de 61 a 120 mg/l. La dureza del agua es causada por la presencia de calcio y magnesio, cuya concentración determina su grado de dureza. Estos iones son capaces de reaccionar con jabón y formar precipitados, o en la presencia de aniones inapropiados, formar sarro en tuberías de agua caliente

Tabla 20.

Tipo de agua según su dureza

Rango de dureza (mg. l caco3)	Descripción
0- 60	Suaves
61-120	Moderadamente duras
121-180	Duras
Más 180	Muy duras

Fuente: (Rodríguez, 2010)

7.3.2. Análisis Bacteriológico

Para este estudio se realizó el análisis bacteriológico del pozo en estudio, para poder determinar la contaminación de las fuentes de las aguas subterráneas de aprovechamiento, se evaluaron los indicadores de contaminación de los siguientes parámetros: Coliformes Totales y Escherichia Coli, los cuales se evaluaron tomando de referencia la Norma para la Clasificación de los Recursos Hídricos (NTON 05-007-98), los resultados se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21.

Resultados de Variables Bacteriológica

Puntos muestreo	Coliformes totales (nmp/100 ml)	Escherichia coli (nmp/100 ml)
FAE-UNI	8	8
NORMA CAPRE	Negativo*	Negativo*
NTON 05-007-98	Promedio mensual menor de 2000	Nr
	NMP/ 100ml	

Fuente: Elaboración Propia

En este análisis se evaluaron los coliformes totales, coliformes fecales y E. coli. Los resultados obtenidos indican niveles inadecuados para agua de consumo humano, ya que, según las normas de calidad del agua, no debe haber presencia de ninguna bacteria.

Según los resultados bacteriológicos obtenidos en los sitios de estudio, no sobrepasan los valores establecidos por la Norma de Calidad del Agua para Consumo (CAPRE) y la Norma para la Clasificación de los Recursos Hídricos (NTON 05-007-98), sin embargo, los resultados demuestran una leve presencia de agentes bacteriológicos, por lo si el agua se utilizara para consumo doméstico se debería realizar un tratamiento primario del agua como lo que es la cloración. Cabe recalcar que estas aguas son únicamente para el uso de riego.

7.3.3. Análisis Metales Pesado

El análisis de metales pesados en agua es crucial para evaluar la seguridad y calidad del recurso hídrico, la exposición a altas concentraciones de metales pesados puede causar efectos agudos en la salud humana.

Metales como el Cromo, el cadmio, el mercurio y el arsénico, incluso en concentraciones bajas, pueden causar efectos adversos significativos, incluyendo enfermedades crónicas y daño a los sistemas biológicos

De acuerdo con los resultados del laboratorio en pozo en estudio, el agua es de buena calidad para el uso correspondiente, debido a que los resultados obtenidos están por debajo de los rangos permisibles por las normas.

Tabla 22.

Resultados de análisis bacteriológico

Resultados metales pesado			
Ensayo realizado	Unidad	Resultado	Norma CAPRE
Arsénico	mg/l	<0.002	0,01
Manganeso	mg/l	<0.006	0,5
Cromo total	mg/l	0,005	0,05

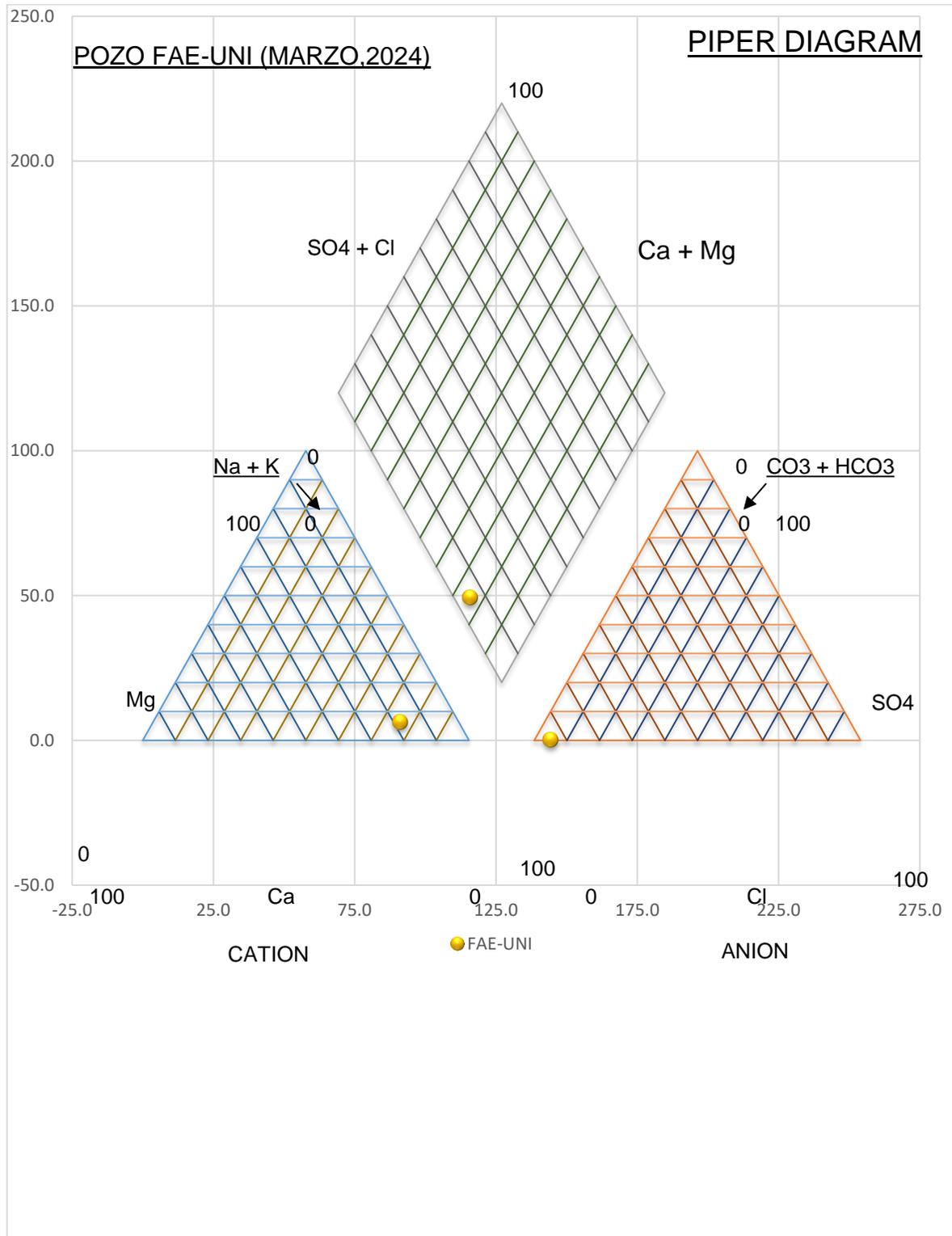
Fuente: Elaboración propia

7.3.4. Hidroquímica

A partir de los resultados obtenidos por el laboratorio y la interpretación de los análisis mediante el programa EASY-QUIM del cual, se obtiene el diagrama de PIPER se logró constatar que el tipo de agua predominante en el área de estudio son las Bicarbonatadas Sódicas Cálcica (HCO₃ – Na- Ca), Ver Gráfico 8, lo cual es indicativo de aguas hidroquímicas jóvenes de reciente infiltración y de poca circulación por el acuífero ya que muestran poco enriquecimiento químico.

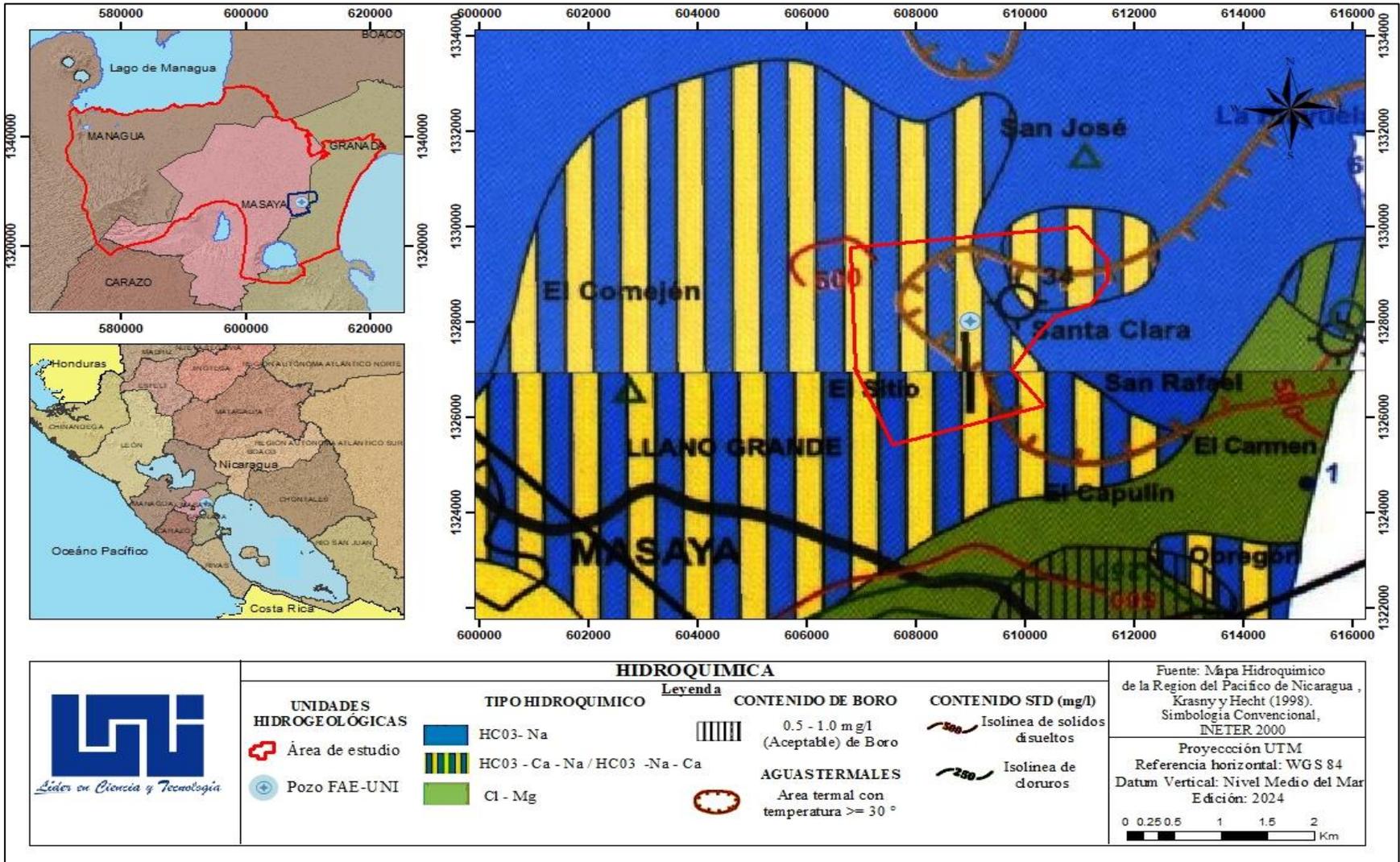
De acuerdo con la **Figura 20**, se muestra que el tipo hidroquímico según Hecht, se Bicarbonatada Cálcica Sódica (HCO₃ -Ca- Na) esto se debe a un posible intercambio catiónico entre el calcio y el sodio, a lo largo del recorrido del agua subterránea.

Gráfico 8. Diagrama de PIPER para la clasificación del área de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22. Mapa Hidroquímica



Fuente: Elaboración Propia

7.3.5. Diagrama de RAS

Existen muchas clasificaciones establecidas para las aguas destinadas al riego, exponiendo por su generalidad las que definen el índice SAR y el coeficiente salino (índice de Scott) y por su particularidad la establecida por C. Tamés (1965), del Instituto Nacional de Investigación Agronómica (Custodio & Llamas, 2001)

- La concentración total de sales solubles expresada mediante la conductividad eléctrica en micromhos por cm a 25 °C.
- La concentración relativa del sodio con respecto al calcio y magnesio, denominada índice SAR.

A partir de estos dos criterios se establece la Norma Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego, la cual se clasifica en las siguientes categorías:

C-1: Aguas de baja salinidad. Conductividad entre 100 y 250 micromhos/cm a 25 °C que corresponde aproximadamente a 64 – 160 mg/l de sólidos disueltos. Puede usarse para la mayor parte de los cultivos en casi todos los suelos, con muy poco peligro de que desarrolle salinidad.

C-2: Agua de salinidad media. Conductividad entre 250 y 750 micromhos/cm a 25 °C correspondiente aproximadamente a 160 – 480 mg/l de sólidos disueltos. Puede usarse con un grado moderado de lavado. Sin excesivo control de la salinidad se pueden cultivar, en la mayoría de los casos, las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

C-3: Agua altamente salina. Conductividad entre 750 y 2250 micromhos/cm a 25 °C, correspondiente aproximadamente a 480 – 1440 mg/l de sólidos disueltos. No puede usarse en suelos de drenaje deficiente.

C-4: Agua muy altamente salina. Conductividad superior a 2250 micromhos/cm a 25 °C aproximadamente 1440 mg/l de sólidos disueltos. No es apropiado en condiciones ordinarias para el riego.

S-1: Agua baja en sodio. Puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable.

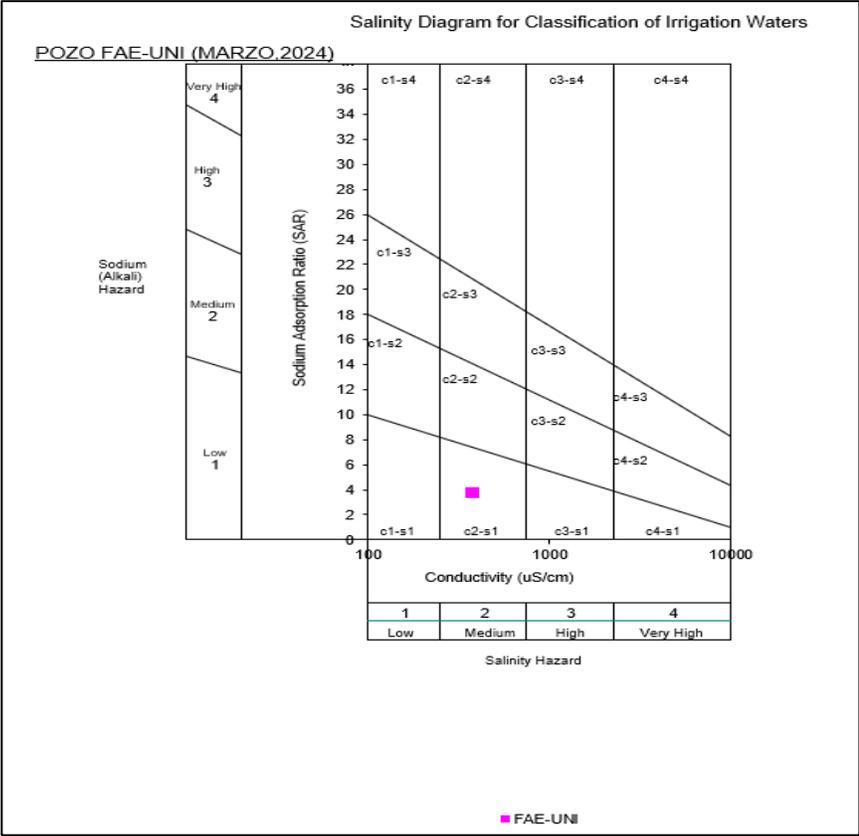
S-2: Agua media en sodio. Puede representar un peligro en condiciones de lavado deficientes, en terrenos de textura fina con elevada capacidad de cambio catiónico, si no contienen yeso.

S-3: Agua alta en sodio. En la mayor parte de los suelos puede alcanzarse un límite de toxicidad de sodio intercambiable, por lo que es preciso un buen drenaje, lavados intensos y adiciones de materia orgánica.

S-4: Agua muy alta en sodio. En general inadecuada para riego, excepto con salinidades bajas o medias, siempre que se pueda posibilitar su empleo con la disolución del calcio del suelo, el uso del yeso o de otros elementos.

Según las Normas Riverside, en el sitio de estudio, se localizan en el tipo C2-S1. Estas son aguas de salinidad media con bajo contenido de sodio, se pueden usar en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable.

Figura 23: Diagrama de Agua para riego



Fuente: Elaboración Propia

VIII. CONCLUSION

- La zona de estudio muestra una estacionalidad marcada en la precipitación, con lluvias concentradas entre mayo y noviembre y un promedio anual de 1000 a 1400 mm. La temperatura promedio anual es de 27.82 °C, alcanzando los valores más altos en marzo y abril, coincidiendo con la temporada seca del país. La evapotranspiración sigue un patrón similar al de la precipitación, con valores más altos en los meses secos. Estos resultados son coherentes con los datos de clasificación climática de Köppen 2005.
- La geología del área de estudio es heterogénea, con una clara distinción entre sedimentos consolidados, que cubren el 78.2% de la zona, y depósitos volcánicos, que representan el 22.8%, estos depósitos favorecen a los diferentes parámetros hidráulicos del acuífero, como la recarga del agua subterránea, a la parte de movimiento de agua a través de sus poros, a su transmisividad, conductividad y capacidad específica.
- A partir de las evaluaciones hidrogeológicas, se obtuvo una transmisividad de 112,90 m²/d, la cual Krásný lo clasifica dentro del rango de clase II con transmisividad alta, acuerdo a sus características de materiales poroso, permite una mayor extracción de agua a través de sus porosos.
- La conductividad obtenida fue de 1,90 m/d, la cual Fetter 2001 lo clasifica como un medio hidrogeológico con litología de arenas medias hasta arenas gruesa, así mismo se obtuvo una capacidad específica de 67,03m³/d/m, este valor es inversamente proporcional al caudal de bombeo por lo que al aumentar el caudal de explotación se producirá una extracción mayor (m³) por metro de abatimiento.
- El balance hídrico fue de 9,98 Mm³/anual disponible y se extraen únicamente 0,2954 Mm³/anual, considerando una demanda de agua generada por riego de 23, 46m³ en base a un caudal de bombeo de 172,18 Gpm, quedando así un volumen disponible 9,69m³/anual, el acuífero en el área de estudio suple con la extracción que realizan en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), este resultado es válido para un área de riego de 13,03 Ha.

- El agua extraída del pozo en estudio se encuentra dentro de los parámetros de estándares de calidad agua necesarios para su uso en riego, presentando los valores de análisis físico-químicos y niveles de dureza dentro de los rangos aceptables establecidos por las normas CAPRE y NTON. Existe una ligera elevación de potasio, debido a una composición influenciada por la geología local y las prácticas agrícolas. El tipo de agua predominante en la zona es bicarbonatada cálcica sódica (HCO_3^- -Ca-Na), este tipo de agua se clasifica por ser aguas hidroquímicas jóvenes de reciente infiltración y de poca circulación por el acuífero.
- El análisis bacteriológico revela una leve presencia de coliformes totales (8 NMP/100 ml). Considerando que estas aguas están destinadas exclusivamente para riego, cumplen con los valores establecidos por las normas CAPRE y NTON 05-007-98. Asimismo, de acuerdo con la clasificación de las Normas Riverside, estas aguas se ubican en la categoría C2-S1, siendo esas aguas con salinidad media y bajos en sodios.

IX. RECOMENDACIÓN

- Desarrollar un plan de monitoreo de aguas subterráneas que registre los niveles estáticos y dinámicos tanto en la temporada seca como la temporada lluviosa, con el objetivo de analizar las fluctuaciones en los niveles de agua entre estas épocas.
- Realizar los debidos mantenimientos al flujómetro y manómetro para así garantizar lecturas más eficientes de los niveles estáticos, dinámicos y del caudal de aprovechamiento.
- Realizar prueba de bombeo a caudal variable, con descarga libre o presurizado en un tiempo de 24 horas, para poder evaluar las condiciones hidráulicas del pozo.
- Llevar a cabo análisis periódicos de la calidad del agua, evaluando los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y metales pesados, cada seis meses o anualmente, para asegurar que los resultados no excedan los límites permitidos por las Normas CAPRE y la NTON 05-007-98.
- Si se planea utilizar el agua para consumo doméstico, se recomienda implementar un tratamiento primario mediante cloración, ya que este proceso permitirá eliminar los microorganismos presentes en el agua, garantizando su seguridad para el consumo doméstico.
- Realizar análisis de plaguicidas para determinar si existe contaminante por los diversos cultivos aledaños al pozo.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aconsa, E. de comunicación. (2020, septiembre 23). *Metales pesados en el agua potable: ¿deben preocuparnos? ¿se pueden minimizar?* Aconsa. <https://aconsa-lab.com/metales-pesados-en-el-agua-potable/>

Acosta Green, J. A. (2019a). *EVALUACIÓN DEL MEDIO HIDROGEOLOGICO Y POTENCIAL HÍDRICO, EN UN ÁREA DELIMITADA EN LA PARTE ALTA DEL ACUÍFERO DE OCCIDENTE, PARA USO AGRÍCOLA Y GANADERO EN EL DEPARTAMENTO DE CHINANDEGA*. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP).

Acosta Green, J. A. (2019b). *EVALUACIÓN DEL MEDIO HIDROGEOLOGICO Y POTENCIAL HÍDRICO, EN UN ÁREA DELIMITADA EN LA PARTE ALTA DEL ACUÍFERO DE OCCIDENTE, PARA USO AGRÍCOLA Y GANADERO EN EL DEPARTAMENTO DE CHINANDEGA*. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP).

Bear. (1972).

Corrales Perez, D. (2005). *ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL FUNCIONAMIENTO DEL ACUIFERO DE ESTELI* [UNAN-Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/2356/1/697.pdf>

Custodio, E., L., & Llamas. (2001a). *Hidrología subterránea* (Segunda edición ed). Ediciones Omega, S. A.

Custodio, E., & Llamas, M. R. (2001b). *HIDROLOGIA SUBTERRANEA*. Omega, Barcelona 1983.

https://www.academia.edu/41067940/Custodio_Llamas_Tomo

Custodio, E., & Llamas, M. R. (2001c). *HIDROLOGIA SUBTERRANEA* (2da ediciòn). Omega, Barcelona 1983.

https://www.academia.edu/41067940/Custodio_Llamas_Tomo

Custodio Gimena, E., & Cabrera Santana, M. del carmen. (2023). *Métodos de estudio hidrogeológicos e hidrogeoquímicos*.

<https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/56894/1/M%C3%A9todos%20de%20estudios%20hidrogeol%C3%B3gicos.pdf>

Custodio L, E., & Llamas, M. R. (1976). *Hidrologia subterranea*.

Custodio L, E., & Llamas, M. R. (1983). *Hidrologia Subterranea*.
file:///C:/Users/Lenovo%20T470/Downloads/Custodio_Llamas_Tomo.pdf

Diamas Laboratorio. (2021, septiembre 15). *El análisis físico y químico del agua*.
<https://www.laboratoriosdiama.com/analisis-fisico-quimico/>

Elika. (2021, julio 5). Nitratos y nitritos. *ELIKA Seguridad Alimentaria*.
<https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/nitratos-y-nitritos/>

Escurrimiento Subterraneo. (2023).
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20338/Capitulo4.pdf>

FAO. (1998). *Soil Taxonomy*. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-06/Soil%20Taxonomy.pdf>

Fenzl., N. (1989). *Geografía, Clima, Geología e hidrogeología. Nicaragua*.

Fenzel, N. (1989). *FENZEL, NORBERT, 1989 NICARAGUA, GEOGRAFIA, CLIMA, GEOLOGIA Y HIDROGEOLOGIA.pdf*.

Fernandes, A. Z. (2022, abril 8). *¿Qué es la precipitación y cuáles son sus tipos? Significados*. <https://www.significados.com/precipitacion/>

Fuentes Yagüe, J. L. (1993). *Aguas Subterrànea*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_01.pdf

Hidrologia de agua subterranea. (2014, agosto 10). <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/4142/Capitulo5.pdf>

INETER. (2010). *Primer Atlas Nacional de Suelos*. <https://www.ineter.gob.ni/mapa/pub/atlassuelo/1erAtlasNacionaldeSuelos.pdf>

INETER-DGOT. (2021). *1er Atlas Ncional de Suelos de Nicaragua*. <https://www.ineter.gob.ni/flipatlassuelo-Ord/publicacionflip/atlassuelo.html>

Ingeoexpert. (2018, agosto 24). *¿Qué es un acuífero? Todo sobre aguas subterráneas*. *Ingeoexpert*. <https://ingeoexpert.com/2018/08/24/acuifero-aguas-subterraneas/>

Instituto de Geografía de Quito. (2023, septiembre 26). *Uso y cobertura del suelo | Instituto de Geografía*. <https://www.institutodegeografia.org/uso-y-cobertura-del-suelo/>

Izabá-Ruiz, R., & Morales-Hernández, K. (2022). *Caracterización hidrogeológica para aprovechamiento del agua subterránea con fines de riego, en El Plantel,*

Masaya, Nicaragua. *La Calera*, 22(39), Article 39.
<https://doi.org/10.5377/calera.v22i39.15114>

Javier, S. S. R. (2017, septiembre 13). *CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE HIDROGEOLOGIA*.
https://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf

Jioí, K., & Günter, H. (1998). *Estudios hidrogeológicos e hidroquímicos de la Región del Pacífico de Nicaragua*.

Kleinfeld Avila, N. (2012, noviembre 7). *Radio de Influencia | PDF | Agua subterránea | Materiales transparentes*. Scribd.
<https://es.scribd.com/document/112441984/Radio-de-Influencia>

Koopen. (2005).

Krásný, J. (1998). *Estudios Hidrogeológicos E Hidroquímicos de la Región Del Pacífico de Nicaragua*. COSUDE.

Krásný, J. & Hecht, G. (1998a). *Estudios Hidrogeológicos E Hidroquímicos de la Región Del Pacífico de Nicaragua. Nicaragua:*

Krásný, J., & Hecht, G. (1998b). *Estudios Hidrogeológicos E Hidroquímicos de la Región Del Pacífico de Nicaragua. Nicaragua:*

Kuang, J. (1973). *Estructura Geológica, Historia Tectónica y Morfología de Nicaragua*. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11199767_03.pdf

Lugo Hubd, J. (1988). *Elementos de la geomorfología aplicada* (Primera).

- M. Ponce, V. (2020). *Groundwater utilization and sustainability, sustainability of groundwater, sustainable yield of groundwater, sustainable groundwater development*, Victor Miguel Ponce. https://ponce.sdsu.edu/uso_y_sostenibilidad_del_agua_subterranea.html
- Martínez Ruiz, D. A., & Chevez Rodriguez, M. I. (2017). *Caracterización hidrogeológica de la parte noroeste del acuífero Las Sierras*. [UNAN-Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/8331/1/98156.pdf>
- Milà Pérez, J. A. (2010). *Apuntes sobre cambio climático en nicaragua* (Pascal Chaput). P. https://www.academia.edu/29444786/Apuntes_sobre_cambio_climatico_en_nicaragua
- Núñez, S. (2020, octubre 26). *TIPOS de PRECIPITACIONES - Clasificación, nombres y características*. [ecologiaverde.com](https://www.ecologiaverde.com). <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-precipitaciones-3086.html>
- Olave, L. (2013, 09). *Cationes y Aniones en parametros de calidad de agua*. <https://prezi.com/tj9iampvh3ys/cationes-y-aniones-en-parametros-de-calidad-de-agua/>
- OMS. (2011). Metales pesados en el agua, efectos en la salud y eliminarlo. *Carbotecnia*. <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/los-metales-pesados-en-el-agua/>

- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *Aguas Subterráneas—Acuíferos* (Primera).
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterraneeas.pdf
- QUIMICA.ES. (2023). *Bicarbonato_de_sodio*.
https://www.quimica.es/enciclopedia/Bicarbonato_de_sodio.html
- Rock, C., & Rivera, B. (2014). *La Calidad del Agua, E. coli y su Salud*.
- Rodriguez, S. A. (2010). *DUREZA DEL AGUA* [Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N.]. https://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf
- Romera, E. R., & Santos, M. M. (2023). *TEMA 4. INFILTRACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO*.
- Sancha, A. M. (2018). *Presencia de Cobre en Aguas de Consumo Humano: Causas, Efectos y Soluciones*. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/sancha.pdf>
- Sánchez San Román, F. . J. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. F. Javier Sánchez San Román.
- Santana Pèrez, L. M. (2008). *EVAPOTRANSPIRACIÓN PENMAN-MONTEITH*.
<https://www.agrocabildo.org/publica/analisisclimatico/evapotrans2008.pdf>
- Schosinsky N., G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, 34-35.
<https://doi.org/10.15517/rgac.v0i34-35.4223>
- Schwyter, A. R., & Vaughan, K. L. (2022, octubre 30). *3.1: Introducción a la taxonomía de suelos*. LibreTexts Español.
https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Ciencia_del_Suelo/Introducci%C3

%B3n_al_Manual_de_Laboratorio_de_Ciencias_del_Suelo_(Schwyter_y_V
aughan)/03%3A_Taxonom%C3%ADa_de_Suelos/3.01%3A_Introducci%C3
%B3n_a_la_taxonom%C3%ADa_de_suelos

Sofia. (2021, octubre 1). >> Bacterias coliformes en el agua potable ¿Cómo
eliminarlas? *Carbotecnia*.

[https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-
en-el-agua-potable/](https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/)

SOILMOISTURE EQUIPMENT CORP. (2012, octubre). *Instrucciones de operacion
de permeametro de Guelph*.

[https://www.soilmoisture.com/pdfs/Resource_Instructions_0898-
2800K1%20Guelph%20Permeameter%20Spanish.pdf](https://www.soilmoisture.com/pdfs/Resource_Instructions_0898-2800K1%20Guelph%20Permeameter%20Spanish.pdf)

Solución Hantush $H(u,\beta)$ Solution for Leaky Aquifers. (1989).

<http://www.aqtesolv.com/hantush2.htm>

Swistock, B. R., Clemens, S., & Sharpe, W. (2023). *Bacterias Coliformes*.

<https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>

Universidad de Jean. (2010). *Analisis del Agua*.

[https://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%2
0ambiental/tema%2010.pdf](https://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf)

UPV. (2011). *¿Qué es la Geología? - Geologia.eus - UPV/EHU*. Geologia.eus.

<https://www.ehu.eus/es/web/geologia/zer-da-geologia>

USDA. (2011). 6. *TEXTURA DEL SUELO.*

https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

USDA. (2014). *Sistema de Clasificación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.*

Vélez, M. V. (1999). *Hidraulica de Aguas Subterranas.*

[https://www.researchgate.net/profile/Velez-](https://www.researchgate.net/profile/Velez-Maria/publication/338778773_Hidraulica_de_Aguas_Subterranas/links/5e2a11f492851c3aadd512bb/Hidraulica-de-Aguas-Subterranas.pdf)

[Maria/publication/338778773_Hidraulica_de_Aguas_Subterranas/links/5e2a11f492851c3aadd512bb/Hidraulica-de-Aguas-Subterranas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Velez-Maria/publication/338778773_Hidraulica_de_Aguas_Subterranas/links/5e2a11f492851c3aadd512bb/Hidraulica-de-Aguas-Subterranas.pdf)

XI. ANEXO

Anexo 1. Variables Climática de la Área de estudio

Anexo 1.1: Precipitación de la estación del Aeropuerto ACS (1981-2022)

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
PRECOTCORR_SUM	1981	0	0	5,27	36,91	105,47	205,66	68,55	263,67	184,57	247,85	94,92	47,46	1260,35	105,028
PRECOTCORR_SUM	1982	10,55	36,91	0	0	221,48	63,28	26,37	10,55	137,11	84,38	42,19	0	632,81	52,735
PRECOTCORR_SUM	1983	0	10,55	0	10,55	42,19	68,55	31,64	10,55	73,83	73,83	21,09	5,27	348,05	29,004
PRECOTCORR_SUM	1984	0	0	0	26,37	58,01	89,65	31,64	73,83	195,12	47,46	21,09	0	543,16	45,264
PRECOTCORR_SUM	1985	0	0	0	5,27	26,37	89,65	52,73	21,09	26,37	42,19	68,55	5,27	337,5	28,124
PRECOTCORR_SUM	1986	0	0	5,27	0	84,38	121,29	21,09	100,2	63,28	52,73	10,55	5,27	464,06	38,672
PRECOTCORR_SUM	1987	0	0	0	21,09	5,27	21,09	36,91	26,37	26,37	5,27	5,27	0	147,66	12,303
PRECOTCORR_SUM	1988	0	0	5,27	0	21,09	42,19	47,46	137,11	184,57	42,19	0	0	479,88	39,990
PRECOTCORR_SUM	1989	0	0	0	0	5,27	15,82	21,09	79,1	26,37	21,09	47,46	21,09	237,3	19,774
PRECOTCORR_SUM	1990	0	0	0	21,09	116,02	89,65	126,56	79,1	142,38	84,38	52,73	15,82	727,73	60,644
PRECOTCORR_SUM	1991	0	0	0	0	52,73	158,2	15,82	5,27	131,84	42,19	0	0	406,05	33,838
PRECOTCORR_SUM	1992	0	5,27	10,55	0	205,66	137,11	63,28	94,92	121,29	42,19	5,27	0	685,55	57,128
PRECOTCORR_SUM	1993	0	0	0	10,55	205,66	73,83	21,09	36,91	58,01	26,37	5,27	0	437,7	36,474
PRECOTCORR_SUM	1994	0	0	0	0	0	31,64	0	36,91	58,01	15,82	21,09	0	163,48	13,623
PRECOTCORR_SUM	1995	0	0	15,82	0	26,37	52,73	31,64	84,38	137,11	105,47	5,27	0	458,79	38,233
PRECOTCORR_SUM	1996	5,27	0	0	10,55	36,91	52,73	26,37	31,64	31,64	84,38	21,09	0	300,59	25,048
PRECOTCORR_SUM	1997	21,09	0	0	0	0	89,65	15,82	47,46	63,28	94,92	42,19	0	374,41	31,201
PRECOTCORR_SUM	1998	0	0	0	0	31,64	131,84	68,55	84,38	205,66	321,68	52,73	10,55	907,03	75,586
PRECOTCORR_SUM	1999	0	47,46	5,27	5,27	58,01	116,02	47,46	110,74	274,22	137,11	21,09	0	822,66	68,554
PRECOTCORR_SUM	2000	0	0	0	5,27	116,02	105,47	36,91	68,55	268,95	89,65	15,82	0	706,64	58,887
PRECOTCORR_SUM	2001	5,27	0	0	0	100,2	21,09	47,46	42,19	226,76	79,1	21,09	0	543,16	45,263
PRECOTCORR_SUM	2002	0	10,55	0	0	226,76	42,19	89,65	116,02	163,48	105,47	36,91	0	791,02	65,919
PRECOTCORR_SUM	2003	0	0	21,09	84,38	163,48	163,48	79,1	58,01	110,74	158,2	52,73	5,27	896,48	74,707
PRECOTCORR_SUM	2004	0	0	0	0	131,84	79,1	84,38	73,83	295,31	105,47	52,73	5,27	827,93	68,994
PRECOTCORR_SUM	2005	0	0	42,19	5,27	147,66	311,13	84,38	163,48	448,24	358,59	42,19	0	1603,12	133,594
PRECOTCORR_SUM	2006	0	0	0	5,27	89,65	200,39	142,38	63,28	163,48	147,66	47,46	0	859,57	71,631
PRECOTCORR_SUM	2007	0	0	10,55	42,19	221,48	121,29	137,11	279,49	337,5	564,26	10,55	5,27	1729,69	144,141
PRECOTCORR_SUM	2008	0	0	0	26,37	147,66	316,41	216,21	342,77	553,71	406,05	47,46	0	2056,64	171,387
PRECOTCORR_SUM	2009	0	0	0	0	163,48	348,05	79,1	63,28	126,56	142,38	79,1	15,82	1017,77	84,814
PRECOTCORR_SUM	2010	0	0	0	121,29	232,03	253,12	326,95	321,68	411,33	131,84	31,64	0	1829,88	152,490
PRECOTCORR_SUM	2011	0	10,55	15,82	15,82	268,95	274,22	326,95	258,4	263,67	448,24	15,82	5,27	1903,71	158,643
PRECOTCORR_SUM	2012	0	0	0	63,28	174,02	184,57	31,64	226,76	200,39	210,94	0	0	1091,6	90,967
PRECOTCORR_SUM	2013	0	0	0	10,55	258,4	174,02	121,29	163,48	342,77	274,22	63,28	0	1408,01	117,334
PRECOTCORR_SUM	2014	0	0	0	0	126,56	110,74	0	121,29	421,88	311,13	105,47	0	1197,07	99,756
PRECOTCORR_SUM	2015	0	0	0	0	10,55	116,02	15,82	58,01	189,84	210,94	142,38	10,55	754,1	62,843
PRECOTCORR_SUM	2016	0	0	0	47,46	158,2	369,14	110,74	179,3	253,12	337,5	179,3	58,01	1692,77	141,064
PRECOTCORR_SUM	2017	0	0	0	47,46	379,69	390,23	68,55	374,41	337,5	580,08	26,37	5,27	2209,57	184,130
PRECOTCORR_SUM	2018	0	0	0	15,82	353,32	163,48	26,37	58,01	163,48	500,98	31,64	0	1313,09	109,425
PRECOTCORR_SUM	2019	0	0	0	5,27	374,41	89,65	47,46	100,2	189,84	453,52	15,82	0	1276,17	106,348
PRECOTCORR_SUM	2020	0	0	0	5,27	210,94	311,13	137,11	216,21	511,52	622,27	1175,98	15,82	3206,25	267,188
PRECOTCORR_SUM	2021	0	0	0	75	123,54	431,53	209,34	565,13	509,14	201	3,51	1,17	2119,37	176,613
PRECOTCORR_SUM	2022	0,28	0,26	4,93	42,89	286,1	309,06	155,77	167,93	315,81	177,03	298,54	4,02	1762,63	146,885
MEDIA		1,011	2,894	3,382	18,250	137,321	155,621	79,256	128,950	213,001	194,953	72,230	5,773	1012,643	

Anexo1.2: Temperatura Mínima de la estación del Aeropuerto ACS (1981-2022)

TEMPERATURA MINIMA															
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M_MIN	1981	17,15	20,64	21,97	22,69	24,4	23,31	23,23	22,65	21,7	22,6	20,96	19,5	17,15	21,73
T2M_MIN	1982	21,14	21,17	22,08	23,43	24,65	23,01	22,69	23,36	23,33	22,4	21,73	20,5	20,5	22,46
T2M_MIN	1983	21,4	22,08	22,9	24,28	24,94	24,65	23,27	23,36	22,97	22,7	22,43	22,07	21,4	23,09
T2M_MIN	1984	19,48	21,88	21,01	22,45	23,68	22,66	22,12	22,76	23,06	22,34	19,99	20,62	19,48	21,84
T2M_MIN	1985	20,17	20,88	21,72	22,51	23,56	23,26	22,21	22,78	22,3	23,69	21,73	21,6	20,17	22,20
T2M_MIN	1986	19,82	21,63	20,37	23,11	24,42	23,08	22,06	22,72	22,74	21,89	22,52	21,34	19,82	22,14
T2M_MIN	1987	19,83	20,55	22,67	22,74	24,96	25,23	23,69	23,76	23,98	23,87	24,01	23,12	19,83	23,20
T2M_MIN	1988	21,95	22,11	21,01	23,88	24,49	23,57	23,51	23,22	22,3	22,7	22,08	21,69	21,01	22,71
T2M_MIN	1989	21,33	19,57	19,9	22,9	24,16	23,49	23,5	24,06	22,92	23,07	22,08	19,12	19,12	22,18
T2M_MIN	1990	21,26	21,71	22,56	24,01	23,23	23,55	22,05	22,87	23,19	21,69	21,23	20,58	20,58	22,33
T2M_MIN	1991	21,54	19,76	21,92	23,39	24,63	22,33	23,22	23,62	23,71	22,75	21,41	19,96	19,76	22,35
T2M_MIN	1992	20,3	21,42	22,67	23,98	23,87	23,91	22,7	22,05	22,2	21,83	22,12	21,08	20,3	22,34
T2M_MIN	1993	21,17	21,66	21,75	23,4	24,76	22,94	22,77	23,07	23,1	23,26	23	21,37	21,17	22,69
T2M_MIN	1994	21,85	21,44	21,31	23,25	25,41	23,98	23,93	23,36	24,02	23,45	23,76	22,51	21,31	23,19
T2M_MIN	1995	21,34	21,66	22,84	24,56	23,99	24,08	23,05	23,93	24,05	22,96	22,62	22,19	21,34	23,11
T2M_MIN	1996	19,84	20,12	19,37	23,58	24,12	23,96	22,85	23,44	24,35	23,44	21,87	21,78	19,37	22,39
T2M_MIN	1997	20,21	22,12	22,28	23	24,33	24,39	24,06	24,44	24,18	23,43	23,42	20,31	20,21	23,01
T2M_MIN	1998	22,12	21,79	21,83	23,5	24,76	23,98	23,45	23,45	24,08	23,37	21,05	20,13	20,13	22,79
T2M_MIN	1999	20,23	20,77	19,59	22,81	23,44	23,64	22,34	22,79	22,94	21,28	19,26	17,38	17,38	21,37
T2M_MIN	2000	18,94	20,03	21,4	22,69	23,83	22,58	23,07	23,56	23,69	21,69	21,32	20,9	18,94	21,98
T2M_MIN	2001	20,11	21,7	21,18	23,69	24,87	22,6	23,95	24,4	23,28	23,12	21,39	21,39	20,11	22,64
T2M_MIN	2002	20,65	21,86	21,92	23,3	24,18	23,34	23,39	22,87	23,45	23,4	20,98	21,56	20,65	22,58
T2M_MIN	2003	20,9	22,22	22,41	23,28	24,33	23,73	23,5	22,64	23,95	23,55	22,68	20,73	20,73	22,83
T2M_MIN	2004	20,23	22,02	22,68	22,45	23,83	23,08	22,9	22,99	24,02	22,8	19,48	20,57	19,48	22,25
T2M_MIN	2005	19,23	19,31	22,78	24,44	24,48	24,37	22,58	23,14	23,58	21,55	18,96	20,9	18,96	22,11
T2M_MIN	2006	19,45	20,3	20,96	23,31	23,83	23,71	23,23	23,42	23,55	23,83	18,12	21,37	18,12	22,09
T2M_MIN	2007	21,62	21,09	22,67	24,73	24,58	23,12	22,74	23,57	23,23	22,9	19,43	19,65	19,43	22,44
T2M_MIN	2008	20,18	20,47	22,02	22,9	23,83	22,91	21,49	22,73	23,53	22,43	19,4	19,55	19,4	21,79
T2M_MIN	2009	19,43	19,48	19,6	23,31	24,21	23,69	23,1	23,3	22,98	22,83	21,02	20,87	19,43	21,99
T2M_MIN	2010	19,41	22,69	20,58	25,08	24,12	23,48	22,19	23,54	23,44	22,29	19,15	17,73	17,73	21,98
T2M_MIN	2011	18,05	20,89	21,27	23,24	23,33	23,47	22,79	22,87	23,22	20,71	19,61	19,01	18,05	21,54
T2M_MIN	2012	18,65	21,09	21,76	22,64	23,87	23,35	23,26	22,97	22,08	22,36	18,27	19,9	18,27	21,68
T2M_MIN	2013	21,6	21,98	20,73	24,01	23,15	22,51	22,59	22,38	23,48	22,94	21,81	19,36	19,36	22,21
T2M_MIN	2014	20,8	21,44	22,78	22,66	23,63	23,12	23,33	23,54	22,55	23,13	20,52	19,28	19,28	22,23
T2M_MIN	2015	20,39	21,23	22,51	23,59	25,01	23,99	24,27	24,14	23,76	23,77	19,98	22,01	19,98	22,89
T2M_MIN	2016	21,43	21,9	22,3	24,3	24,24	23,68	22,19	23,85	23,05	22,64	19,58	20,3	19,58	22,46
T2M_MIN	2017	20,08	20,37	23,14	23,87	24,24	23,15	22,37	23,16	24,12	23,08	20,87	18,98	18,98	22,29
T2M_MIN	2018	19,98	21,58	20,55	23,8	24,23	23,59	23,09	23,29	22,92	22,72	23,01	20,42	19,98	22,43
T2M_MIN	2019	21,18	22,42	22,65	23,95	24,02	22,68	22,98	23,69	22,98	23,15	21,78	21,28	21,18	22,73
T2M_MIN	2020	21,83	23,13	23,41	24,02	23,46	23,11	22,09	23,25	23,3	22,31	22,76	19,65	19,65	22,69
T2M_MIN	2021	20,52	19,77	21,35	23,19	23,26	23,6	23,06	23,27	22,51	23,89	21,47	20,45	19,77	22,20
T2M_MIN	2022	20,78	21,48	23,19	24,39	24,19	22,89	23,1	21,98	23,77	22,59	22,01	20,65	20,65	22,59
MEDIA		20,42	21,22	21,75	23,48	24,16	23,45	22,95	23,24	23,28	22,77	21,21	20,56	19,71	22,37

Anexo 1.3: Temperatura Máxima de la estación del Aeropuerto ACS (1981-2022)

TEMPERATURA MAXIMA															
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M_MAX	1981	31,93	34,58	35,98	36,26	36,25	31,87	32,53	32,56	30,1	30,22	30,03	32,08	36,26	32,87
T2M_MAX	1982	33,58	34,39	37,39	37,07	36,14	32,78	33,52	35,43	35,5	34,01	33,18	33,55	37,39	34,71
T2M_MAX	1983	35,99	36,3	38,43	37,83	37,73	34,51	35,37	35,74	34,4	34,25	34,3	33,59	38,43	35,70
T2M_MAX	1984	34,24	35,79	36,98	37,23	36,46	35,21	34,12	33,64	33,39	33,38	33,26	33,25	37,23	34,75
T2M_MAX	1985	33,74	34,24	35,81	36,27	36,51	35,38	33,78	34,86	35,05	35,49	33,31	34,11	36,51	34,88
T2M_MAX	1986	34,02	35,09	36,82	38,03	36,73	32,98	33,99	34,44	34,21	34,75	34,25	34,4	38,03	34,98
T2M_MAX	1987	35,63	36,19	38,28	37,51	37,39	36,69	34,8	35,85	35,6	37,21	36,78	35,93	38,28	36,49
T2M_MAX	1988	35,04	36,94	36,33	37,26	37,62	34,76	34,19	34,44	30,65	32,65	33,78	33,85	37,62	34,79
T2M_MAX	1989	34,32	35,73	35,84	36,53	37,31	35,97	35,94	35,83	33,23	35,38	35,49	33,57	37,31	35,43
T2M_MAX	1990	34,69	35,46	36,98	36,8	36,62	34,4	32,71	34,42	34,46	32	32,97	33,01	36,98	34,54
T2M_MAX	1991	34,35	36,76	37,19	37,33	37,04	35,67	34,47	35,2	35,96	33,08	33,8	34,01	37,33	35,41
T2M_MAX	1992	34,34	37,62	37,39	37,88	36,68	32,69	32,3	33,63	33,55	33,84	34,02	34,13	37,88	34,84
T2M_MAX	1993	35,28	36,02	37,27	37,07	36,12	33,09	34,73	35,02	34,81	35,12	34,94	35,65	37,27	35,43
T2M_MAX	1994	35,43	35,76	37,12	38,05	37,54	35,69	36,28	36,46	35,69	35,05	35,15	34,89	38,05	36,09
T2M_MAX	1995	35,22	36,07	36,58	37,38	36,54	35,37	35,99	33,87	32,95	31,63	33,55	34,26	37,38	34,95
T2M_MAX	1996	34,92	36,17	37,13	37,64	37,26	36,59	35,04	35,57	36,25	34,21	34,79	33,9	37,64	35,79
T2M_MAX	1997	34,19	36,06	36,67	37,64	37,85	34,44	36,04	36,31	36,48	34,79	34,36	35,15	37,85	35,83
T2M_MAX	1998	36,28	37,69	37,83	39,69	38,89	36,18	34,5	34,62	31,19	30,1	30,2	31,62	39,69	34,90
T2M_MAX	1999	33,15	34,33	35,98	36,58	35,76	35,39	34,08	33,23	32,24	29,55	29,91	32	36,58	33,52
T2M_MAX	2000	34,69	33,5	36,42	36,81	36,23	34,34	34,81	35,93	32,17	31,57	33,6	34,39	36,81	34,54
T2M_MAX	2001	33,6	34,16	36,79	37,3	37,29	34,53	35,77	36,94	34,43	32,55	32,51	34,77	37,3	35,05
T2M_MAX	2002	34,73	34,84	36,97	36,6	37,39	32,73	32,3	34,09	32,62	31,99	33,19	35,34	37,39	34,40
T2M_MAX	2003	34,99	36,55	36,79	37,02	36,18	31,43	33,44	34,86	35,11	33,26	33,83	34,08	37,02	34,80
T2M_MAX	2004	34,59	35,21	36,31	38,22	37,24	33,62	34,69	34,39	33,53	30,94	31,78	33,37	38,22	34,49
T2M_MAX	2005	34,37	36,78	36,8	38,4	37,23	31,3	31,4	31,68	31,24	29,8	30,18	31,08	38,4	33,36
T2M_MAX	2006	33,01	34,41	36,28	37,7	37,3	33,58	32,44	33,67	33,12	33,34	32,58	34,39	37,7	34,32
T2M_MAX	2007	34,27	36,4	36,55	36,58	36,82	32,47	32,54	31,1	30,33	30,51	29,69	31,18	36,82	33,20
T2M_MAX	2008	33,05	34,76	35,77	36,62	37,02	30,93	30,32	30,61	30,51	30,15	30	30,51	37,02	32,52
T2M_MAX	2009	33,41	34,57	36,54	36,98	35,97	33,51	31,22	32,84	34,44	32,92	32,89	33,79	36,98	34,09
T2M_MAX	2010	34,98	36,08	38,08	38,01	35,57	31,53	30,89	30,42	30,55	30,52	29,97	31,62	38,08	33,19
T2M_MAX	2011	33,57	34,88	37,33	36,12	36,65	31,62	30,45	30,65	30,16	30,74	30,24	31,23	37,33	32,80
T2M_MAX	2012	32,63	33,83	37,15	36,26	35,6	31,83	32,67	33,23	31,18	31,13	31,31	33,74	37,15	33,38
T2M_MAX	2013	34,14	35,37	37,15	37,29	35,2	31,73	30,86	32,47	30,69	30	30,29	31,63	37,29	33,07
T2M_MAX	2014	32,98	35,65	35,82	37,1	35,58	33,96	35,65	35,11	32,06	30,45	29,76	31,79	37,1	33,83
T2M_MAX	2015	32,91	35,45	36,06	37,51	36,8	34,94	35,68	36,31	34,58	33,42	31,23	33,72	37,51	34,88
T2M_MAX	2016	35,24	35,73	37,08	37,23	36,86	31,27	31,45	31,94	30,88	31,12	30,41	29,96	37,23	33,26
T2M_MAX	2017	32,27	34,2	35,65	36,94	32,86	31,67	30,81	31,25	30,69	30,97	30,62	31,27	36,94	32,43
T2M_MAX	2018	32,98	33,87	36,23	36,62	36,38	30,93	32,55	33,5	33,58	31,01	31,3	32,7	36,62	33,47
T2M_MAX	2019	33,94	35,54	35,7	37,05	36,3	32,31	34,4	34,36	34,55	30,5	31,05	32,8	37,05	34,04
T2M_MAX	2020	34,3	35,48	36,4	38,1	36,94	31,23	32,44	32,81	30,84	30,25	30	30,01	38,1	33,23
T2M_MAX	2021	31,68	35,39	36,09	36,25	35,22	36,26	31,45	31,62	29,98	30,87	30,99	32,63	36,26	33,20
T2M_MAX	2022	33,8	34,62	36,62	37,32	35,04	30,36	30,88	31,3	30,6	30,78	30,9	31,55	37,32	32,81
MEDIA		34,11	35,44	36,73	37,24	36,57	33,52	33,42	33,86	32,94	32,27	32,30	33,11	37,41	34,29

Anexo 1.4: Temperatura Media de la estación del Aeropuerto ACS (1981-2022)

TEMPERATURA MEDIA															
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M	1981	24,45	27,44	29,19	29,46	28,83	26,98	26,76	26,37	25,95	25,98	25,48	25,4	26,85	26,86
T2M	1982	26,55	27,89	28,95	29,77	28,33	27,59	27,36	28,59	27,7	26,73	27,05	26,92	27,78	27,79
T2M	1983	28,03	28,57	30,01	30,79	30,84	28,64	28,37	28,8	27,83	27,4	27,83	27,48	28,72	28,72
T2M	1984	27,2	28,48	29,1	29,59	29,06	27,91	27,19	27,39	26,67	26,9	26,65	26,65	27,73	27,73
T2M	1985	26,46	27,49	28,59	29,45	29,54	28,46	27,37	27,73	28,18	28,06	26,75	27,38	27,96	27,96
T2M	1986	27,21	28,08	28,52	30,29	29,26	26,98	27,24	27,8	27,31	27,34	28,03	27,47	27,96	27,96
T2M	1987	27,49	28,73	30,29	30,51	30,48	30,27	28,27	28,55	28,93	29,01	29,94	28,98	29,29	29,29
T2M	1988	28,35	28,78	29,05	30,33	30,19	27,69	27,7	26,62	25,71	26,7	27,65	27,29	28,01	28,01
T2M	1989	27,87	27,41	28,55	29,79	29,82	29,46	28,59	28,94	26,94	28,35	28,19	26,69	28,39	28,38
T2M	1990	27,83	28,12	29,12	30,24	29,25	28,05	26,99	27,72	27,35	26,56	26,77	26,67	27,88	27,89
T2M	1991	27,73	28,13	29,28	30,26	29,32	28,35	27,78	28,83	28,12	26,87	27,73	27,45	28,32	28,32
T2M	1992	27,82	28,42	29,3	30,36	29,12	27,44	26,66	27,06	26,74	27,11	27,9	27,94	27,98	27,99
T2M	1993	28,2	28,61	29,33	30,29	28,19	27,1	27,57	28,12	27,51	27,92	28,65	28,47	28,33	28,33
T2M	1994	28,04	28,48	29,4	30,01	30,43	29,15	29,55	29,14	28,55	27,35	28,4	28,72	28,94	28,94
T2M	1995	28,04	28,58	29,72	30,55	29,58	28,37	28,44	26,97	26,67	26,02	27,73	27,99	28,22	28,22
T2M	1996	27,48	28,58	29,12	30,25	29,04	29,15	27,84	28,4	28,51	27,17	27,28	27,59	28,36	28,37
T2M	1997	27,75	28,32	28,94	29,84	30,43	27,91	29,24	29,38	28,76	27,29	27,7	27,61	28,6	28,60
T2M	1998	28,7	29,42	30,44	31,2	30,39	28,82	27,85	28,07	26,56	25,89	25,54	26,01	28,23	28,24
T2M	1999	26,86	27,12	28,18	29,56	28,53	27,92	27,1	27,05	25,8	25	25,24	25,3	26,97	26,97
T2M	2000	26,06	26,9	28,46	29,8	28,74	27,53	27,96	28,17	26,3	25,97	26,94	27,65	27,55	27,54
T2M	2001	26,98	27,51	28,65	30,05	29,91	28,12	28,62	28,98	27,34	27,22	26,61	27,94	28,17	28,16
T2M	2002	27,92	28,12	29,2	30,12	29,15	27,19	27,15	27,62	27,33	26,63	26,76	27,58	27,9	27,90
T2M	2003	27,44	28,23	29,09	30,26	28,81	26,73	27,35	27,83	27,98	27,11	27	27,34	27,93	27,93
T2M	2004	27,76	28,63	29,49	30,6	29,18	27,73	27,8	28,2	26,87	26,53	25,99	26,78	27,96	27,96
T2M	2005	27,09	27,46	29,73	30,73	28,79	27,07	26,77	26,94	26,49	25,26	25,37	25,8	27,29	27,29
T2M	2006	26,48	27,25	28,69	30,23	29,31	27,07	27,13	27,61	27,28	27,37	26,62	27,79	27,74	27,74
T2M	2007	27,76	28,55	29,9	29,88	28,73	27,23	27,12	26,57	26,22	25,65	25,16	25,32	27,33	27,34
T2M	2008	26,19	27,61	28,81	29,61	28,58	26,65	25,81	26,2	26,15	25,57	25,11	25,01	26,77	26,78
T2M	2009	25,94	27,04	28,01	29,72	28,87	26,94	26,67	27,43	27,85	27,3	26,42	27,31	27,46	27,46
T2M	2010	27,3	29,19	29,76	30,37	28,63	26,81	26,26	26,45	26,08	26,25	24,95	24,25	27,18	27,19
T2M	2011	26,69	28,05	28,46	29,8	28,57	26,69	26,35	26,69	26,53	25,44	25,3	25,23	26,98	26,98
T2M	2012	26,12	27,37	28,44	29,29	28,54	27,26	27,26	27,51	26,51	26,21	25,66	27,06	27,27	27,27
T2M	2013	27,7	28,27	29	30,62	28,61	27,05	26,55	26,77	26,55	26,34	26,15	25,77	27,44	27,45
T2M	2014	26,53	27,7	29,23	30,31	29,64	28,08	29,23	28,58	26,76	26,15	25,73	25,25	27,76	27,77
T2M	2015	26,39	27,69	28,95	30,4	30,33	28,51	28,98	29,94	28,17	27,59	26,63	27,67	28,44	28,44
T2M	2016	28,07	28,52	30,2	30,58	29,65	26,98	26,85	27,37	26,67	26,51	25,88	25,6	27,74	27,74
T2M	2017	25,7	27,52	29,15	30,07	27,62	26,95	26,69	26,94	26,68	26,19	26,08	25,69	27,1	27,11
T2M	2018	26,41	27,33	28,93	29,93	28,14	26,67	27,01	27,51	27,62	26	26,69	26,3	27,37	27,38
T2M	2019	27,38	28,58	29,19	30,62	28,23	27,69	27,66	28,39	27,73	26,48	26,44	26,9	27,94	27,94
T2M	2020	27,86	29,03	29,78	30,77	29,58	26,84	26,74	26,89	27	26,19	25,82	25,04	27,62	27,63
T2M	2021	25,79	27,85	29,05	29,3	28,93	27,78	27,03	26,78	26,51	26,92	26,13	26,55	27,38	27,39
T2M	2022	27,09	28,37	29,83	30,35	28,15	26	26,61	26,82	26,55	26,6	26,08	25,44	27,31	27,32
MEDIA		27,16	28,08	29,17	30,14	29,17	27,66	27,46	27,71	27,12	26,69	26,67	26,74	27,81	27,82

Anexo 1.5: Precipitación de la estación Laguna de Oxidación (1981-2022)

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
PRECOTCORR_SUM	1981	0	0	5,27	36,91	105,47	205,66	68,55	263,67	184,57	247,85	94,92	47,46	1260,35	105,0275
PRECOTCORR_SUM	1982	10,55	36,91	0	0	221,48	63,28	26,37	10,55	137,11	84,38	42,19	0	632,81	52,735
PRECOTCORR_SUM	1983	0	10,55	0	10,55	42,19	68,55	31,64	10,55	73,83	73,83	21,09	5,27	348,05	29,0041667
PRECOTCORR_SUM	1984	0	0	0	26,37	58,01	89,65	31,64	73,83	195,12	47,46	21,09	0	543,16	45,2641667
PRECOTCORR_SUM	1985	0	0	0	5,27	26,37	89,65	52,73	21,09	26,37	42,19	68,55	5,27	337,5	28,1241667
PRECOTCORR_SUM	1986	0	0	5,27	0	84,38	121,29	21,09	100,2	63,28	52,73	10,55	5,27	464,06	38,6716667
PRECOTCORR_SUM	1987	0	0	0	21,09	5,27	21,09	36,91	26,37	26,37	5,27	5,27	0	147,66	12,3033333
PRECOTCORR_SUM	1988	0	0	5,27	0	21,09	42,19	47,46	137,11	184,57	42,19	0	0	479,88	39,99
PRECOTCORR_SUM	1989	0	0	0	0	5,27	15,82	21,09	79,1	26,37	21,09	47,46	21,09	237,3	19,7741667
PRECOTCORR_SUM	1990	0	0	0	21,09	116,02	89,65	126,56	79,1	142,38	84,38	52,73	15,82	727,73	60,6441667
PRECOTCORR_SUM	1991	0	0	0	0	52,73	158,2	15,82	5,27	131,84	42,19	0	0	406,05	33,8375
PRECOTCORR_SUM	1992	0	5,27	10,55	0	205,66	137,11	63,28	94,92	121,29	42,19	5,27	0	685,55	57,1283333
PRECOTCORR_SUM	1993	0	0	0	10,55	205,66	73,83	21,09	36,91	58,01	26,37	5,27	0	437,7	36,4741667
PRECOTCORR_SUM	1994	0	0	0	0	0	31,64	0	36,91	58,01	15,82	21,09	0	163,48	13,6225
PRECOTCORR_SUM	1995	0	0	15,82	0	26,37	52,73	31,64	84,38	137,11	105,47	5,27	0	458,79	38,2325
PRECOTCORR_SUM	1996	5,27	0	0	10,55	36,91	52,73	26,37	31,64	31,64	84,38	21,09	0	300,59	25,0483333
PRECOTCORR_SUM	1997	21,09	0	0	0	0	89,65	15,82	47,46	63,28	94,92	42,19	0	374,41	31,2008333
PRECOTCORR_SUM	1998	0	0	0	0	31,64	131,84	68,55	84,38	205,66	321,68	52,73	10,55	907,03	75,5858333
PRECOTCORR_SUM	1999	0	47,46	5,27	5,27	58,01	116,02	47,46	110,74	274,22	137,11	21,09	0	822,66	68,5541667
PRECOTCORR_SUM	2000	0	0	0	5,27	116,02	105,47	36,91	68,55	268,95	89,65	15,82	0	706,64	58,8866667
PRECOTCORR_SUM	2001	5,27	0	0	0	100,2	21,09	47,46	42,19	226,76	79,1	21,09	0	543,16	45,2633333
PRECOTCORR_SUM	2002	0	10,55	0	0	226,76	42,19	89,65	116,02	163,48	105,47	36,91	0	791,02	65,9191667
PRECOTCORR_SUM	2003	0	0	21,09	84,38	163,48	163,48	79,1	58,01	110,74	158,2	52,73	5,27	896,48	74,7066667
PRECOTCORR_SUM	2004	0	0	0	0	131,84	79,1	84,38	73,83	295,31	105,47	52,73	5,27	827,93	68,9941667
PRECOTCORR_SUM	2005	0	0	42,19	5,27	147,66	311,13	84,38	163,48	448,24	358,59	42,19	0	1603,12	133,594167
PRECOTCORR_SUM	2006	0	0	0	5,27	89,65	200,39	142,38	63,28	163,48	147,66	47,46	0	859,57	71,6308333
PRECOTCORR_SUM	2007	0	0	10,55	42,19	221,48	121,29	137,11	279,49	337,5	564,26	10,55	5,27	1729,69	144,140833
PRECOTCORR_SUM	2008	0	0	0	26,37	147,66	316,41	216,21	342,77	553,71	406,05	47,46	0	2056,64	171,386667
PRECOTCORR_SUM	2009	0	0	0	0	163,48	348,05	79,1	63,28	126,56	142,38	79,1	15,82	1017,77	84,8141667
PRECOTCORR_SUM	2010	0	0	0	121,29	232,03	253,12	326,95	321,68	411,33	131,84	31,64	0	1829,88	152,49
PRECOTCORR_SUM	2011	0	10,55	15,82	15,82	268,95	274,22	326,95	258,4	263,67	448,24	15,82	5,27	1903,71	158,6425
PRECOTCORR_SUM	2012	0	0	0	63,28	174,02	184,57	31,64	226,76	200,39	210,94	0	0	1091,6	90,9666667
PRECOTCORR_SUM	2013	0	0	0	10,55	258,4	174,02	121,29	163,48	342,77	274,22	63,28	0	1408,01	117,334167
PRECOTCORR_SUM	2014	0	0	0	0	126,56	110,74	0	121,29	421,88	311,13	105,47	0	1197,07	99,7583333
PRECOTCORR_SUM	2015	0	0	0	0	10,55	116,02	15,82	58,01	189,84	210,94	142,38	10,55	754,1	62,8425
PRECOTCORR_SUM	2016	0	0	0	47,46	158,2	369,14	110,74	179,3	253,12	337,5	179,3	58,01	1692,77	141,064167
PRECOTCORR_SUM	2017	0	0	0	47,46	379,69	390,23	68,55	374,41	337,5	580,08	26,37	5,27	2209,57	184,13
PRECOTCORR_SUM	2018	0	0	0	15,82	353,32	163,48	26,37	58,01	163,48	500,98	31,64	0	1313,09	109,425
PRECOTCORR_SUM	2019	0	0	0	5,27	374,41	89,65	47,46	100,2	189,84	453,52	15,82	0	1276,17	106,3475
PRECOTCORR_SUM	2020	0	0	0	5,27	210,94	311,13	137,11	216,21	511,52	622,27	1175,98	15,82	3206,25	267,1875
PRECOTCORR_SUM	2021	0	0	0	75	123,54	431,53	209,34	565,13	509,14	201	3,51	1,17	2119,37	176,613333
PRECOTCORR_SUM	2022	0,28	0,26	4,93	42,89	286,1	309,06	155,77	167,93	315,81	177,03	298,54	4,02	1762,63	146,885
MEDIA		1,010952	2,894048	3,381667	18,250238	137,320714	155,621190	79,255714	128,949762	213,001190	194,952857	72,229524	5,773095	1012,642857	

Anexo 1.6: Temperatura mínima de la estación Laguna de Oxidación (1981-2022)

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M_MIN	1981	17,15	20,64	21,97	22,69	24,4	23,31	23,23	22,65	21,7	22,6	20,96	19,5	17,15	21,73
T2M_MIN	1982	21,14	21,17	22,08	23,43	24,65	23,01	22,69	23,36	23,33	22,4	21,73	20,5	20,5	22,46
T2M_MIN	1983	21,4	22,08	22,9	24,28	24,94	24,65	23,27	23,36	22,97	22,7	22,43	22,07	21,4	23,09
T2M_MIN	1984	19,48	21,88	21,01	22,45	23,68	22,66	22,12	22,76	23,06	22,34	19,99	20,62	19,48	21,84
T2M_MIN	1985	20,17	20,88	21,72	22,51	23,56	23,26	22,21	22,78	22,3	23,69	21,73	21,6	20,17	22,20
T2M_MIN	1986	19,82	21,63	20,37	23,11	24,42	23,08	22,06	22,72	22,74	21,89	22,52	21,34	19,82	22,14
T2M_MIN	1987	19,83	20,55	22,67	22,74	24,96	25,23	23,69	23,76	23,98	23,87	24,01	23,12	19,83	23,20
T2M_MIN	1988	21,95	22,11	21,01	23,88	24,49	23,57	23,51	23,22	22,3	22,7	22,08	21,69	21,01	22,71
T2M_MIN	1989	21,33	19,57	19,9	22,9	24,16	23,49	23,5	24,06	22,92	23,07	22,08	19,12	19,12	22,18
T2M_MIN	1990	21,26	21,71	22,56	24,01	23,23	23,55	22,05	22,87	23,19	21,69	21,23	20,58	20,58	22,33
T2M_MIN	1991	21,54	19,76	21,92	23,39	24,63	22,33	23,22	23,62	23,71	22,75	21,41	19,96	19,76	22,35
T2M_MIN	1992	20,3	21,42	22,67	23,98	23,87	23,91	22,7	22,05	22,2	21,83	22,12	21,08	20,3	22,34
T2M_MIN	1993	21,17	21,66	21,75	23,4	24,76	22,94	22,77	23,07	23,1	23,26	23	21,37	21,17	22,69
T2M_MIN	1994	21,85	21,44	21,31	23,25	25,41	23,98	23,93	23,36	24,02	23,45	23,76	22,51	21,31	23,19
T2M_MIN	1995	21,34	21,66	22,84	24,56	23,99	24,08	23,05	23,93	24,05	22,96	22,62	22,19	21,34	23,11
T2M_MIN	1996	19,84	20,12	19,37	23,58	24,12	23,96	22,85	23,44	24,35	23,44	21,87	21,78	19,37	22,39
T2M_MIN	1997	20,21	22,12	22,28	23	24,33	24,39	24,06	24,44	24,18	23,43	23,42	20,31	20,21	23,01
T2M_MIN	1998	22,12	21,79	21,83	23,5	24,76	23,98	23,45	23,45	24,08	23,37	21,05	20,13	20,13	22,79
T2M_MIN	1999	20,23	20,77	19,59	22,81	23,44	23,64	22,34	22,79	22,94	21,28	19,26	17,38	17,38	21,37
T2M_MIN	2000	18,94	20,03	21,4	22,69	23,83	22,58	23,07	23,56	23,69	21,69	21,32	20,9	18,94	21,98
T2M_MIN	2001	20,11	21,7	21,18	23,69	24,87	22,6	23,95	24,4	23,28	23,12	21,39	21,39	20,11	22,64
T2M_MIN	2002	20,65	21,86	21,92	23,3	24,18	23,34	23,39	22,87	23,45	23,4	20,98	21,56	20,65	22,58
T2M_MIN	2003	20,9	22,22	22,41	23,28	24,33	23,73	23,5	22,64	23,95	23,55	22,68	20,73	20,73	22,83
T2M_MIN	2004	20,23	22,02	22,68	22,45	23,83	23,08	22,9	22,99	24,02	22,8	19,48	20,57	19,48	22,25
T2M_MIN	2005	19,23	19,31	22,78	24,44	24,48	24,37	22,58	23,14	23,58	21,55	18,96	20,9	18,96	22,11
T2M_MIN	2006	19,45	20,3	20,96	23,31	23,83	23,71	23,23	23,42	23,55	23,83	18,12	21,37	18,12	22,09
T2M_MIN	2007	21,62	21,09	22,67	24,73	24,58	23,12	22,74	23,57	23,23	22,9	19,43	19,65	19,43	22,44
T2M_MIN	2008	20,18	20,47	22,02	22,9	23,83	22,91	21,49	22,73	23,53	22,43	19,4	19,55	19,4	21,79
T2M_MIN	2009	19,43	19,48	19,6	23,31	24,21	23,69	23,1	23,3	22,98	22,83	21,02	20,87	19,43	21,99
T2M_MIN	2010	19,41	22,69	20,58	25,08	24,12	23,48	22,19	23,54	23,44	22,29	19,15	17,73	17,73	21,98
T2M_MIN	2011	18,05	20,89	21,27	23,24	23,33	23,47	22,79	22,87	23,22	20,71	19,61	19,01	18,05	21,54
T2M_MIN	2012	18,65	21,09	21,76	22,64	23,87	23,35	23,26	22,97	22,08	22,36	18,27	19,9	18,27	21,68
T2M_MIN	2013	21,6	21,98	20,73	24,01	23,15	22,51	22,59	22,38	23,48	22,94	21,81	19,36	19,36	22,21
T2M_MIN	2014	20,8	21,44	22,78	22,66	23,63	23,12	23,33	23,54	22,55	23,13	20,52	19,28	19,28	22,23
T2M_MIN	2015	20,39	21,23	22,51	23,59	25,01	23,99	24,27	24,14	23,76	23,77	19,98	22,01	19,98	22,89
T2M_MIN	2016	21,43	21,9	22,3	24,3	24,24	23,68	22,19	23,85	23,05	22,64	19,58	20,3	19,58	22,46
T2M_MIN	2017	20,08	20,37	23,14	23,87	24,24	23,15	22,37	23,16	24,12	23,08	20,87	18,98	18,98	22,29
T2M_MIN	2018	19,98	21,58	20,55	23,8	24,23	23,59	23,09	23,29	22,92	22,72	23,01	20,42	19,98	22,43
T2M_MIN	2019	21,18	22,42	22,65	23,95	24,02	22,68	22,98	23,69	23,98	23,15	21,78	21,28	21,18	22,73
T2M_MIN	2020	21,83	23,13	23,41	24,02	23,46	23,11	22,09	23,25	23,3	22,31	22,76	19,65	19,65	22,69
T2M_MIN	2021	20,52	19,77	21,35	23,19	23,26	23,6	23,06	23,27	22,51	23,89	21,47	20,45	19,77	22,20
T2M_MIN	2022	20,78	21,48	23,19	24,39	24,19	22,89	23,1	21,98	23,77	22,59	22,01	20,65	20,65	22,59
MEDIA		20,42	21,22	21,75	23,48	24,16	23,45	22,95	23,24	23,28	22,77	21,21	20,56	19,71	22,37

Anexo 1.7: Temperatura máxima de la estación Laguna de Oxidación (1981-2022)

TEMPERATURA MAXIMA															
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M_MAX	1981	31,93	34,58	35,98	36,26	36,25	31,87	32,53	32,56	30,1	30,22	30,03	32,08	36,26	32,87
T2M_MAX	1982	33,58	34,39	37,39	37,07	36,14	32,78	33,52	35,43	35,5	34,01	33,18	33,55	37,39	34,71
T2M_MAX	1983	35,99	36,3	38,43	37,83	37,73	34,51	35,37	35,74	34,4	34,25	34,3	33,59	38,43	35,70
T2M_MAX	1984	34,24	35,79	36,98	37,23	36,46	35,21	34,12	33,64	33,39	33,38	33,26	33,25	37,23	34,75
T2M_MAX	1985	33,74	34,24	35,81	36,27	36,51	35,38	33,78	34,86	35,05	35,49	33,31	34,11	36,51	34,88
T2M_MAX	1986	34,02	35,09	36,82	38,03	36,73	32,98	33,99	34,44	34,21	34,75	34,25	34,4	38,03	34,98
T2M_MAX	1987	35,63	36,19	38,28	37,51	37,39	36,69	34,8	35,85	35,6	37,21	36,78	35,93	38,28	36,49
T2M_MAX	1988	35,04	36,94	36,33	37,26	37,62	34,76	34,19	34,44	30,65	32,65	33,78	33,85	37,62	34,79
T2M_MAX	1989	34,32	35,73	35,84	36,53	37,31	35,97	35,94	35,83	33,23	35,38	35,49	33,57	37,31	35,43
T2M_MAX	1990	34,69	35,46	36,98	36,8	36,62	34,4	32,71	34,42	34,46	32	32,97	33,01	36,98	34,54
T2M_MAX	1991	34,35	36,76	37,19	37,33	37,04	35,67	34,47	35,2	35,96	33,08	33,8	34,01	37,33	35,41
T2M_MAX	1992	34,34	37,62	37,39	37,88	36,68	32,69	32,3	33,63	33,55	33,84	34,02	34,13	37,88	34,84
T2M_MAX	1993	35,28	36,02	37,27	37,07	36,12	33,09	34,73	35,02	34,81	35,12	34,94	35,65	37,27	35,43
T2M_MAX	1994	35,43	35,76	37,12	38,05	37,54	35,69	36,28	36,46	35,69	35,05	35,15	34,89	38,05	36,09
T2M_MAX	1995	35,22	36,07	36,58	37,38	36,54	35,37	35,99	33,87	32,95	31,63	33,55	34,26	37,38	34,95
T2M_MAX	1996	34,92	36,17	37,13	37,64	37,26	36,59	35,04	35,57	36,25	34,21	34,79	33,9	37,64	35,79
T2M_MAX	1997	34,19	36,06	36,67	37,64	37,85	34,44	36,04	36,31	36,48	34,79	34,36	35,15	37,85	35,83
T2M_MAX	1998	36,28	37,69	37,83	39,69	38,89	36,18	34,5	34,62	31,19	30,1	30,2	31,62	39,69	34,90
T2M_MAX	1999	33,15	34,33	35,98	36,58	35,76	35,39	34,08	33,23	32,24	29,55	29,91	32	36,58	33,52
T2M_MAX	2000	34,69	33,5	36,42	36,81	36,23	34,34	34,81	35,93	32,17	31,57	33,6	34,39	36,81	34,54
T2M_MAX	2001	33,6	34,16	36,79	37,3	37,29	34,53	35,77	36,94	34,43	32,55	32,51	34,77	37,3	35,05
T2M_MAX	2002	34,73	34,84	36,97	36,6	37,39	32,73	32,3	34,09	32,62	31,99	33,19	35,34	37,39	34,40
T2M_MAX	2003	34,99	36,55	36,79	37,02	36,18	31,43	33,44	34,86	35,11	33,26	33,83	34,08	37,02	34,80
T2M_MAX	2004	34,59	35,21	36,31	38,22	37,24	33,62	34,69	34,39	33,53	30,94	31,78	33,37	38,22	34,49
T2M_MAX	2005	34,37	36,78	36,8	38,4	37,23	31,3	31,4	31,68	31,24	29,8	30,18	31,08	38,4	33,36
T2M_MAX	2006	33,01	34,41	36,28	37,7	37,3	33,58	32,44	33,67	33,12	33,34	32,58	34,39	37,7	34,32
T2M_MAX	2007	34,27	36,4	36,55	36,58	36,82	32,47	32,54	31,1	30,33	30,51	29,69	31,18	36,82	33,20
T2M_MAX	2008	33,05	34,76	35,77	36,62	37,02	30,93	30,32	30,61	30,51	30,15	30	30,51	37,02	32,52
T2M_MAX	2009	33,41	34,57	36,54	36,98	35,97	33,51	31,22	32,84	34,44	32,92	32,89	33,79	36,98	34,09
T2M_MAX	2010	34,98	36,08	38,08	38,01	35,57	31,53	30,89	30,42	30,55	30,52	29,97	31,62	38,08	33,19
T2M_MAX	2011	33,57	34,88	37,33	36,12	36,65	31,62	30,45	30,65	30,16	30,74	30,24	31,23	37,33	32,80
T2M_MAX	2012	32,63	33,83	37,15	36,26	35,6	31,83	32,67	33,23	31,18	31,13	31,31	33,74	37,15	33,38
T2M_MAX	2013	34,14	35,37	37,15	37,29	35,2	31,73	30,86	32,47	30,69	30	30,29	31,63	37,29	33,07
T2M_MAX	2014	32,98	35,65	35,82	37,1	35,58	33,96	35,65	35,11	32,06	30,45	29,76	31,79	37,1	33,83
T2M_MAX	2015	32,91	35,45	36,06	37,51	36,8	34,94	35,68	36,31	34,58	33,42	31,23	33,72	37,51	34,88
T2M_MAX	2016	35,24	35,73	37,08	37,23	36,86	31,27	31,45	31,94	30,88	31,12	30,41	29,96	37,23	33,26
T2M_MAX	2017	32,27	34,2	35,65	36,94	32,86	31,67	30,81	31,25	30,69	30,97	30,62	31,27	36,94	32,43
T2M_MAX	2018	32,98	33,87	36,23	36,62	36,38	30,93	32,55	33,5	33,58	31,01	31,3	32,7	36,62	33,47
T2M_MAX	2019	33,94	35,54	35,7	37,05	36,3	32,31	34,4	34,36	34,55	30,5	31,05	32,8	37,05	34,04
T2M_MAX	2020	34,3	35,48	36,4	38,1	36,94	31,23	32,44	32,81	30,84	30,25	30	30,01	38,1	33,23
T2M_MAX	2021	31,68	35,39	36,09	36,25	35,22	36,26	31,45	31,62	29,98	30,87	30,99	32,63	36,26	33,20
T2M_MAX	2022	33,8	34,62	36,62	37,32	35,04	30,36	30,88	31,3	30,6	30,78	30,9	31,55	37,32	32,81
MEDIA		34,11	35,44	36,73	37,24	36,57	33,52	33,42	33,86	32,94	32,27	32,30	33,11	37,41	34,29

Anexo 1.8: Temperatura media de la estación Laguna de Oxidación (1981-2022)

TEMPERATURA MEDIA															
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M	1981	24,45	27,44	29,19	29,46	28,83	26,98	26,76	26,37	25,95	25,98	25,48	25,4	26,85	26,86
T2M	1982	26,55	27,89	28,95	29,77	28,33	27,59	27,36	28,59	27,7	26,73	27,05	26,92	27,78	27,79
T2M	1983	28,03	28,57	30,01	30,79	30,84	28,64	28,37	28,8	27,83	27,4	27,83	27,48	28,72	28,72
T2M	1984	27,2	28,48	29,1	29,59	29,06	27,91	27,19	27,39	26,67	26,9	26,65	26,65	27,73	27,73
T2M	1985	26,46	27,49	28,59	29,45	29,54	28,46	27,37	27,73	28,18	28,06	26,75	27,38	27,96	27,96
T2M	1986	27,21	28,08	28,52	30,29	29,26	26,98	27,24	27,8	27,31	27,34	28,03	27,47	27,96	27,96
T2M	1987	27,49	28,73	30,29	30,51	30,48	30,27	28,27	28,55	28,93	29,01	29,94	28,98	29,29	29,29
T2M	1988	28,35	28,78	29,05	30,33	30,19	27,69	27,7	26,62	25,71	26,7	27,65	27,29	28,01	28,01
T2M	1989	27,87	27,41	28,55	29,79	29,82	29,46	28,59	28,94	26,94	28,35	28,19	26,69	28,39	28,38
T2M	1990	27,83	28,12	29,12	30,24	29,25	28,05	26,99	27,72	27,35	26,56	26,77	26,67	27,88	27,89
T2M	1991	27,73	28,13	29,28	30,26	29,32	28,35	27,78	28,83	28,12	26,87	27,73	27,45	28,32	28,32
T2M	1992	27,82	28,42	29,3	30,36	29,12	27,44	26,66	27,06	26,74	27,11	27,9	27,94	27,98	27,99
T2M	1993	28,2	28,61	29,33	30,29	28,19	27,1	27,57	28,12	27,51	27,92	28,65	28,47	28,33	28,33
T2M	1994	28,04	28,48	29,4	30,01	30,43	29,15	29,55	29,14	28,55	27,35	28,4	28,72	28,94	28,94
T2M	1995	28,04	28,58	29,72	30,55	29,58	28,37	28,44	26,97	26,67	26,02	27,73	27,99	28,22	28,22
T2M	1996	27,48	28,58	29,12	30,25	29,04	29,15	27,84	28,4	28,51	27,17	27,28	27,59	28,36	28,37
T2M	1997	27,75	28,32	28,94	29,84	30,43	27,91	29,24	29,38	28,76	27,29	27,7	27,61	28,6	28,60
T2M	1998	28,7	29,42	30,44	31,2	30,39	28,82	27,85	28,07	26,56	25,89	25,54	26,01	28,23	28,24
T2M	1999	26,86	27,12	28,18	29,56	28,53	27,92	27,1	27,05	25,8	25	25,24	25,3	26,97	26,97
T2M	2000	26,06	26,9	28,46	29,8	28,74	27,53	27,96	28,17	26,3	25,97	26,94	27,65	27,55	27,54
T2M	2001	26,98	27,51	28,65	30,05	29,91	28,12	28,62	28,98	27,34	27,22	26,61	27,94	28,17	28,16
T2M	2002	27,92	28,12	29,2	30,12	29,15	27,19	27,15	27,62	27,33	26,63	26,76	27,58	27,9	27,90
T2M	2003	27,44	28,23	29,09	30,26	28,81	26,73	27,35	27,83	27,98	27,11	27	27,34	27,93	27,93
T2M	2004	27,76	28,63	29,49	30,6	29,18	27,73	27,8	28,2	26,87	26,53	25,99	26,78	27,96	27,96
T2M	2005	27,09	27,46	29,73	30,73	28,79	27,07	26,77	26,94	26,49	25,26	25,37	25,8	27,29	27,29
T2M	2006	26,48	27,25	28,69	30,23	29,31	27,07	27,13	27,61	27,28	27,37	26,62	27,79	27,74	27,74
T2M	2007	27,76	28,55	29,9	29,88	28,73	27,23	27,12	26,57	26,22	25,65	25,16	25,32	27,33	27,34
T2M	2008	26,19	27,61	28,81	29,61	28,58	26,65	25,81	26,2	26,15	25,57	25,11	25,01	26,77	26,77
T2M	2009	25,94	27,04	28,01	29,72	28,87	26,94	26,67	27,43	27,85	27,3	26,42	27,31	27,46	27,46
T2M	2010	27,3	29,19	29,76	30,37	28,63	26,81	26,26	26,45	26,08	26,25	24,95	24,25	27,18	27,19
T2M	2011	26,69	28,05	28,46	29,8	28,57	26,69	26,35	26,69	26,53	25,44	25,3	25,23	26,98	26,98
T2M	2012	26,12	27,37	28,44	29,29	28,54	27,26	27,26	27,51	26,51	26,21	25,66	27,06	27,27	27,27
T2M	2013	27,7	28,27	29	30,62	28,61	27,05	26,55	26,77	26,55	26,34	26,15	25,77	27,44	27,45
T2M	2014	26,53	27,7	29,23	30,31	29,64	28,08	29,23	28,58	26,76	26,15	25,73	25,25	27,76	27,77
T2M	2015	26,39	27,69	28,95	30,4	30,33	28,51	28,98	29,94	28,17	27,59	26,63	27,67	28,44	28,44
T2M	2016	28,07	28,52	30,2	30,58	29,65	26,98	26,85	27,37	26,67	26,51	25,88	25,6	27,74	27,74
T2M	2017	25,7	27,52	29,15	30,07	27,62	26,95	26,69	26,94	26,68	26,19	26,08	25,69	27,1	27,11
T2M	2018	26,41	27,33	28,93	29,93	28,14	26,67	27,01	27,51	27,62	26	26,69	26,3	27,37	27,38
T2M	2019	27,38	28,58	29,19	30,62	28,23	27,69	27,66	28,39	27,73	26,48	26,44	26,9	27,94	27,94
T2M	2020	27,86	29,03	29,78	30,77	29,58	26,84	26,74	26,89	27	26,19	25,82	25,04	27,62	27,63
T2M	2021	25,79	27,85	29,05	29,3	28,93	27,78	27,03	26,78	26,51	26,92	26,13	26,55	27,38	27,38
T2M	2022	27,09	28,37	29,83	30,35	28,15	26	26,61	26,82	26,55	26,6	26,08	25,44	27,31	27,32
MEDIA		27,16	28,08	29,17	30,14	29,17	27,66	27,46	27,71	27,12	26,69	26,67	26,74	27,81	27,82

Anexo 1.9: Precipitación de la estación de Tisma (1981-2022)

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
PRECOTCORR_SUM	1981	0	0	5,27	36,91	105,47	205,66	68,55	263,67	184,57	247,85	94,92	47,46	1260,35	105,0275
PRECOTCORR_SUM	1982	10,55	36,91	0	0	221,48	63,28	26,37	10,55	137,11	84,38	42,19	0	632,81	52,735
PRECOTCORR_SUM	1983	0	10,55	0	10,55	42,19	68,55	31,64	10,55	73,83	73,83	21,09	5,27	348,05	29,0041667
PRECOTCORR_SUM	1984	0	0	0	26,37	58,01	89,65	31,64	73,83	195,12	47,46	21,09	0	543,16	45,2641667
PRECOTCORR_SUM	1985	0	0	0	5,27	26,37	89,65	52,73	21,09	26,37	42,19	68,55	5,27	337,5	28,1241667
PRECOTCORR_SUM	1986	0	0	5,27	0	84,38	121,29	21,09	100,2	63,28	52,73	10,55	5,27	464,06	38,6716667
PRECOTCORR_SUM	1987	0	0	0	21,09	5,27	21,09	36,91	26,37	26,37	5,27	5,27	0	147,66	12,3033333
PRECOTCORR_SUM	1988	0	0	5,27	0	21,09	42,19	47,46	137,11	184,57	42,19	0	0	479,88	39,99
PRECOTCORR_SUM	1989	0	0	0	0	5,27	15,82	21,09	79,1	26,37	21,09	47,46	21,09	237,3	19,7741667
PRECOTCORR_SUM	1990	0	0	0	21,09	116,02	89,65	126,56	79,1	142,38	84,38	52,73	15,82	727,73	60,6441667
PRECOTCORR_SUM	1991	0	0	0	0	52,73	158,2	15,82	5,27	131,84	42,19	0	0	406,05	33,8375
PRECOTCORR_SUM	1992	0	5,27	10,55	0	205,66	137,11	63,28	94,92	121,29	42,19	5,27	0	685,55	57,1283333
PRECOTCORR_SUM	1993	0	0	0	10,55	205,66	73,83	21,09	36,91	58,01	26,37	5,27	0	437,7	36,4741667
PRECOTCORR_SUM	1994	0	0	0	0	0	31,64	0	36,91	58,01	15,82	21,09	0	163,48	13,6225
PRECOTCORR_SUM	1995	0	0	15,82	0	26,37	52,73	31,64	84,38	137,11	105,47	5,27	0	458,79	38,2325
PRECOTCORR_SUM	1996	5,27	0	0	10,55	36,91	52,73	26,37	31,64	31,64	84,38	21,09	0	300,59	25,0483333
PRECOTCORR_SUM	1997	21,09	0	0	0	0	89,65	15,82	47,46	63,28	94,92	42,19	0	374,41	31,2008333
PRECOTCORR_SUM	1998	0	0	0	0	31,64	131,84	68,55	84,38	205,66	321,68	52,73	10,55	907,03	75,5858333
PRECOTCORR_SUM	1999	0	47,46	5,27	5,27	58,01	116,02	47,46	110,74	274,22	137,11	21,09	0	822,66	68,5541667
PRECOTCORR_SUM	2000	0	0	0	5,27	116,02	105,47	36,91	68,55	268,95	89,65	15,82	0	706,64	58,8866667
PRECOTCORR_SUM	2001	5,27	0	0	0	100,2	21,09	47,46	42,19	226,76	79,1	21,09	0	543,16	45,2633333
PRECOTCORR_SUM	2002	0	10,55	0	0	226,76	42,19	89,65	116,02	163,48	105,47	36,91	0	791,02	65,9191667
PRECOTCORR_SUM	2003	0	0	21,09	84,38	163,48	163,48	79,1	58,01	110,74	158,2	5,27	896,48	74,7066667	
PRECOTCORR_SUM	2004	0	0	0	0	131,84	79,1	84,38	73,83	295,31	105,47	52,73	5,27	827,93	68,9941667
PRECOTCORR_SUM	2005	0	0	42,19	5,27	147,66	311,13	84,38	163,48	448,24	358,59	42,19	0	1603,12	133,594167
PRECOTCORR_SUM	2006	0	0	0	5,27	89,65	200,39	142,38	63,28	163,48	147,66	47,46	0	859,57	71,6308333
PRECOTCORR_SUM	2007	0	0	10,55	42,19	221,48	121,29	137,11	279,49	337,5	564,26	10,55	5,27	1729,69	144,140833
PRECOTCORR_SUM	2008	0	0	0	26,37	147,66	316,41	216,21	342,77	553,71	406,05	47,46	0	2056,64	171,386667
PRECOTCORR_SUM	2009	0	0	0	0	163,48	348,05	79,1	63,28	126,56	142,38	79,1	15,82	1017,77	84,8141667
PRECOTCORR_SUM	2010	0	0	0	121,29	232,03	253,12	326,95	321,68	411,33	131,84	31,64	0	1829,88	152,49
PRECOTCORR_SUM	2011	0	10,55	15,82	15,82	268,95	274,22	326,95	258,4	263,67	448,24	15,82	5,27	1903,71	158,6425
PRECOTCORR_SUM	2012	0	0	0	63,28	174,02	184,57	31,64	226,76	200,39	210,94	0	0	1091,6	90,9666667
PRECOTCORR_SUM	2013	0	0	0	10,55	258,4	174,02	121,29	163,48	342,77	274,22	63,28	0	1408,01	117,334167
PRECOTCORR_SUM	2014	0	0	0	0	126,56	110,74	0	121,29	421,88	311,13	105,47	0	1197,07	99,758333
PRECOTCORR_SUM	2015	0	0	0	0	10,55	116,02	15,82	58,01	189,84	210,94	142,38	10,55	754,1	62,8425
PRECOTCORR_SUM	2016	0	0	0	47,46	158,2	369,14	110,74	179,3	253,12	337,5	179,3	58,01	1692,77	141,064167
PRECOTCORR_SUM	2017	0	0	0	47,46	379,69	390,23	68,55	374,41	337,5	580,08	26,37	5,27	2209,57	184,13
PRECOTCORR_SUM	2018	0	0	0	15,82	353,32	163,48	26,37	58,01	163,48	500,98	31,64	0	1313,09	109,425
PRECOTCORR_SUM	2019	0	0	0	5,27	374,41	89,65	47,46	100,2	189,84	453,52	15,82	0	1276,17	106,3475
PRECOTCORR_SUM	2020	0	0	0	5,27	210,94	311,13	137,11	216,21	511,52	622,27	1175,98	15,82	3206,25	267,1875
PRECOTCORR_SUM	2021	0	0	0	75	123,54	431,53	209,34	565,13	509,14	201	3,51	1,17	2119,37	176,613333
PRECOTCORR_SUM	2022	0,28	0,26	4,93	42,89	286,1	309,06	155,77	167,93	315,81	177,03	298,54	4,02	1762,63	146,885
MEDIA		1,01095238	2,89404762	3,38166667	18,2502381	137,320714	155,62119	79,2557143	128,949762	213,00119	194,952857	72,2295238	5,77309524	1012,64286	

Anexo 1.10: Temperatura mínima de la estación de Tisma (1981-2022)

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M_MIN	1981	17,15	20,64	21,97	22,69	24,4	23,31	23,23	22,65	21,7	22,6	20,96	19,5	17,15	21,73
T2M_MIN	1982	21,14	21,17	22,08	23,43	24,65	23,01	22,69	23,36	23,33	22,4	21,73	20,5	20,5	22,46
T2M_MIN	1983	21,4	22,08	22,9	24,28	24,94	24,65	23,27	23,36	22,97	22,7	22,43	22,07	21,4	23,09
T2M_MIN	1984	19,48	21,88	21,01	22,45	23,68	22,66	22,12	22,76	23,06	22,34	19,99	20,62	19,48	21,84
T2M_MIN	1985	20,17	20,88	21,72	22,51	23,56	23,26	22,21	22,78	22,3	23,69	21,73	21,6	20,17	22,20
T2M_MIN	1986	19,82	21,63	20,37	23,11	24,42	23,08	22,06	22,72	22,74	21,89	22,52	21,34	19,82	22,14
T2M_MIN	1987	19,83	20,55	22,67	22,74	24,96	25,23	23,69	23,76	23,98	23,87	24,01	23,12	19,83	23,20
T2M_MIN	1988	21,95	22,11	21,01	23,88	24,49	23,57	23,51	23,22	22,3	22,7	22,08	21,69	21,01	22,71
T2M_MIN	1989	21,33	19,57	19,9	22,9	24,16	23,49	23,5	24,06	22,92	23,07	22,08	19,12	19,12	22,18
T2M_MIN	1990	21,26	21,71	22,56	24,01	23,23	23,55	22,05	22,87	23,19	21,69	21,23	20,58	20,58	22,33
T2M_MIN	1991	21,54	19,76	21,92	23,39	24,63	22,33	23,22	23,62	23,71	22,75	21,41	19,96	19,76	22,35
T2M_MIN	1992	20,3	21,42	22,67	23,98	23,87	23,91	22,7	22,05	22,2	21,83	22,12	21,08	20,3	22,34
T2M_MIN	1993	21,17	21,66	21,75	23,4	24,76	22,94	22,77	23,07	23,1	23,26	23	21,37	21,17	22,69
T2M_MIN	1994	21,85	21,44	21,31	23,25	25,41	23,98	23,93	23,36	24,02	23,45	23,76	22,51	21,31	23,19
T2M_MIN	1995	21,34	21,66	22,84	24,56	23,99	24,08	23,05	23,93	24,05	22,96	22,62	22,19	21,34	23,11
T2M_MIN	1996	19,84	20,12	19,37	23,58	24,12	23,96	22,85	23,44	24,35	23,44	21,87	21,78	19,37	22,39
T2M_MIN	1997	20,21	22,12	22,28	23	24,33	24,39	24,06	24,44	24,18	23,43	23,42	20,31	20,21	23,01
T2M_MIN	1998	22,12	21,79	21,83	23,5	24,76	23,98	23,45	23,45	24,08	23,37	21,05	20,13	20,13	22,79
T2M_MIN	1999	20,23	20,77	19,59	22,81	24,64	23,64	22,34	22,79	22,94	21,28	19,26	17,38	17,38	21,37
T2M_MIN	2000	18,94	20,03	21,4	22,69	23,83	22,58	23,07	23,56	23,69	21,69	21,32	20,9	18,94	21,98
T2M_MIN	2001	20,11	21,7	21,18	23,69	24,87	22,6	23,95	24,4	23,28	23,12	21,39	21,39	20,11	22,64
T2M_MIN	2002	20,65	21,86	21,92	23,3	24,18	23,34	23,39	22,87	23,45	23,4	20,98	21,56	20,65	22,58
T2M_MIN	2003	20,9	22,22	22,41	23,28	24,33	23,73	23,5	22,64	23,95	23,55	22,68	20,73	20,73	22,83
T2M_MIN	2004	20,23	22,02	22,68	22,45	23,83	23,08	22,9	22,99	24,02	22,8	19,48	20,57	19,48	22,25
T2M_MIN	2005	19,23	19,31	22,78	24,44	24,48	24,37	22,58	23,14	23,58	21,55	18,96	20,9	18,96	22,11
T2M_MIN	2006	19,45	20,3	20,96	23,31	23,83	23,71	23,23	23,42	23,55	23,83	18,12	21,37	18,12	22,09
T2M_MIN	2007	21,62	21,09	22,67	24,73	24,58	23,12	22,74	23,57	23,23	22,9	19,43	19,65	19,43	22,44
T2M_MIN	2008	20,18	20,47	22,02	22,9	23,83	22,91	21,49	22,73	23,53	22,43	19,4	19,55	19,4	21,79
T2M_MIN	2009	19,43	19,48	19,6	23,31	24,21	23,69	23,1	23,3	22,98	22,83	21,02	20,87	19,43	21,99
T2M_MIN	2010	19,41	22,69	20,58	25,08	24,12	23,48	22,19	23,54	23,44	22,29	19,15	17,73	17,73	21,98
T2M_MIN	2011	18,05	20,89	21,27	23,24	23,33	23,47	22,79	22,87	23,22	20,71	19,61	19,01	18,05	21,54
T2M_MIN	2012	18,65	21,09	21,76	22,64	23,87	23,35	23,26	22,97	22,08	22,36	18,27	19,9	18,27	21,68
T2M_MIN	2013	21,6	21,98	20,73	24,01	23,15	22,59	22,38	23,48	22,94	21,81	19,36	19,36	19,36	22,21
T2M_MIN	2014	20,8	21,44	22,78	22,66	23,63	23,12	23,33	23,54	22,55	23,13	20,52	19,28	19,28	22,23
T2M_MIN	2015	20,39	21,23	22,51	23,59	25,01	23,99	24,27	24,14	23,76	23,77	19,98	22,01	19,98	22,89
T2M_MIN	2016	21,43	21,9	22,3	24,3	24,24	23,68	22,19	23,85	23,05	22,64	19,58	20,3	19,58	22,46
T2M_MIN	2017	20,08	20,37	23,14	23,87	24,24	23,15	22,37	23,16	24,12	23,08	20,87	18,98	18,98	22,29
T2M_MIN	2018	19,98	21,58	20,55	23,8	24,23	23,59	23,09	23,29	22,92	22,72	23,01	20,42	19,98	22,43
T2M_MIN	2019	21,18	22,42	22,65	23,95	24,02	22,68	22,98	23,69	22,98	23,15	21,78	21,28	21,18	22,73
T2M_MIN	2020	21,83	23,13	23,41	24,02	23,46	23,11	22,09	23,25	23,3	22,31	22,76	19,65	19,65	22,69
T2M_MIN	2021	20,52	19,77	21,35	23,19	23,26	23,6	23,06	23,27	22,51	23,89	21,47	20,45	19,77	22,20
T2M_MIN	2022	20,78	21,48	23,19	24,39	24,19	22,89	23,1	21,98	23,77	22,59	22,01	20,65	20,65	22,59
MEDIA		20,42	21,22	21,75	23,48	24,16	23,45	22,95	23,24	23,28	22,77	21,21	20,56	19,71	22,37

Anexo 1.11: Temperatura máxima de la estación de Tisma (1981-2022)

TEMPERATURA MAXIMA															
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M_MAX	1981	31,93	34,58	35,98	36,26	36,25	31,87	32,53	32,56	30,1	30,22	30,03	32,08	36,26	32,87
T2M_MAX	1982	33,58	34,39	37,39	37,07	36,14	32,78	33,52	35,43	35,5	34,01	33,18	33,55	37,39	34,71
T2M_MAX	1983	35,99	36,3	38,43	37,83	37,73	34,51	35,37	35,74	34,4	34,25	34,3	33,59	38,43	35,70
T2M_MAX	1984	34,24	35,79	36,98	37,23	36,46	35,21	34,12	33,64	33,39	33,38	33,26	33,25	37,23	34,75
T2M_MAX	1985	33,74	34,24	35,81	36,27	36,51	35,38	33,78	34,86	35,05	35,49	33,31	34,11	36,51	34,88
T2M_MAX	1986	34,02	35,09	36,82	38,03	36,73	32,98	33,99	34,44	34,21	34,75	34,25	34,4	38,03	34,98
T2M_MAX	1987	35,63	36,19	38,28	37,51	37,39	36,69	34,8	35,85	35,6	37,21	36,78	35,93	38,28	36,49
T2M_MAX	1988	35,04	36,94	36,33	37,26	37,62	34,76	34,19	34,44	30,65	32,65	33,78	33,85	37,62	34,79
T2M_MAX	1989	34,32	35,73	35,84	36,53	37,31	35,97	35,94	35,83	33,23	35,38	35,49	33,57	37,31	35,43
T2M_MAX	1990	34,69	35,46	36,98	36,8	36,62	34,4	32,71	34,42	34,46	32	32,97	33,01	36,98	34,54
T2M_MAX	1991	34,35	36,76	37,19	37,33	37,04	35,67	34,47	35,2	35,96	33,08	33,8	34,01	37,33	35,41
T2M_MAX	1992	34,34	37,62	37,39	37,88	36,68	32,69	32,3	33,63	33,55	33,84	34,02	34,13	37,88	34,84
T2M_MAX	1993	35,28	36,02	37,27	37,07	36,12	33,09	34,73	35,02	34,81	35,12	34,94	35,65	37,27	35,43
T2M_MAX	1994	35,43	35,76	37,12	38,05	37,54	35,69	36,28	36,46	35,69	35,05	35,15	34,89	38,05	36,09
T2M_MAX	1995	35,22	36,07	36,58	37,38	36,54	35,37	35,99	33,87	32,95	31,63	33,55	34,26	37,38	34,95
T2M_MAX	1996	34,92	36,17	37,13	37,64	37,26	36,59	35,04	35,57	36,25	34,21	34,79	33,9	37,64	35,79
T2M_MAX	1997	34,19	36,06	36,67	37,64	37,85	34,44	36,04	36,31	36,48	34,79	34,36	35,15	37,85	35,83
T2M_MAX	1998	36,28	37,69	37,83	39,69	38,89	36,18	34,5	34,62	31,19	30,1	30,2	31,62	39,69	34,90
T2M_MAX	1999	33,15	34,33	35,98	36,58	35,76	35,39	34,08	33,23	32,24	29,55	29,91	32	36,58	33,52
T2M_MAX	2000	34,69	33,5	36,42	36,81	36,23	34,34	34,81	35,93	32,17	31,57	33,6	34,39	36,81	34,54
T2M_MAX	2001	33,6	34,16	36,79	37,3	37,29	34,53	35,77	36,94	34,43	32,55	32,51	34,77	37,3	35,05
T2M_MAX	2002	34,73	34,84	36,97	36,6	37,39	32,73	32,3	34,09	32,62	31,99	33,19	35,34	37,39	34,40
T2M_MAX	2003	34,99	36,55	36,79	37,02	36,18	31,43	33,44	34,86	35,11	33,26	33,83	34,08	37,02	34,80
T2M_MAX	2004	34,59	35,21	36,31	38,22	37,24	33,62	34,69	34,39	33,53	30,94	31,78	33,37	38,22	34,49
T2M_MAX	2005	34,37	36,78	36,8	38,4	37,23	31,3	31,4	31,68	31,24	29,8	30,18	31,08	38,4	33,36
T2M_MAX	2006	33,01	34,41	36,28	37,7	37,3	33,58	32,44	33,67	33,12	33,34	32,58	34,39	37,7	34,32
T2M_MAX	2007	34,27	36,4	36,55	36,58	36,82	32,47	32,54	31,1	30,33	30,51	29,69	31,18	36,82	33,20
T2M_MAX	2008	33,05	34,76	35,77	36,62	37,02	30,93	30,32	30,61	30,51	30,15	30	30,51	37,02	32,52
T2M_MAX	2009	33,41	34,57	36,54	36,98	35,97	33,51	31,22	32,84	34,44	32,92	32,89	33,79	36,98	34,09
T2M_MAX	2010	34,98	36,08	38,08	38,01	35,57	31,53	30,89	30,42	30,55	30,52	29,97	31,62	38,08	33,19
T2M_MAX	2011	33,57	34,88	37,33	36,12	36,65	31,62	30,45	30,65	30,16	30,74	30,24	31,23	37,33	32,80
T2M_MAX	2012	32,63	33,83	37,15	36,26	35,6	31,83	32,67	33,23	31,18	31,13	31,31	33,74	37,15	33,38
T2M_MAX	2013	34,14	35,37	37,15	37,29	35,2	31,73	30,86	32,47	30,69	30	30,29	31,63	37,29	33,07
T2M_MAX	2014	32,98	35,65	35,82	37,1	35,58	33,96	35,65	35,11	32,06	30,45	29,76	31,79	37,1	33,83
T2M_MAX	2015	32,91	35,45	36,06	37,51	36,8	34,94	35,68	36,31	34,58	33,42	31,23	33,72	37,51	34,88
T2M_MAX	2016	35,24	35,73	37,08	37,23	36,86	31,27	31,45	31,94	30,88	31,12	30,41	29,96	37,23	33,26
T2M_MAX	2017	32,27	34,2	35,65	36,94	32,86	31,67	30,81	31,25	30,69	30,97	30,62	31,27	36,94	32,43
T2M_MAX	2018	32,98	33,87	36,23	36,62	36,38	30,93	32,55	33,5	33,58	31,01	31,3	32,7	36,62	33,47
T2M_MAX	2019	33,94	35,54	35,7	37,05	36,3	32,31	34,4	34,36	34,55	30,5	31,05	32,08	37,05	34,04
T2M_MAX	2020	34,3	35,48	36,4	38,1	36,94	31,23	32,44	32,81	30,84	30,25	30	30,61	38,1	33,23
T2M_MAX	2021	31,68	35,39	36,09	36,25	35,22	36,26	31,45	31,62	29,98	30,87	30,99	32,63	36,26	33,20
T2M_MAX	2022	33,8	34,62	36,62	37,32	35,04	30,36	30,88	31,3	30,6	30,78	30,9	31,55	37,32	32,81
MEDIA		34,11	35,44	36,73	37,24	36,57	33,52	33,42	33,86	32,94	32,27	32,30	33,11	37,41	34,29

Anexo 3.3: Temperatura media de la estación de Tisma (1981-2022)

TEMPERATURA MEDIA															
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN	MEDIA
T2M	1981	24,45	27,44	29,19	29,46	28,83	26,98	26,76	26,37	25,95	25,98	25,48	25,4	26,85	26,86
T2M	1982	26,55	27,89	28,95	29,77	28,33	27,59	27,36	28,59	27,7	26,73	27,05	26,92	27,78	27,79
T2M	1983	28,03	28,57	30,01	30,79	30,84	28,64	28,37	28,8	27,83	27,4	27,83	27,48	28,72	28,72
T2M	1984	27,2	28,48	29,1	29,59	29,06	27,91	27,19	27,39	26,67	26,9	26,65	26,65	27,73	27,73
T2M	1985	26,46	27,49	28,59	29,45	29,54	28,46	27,37	27,73	28,18	28,06	26,75	27,38	27,96	27,96
T2M	1986	27,21	28,08	28,52	30,29	29,26	26,98	27,24	27,8	27,31	27,34	28,03	27,47	27,96	27,96
T2M	1987	27,49	28,73	30,29	30,51	30,48	30,27	28,27	28,55	28,93	29,01	29,94	28,98	29,29	29,29
T2M	1988	28,35	28,78	29,05	30,33	30,19	27,69	27,7	26,62	25,71	26,7	27,65	27,29	28,01	28,01
T2M	1989	27,87	27,41	28,55	29,79	29,82	29,46	28,59	28,94	26,94	28,35	28,19	26,69	28,39	28,38
T2M	1990	27,83	28,12	29,12	30,24	29,25	28,05	26,99	27,72	27,35	26,56	26,77	26,67	27,88	27,89
T2M	1991	27,73	28,13	29,28	30,26	29,32	28,35	27,78	28,83	28,12	26,87	27,73	27,45	28,32	28,32
T2M	1992	27,82	28,42	29,3	30,36	29,12	27,44	26,66	27,06	26,74	27,11	27,9	27,94	27,98	27,99
T2M	1993	28,2	28,61	29,33	30,29	28,19	27,1	27,57	28,12	27,51	27,92	28,65	28,47	28,33	28,33
T2M	1994	28,04	28,48	29,4	30,01	30,43	29,15	29,55	29,14	28,55	27,35	28,4	28,72	28,94	28,94
T2M	1995	28,04	28,58	29,72	30,55	29,58	28,37	28,44	26,97	26,67	26,02	27,73	27,99	28,22	28,22
T2M	1996	27,48	28,58	29,12	30,25	29,04	29,15	27,84	28,4	28,51	27,17	27,28	27,59	28,36	28,37
T2M	1997	27,75	28,32	28,94	29,84	30,43	27,91	29,24	29,38	28,76	27,29	27,7	27,61	28,6	28,60
T2M	1998	28,7	29,42	30,44	31,2	30,39	28,82	27,85	28,07	26,56	25,89	25,54	26,01	28,23	28,24
T2M	1999	26,86	27,12	28,18	29,56	28,53	27,92	27,1	27,05	25,8	25	25,24	25,3	26,97	26,97
T2M	2000	26,06	26,9	28,46	29,8	28,74	27,53	27,96	28,17	26,3	25,97	26,94	27,65	27,55	27,54
T2M	2001	26,98	27,51	28,65	30,05	29,91	28,12	28,62	28,98	27,34	27,22	26,61	27,94	28,17	28,16
T2M	2002	27,92	28,12	29,2	30,12	29,15	27,19	27,15	27,62	27,33	26,63	26,76	27,58	27,9	27,90
T2M	2003	27,44	28,23	29,09	30,26	28,81	26,73	27,35	27,83	27,98	27,11	27	27,34	27,93	27,93
T2M	2004	27,76	28,63	29,49	30,6	29,18	27,73	27,8	28,2	26,87	26,53	25,99	26,78	27,96	27,96
T2M	2005	27,09	27,46	29,73	30,73	28,79	27,07	26,77	26,94	26,49	25,26	25,37	25,8	27,29	27,29
T2M	2006	26,48	27,25	28,69	30,23	29,31	27,07	27,13	27,61	27,28	27,37	26,62	27,79	27,74	27,74
T2M	2007	27,76	28,55	29,9	29,88	28,73	27,23	27,12	26,57	26,22	25,65	25,16	25,32	27,33	27,34
T2M	2008	26,19	27,61	28,81	29,61	28,58	26,65	25,81	26,2	26,15	25,57	25,11	25,01	26,77	26,78
T2M	2009	25,94	27,04	28,01	29,72	28,87	26,94	26,67	27,43	27,85	27,3	26,42	27,31	27,46	27,46
T2M	2010	27,3	29,19	29,76	30,37	28,63	26,81	26,26	26,45	26,08	26,25	24,95	24,25	27,18	27,19
T2M	2011	26,69	28,05	28,46	29,8	28,57	26,69	26,35	26,69	26,53	25,44	25,3	25,23	26,98	26,98
T2M	2012	26,12	27,37	28,44	29,29	28,54	27,26	27,26	27,51	26,51	26,21	25,66	27,06	27,27	27,27
T2M	2013	27,7	28,27	29	30,62	28,61	27,05	26,55	26,77	26,55	26,34	26,15	25,77	27,44	27,45
T2M	2014	26,53	27,7	29,23	30,31	29,64	28,08	29,23	28,58	26,76	26,15	25,73	25,25	27,76	27,77
T2M	2015	26,39	27,69	28,95	30,4	30,33	28,51	28,98	29,94	28,17	27,59	26,63	27,67	28,44	28,44
T2M	2016	28,07	28,52	30,2	30,58	29,65	26,98	26,85	27,37	26,67	26,51	25,88	25,6	27,74	27,74
T2M	2017	25,7	27,52	29,15	30,07	27,62	26,95	26,69	26,94	26,68	26,19	26,08	25,69	27,1	27,11
T2M	2018	26,41	27,33	28,93	29,93	28,14	26,67	27,01	27,51	27,62	26	26,69	26,3	27,37	27,38
T2M	2019	27,38	28,58	29,19	30,62	28,23	27,69	27,66	28,39	27,73	26,48	26,44	26,9	27,94	27,94
T2M	2020	27,86	29,03	29,78	30,77	29,58	26,84	26,74	26,89	27	26,19	25,82	25,04	27,62	27,63
T2M	2021	25,79	27,85	29,05	29,3	28,93	27,78	27,03	26,78	26,51	26,92	26,13	26,55	27,38	27,39
T2M	2022	27,09	28,37	29,83	30,35	28,15	26	26,61	26,82	26,55	26,6	26,08	25,44	27,31	27,32
MEDIA		27,16	28,08	29,17	30,14	29,17	27,66	27,46	27,71	27,12	26,69	26,67	26,74	27,81	27,82

Anexo 2. Hidrodinámica

Anexos 2.1: Inventario de Pozo

ID	Sitio	Este	Norte	Elev	Brocal	Nea	Nf	Uso
1	PE. Leona Cerda	607269,00	1328822,00	108,00	1,00	42,00	67,00	Agrícola
2	Yared Moran	608186,00	1329151,00	82,00	0,62	19,72	62,90	Consumo humano
3	Julia Cruz	604212,00	1330684,00	150,00	0,86	64,00	86,86	Consumo humano
4	Zoila Castro	608294,00	1329801,00	75,00	0,80	17,96	57,84	Consumo humano
5	Luz Puerta	610172,00	1329810,00	57,00	0,60	5,39	52,21	Consumo humano
6	Aldo Barahona	610796,00	1329155,00	58,00	0,50	5,10	53,40	Consumo humano
7	Luz Ordeñana	609912,00	1328223,00	65,00	0,50	11,43	54,07	Consumo humano
8	Edenia	608944,00	1328730,00	68,00	0,66	14,92	53,74	Consumo humano
9	Hda Los Tololos	608989,00	1329790,00	62,00	146,16	6,24	201,92	Agrícola
10	Comunidad Santa Clara	609109,00	1328274,00	70,00	44,69	16,27	98,42	Consumo humano
11	Pozo FAE	609000,00	1328027,00	61,00	67,00	16,39	111,61	Agrícola

Anexo 3. Datos hidráulicos del pozo FAE-UNI

DATOS HIDRAULICOS FINCA AGRICOLA EXPERIMENTAL DE LA UNI	
CAUDAL DE DISEÑO (Q)	266 gpm
	60.41 m ³ /h
	16780.22 cm ³ /s
Porcentaje área abierta	15.00 %
Diámetro	10.00 Plg
factor de conversión	4.37 factor
Tipo de Rejilla	Ranurada
Abertura de ranura de rejilla	1.5 mm
Capacidad específica (C.E.)	2.77 GPM/Pie
NEA	49 pies
	14.94 m

Fuente: BOMBASA DE NICARAGUA

Anexo 3.1: Velocidad crítica del diseño del pozo

REVISION POR VELOCIDAD CRITICA DE DISEÑO	
Diámetro de rejilla	10 PLG
No. De abertura (Slot)	80 milésima de plg
Abertura en milímetros (Slot)	2.0 mm
Área abierta por pie lineal (Según tabla)	114 Plg ² / Pie
Área abierta total de la rejilla	6840.00 PLg ²
	44118 cm ²
Capacidad transmisora de rejilla	35.34 GPM / PIE
	0.44 m ³ /min/m

Velocidad crítica de diseño	3	cm/s
Velocidad de acceso en la rejilla en análisis	0.26	cm/s
Estado de análisis en las rejillas	correcto	

Fuente: BOMBASA DE NICARAGUA

Anexo 3.2: Volumen de grava requerida del pozo

CALCULO DE VOLUMEN DE GRAVA REQUERIDO PARA POZO		
$V = (D^2 - d^2) * h * 0.000152$		
V1= Volumen 1 de grava en m ³	3	m ³
D1= Diámetro externo 1 en plg	18.50	PLG
d1= Diámetro interno 1 en plg	10	PLG
h1= Altura 1 en pies	250	Pies
Factor de conversión	0.000152	
Sumatoria de volúmenes	9.2055	m ³
% de desperdicio	35	%
Volumen total	4	m ³

Fuente: BOMBASA DE NICARAGUA

Anexo 4. Características Hidráulicas del pozo

Anexo 4.1: Prueba de bombeo

Prueba de Bombeo								
Lugar:	FINCA FAE-UNI							
Fecha:	15/9/2024							
Coordenadas:	860005E	120047	Elevación (msnm):50					
NEA (m):	16.67	Brocal(m):						
Q (m³/d):	938.45	Q(m³/h):		39.102078				
Hora Inicio:	08:40:00 a. m.		Hora Finaliza:		20:40:00			
Date/time	Nivel del agua (m)	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Abatimiento (m)	Δs(m)	s (m)	Caudal (GPM)	Caudal (m³/d)
08:40:00 a. m.	16.67	0	0	0.00	0	0		
08:41:00 a. m.	20.00	1	1	3.33	3.33	3.33		
08:42:00 a. m.	24.20	1	2	7.53	4.20	0.87	172.18	938.45
08:43:00 a. m.	26.50	1	3	9.83	2.30	-1.90		
08:44:00 a. m.	27.80	1	4	11.13	1.30	-1.00		
08:45:00 a. m.	28.40	1	5	11.73	0.60	-0.70		
08:46:00 a. m.	28.90	1	6	12.23	0.50	-0.10		
08:47:00 a. m.	29.40	1	7	12.73	0.50	0.00		
08:48:00 a. m.	29.70	1	8	13.03	0.30	-0.20		
08:49:00 a. m.	29.70	1	9	13.03	0.00	-0.30		
08:50:00 a. m.	30.10	1	10	13.43	0.40	0.40	165.1	899.86
08:52:00 a. m.	30.20	2	12	13.53	0.10	-0.30		
08:54:00 a. m.	30.20	2	14	13.53	0.00	-0.10		
08:56:00 a. m.	29.76	2	16	13.09	-0.44	-0.44		
09:00:00 a. m.	29.76	2	20	13.09	0.00	0.00	165.1	899.86
09:03:00 a. m.	29.76	3	23	13.09	0.00	0.00		
09:06:00 a. m.	29.76	3	26	13.09	0.00	0.00		
09:09:00 a. m.	29.76	3	29	13.09	0.00	0.00		
09:15:00 a. m.	29.76	3	35	13.09	0.00	0.00		
09:20:00 a. m.	29.79	5	40	13.12	0.03	0.03	168.61	918.99
09:25:00 a. m.	29.87	5	45	13.20	0.08	0.05		
09:30:00 a. m.	29.87	5	50	13.20	0.00	-0.08		
09:35:00 a. m.	29.90	5	55	13.23	0.03	0.03		
09:40:00 a. m.	29.94	5	60	13.27	0.04	0.01	170.18	927.55
09:50:00 a. m.	30.00	10	70	13.33	0.06	0.02		
10:00:00 a. m.	30.10	10	80	13.43	0.10	0.04		
10:10:00 a. m.	30.11	10	90	13.44	0.01	-0.09		
10:20:00 a. m.	30.13	10	100	13.46	0.02	0.01		
10:30:00 a. m.	30.17	10	110	13.50	0.04	0.02		
10:50:00 a. m.	30.20	20	130	14	0	0	163.4	890.60
11:10:00 a. m.	30.28	20	150	13.61	0.08	0.05		
11:30:00 a. m.	30.28	20	170	13.61	0.00	-0.08		
11:50:00 a. m.	30.30	20	190	13.63	0.02	0.02		
12:10:00 p. m.	30.35	20	210	13.68	0.05	0.03		
12:40:00 p. m.	30.36	30	240	13.69	0.01	-0.04	161.7	881.33
01:40:00 p. m.	30.26	30	300	13.59	0.09	0.28	165.1	899.86
02:10:00 p. m.	30.30	30	330	13.63	0.04	-0.05		
03:10:00 p. m.	30.19	60	390	13.52	-0.11	-0.15		
04:10:00 p. m.	30.23	60	450	13.56	0.04	0.15	166.84	909.34
05:10:00 p. m.	30.23	60	510	13.56	0.00	-0.04		
06:10:00 p. m.	30.23	60	570	13.56	0.00	0.00	170.43	928.91
07:10:00 p. m.	30.23	60	630	13.56	0.00	0.00	170.43	928.91
08:10:00 p. m.	30.23	60	690	13.56	0.00	0.00	168.62	919.05
08:40:00 p. m.	30.23	30	720	13.56	0.00	0.00	169.63	924.55
								Fin de la prueba

Anexo 4.2: Recuperación del Pozo en estudio

Prueba de Bombeo				
Lugar:				
Fecha:	15/9/2024			
Coordenadas:		Elevación (msnm):		
NEA (m):	16.67	Brocal(m):		
Q (m3/d):	938.45	Tiempo de bombeo (min):		
Hora Inicio:	15/9/2024 20:40	Hora Finaliza:		
Hora	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo (min)	ND (m)	Ascenso (m)
20:40:00	0	0	33.19	0
20:42:00	2	2	22.1	11.09
20:44:00	2	4	19.72	13.47
20:46:00	2	6	19.7	13.49
20:48:00	2	8	18.9	14.29
20:50:00	2	10	18.7	14.49
20:52:00	2	12	18.7	14.49
20:54:00	2	14	18.5	14.69
20:56:00	2	16	18.4	14.79
20:58:00	2	18	18.2	14.99
21:00:00	2	20	18	15.19
21:05:00	5	25	17.9	15.29
21:10:00	5	30	17.7	15.49
21:15:00	5	35	17.6	15.59
21:20:00	5	40	17.6	15.59
21:25:00	5	45	17.6	15.59
21:30:00	5	50	17.6	15.59
21:35:00	5	55	17.5	15.69
21:40:00	5	60	17.5	15.69
				94.98
				% de recuperación

Anexo 4.3: Prueba de infiltración

Lugar: FINCA			
FAE UNI			
Coordenadas		Y: 120047	
X: 860005E			
Elevación		50	
(m.s.n.m):			
Hora de inicio:	12:30:00	Hora de finalización:	13:30:00
Carga (cm):			
Levantamiento:			

Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltracion acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
12:30:00 p. m.	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12:33:00	1	1,00	5,20	3,30	3,30	3,30
12:34:00	1	2,00	6,70	1,50	4,80	4,80
12:34:00	1	3,00	8,50	1,80	5,10	1,80
12:35:00	1	4,00	10,00	1,50	6,60	1,50
12:36:00	1	5,00	11,50	1,50	8,10	1,50
12:37:00	1	6,00	12,90	1,40	9,50	1,40
12:38:00	1	7,00	14,00	1,10	10,60	1,10
12:39:00	1	8,00	15,40	1,40	12,00	1,40
12:40:00	1	9,00	16,50	1,10	13,10	1,10
12:41:00	1	10,00	17,80	1,30	14,40	1,30
12:43:00	1	11,00	19,00	1,20	15,60	1,20
12:45:00	2	13,00	21,40	2,40	18,00	1,20
12:47:00	2	15,00	24,20	2,80	20,80	1,40
12:49:00	2	17,00	26,00	1,80	22,60	0,90
12:51:00	2	19,00	28,00	2,00	24,60	1,00
12:54:00	2	21,00	30,20	2,20	26,80	1,10
12:57:00	3	24,00	32,30	2,10	28,90	0,70
13:00:00	3	27,00	34,30	2,00	30,90	0,67
13:03:00	3	30,00	37,60	3,30	34,20	1,10
13:06:00	3	33,00	40,70	3,10	37,30	1,03
13:09:00	3	36,00	43,80	3,10	40,40	1,03
13:14:00	3	39,00	46,50	2,70	43,10	0,90
13:19:00	5	44,00	50,70	4,20	47,30	0,84
13:24:00	5	49,00	55,00	4,30	51,60	0,86
13:29:00	5	54,00	58,60	3,60	55,20	0,72
12:30:00	5	59,00	62,40	3,80	59,00	0,76

Anexo 4.4: Balance hídrico del suelo

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	%
P (mm)	1,01	2,89	3,38	18,25	137,32	155,62	79,26	128,95	213,00	194,95	72,23	5,77	1012,64	100,00
Ret [mm]	1,01	2,89	3,38	5,00	16,48	18,67	9,51	15,47	25,56	23,39	8,67	5,00	135,05	
Pi (mm)	0,00	0,00	0,00	12,21	111,39	126,24	64,29	104,60	172,78	158,14	58,59	0,71	808,96	79,89
ESC (mm)	0,00	0,00	0,00	1,04	9,45	10,71	5,45	8,87	14,66	13,42	4,97	0,06	68,63	
ETP (mm)	153,00	154,50	193,01	190,99	185,91	161,91	167,99	170,68	157,87	149,65	141,40	144,90	1971,80	194,72
HSi (mm)	48,60	48,60	48,60	48,60	48,60	67,04	72,90	53,19	72,46	72,90	72,90	60,79		
C1	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,53		
C2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00		
HD (mm)	0,00	0,00	0,00	12,21	111,39	144,67	88,59	109,20	196,64	182,44	82,89	12,91		
ETR (mm)	0,00	0,00	0,00	12,21	92,95	80,95	84,00	85,34	157,87	149,65	70,70	12,91	746,58	73,73
HSf (mm)	48,60	48,60	48,60	48,60	67,04	72,90	53,19	72,46	72,90	72,90	60,79	48,60		
DCC (mm)	24,30	24,30	24,30	24,30	5,86	0,00	19,71	0,44	0,00	0,00	12,11	24,30		
Rp (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,42	0,00	0,00	14,47	8,49	0,00	0,00	62,38	6,16
NR (mm)	177,30	178,80	217,31	203,08	98,82	80,95	103,70	85,78	0,00	0,00	82,80	156,30	1384,84	

Anexo 4.5: Balance Hidrogeológico

Sitio	Recarga Directa (m³/mes)	Escurrimiento Subterráneo (m³/mes)	Disponibilidad Potencial (m³/mes)	Disponibilidad MMC mensual	Demanda MMC mensual	Volumen no utilizado MMC mensual
Enero	0.000000	769383.02	769383.02	0.77	0.0242	0.75
Febrero	0.000000	694926.60	694926.60	0.69	0.0219	0.67
Marzo	0.000000	769383.02	769383.02	0.77	0.0242	0.75
Abril	0.000000	744564.21	744564.21	0.74	0.0235	0.72
Mayo	0.000000	769383.02	769383.02	0.77	0.0242	0.75
Junio	579079.800000	744564.21	1323644.01	1.32	0.0235	1.30
Julio	0.000000	769383.02	769383.02	0.77	0.0242	0.75
Agosto	0.000000	769383.02	769383.02	0.77	0.0242	0.75
Septiembre	212564.300000	744564.21	957128.51	0.96	0.0235	0.93
Octubre	124718.100000	769383.02	894101.12	0.89	0.0242	0.87
Noviembre	0.000000	744564.21	744564.21	0.74	0.0235	0.72
Diciembre	0.000000	769383.02	769383.02	0.77	0.0242	0.75
TOTAL	916,362.200000	9,058,864.56	9,975,226.76	9.98	0.2854	9.69

Anexo 4.5.1: Recarga Directa

MES	Recarga (m/mes)	Recarga Directa (m³/mes)	Recarga Mm3
Enero	0.00000	0.0	0.0
Febrero	0.00000	0.0	0.0
Marzo	0.00000	0.0	0.0
Abril	0.00000	0.0	0.0
Mayo	0.00000	0.0	0.0
Junio	0.03942	579079.8	0.6
Julio	0.00000	0.0	0.0
Agosto	0.00000	0.0	0.0
Septiembre	0.01447	212564.3	0.2
Octubre	0.00849	124718.1	0.1
Noviembre	0.00000	0.0	0.0
Diciembre	0.00000	0.0	0.0
TOTAL/ Anual	0.0624	916,362	0.92

Anexo 4.5. Demanda Mensual de la finca

Demanda de agua FAE-UNI		
Mes	Demanda m3/mes	Demanda Mm3
Enero	24242.000	0.024242
Febrero	21896.000	0.021896
Marzo	24242.000	0.024242
Abril	23460.000	0.02346
Mayo	24242.000	0.024242
Junio	23460.000	0.02346
Julio	24242.000	0.024242
Agosto	24242.000	0.024242
Septiembre	23460.000	0.02346
Octubre	24242.000	0.024242
Noviembre	23460.000	0.02346
Diciembre	24242.000	0.024242
TOTAL	285430.000	0.28543

Anexo 5. Análisis Hidroquímica del área en estudio

Anexo 5.1: Análisis Físico-químico del área en estudio- 1



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A
LAQUISA



Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
ONA
Oficina Nacional de Acreditación
Laboratorio de Ensayo
Código de Acreditación: LE-010-13-R2

LAQUISA-RT-FM-68-E

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente:	Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)	Lugar de muestreo:	Pozo Perforado, Finca: UNI
Dirección:	De la comunidad Santa Clara 500 metros al Sur, Finca UNI/Masaya	Municipio/Depto.:	Comunidad: Santa Clara, Masaya/Masaya
Nombre de muestra:	Agua para sistema de Fertirriego	Fecha muestreo:	2024/01/16
Descripción muestra:	Agua de Riego	Fecha de realización de ensayo:	2024/01/17-2024/01/30
Fecha ingreso:	2024/01/16	Fecha de emisión:	2024/01/30
Ref. laboratorio:	AG-0080-24	Muestreado por:	Cliente
Número de muestreo:	-		

Análisis	Método	Unidad	Resultado
*Sodio	ISO 11885:2017	mg/l	50,25
*Potasio	ISO 11885:2017	mg/l	12,83
*Calcio	ISO 11885:2017	mg/l	20,51
*Magnesio	ISO 11885:2017	mg/l	4,44
Carbonatos	SMEWW 2320 B	mg/l	ND (<-2,4)
Bicarbonatos	SMEWW 2320 B	mg/l	217,40
*Sulfatos	SMEWW 4500 SO4 E	mg/l	0,84
Cloruros	SMEWW 4500 Cl B	mg/l	6,65
*pH	SMEWW 4500 H B	-	8,16
*Conductividad Eléctrica	SMEWW 2510 B	µS/cm	383,70

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida, de los ítems sometidos a ensayo y el cliente de la información proporcionada. Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Clasificación Agua de Riego: C2S1
Agua de salinidad media (C2), puede usarse con un grado moderado de lavado. Sin excesivo control de salinidad se pueden cultivar, en la mayoría de los casos, para las plantas moderadamente tolerantes a las sales. Agua baja en sodio (S1), puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable.

ND: No Detectado.
NC: No Cuantificado.



Lic. Indiana Lucia Acosta López
Vice-Directora Ejecutiva



Lic. Vanessa Raquel Narváez Martínez
Resp. de Agua



Página 1 de 3

Para verificar los ensayos dentro del alcance de acreditación, escanear el siguiente código QR.

 Km 83 Carretera Managua-León repcionlaquisa@gmail.com / resultadoslaquisa@gmail.com 2310 - 2583 / 8854 - 2550

Anexo 5.2: Análisis Físico-químico del área en estudio- 2



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A
LAQUISA



Ministerio de Energía, Industria y Comercio
ONA
Oficina Nacional de Acreditación
Laboratorio de Ensayo
Código de Acreditación: LE-018-13-02

LAQUISA-RT-FM-68-E

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente:	Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)	Lugar de muestreo:	Pozo Perforado, Finca: UNI
Dirección:	De la comunidad Santa Clara 500 metros al Sur, Finca UNI/Masaya	Municipio/Depto.:	Comunidad: Santa Clara, Masaya/Masaya
Nombre de muestra:	Agua para sistema de Fertiliriego	Fecha muestreo:	2024/01/16
Descripción muestra:	Agua de Riego	Fecha de realización de ensayo:	2024/01/17-2024/01/30
Fecha ingreso:	2024/01/16	Fecha de emisión:	2024/01/30
Ref. laboratorio:	AG-0080-24	Muestreado por:	Cliente
Número de muestreo:	-		

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Fosfatos	SMEWW 4500-P E	mg/l	NC (<0,21)
*Boro	ISO 11885:2017	mg/l	ND (<0,005)
Nitratos	NMX-AA-079-SCFI-2001	mg/l	9,74
*Nitritos	SMEWW 4500 NO2 B	mg/l	ND(<0,007)
Sólidos Totales	SMEWW 2540 B	mg/l	291,61
Dureza Como Carbonato de Calcio	SMEWW 2340 C	mg/l	69,51
Relación de Absorción de Sodio (RAS)	Calculado	-	2,62
Porcentaje de Sodio	Calculado	%	61,02

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida, de los ítems sometidos a ensayo y el cliente de la información proporcionada. Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Clasificación Agua de Riego: C2S1
Agua de salinidad media (C2), puede usarse con un grado moderado de lavado. Sin excesivo control de salinidad se pueden cultivar, en la mayoría de los casos, para las plantas moderadamente tolerantes a las sales. Agua baja en sodio (S1), puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable.

*ND: No Detectado.
NC: No Cuantificado.*



Lic. Indiana Lucia Acosta López
Vice-Directora Ejecutiva



Lic. Vanessa Raquel Narváez Martínez
Resp. de Agua



Para verificar los ensayos dentro del alcance de acreditación, escanear el siguiente código QR.

Página 2 de 3

Anexo 5.3: Análisis Físico-químico del área en estudio- 3



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A
LAQUISA



Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
ONA
Oficina Nacional de Acreditación
Laboratorio de Ensayo
Código de Acreditación: LE-016-13-02

LAQUISA-RT-FM-68-E

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente:	Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)	Lugar de muestreo:	Pozo Perforado, Finca: UNI
Dirección:	De la comunidad Santa Clara 500 metros al Sur, Finca UNI/Masaya	Municipio/Depto.:	Comunidad: Santa Clara, Masaya/Masaya
Nombre de muestra:	Agua para sistema de Fertilirriego	Fecha muestreo:	2024/01/16
Descripción muestra:	Agua de Riego	Fecha de realización de ensayo:	2024/01/17-2024/01/30
Fecha ingreso:	2024/01/16	Fecha de emisión:	2024/01/30
Ref. laboratorio:	AG-0080-24	Muestreado por:	Cliente
Número de muestreo:	-		

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Carbonato de Sodio Residual (RSC)	Calculado	-	2,17
Porcentaje de Sodio Intercambiable	Calculado	-	2,53

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida, de los ítems sometidos a ensayo y el cliente de la información proporcionada. Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

*Clasificación Agua de Riego: C2S1
Agua de salinidad media (C2), puede usarse con un grado moderado de lavado. Sin excesivo control de salinidad se pueden cultivar, en la mayoría de los casos, para las plantas moderadamente tolerantes a las sales. Agua baja en sodio (S1), puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable.*

ND: No Detectado.
NC: No Cuantificado.



Lic. Indiana Lucia Acosta López
Vice-Directora Ejecutiva



Lic. Vanessa Raquel Narváez Martínez
Resp. de Agua

.....Fin del Informe de Análisis.....



Para verificar los ensayos dentro del alcance de acreditación, escanear el siguiente código QR.

Página 3 de 3

Km 83 Carretera Managua-León recepcionlaquisa@gmail.com / resultadoslaquisa@gmail.com 2310 - 2583 / 8854 - 2550

Fuente: LAQUISA

Anexo 5.4: Análisis Bacteriológico



Programa de Investigación,
Estudios Nacionales y
Servicios del Ambiente

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

MB-2405-133.01
LA-PT-09.RT01

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO	
Dana Raquel García Pérez-William Fco Areas		Finca -UNI, Masaya		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Dana Raquel García		Estudiantes	danagarcia22@gmail.com	NR	
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA		
Fecha y Hora de recolección	07/05/2024; 05:45 A.m.		Fecha de	ingreso de muestra	07/05/2024
Fuente	Pozo			Inicio de análisis	07/05/2024
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable			Finalización de análisis	10/05/2024
Ubicación de la fuente	Pozo FAE-UNI, La comunidad La Bolsa, Masaya			Emisión del informe de resultados	16/05/2024
Coordenadas	608996 E; 13280.50N		No. Cadena de custodia	6441	
Recolectada por	NR		Código de muestra	LA-2404-0546	
Supervisor en campo	Josué Acosta		Muestra No.	Uno (01)	
METODO SM /EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS		Norma CAPRE ¹
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	39.0		Negativo
9221-E	Coliforme Faecal	NMP/100mL	Negativo		Negativo
9221-F	<i>E. Coli</i>	NMP/100mL	Negativo		NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional

Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MH= Metodología Hach

EPA = Environmental Protection Agency, ¹Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, **Valor recomendado.

‡Ensayos subcontratados en el laboratorio.

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente, e la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.


MSc. Ina Xochil Barahona
Coordinadora Laboratorio Ambiental
.....Fin del informe.....

fol. 240858

Pág. 1/1

Fuente: LABORATORIO PIENSA UNI

Anexo 5.5: Análisis de Metales Pesado



Programa de Investigación,
Estudios Nacionales y
Servicios del Ambiente

INFORME DE ENSAYO DE MICROPOLUENTES

MP-2405-0118-01
LA-PT-00.RT01

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Dana Raquel García Pérez-William Fco Areas		Finca -UNI, Masaya		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Dana Raquel García		Estudiantes	danagarcia22@gmail.com	NR
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	07/05/2024 ;5:45 p.m		Ingreso de muestra	07/05/2024
Fuente	Pozo		Inicio de análisis	08/05/2024
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Subterránea /Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	16/05/2024
Ubicación de la fuente	Pozo FAE-UNI, La Comunidad LA Bolsa, Masaya		Emisión del informe de resultados	17/05/2024
Coordenadas	608998 E:13280.50 N		No. Cadena de custodia	6441
Recolectada por	NR		Código de muestra	LA-2405-0546
Supervisor en campo	Josue Acosta		Muestra No.	Uno(01)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE ¹
G.H	Arsénico	mg/L	<0.002	0.01
8149	Manganeso	mg/L	<0.006	0.5
3500-B	Cromo Total	mg/L	0.005	0.05

Rango o valor
máximo permisible
o
recomendado

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MH= Metodología Hech
EPA = Environmental Protection Agency, ¹ Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, **Valor recomendado.

‡Ensayos subcontratados en el laboratorio.

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el Cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que puede afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo. Una vez recibido los informes de ensayo, la validez de su reclamo es de 28 días calendario.

MSc. Ing. Xochitl Barahona
Coordinadora Laboratorio Ambiental

fol. 240857

Fuente: LABORATORIO PIENSA UNI

Anexo 6. Fotos de etapa de campo
Anexo 6.1. Prueba de bombeo



a: Medición del nivel estático del pozo, b: Medición de los niveles dinámico del pozo,
c: Medición de recuperación del pozo

Anexo 6.2 Prueba de Infiltración

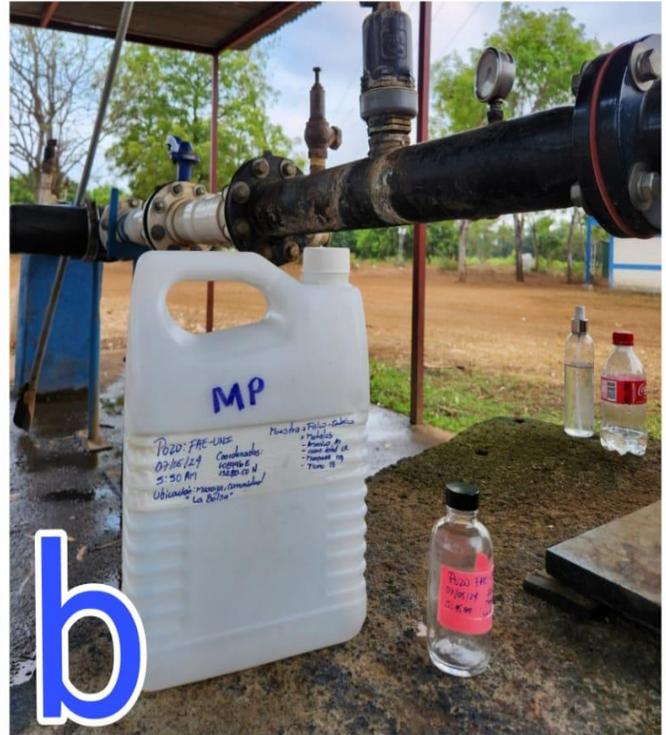


a: Realización del hueco para prueba de infiltración, b: llenado de agua del permeámetro, C: Medición de infiltración

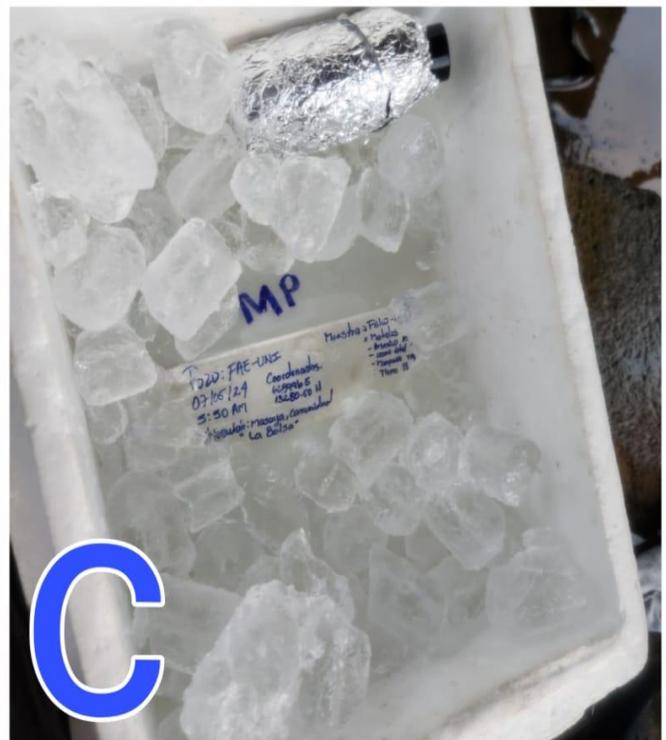
Anexo 6.3. Muestreo para los análisis hidroquímicos



a



b



c

a: Recopilación de muestra para análisis de bacteriológicos y metales b: Muestra para análisis bacteriológico y metales, C: Preservación en frío