



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN
EN RECURSOS ACUÁTICOS
DE NICARAGUA

CIRA/UNAN-MANAGUA



Trabajo de Tesis
Para optar al grado de
Máster en Ciencias del Agua

**DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL HIDROLÓGICO PARA APROVECHAMIENTO Y
MANEJO SOSTENIBLE EN LA MICROCUENCA LOS CAJONES**

Autor: Arq. Edgard Bayardo López Rodríguez

Tutor: MSc. Enoc Castillo

Asesor: MSc. Harvin Bonilla

Asesor: MSc. Osnar Mondragón

Managua, 15 de febrero de 2020

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Área de Estudio	4
1.2	Antecedentes.....	4
1.3	Objetivo General y Específico.....	7
1.3.1	Objetivo General	7
1.3.2	Objetivos Específicos	7
1.4	Planteamiento del Problema.....	7
1.5	Justificación	8
II.	MARCO TEÓRICO	9
2.1	CLIMATOLOGÍA	9
2.2	EDAFOLOGÍA.....	10
2.3	COBERTURA DE LA TIERRA	11
2.4	GEOMORFOLOGÍA	12
2.5	GEOLOGÍA.....	14
2.6	HIDROLOGÍA	15
2.7	HIDROGEOLOGÍA	15
2.8	HIDROQUÍMICA	16
2.9	BALANCE HÍDRICO	17
III.	METODOLOGÍA	21
3.1	Proceso de Recopilación y Análisis de la Información	21
3.2	Trabajo de Campo	25
3.3	Elaboración y Presentación Sistema SIG	27
3.4	Elaboración de Diagnóstico y Resultado	27
IV.	CARACTERIZAR EL MEDIO FÍSICO E HIDROQUÍMICO EN LA MICROCUENCA	28
4.1	ASPECTOS SOCIOECONOMICOS	28
4.2	CLIMA	30
4.3	EDAFOLOGÍA.....	37
4.4	COBERTURA Y USO DE LA TIERRA	41
4.5	GEOMORFOLOGÍA	44

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

4.6 GEOLOGÍA.....	47
4.7 HIDROLOGÍA	54
4.8 HIDROGEOLOGÍA	63
4.9 HIDROQUÍMICA	68
V. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	86
5.1 APOORTE PLUVIOMÉTRICO	86
5.2 ESTADO ACTUAL DE LA MICROCUENCA.....	87
5.3 OBRAS HIDRÁULICAS	89
5.4 USO Y APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO	103
5.5 BALANCE HÍDRICO	107
VI. PROPUESTA DE MEDIDAS DE MANEJO SOSTENIBLE	112
6.1 Medidas de Manejo Sostenible	112
6.2 Involucramiento de Instituciones en Medidas de Manejo Sostenible.....	119
6.3 Proyección de Acción de Medidas de Manejo Sostenible	119
VII. CONCLUSIONES.....	120
VIII. RECOMENDACIONES.....	121
IX. LISTA DE REFERENCIA	122
X. ANEXOS.....	126

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.	Análisis de Muestra de Agua.....	23
Tabla 2.	Precipitación Media Mensual y Anual (Período 1998-2017).....	30
Tabla 3.	Temperatura Media Mensual y Anual (Período 1998-2017).....	32
Tabla 4.	Evaporación Media Mensual y Anual (Período 1998-2017)	33
Tabla 5.	Evapotranspiración Potencial Mensual y Anual (Período 1998-2017).....	34
Tabla 6.	Velocidad de Infiltración y Tipo de Textura.....	37
Tabla 7.	Velocidad de Infiltración y Tipo de Textura.....	38
Tabla 8.	Resumen Balance Hídrico de Suelo.....	39
Tabla 9.	Área y Porcentaje de Cobertura y Uso de la Tierra.....	41
Tabla 10.	Rango de Dirección de Fractura	52
Tabla 11.	Parámetros Morfométricos.....	54
Tabla 12.	Transmisividad en Medio Hidrogeológico.....	64
Tabla 13.	Parámetro Físico Químico Superficial, Época Lluviosa.....	70
Tabla 14.	Parámetro Físico Químico Superficial, Época Seca.....	71
Tabla 15.	Aniones y Cationes Predominantes	73
Tabla 16.	Plaguicidas Organoclorados	76
Tabla 17.	Plaguicidas Organofosforados	77
Tabla 18.	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	77
Tabla 19.	Metales Pesados.....	79
Tabla 20.	Bacteriología	80
Tabla 21.	Parámetro Físico Químico Subterráneo, Época Lluviosa.....	84
Tabla 22.	Parámetro Físico Químico Subterráneo, Época Seca.....	85
Tabla 23.	Flujo de Agua Descarga Trasvase (Medición en Campo)	96
Tabla 24.	Matriz de Objetivos Ambientales.....	103
Tabla 25.	Proyección de Demanda de Agua.....	104
Tabla 26.	Uso y Aprovechamiento de Agua Subterránea	105
Tabla 27.	Balance Hídrico de la Microcuenca	110
Tabla 28.	Propuestas y Estrategias	112

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

Tabla 29. Integración Transeccional entre Agua para Naturaleza y de Aprovechamiento.....	115
Tabla 30. Volumen y Cota Específica en Reservorios	115
Tabla 31. Involucramiento de Instituciones	119
Tabla 32. Plan de Acción	119

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	3
Figura 2.Comportamiento de la Precipitación Media Mensual (Período 1998-2017)	31
Figura 3. Comportamiento de la Temperatura Media Mensual	33
Figura 4. Comportamiento de la Evaporación Media Mensual.....	34
Figura 5. Comportamiento de Evapotranspiración Potencial	35
Figura 6. Mapa Edafológico	36
Figura 7. Prueba de Infiltración El Jobal.....	38
Figura 8. Equipo Guelph Permeameter.....	38
Figura 9. Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra	40
Figura 10. Mapa Geomorfológico.....	43
Figura 11. Mapa Geológico	46
Figura 12.Arenisca meteorizada con lutita, formación Masachapa, en 555207E – 1314347N	47
Figura 13. Conglomerado de roca, formación El Fraile, en 551733E – 1310607N	48
Figura 14. Lito Estratigráfica Local.....	49
Figura 15. Perfil Geológico Longitudinal.....	50
Figura 16. Perfil Geológico Transversal	50
Figura 17. (a) Roseta de fractura La Cerceta. (b) Roseta de fractura El Lagarto. (c) Roseta de fractura Salida Trasvase, Formación Masachapa	52
Figura 18. Roseta de fractura El Jícara, Formación El Fraile	53
Figura 19. Mapa de Orden de Río.....	55
Figura 20. Curva Hipsométrica.....	58
Figura 21. Mapa de Pendiente	59

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

Figura 22.	Flujo El Lagarto (septiembre 2017-junio 2018)	60
Figura 23.	Flujo Los Cajones (septiembre 2017-junio 2018).....	61
Figura 24.	Monitoreo Flujo Río Los Cajones	61
Figura 25.	Punto de Monitoreo Flujo El Lagarto	61
Figura 26.	Mapa Hidrogeológico	62
Figura 27.	Mapa Hidrodinámico	65
Figura 28.	Levantamiento de Nivel Estático de Agua en Pozo.....	66
Figura 29.	Hidroquímica Superficial	67
Figura 30.	Medición de Parámetro en Reservorio El Júcaro	71
Figura 31.	Diagrama de Piper	74
Figura 32.	Clasificación del Agua Superficial para Riego.....	75
Figura 33.	Mapa de Inventario de Pozo	81
Figura 34.	Tendencia Multianual de Precipitación (Montelimar, 1998 – 2017).....	86
Figura 35.	Mapa de Unidades Hidrológicas	88
Figura 36.	Relación Elevación-Volumen	89
Figura 37.	Comportamiento de Volumen de Agua	90
Figura 38.	Medición de Niveles, Época Lluviosa.....	90
Figura 39.	Medición de Niveles, Época Seca.....	90
Figura 40.	Mapa Reservorio La Cerceta	91
Figura 41.	Relación Elevación-Volumen	92
Figura 42.	Flujo Río Jesús Período 2015 - 2017	93
Figura 43.	Curva de Permanencia de Caudal del Período 2015 - 2017	94
Figura 44.	Relación Elevación-Volumen	94
Figura 45.	Presa La Gallina.....	95
Figura 46.	Bomba y Línea de Conducción	95
Figura 47.	Comportamiento de Volumen de Agua	97
Figura 48.	Mapa Reservorio El Lagarto.....	98
Figura 49.	Relación Elevación-Volumen	99
Figura 50.	Toma Guanacaste.....	100
Figura 51.	Área de Cultivo.....	100

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

Figura 52.	Comportamiento de Volumen de Agua	101
Figura 53.	Mapa Reservorio El Júcaro	102
Figura 54.	Extracción de Agua Subterránea	106
Figura 55.	Mapa de Medida de Manejo Sostenible	111
Figura 56.	Proyección de Tiempo Bombeado vs Volumen Acumulado.....	114

RESUMEN

Este estudio principalmente hidrológico se conceptualiza con la evaluación de parámetros hídricos, basados en la recuperación de niveles de agua de tres reservorios: La Cerceta, El Lagarto y El Jícara, pertenecientes a la microcuenca Los Cajones de gran potencial ecológico y de aprovechamiento, especialmente para la agricultura con el cultivo de caña de azúcar.

Sin embargo, la variabilidad climática representa una seria amenaza en la recarga de agua en cada reservorio, por consiguiente, el Ingenio Montelimar logró contrarrestar esta problemática mediante un trasvase de agua proveniente desde el Río Jesús.

Dada la importancia de contar con información detallada de la condición actual del recurso superficial y llevarlo a un enfoque de manejo sostenible, se realizó el balance hídrico indicando ser positivo con $4.03 \text{ Mm}^3/\text{año}$. A partir de este resultado se determinó que: el volumen superficial por precipitación es de $2.4 \text{ Mm}^3/\text{año}$, considerado insuficiente. Esta cantidad equivale a 45% de la capacidad total de almacenamiento de los reservorios.

El flujo trasvasado fue de $1.63 \text{ Mm}^3/\text{año}$, el cual provee de una mayor cantidad de agua superficial y beneficia una mejor regulación transectorial entre agua para la naturaleza y de aprovechamiento. Por tanto, lo disponible para irrigación es de $1.57 \text{ Mm}^3/\text{año}$.

Otro análisis esencial lo constituyó la mezcla de agua entre Río Jesús y El Lagarto, es decir, no presentó limitaciones significativas con respecto al carácter hidroquímico, por tanto, se evidencia el predominio de aguas tipo bicarbonatadas-cálcicas ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$) en ambos recursos superficiales.

A partir del volumen generado y de aprovechamiento, se proponen medidas pensadas para ser una fuente de inspiración y para discusión entre actores claves en el manejo sostenible del recurso superficial en cada reservorio, como son: medida de conservación, hidro – manipulación, prevención y monitoreo continuo.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país especialmente privilegiado en cuanto a recursos hídricos, cuenta con 27,056.0 m³/per cápita/año, muy por encima del promedio de otros países Centroamericanos [Global Water Partnership (GWP Centroamérica), 2017]; sin embargo, existen áreas de escasez hídricas debido a la distribución irregular y estacional de la precipitación. De acuerdo con datos obtenidos la vertiente del Caribe tiene un escurrimiento de 48,404 Mm³/año y el Pacífico de 3,479.3 Mm³/año (GWP Centroamérica, 2016).

Económicamente la zona del Pacífico es la más importante del país, debido a que gran parte de la agricultura e industria se efectúan en esta; también está situada la capital y otras ciudades importantes. Según, Banco Central de Nicaragua (BCN, 2017) afirma que el país presentó un crecimiento económico de 4.9 % impulsado principalmente por la actividad agropecuaria, donde mayores aportes provinieron de la agricultura (0.77 %).

La agricultura de esta zona ha sido históricamente vinculada con la disponibilidad y calidad de agua superficial como subterránea; además de poseer suelos de mayor fertilidad del país. Por esta razón, a inicio del año 1980, el Ingenio Montelimar comenzó a cultivar caña de azúcar que conllevó a la construcción de tres reservorios para almacenamiento de agua pluvial.

Estos reservorios pertenecen a la microcuenca Los Cajones localizada geográficamente en el municipio de San Rafael del Sur, cerca de la costa del Pacífico, con una superficie de 20.70 km²; además, dentro de la microcuenca existe un área protegida de interés ecológico orientada a la conservación del bosque tropical seco llamada Reserva Natura y administrada por FUNDENIC.

La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro almacenan agua principalmente durante septiembre a octubre cuando aumenta la pluviosidad; sin embargo, la variabilidad climática ocurrida en la última década ha causado déficit hídrico y esta problemática

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

ha ocasionado la alteración de hábitats ecológicos con la migración de comunidades acuáticas y pérdida de la biodiversidad de especies.

No obstante - a finalizar del año 2017 - el Ingenio contrarrestó la problemática ecológica y de aprovechamiento mediante la ejecución de un sistema hidráulico de bombeo, trasvasando agua del Río Jesús hacia El Lagarto. Esta condicionante especial de recarga externa en la microcuenca ha favorecido a una mejor regulación entre agua - biota.

También, la iniciativa de trasvase es pensada para alcanzar la necesidad de rendimiento de 2.87 km² de caña de azúcar, donde se prevé una proyección de aprovechamiento del recurso superficial de 2.24 Mm³/año.

En esta investigación se diagnostica el potencial hidrológico de la microcuenca Los Cajones mediante la caracterización del medio físico e hidroquímico y la determinación de volumen de agua generado y aprovechable. También se proponen medidas de manejo sostenible para garantizar la gestión integrada del recurso hídrico.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

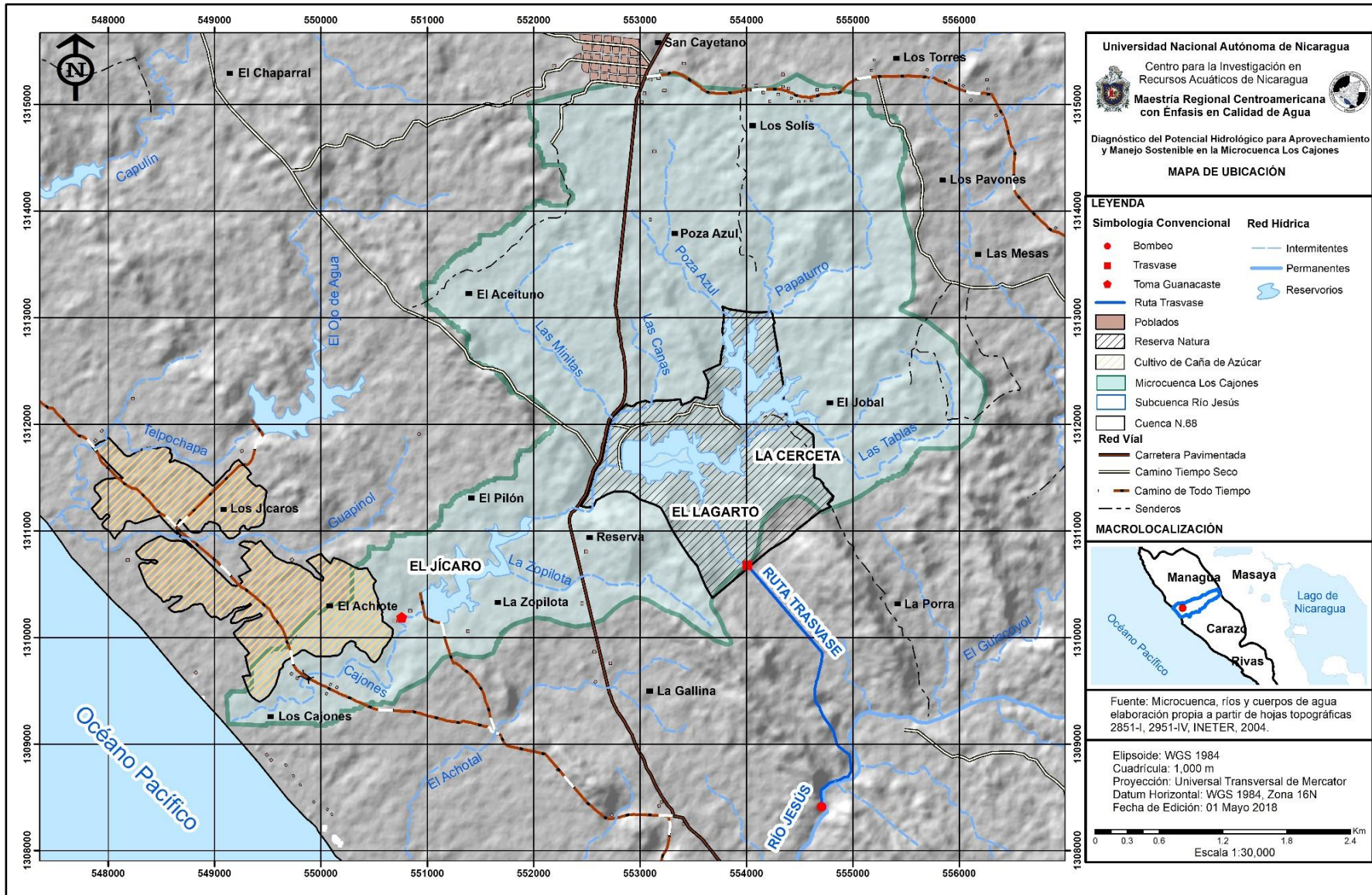


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

1.1 Área de Estudio

La microcuenca Los Cajones pertenece a la subcuenca del Río Jesús (Cuenca N.º 68 Entre Río Tamarindo y Río Brito). Esta tiene una superficie de 20.70 km² y un perímetro de 29.53 km; geográficamente se encuentra en el municipio de San Rafael del Sur (549000E - 1309000N, 556000E - 1315000N), departamento de Managua. **(Figura 1).**

Hacia la parte central de la microcuenca se distingue un área protegida de interés ecológico, orientada a la conservación del bosque tropical seco llamada Reserva Natura; la cual tiene una superficie de 301.25 ha administrada por FUNDENIC. En esta se sitúan dos reservorios - La Cerceta y El Lagarto - que acumulan aproximadamente 3,6 millones de m³ de agua pluvial (proporcionado por Reserva Natura, comunicado personal 11 de septiembre de 2017). También, existe un tercer reservorio - El Jícaro - utilizado para recargar una toma de aprovechamiento superficial llamada Guanacaste.

El Lagarto es el reservorio principal de la reserva con un área de 0.28 km² y un perímetro de 6.02 km. Este es hábitat importante tanto para especies terrestres como acuáticas, de manera que la función es conservar la biodiversidad de especies, como avifauna: 200 tipos de aves entre migratorias y residentes; mamíferos: 30; mariposas: 200; reptiles: 86 e ictiofauna: 4 especies (proporcionado por Reserva Natura, comunicado personal 11 de septiembre de 2017).

Como ya se ha mencionado, este reservorio se caracteriza por tener una condicionante especial; en coordenadas 554009E - 1310675N recibe un promedio de trasvase de agua de 0.46 m³/s proveniente del Río Jesús y es únicamente durante septiembre a octubre cuando se incrementa el caudal en relación con la pluviosidad.

1.2 Antecedentes

Considerando la reconocida importancia que tiene el recurso hídrico en el desarrollo socioeconómico en nuestro país, especialmente en la zona Pacífica de Nicaragua, ciertos estudios regionales realizados por instituciones gubernamentales han sido de

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

gran importancia para su caracterización, principalmente aquellos referidos a disponibilidad y calidad del agua, priorizados a la necesidad de abastecer de agua a poblaciones, actividad agrícola e industria. Entre las investigaciones más importantes se encuentran:

- ✓ El Estudio de Mapificación Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de la Región Pacífica de Nicaragua, que conllevó a conocer potenciales hídricos a nivel superficial y subterráneos de la cuenca N.º68. El medio hidrogeológico se conforma de rocas terciarias y cuaternarias en zona de recarga y descarga; con transmisividad de moderada a baja.
También, este estudio determinó la calidad del agua superficial y subterránea con el carácter hidroquímico; el cual indica que hay igual composición fisicoquímico de ríos y acuífero, de composición bicarbonatadas-cálcicas, en general; y de forma puntual bicarbonatadas-sódicas [Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), 1998].
- ✓ Otro es la elaboración del Plan Hidrológico Indicativo Nacional y Anual de Disponibilidad de Agua (PHIPDA, 2003), que realizó un balance hídrico en la vertiente del Pacífico con resultado de un escurrimiento de 8,830.10 Mm³/año (280 m³/s) y una recarga de agua subterránea de 3,150.16 Mm³/año (99,8 m³/s).
- ✓ Con la Caracterización de la Cuenca N.º68, Entre Río Tamarindo y Río Brito, sitúa el recurso hídrico superficial con cursos de agua pocos extensos y estos varían con el régimen de precipitación [Ministerio del Ambiente y Recurso Natural (MARENA), 2010].

En lo que respecta con la Reserva Natura e FUNDENIC han desarrollado diferentes tipos de estudios en coordinación con universidades nacionales, como son: UNAN-Managua, UNAN-León y UNA. Así mismo, se cuenta con un programa de voluntariados, donde estudiantes nacionales y extranjeros pueden venir a brindar prácticas preprofesionales o bien realizar tesis para optar a un título profesional. Algunos de estos estudios más importantes se encuentran:

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

- Florula de la Reserva Natura: conforme a Rueda, Coronado y Holt (2012), identificaron un total de 303 especies de plantas y 1 endémica: “*Randia nicaragüensis*”.
- Estudio de Mariposas Diurnas de la Reserva Natura: de acuerdo con Debrix, Soza y Maes (2014), se identificó un total de 79 especies de un potencial de 160, las cuales se recolectaron de julio hasta agosto del presente año.
- Estudio de Macro Hongos Presentes en la Reserva Natura 2013 - 2014: conforme a Ubau (2014), se identificó un total de 56 especies (13 de ellas tienen un gran potencial alimenticio y medicinal).
- Estudio Ictiológico de Reservorio El Lagarto de la Reserva Natura: según Soza (2014), se identificó un total de 4 especies de gran valor comestible y comercial (*Tilapia del Nilo*, *Mojarra* y *Guapote Tigre*).

En tanto, al efecto de la variabilidad climática y la iniciativa de trasvase de agua se espera medidas de aprovechamiento y manejo sostenible para una sólida gestión del recurso hídrico.

1.3 Objetivo General y Específico

1.3.1 Objetivo General

- Diagnosticar el potencial hidrológico para aprovechamiento y manejo sostenible en la microcuenca Los Cajones.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el medio físico e hidroquímico en la microcuenca Los Cajones.
- Evaluar volúmenes de agua generados y aprovechables en la microcuenca Los Cajones.
- Proponer medidas para manejo sostenible en la microcuenca Los Cajones

1.4 Planteamiento del Problema

La microcuenca Los Cajones ha enfrentado cambios en la disponibilidad, periodicidad y confiabilidad de la precipitación, debido a la variabilidad climática ocurrida en la última década. Afectando, en parte, que los reservorios La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro sufran déficit de almacenamiento de agua durante todo el año. Esta problemática ha ocasionado alteración de hábitats ecológicos con la migración de comunidades acuáticas y pérdida de la biodiversidad de especies.

La condicionante especial de trasvase de agua, la insuficiente y regional información existente de diferentes estudios del Pacífico requiere mayor atención para evaluar la dinámica de la disponibilidad y calidad de agua en la microcuenca, por lo que, conlleva la necesidad de realizar un análisis más detallado y contar con datos más confiables que pueda facilitar el manejo sostenible del recurso hídrico superficial.

1.5 Justificación

La situación del recurso hídrico a nivel de la zona Pacífica ha venido en constante cambio, debido a impactos de la variabilidad climática, como pueden ser: severas sequías y en otros casos aumento de la precipitación. La línea base del recurso hídrico superficial en la microcuenca, en particular, es escasa, fragmentada, desactualizada o sino inadecuada para propósitos de administración.

En este contexto, no es posible un aprovechamiento y manejo sostenible del recurso, sin un acceso a información científica con respecto a calidad - cantidad y demanda; así pues, este diagnóstico es una condición previa para el manejo efectivo del agua.

El contenido de esta investigación está orientado a dos directrices: la primera, en función de un diagnóstico del medio físico y volumen de agua superficial generado; por tanto, se cuantificó el volumen excedente de agua para aprovechamiento en la irrigación en cultivo de caña de azúcar.

La segunda, en propuesta de medidas de manejo sostenible para recuperar niveles de agua en reservorios, y provocar el comportamiento natural de comunidades acuáticas e incluso llegar a inhibir el efecto migratorio.

Entre beneficiarios directos del resultado del presente estudio se encuentra: la Reserva Natura e FUNDENIC al contar con medidas sostenibles que ayudarán a evitar escases del recurso superficial, por ende, pérdida de biodiversidad acuática.

Así mismo, indirectos como: la Alcaldía Municipal de San Rafael del Sur, instituciones gubernamentales (ANA, MARENA, MAG, INETER) y no gubernamentales (Ingenio Montelimar) relacionadas con el aprovechamiento y manejo sostenible del recurso hídrico en el país; ya que contarán con información confiable para facilitar la elaboración de planes de seguimiento y vigilancia para la conservación del agua.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 CLIMATOLOGÍA

De acuerdo con el sistema de Köppen modificado (como se citó en INETER, 2005), en la zona de la microcuenca predomina el tipo de clima tropical de sabana, más húmedo del subhúmedo (AW2). Además, se caracteriza por presentar una época seca (noviembre-abril) y otra lluviosa (mayo-octubre); sin embargo, durante la mitad de la lluviosa existe un período corto llamado "Canícula" (a finales de julio e inicio de agosto) donde la precipitación se suspende.

2.1.1 Precipitación

Según Incer (como se citó en INETER, 1998), describe que generalmente el clima de la zona Pacífica es cálido y seco, con una distribución de la precipitación promedio anual de la siguiente manera: de 500 a 1,000 mm: árido, propio de llanos (Teustepe, Sébaco, Somoto); de 1,000 a 1,500 mm: seco, característico de planicie del Pacífico (León, Managua, Granada) y 1,500 a 2,000 mm: subhúmedo, propio de estribaciones occidentales de la Cordillera Central, Sierras de Managua, cúspides volcánicas y península de Cosigüina.

Para INETER (2005), la precipitación promedio anual de esta zona varía entre 900 a más de 2,000 mm y en la costa aledaña a la microcuenca de 1,400 mm.

2.1.2 Temperatura

Para Incer (como se citó en INETER, 1998), Nicaragua es un país tropical situado entre el Ecuador y el Trópico de Cáncer, por lo cual, el rasgo resultante de la posición geográfica son temperaturas elevadas casi todo el año sin diferencias significativas entre meses cálidos (abril - mayo) y frescos (enero - febrero). La zona Pacífica está cubierta por rangos de temperaturas medias que oscilan de 22° y 28°C.

Conforme a INETER (2005), la temperatura media refiere que la microcuenca está cubierta por la isoterma de 28 °C, siendo un sector de mayor temperatura del país.

2.1.3 Evaporación

En algunos estudios se registró y evaluó la evaporación en pana tipo “A” correspondiente a zonas aledañas a la microcuenca. En general, alcanza valores máximos en febrero, marzo, abril, y mínimos en octubre a noviembre. Para INETER (1998), la evaporación promedio anual del intervalo 1971 - 1980 en estaciones Corpus Cristi, Nagarote y Asososca es entre 2,768 y 3,022 mm; casi siempre en meses individuales es mayor que la precipitación.

2.1.4 Evapotranspiración

La evapotranspiración estimada en diferentes estudios mediante la fórmula modificada de G. Hargreaves es la siguiente: en el área de Chinandega 1,942.0, Managua 1,560.0 y Nagarote 1,682.0 y San Francisco Libre 2,580.0 mm (INETER, 1998).

Conforme a INETER (2005), la evaporación potencial indica rangos de isolíneas que varían de 1,600 a 1,800 mm en toda el área costera del Pacífico, en particular, la microcuenca se encuentra en la isolínea de 1,800 mm.

2.2 EDAFOLOGÍA

Según INETER (2015), hay dos tipos de suelos en la microcuenca; con un 88 % del área total equivalente a 18.15 km² como alfisoles y un 8.46 % restante correspondiente a 1.75 km² a mollisoles.

2.2.1 Alfisol

El nombre se debe a símbolos químicos Al y Fe que aparecen como predominantes; también, pueden aparecer horizontes kándico, nátrico, cálcico, petrocálcico o álbico; el pH es ácido a ligeramente. La mayoría del Alfisol tienen un régimen de humedad údico, ústico o xérico, y pueden presentar condiciones aquicas (Moreno, Ibañez y Gisbert, 2011).

2.2.2 Mollisol

Son generalmente suelos minerales típicos de praderas que tienen un horizonte superficial muy oscuro, coloreado y rico en bases. Tienen un epipedón móllico y poseen un horizonte de diagnóstico subsuperficial argílico, nátrico o cálcico.

También, pueden presentar un horizonte de diagnóstico álbico, petrocálcico o duripan; la vegetación típica es de pradera y se desarrollan en gran variedad de climas cuyos regímenes de humedad va de acuic a xeric, mientras que la temperatura del suelo va de cryico a hipertérmico (Ibañez, Gisbert y Moreno, 2011).

2.3 COBERTURA DE LA TIERRA

De acuerdo con INETER (2015), describe que el bosque latifoliado ralo ocupa el primer lugar en cuanto a cobertura de la tierra en la microcuenca, con un 61.49 % del área total y en un 29.85 % es pasto. Seguidos cuerpos de agua se encuentran en un 3.6 % y cultivos permanentes en 2.85 %. El área sin vegetación corresponde a 1.15 % y cultivos anuales con solamente el 1.06 %.

2.3.1 Bosque Latifoliado Ralo

Son superficie mayores o iguales a 0.5 ha con predominio de árboles maderables de hojas anchas (latifoliadas) mayores de 5 m de altura y 20 cm de diámetro, la copa del árbol cubre entre 10 y 70 % de la superficie. La importancia de este tipo de bosque radica en la mejora de calidad de aire, agua, preservación de suelo y recursos biológicos (INETER, 2015). Este tipo de cobertura se encuentra en toda el área de la Reserva Natura y parte del reservorio El Jícaro.

2.3.2 Pasto

Comprende tierra cubiertas de hierbas densa de composición florística dominada por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente a un periodo de 2 o más años. Es la cobertura que predomina en el país y se distribuye en todo el territorio nacional

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

(INETER, 2015). La mayoría de este pasto se encuentran en la parte suroeste y sureste de San Cayetano.

2.3.3 Cuerpo de Agua

Son cuerpos y cauces de agua permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del territorio y que bordean o se encuentran adyacente a la línea costera (INETER, 2015). Este recurso lo constituyen únicamente La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro.

2.3.4 Cultivo Permanente

Son sistemas agrícolas cuyo ciclo de siembra a la cosecha es mayor de un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a cultivar. Incluye caña de azúcar, plátano, banano, café, cacao, palma y árboles frutales (INETER, 2015). Estos cultivos únicamente se encuentran en la parte suroeste del reservorio El Jícaro.

2.3.5 Suelo Sin Vegetación

Comprende territorios sin cobertura vegetal o es escasa. Compuesta principalmente por afloramiento rocosos, playas, cenizas y arenas volcánicas, lechos arenosos en ríos y banco de material (INETER, 2015). A nivel local, estos suelos se encuentran cerca de puente Los Cajones y de la costa Pacífica.

2.3.6 Cultivo Anual

Cultivo cuyo ciclo de siembra a la cosecha es menor de un año, incluso llegando hacer unos pocos meses como el caso de cereales (maíz, sorgo, arroz), leguminosas (frijol), hortalizas y flores (INETER, 2015). Esta cobertura está localizada en la parte noreste de San Cayetano.

2.4 GEOMORFOLOGÍA

Según Reyes y Paz (2017), refiere la geoforma del área de estudio como un relieve costero de rocas sedimentarias, con una altura de 10 m correspondientes a mesetas.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Además, se encuentran zonas de depósitos recientes, causados por la meteorización de rocas.

La zona media es una zona de transición entre colinas de poca pendiente de la formación El Fraile y mesetas elevadas de mayor altura, esto denota claramente una disgregación geológica según la morfología.

2.4.1 Cresta

Es un pliegue convexo, o arqueado, de capas de roca y la estructura del estrato más antiguos se encuentran en el centro (Tarbuck y Lutgens, 2005). La mayoría de estas crestas concuerdan con anticlinales de San Cayetano.

2.4.2 Depresión

Es una zona del relieve terrestre situada a una altura inferior que las regiones circundantes. También, se conocen como elevaciones con estructura circular o alargada descendentes (Tarbuck y Lutgens, 2005). Con respecto a estos elementos están conformado por La Cerceta, El Lagarto y El Jícara.

2.4.3 Pie de Monte

Son estructuras conformadas por pendientes desde altas a bajas y se encuentran en alrededores de cimas y en laderas. Este patrón estructural se encuentra en dirección noroeste – sureste de La Cerceta y El Lagarto.

2.4.4 Planicie Coluvial

Son acumulaciones de suelo y escombros de rocas transportadas por procesos gravitacionales, no son un tipo de suelo, raras veces constituyen un grupo de suelo relacionados a la pendiente. El tamaño de grano varía desde cantos rodados hasta arcillas. Muchos de estos elementos se depositan cercas de las unidades de cresta y pie de monte en la microcuenca.

2.4.5 Planicie Aluvial

Consisten en material no consolidado denominados detritos, estos son depositados en la cama de ríos, en llanuras de inundación o delta. Mayormente estas planicies se encuentran en transcurso del Río Los Cajones.

2.5 GEOLOGÍA

Hodgson (2000), determinó que la microcuenca presenta características geológicas de rocas sedimentaria terciaria y depósitos cuaternarios aluviales, principalmente de la formación Masachapa y El Fraile.

Igualmente, Catastro e Inventario de Recursos Naturales (1972) define unidades geológicas aflorante en el área de estudio, cuyas edades corresponden al terciario y cuaternario.

2.5.1 Formación Masachapa (Tom)

Esta comprende una serie de rocas sedimentarias, de edad Oligoceno-Mioceno Medio Inferior que descansa discordantemente sobre la formación Brito y está recubierta por la formación Tamarindo. Además, consiste en lutitas tobáceas, tobas, limolitas, brechas, conglomerados y areniscas (Hodgson, 2000). A nivel local, esta formación se distribuye de San Cayetano con dirección norte – sur 4.2 km hasta Reserva Natura.

2.5.2 Formación El Fraile (Tmf)

Está constituida por sedimentos marinos someros, constituye una secuencia de rocas arenáceas, con intercalaciones de lutitas tobáceas, intercalada con caliza, conglomerado y bosques de madera fósil, suprayacidas por sedimentos relacionados a depósitos de plataforma costera, así mismo se identifican aglomerados como base y materiales piroclásticos, y sedimentos de lutitas, limotita (Hodgson, 2000). Así mismo, esta unidad se distribuye desde El Lagarto noreste – suroeste 2 km hasta El Jícaro.

2.5.3 Cuaternario Aluvial (Qal)

Generalmente estos materiales se disponen en terreno planos ligeramente ondulados, son depositados a lo largo de algunos valles y curso de ríos. Litológicamente conformado por guijarros, arenas, suelos arenosos y arcillas, (INETER, 2009). De esta manera, esta formación se distribuye de El Jícaro en dirección noreste – suroeste 2 km hacia el Océano Pacífico.

2.5.4 Fallas

Catastro e Inventario de Recursos Naturales (1972), refiere un sistema de fallas orientadas paralelo a la fosa Mesoamericana, originado por la subducción entre la placa de Cocos y la placa del Caribe. Es un sistema que afecta en la totalidad a la microcuenca, está dominado por fallas transcurrentes (desplazamiento horizontal).

2.6 HIDROLOGÍA

El fenómeno hidrológico de gran importancia de la zona Pacífica es la presencia de dos lagos, del Lago de Managua (Xolotlán) y Lago de Nicaragua (Cocibolca).

Según INETER (1998), define que en la zona Pacífica el agua superficial desagua directamente en el Océano Pacífico. Los ríos más largos y caudalosos son el Río Negro y Estero Real que en su curso inferior fluyen hacia el oeste y desaguan en el Golfo de Fonseca. Otros, todos cortos y de poco caudal generalmente fluyen en dirección suroeste conforme a la pendiente del terreno hacia el Pacífico.

2.7 HIDROGEOLOGÍA

La Provincia Hidrogeológica Pacífica se extiende a lo largo del Océano Pacífico desde la frontera meridional de Nicaragua hasta Corinto al norte. Se trata de una faja donde afloran rocas volcánicas – sedimentarias del Cretácico (Formación Rivas) y del Terciario (Formaciones Brito, Masachapa, El Fraile y El Tamarindo) que constituyen la unidad de propiedades hidrogeológicas semejantes.

2.7.1 Tipo de Medio Hidrogeológico

Conforme a INETER (1998), indica dos tipos de medio hidrogeológicos en la microcuenca, el primero es conformado por la formación Masachapa y El Fraile constituyente a un medio relativamente poco permeable. Seguido, están depósitos aluviales en valle del río y estos presentan un medio de permeabilidad media, pese a su espesor y extensión reducida.

2.7.2 Transmisividad (T)

En el mapa hidrogeológico de Managua y Granada presenta transmisividades de clase (III-IV) considerada de baja a nula correspondiente a la formación Masachapa y El Fraile. Otra de clase (III) considerada de media a baja relacionada a depósitos aluviales.

2.7.3 Conductividad Hidráulica (S)

Freeze y Cherry (1979), presentan conductividades entre 10^{-5} a 1 m/d correspondiente a medio hidrogeológico con litología desde areniscas a arcillas relacionada a formación Masachapa y El Fraile. También, valores de 1 a 10 m/d corresponden a medio hidrogeológico con litología desde arena media a gruesa relacionado a depósitos aluviales.

2.8 HIDROQUÍMICA

En el mapa hidroquímico de la zona Pacífica se describe 30 tipos de agua subterráneas. Estos tipos singulares se distribuyen en: aguas bicarbonatadas 13 tipos, sulfatadas 7 tipos, cloruradas 10 tipos.

Las características hidroquímica del agua subterránea en la microcuenca según INETER (1998), en la zona de recarga y durante el escurrimiento subterráneo predominan aguas de tipo genético $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ y/o $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ y finalmente al tipo $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ y/o $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$, en la zona de descarga hacia el Océano Pacífico.

2.9 BALANCE HÍDRICO

2.9.1 Generalidades

El balance hídrico es la cuantificación de parámetros involucrados en el ciclo hidrológico, como de consumos de agua de diferentes usuarios, del área de estudio y la interrelación entre ellos. Por tanto, el balance integrado de cuenca no es más que la cuantificación tanto de entradas como salidas del área de la microcuenca:

$$\Delta S = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

Donde:

ΔS : Variación de Almacenamiento

Según Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2006), establece una integración de variables superficiales como subterráneas. La ecuación en términos generales del balance integrado de cuenca es:

$$\Delta S = (VII + Ar + Im) - (Ev + ET + Ab + Ex + U + f + In)$$

Donde:

ΔV : Variación de volumen de la cuenca

VII: Volumen de lluvia

Ar: Escurrimiento agua arriba

Im: Importaciones de cuencas vecinas

Ev: Evaporación en cuerpo de agua

ET: Evapotranspiración

Ab: Escurrimiento agua abajo

Ex: Exportaciones hacia otras cuencas

U: Uso del agua

f: Pérdida en red de agua potable

In: Infiltración de lluvia (Recarga Potencial)

2.9.2 Entrada del Balance

2.9.2.1 Volumen de Lluvia (VII)

La precipitación es la única fuente de humedad que tiene el suelo, por eso es muy importante que la medición y cálculo sea lo más preciso posible para asegurar la exactitud del balance hídrico. Esta información se obtiene a partir de registros de pluviómetros, fluviógrafos o totalizadores instalados en una cuenca o zona de estudio. En este estudio, se utilizó la estación del Ingenio Montelimar.

2.9.2.2 Escurrimiento Agua Arriba (Ar)

En cuanto al escurrimiento aguas arriba se divide en dos componentes: Escurrimiento superficial y Escurrimiento subterráneo. El primer parámetro puede estimarse de dos formas: La primera es considerando que existen registros hidrométricos confiables en la cuenca de estudio. El segundo, es utilizar información de lluvia cuando no se tiene información hidrométrica, utilizando caudales promedios en aguas arriba. A nivel de la microcuenca, todos los flujos de aguas arriba son intermitentes.

2.9.2.3 Importación de Cuenca Vecina (Im)

La innovación tecnológica y la adaptación son componentes claves para la evaluación del recurso hídrico, por tanto, se toman en cuenta importaciones de volúmenes de agua entre cuencas hidrológicas. En este caso, se consideró el trasvase de agua proveniente del Río Jesús hacia El Lagarto.

2.9.3 Salida del Balance

2.9.3.1 Evaporación en Cuerpo de Agua (Ev)

Una gran parte del agua que se precipita sobre la superficie de la tierra vuelve a la atmósfera en forma de vapor a través de la acción combinada de la evaporación, la transpiración y la sublimación, las cuales son, en esencia, tres variantes de un único proceso debido a la acción de la energía solar (UNESCO, 2006). Únicamente se estima este componente para La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro.

2.9.3.2 Evapotranspiración (Et)

Según INETER (2008) la evaporación dependerá principalmente de la cantidad de calor absorbido por el suelo, que a su vez está en relación con el balance energético, en consecuencia, la evapotranspiración es la cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas (UNESCO, 2006). Para este estudio, se consideró la superficie total de la microcuenca, sin incluir cuerpos de agua.

2.9.3.3 Escurrimiento Agua Abajo (Ab)

En cuanto al escurrimiento aguas abajo se divide en dos componentes: Escurrimiento superficial y Escurrimiento subterráneo. El primer parámetro puede estimarse de dos formas: la primera es considerando que existen registros hidrométricos confiables en la cuenca de estudio. El segundo, es utilizar información de lluvia cuando no se tiene información hidrométrica, utilizando caudales promedios en aguas abajo. Para esta variable se consideró el flujo superficial del Río Los Cajones.

2.9.3.4 Exportación Hacia Otra Cuenca (Ex)

Algunas tecnologías ahorradoras de agua, métodos mejorados y efectivos en costos para la reutilización del agua entre cuencas son otros ejemplos de innovaciones promisorias de sustentabilidad, por tanto, es determinante tomar en cuenta exportaciones de volúmenes de agua entre cuencas hidrológicas. A nivel del área de estudio, no existe ninguna forma de exportación.

2.9.3.5 Uso del Agua (U)

En cuanto al uso del agua se debe calcular o cuantificar tanto el aprovechamiento superficial como el subterráneo, consumos unitarios por tipo de uso. Por ejemplo, para el caso del consumo doméstico, estos consumos unitarios estarían en función de la población servida, índice de hacinamiento. Para el caso de la industria, el consumo estará en función de la producción anual por tipo de industria y por cada subsector industrial (UNESCO, 2006).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Para esta variable se consideró el aprovechamiento de parte del Ingenio Montelimar como gran y único usuario del agua superficial para la irrigación de 2.87 km² de caña de azúcar.

2.9.3.6 Pérdida en Red de Agua Potable (f)

En cuanto a las pérdidas en redes de agua potable se pueden estimar a partir del producto del consumo obtenido de la red de distribución de agua por un coeficiente de pérdida, correspondiente al 0.2 (20 %).

2.9.3.7 Infiltración de Lluvia (Recarga Potencial)

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo a través de la superficie de la tierra. Parte del recurso hídrico suele quedar retenido por el suelo y la otra parte, alcanza la zona saturada del sistema acuífero. Esta última se le conoce como agua percolación profunda, infiltración eficaz o infiltración profunda (UNESCO, 2006). Esta variable es considerada mediante las dos zonas de recarga en la microcuenca.

2.9.4 Caudal Ambiental

Es la cantidad y régimen del flujo o variación de los niveles de agua requeridos para mantener los componentes, funciones y procesos de los ecosistemas acuáticos epicontinentales (NMX-AA-159-SCFI-2012). Para este estudio, se valoró el objetivo ambiental de cada reservorio y se estableció una categoría que corresponde a un porcentaje de caudal ambiental.

III. METODOLOGÍA

3.1 Proceso de Recopilación y Análisis de la Información

Para la elaboración del estudio; se realizó la recopilación de datos regionales y locales de la zona, considerando la información meteorológica, edafológica, geológica, hidrológica, hidrogeológica e hidroquímica en instituciones (ANA, INETER, MARENA, ENACAL), Alcaldía Municipal de San Rafael del Sur, Reserva Natura e Ingenio Montelimar.

3.1.1 Datos Climáticos

Para este componente se valoró e integró la información meteorológica suministrada por Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales (INETER) y la empresa Ingenio Montelimar.

Se seleccionó la estación Montelimar como representativa del área de estudio, siendo esta la serie de datos más completa; donde se utilizó promedios mensuales, anuales de: precipitación, temperatura (media, máxima, mínima) y evaporación para un período de 20 años (1998 - 2017); sin embargo, la falta de datos existente corresponde a temperatura, la cual tiene una discontinuidad de 10 años (1998 - 2007).

El cálculo de datos faltantes de temperatura (media, máxima, mínima), se realizó mediante la utilización de estaciones: Aeropuerto Augusto Cesar Sandino (Managua), L. Oxidación (Masaya) e Ingenio Xavier Guerra Báez (Nandaime), con la correlación del mismo registro de datos del período 2008 - 2017 de Montelimar y estas, aplicando el modelo matemático de regresión lineal, regresión lineal múltiple y proporciones normales.

En el análisis de consistencia de estimación de datos, se aplicó tres métodos estadísticos de validación: error cuadrático medio (RMSE); estima la medida de magnitud entre pares de valores simulados y observados, error absoluto medio (MAE); proporciona la precisión y el sesgo (BIAS), suministra la dirección. Identificando al modelo de regresión lineal múltiple la más consistente en la simulación de datos.

3.1.2 Edafología

En la elaboración de este componente se utilizó la compilación de estudios de Catastro e Inventario de Recursos Naturales (INETER, 2015).

Para determinar la recarga potencial se utilizó la metodología del balance hídrico de suelo propuesto por Schosinsky y que integra varias variables, tales como: capacidad de Infiltración (Fc), factor por pendiente (Kp), Factor por vegetación (Kv), densidad de suelo (DS), Profundidad de raíces (PR), capacidad de campo (CC), humedad de suelo inicial (Hsi), punto de marchitez (PM), evapotranspiración (ETP) y precipitación (PP).

La metodología descrita se basa en el principio de la conservación de la materia, o sea, el agua que entra a un suelo, es igual al agua que se almacena en el suelo, más el agua que sale de él. Esta entrada es producto de la infiltración y la salida de la evapotranspiración.

3.1.3 Geomorfología

A partir de DEM 12.5 ASF DAAC (2015) se identificó unidades geomorfológicas utilizando el algoritmo denominado Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness (MrVBF). Este índice utiliza llanuras y planicies características de fondo de valle. La llanura se mide por la inversa de la pendiente y la planicie por una clasificación de elevación con respecto a un área circular, por tanto, para identificar estas unidades suelen escalarse a un rango de 0 a 1 y después multiplicados.

3.1.4 Geología

Este componente se elaboró con base a mapa geológico de Catastro e Inventario de Recursos Naturales (1971) y el estudio realizado por Valencia (2014), se integró la información generada en la etapa de campo (reconocimiento estructural) para relacionar y determinar características geológicas. Además, se logró realizar perfiles con la correlación ante mencionada.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

3.1.5 Hidrología

Para determinar la característica morfométrica de la microcuenca se aplicó conocimientos teóricos fundamentales que ofrecieron información de datos hidrológicos, como son: patrón de drenaje, coeficiente de compacidad, densidad de drenaje y tiempo de concentración.

Con el propósito de caracterizar comportamiento de volúmenes de agua en reservorios, se utilizó mapas batimétricos suministrado por el Ingenio, posteriormente, se calculó la relación elevación-volumen para conocer la geometría de la superficie horizontal y vertical.

3.1.6 Hidrogeología

Mediante el mapa hidrogeológico de Managua y Granada (INETER, 1989), se obtuvo tipo del medio expresado conforme tipo de roca y lito estratigrafía de formaciones geológicas, con lo cual se conoció características hidráulicas. También, se integró la información generada en la etapa de campo (medición de nivel estático de agua subterránea) para caracterizar la hidrodinámica del agua subterránea.

3.1.7 Hidroquímica

Con el objetivo de efectuar la caracterización hidroquímica del recurso superficial, siendo este componente complementario para el estudio, se utilizó información de análisis de muestra de agua suministrada por la empresa Ingenio Montelimar realizadas en laboratorios CIRA-UNAN, UNI-PIENSA, donde se obtuvo datos antecedentes (2013) y actuales (2017).

Tabla 1. Análisis de Muestra de Agua

Parámetros	Sitio	Coordenadas		Fecha
		x	y	
Físico Químico	Toma Guanacaste (antecedente)	550751	1310199	23/4/2013
Microbiología				
Plaguicidas Organoclorados				
Plaguicidas Organofosforados				

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Parámetros	Sitio	Coordenadas		Fecha
		x	y	
Físico Químico	Río Jesús	554931	1308685	10/10/2017
Microbiología				
Metales Pesados				
Hidrocarburos				11/10/2017
Plaguicidas Organoclorados				
Plaguicidas Organofosforados				
Físico Químico	Presa La Gallina	554931	1308665	10/10/2017
Microbiología				
Metales Pesados				
Hidrocarburos				11/10/2017
Plaguicidas Organoclorados				
Plaguicidas Organofosforados				
Físico Químico	La Cerceta	554019	1312031	10/10/2017
Microbiología	El Lagarto	552916	1311848	10/10/2017
Físico Químico				
Microbiología	El Jícaro	550387	1310278	10/10/2017
Físico Químico				
Microbiología				
Metales Pesados				11/10/2017
Hidrocarburos				
Plaguicidas Organoclorados				
Plaguicidas Organofosforados				

Para el tipo hidroquímico de cada muestra, como primer paso, se analizó la fiabilidad de datos, de acuerdo con el error aceptable de análisis, no mayor del 5% del balance iónico. Posteriormente, se utilizó el diagrama de Piper que representa la relación iónica de cationes y aniones mediante el programa Easy-QUIM5.

Para la evaluación del agua para riego se utilizó la Norma Riverside, se basa en la concentración relativa del sodio con respecto al calcio y magnesio, denominada índice SAR y sales solubles expresada mediante conductividad eléctrica.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Finalmente, el resultado de análisis microbiológico, metales pesados, hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados se comparó con valores estipulados por la norma OMS y NTON 05-007-98, 2B.

3.1.8 Balance Integrado de la Microcuenca

Para determinar condiciones reales del recurso hídrico en cuanto a oferta y demanda en la microcuenca, se utilizó parámetros involucrados en el ciclo hidrológico, como de consumo de agua, los cuales han sido caracterizado en este estudio.

Posteriormente, se aplicó el balance integrado de cuenca propuesto por UNESCO, con el fin de cuantificar tanto entradas y salidas del recurso hídrico.

3.2 Trabajo de Campo

Para esta actividad se planificó giras de campo de reconocimiento del área de estudio que permitió comprobaciones actuales de comportamiento: geológicos, hidrológico, hidrogeológico e hidroquímico.

3.2.1 Reconocimiento Estructural Geológico (Fallas y Fracturas)

Con utilización de GPS marca: GARMIN, brújula y piqueta se realizó levantamiento estructural de superficie para ampliar la información existente en mapa geológico, con lo cual se verificó fallas y se obtuvieron direcciones preferenciales de fractura, y determinar diferentes tipos de rocas, composición, contactos y afloramientos. Este reconocimiento se realizó en toda el área de estudio, principalmente en La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro.

3.2.2 Nivel de Agua en Reservorio

Para determinar características hidráulicas y de consumo del recurso superficial se realizó mediciones y georreferenciación de niveles de agua en reservorios, con lo cual se caracterizó el comportamiento del volumen de agua en época lluviosa y seca. Cada medida se realizó en las reglas limnimétricas de La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro.

3.2.3 Aforos

A través de utilización de Molinete Digital, marca: Global Water se realizó mediciones mensuales de caudal para determinar variabilidad hidráulica con el tiempo, con lo cual se caracterizó flujos de agua en la microcuenca. Estos flujos corresponden a quebrada desde El Lagarto, Río Los Cajones y descarga trasvase.

3.2.4 Prueba de Infiltración

Para determinar la infiltración del suelo, se realizaron un total de 11 pruebas a través del equipo Guelph Permeameter, distribuidas de acuerdo con la zonificación edafológica y geológica en la microcuenca, con este procedimiento se obtuvo valores promedios de infiltración. Posteriormente, cada valor promedio con apoyo de Guelph Permeameter Calculation se determinó la capacidad de infiltración.

Los sitios donde se realizaron pruebas fueron: Los Solís, Poza Azul, El Jobal, El Aceituno, El Achiote y Los Cajones. Además, en cada reservorio: La Cerceta, El Lagarto, El jícaro y descarga trasvase.

3.2.5 Inventario de Pozo y Medición de Nivel Estático de Agua Subterránea

Para determinar características subterráneas, se realizó inventario de uso y consumo de 29 pozos, de estos, 21 dentro y 8 alrededor de la microcuenca. Con la utilización de GPS marca: GARMIN se procedió a la georreferenciación.

Posteriormente, con una sonda eléctrica de 250 m, marca: Solinst, se midió el nivel estático de agua (NEA) en época lluviosa y seca. La mayoría de estos pozos se encuentran en comunidades: San Cayetano, Los Solís, Poza Azul, Reserva, La Zopilota y Los Cajones.

3.2.6 Medición de Parámetro de Campo

Con el propósito de conocer características físicas químicas del agua superficial y subterránea del área de estudio, y con utilización de la multiparamétrica, marca: HANNA, se realizó mediciones de parámetros de campo en sitios hidrológicos e hidrogeológicos en época lluviosa y seca.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

En lo que respecta a sitios hidrológicos se realizaron mediciones en: Río Jesús (bombeo), La Cerceta, El Lagarto, El Jícara y flujo Río Los Cajones. En cambio, en sitios hidrogeológicos en 21 pozo mencionados anteriormente.

3.3 Elaboración y Presentación Sistema SIG

Para la confección del mapa base de la microcuenca se hizo un análisis de la información precedente en hojas topográficas 2851-I, 2951-IV (INETER y JICA, 2004).

La forma de presentación de mapas temáticos de edafología, cobertura y uso de la tierra, geomorfología, geología, hidrogeología e hidrodinámica, están basados o interpretados en estudios regionales de la zona Pacífica y la consecuente correlación de la generada en campo. Posteriormente se elaboraron cada mapa por método digital con la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG).

3.4 Elaboración de Diagnóstico y Resultado

El fin más importante del estudio es de expresar el estado presente del conocimiento del recurso superficial en la microcuenca y así facilitar la base necesaria para la gestión de actividades futuras del recurso.

El diagnóstico y resultado se realizó mediante el análisis sistemático de condicionantes físicas e hidrológicas, tomando en cuenta la representación cualitativa y cuantitativa de tres componentes clave del flujo superficial.

Primeramente, la característica del suelo donde están cada reservorio jugó un rol central en la adquisición de información sobre implicaciones del medio físico y el recurso superficial. Otro factor determinante para regímenes de flujos de ríos, fluctuaciones de niveles de agua en reservorios y recarga de agua subterránea fue la precipitación de la microcuenca. Y finalmente, un elemento relevante fue la integración transectorial de la condicionante de la recarga externa de agua (trasvase) entre agua para la naturaleza y de aprovechamiento.

IV. CARACTERIZAR EL MEDIO FÍSICO E HIDROQUÍMICO EN LA MICROCUENCA

4.1 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

4.1.1 Población

Para el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE, 2015), la población total del municipio de San Rafael del Sur es de 52,437 habitantes y esta se distribuye de la siguiente manera: en urbana con 32,268 equivalente a 61% del total y rural con 20,169 equivalente a 39% restante. Con respecto a la densidad poblacional es de 148 hab/km².

En el área de la microcuenca se encuentra un 0.08% de la población rural del municipio, y este porcentaje equivale a 1,651 habitantes distribuidos en la comunidad de: San Cayetano y Los Solís; sin embargo, actualmente en comunidades como: Poza Azul, Reserva, El Pílon, Los Cajones y La Zopilota no se cuenta con datos específicos del número de habitantes.

4.1.2 Actividad Económica

Este municipio cuenta con una base económica caracterizada por actividades de cultivos, desarrollo industrial y agroindustrial. Según BCN (2017) a nivel urbano la principal actividad es servicio, comercio y elaboración de productos de panadería, en contraste, a nivel rural se caracteriza por el cultivo de frijol, sorgo, ajonjolí, hortalizas y caña de azúcar.

A nivel de la microcuenca el sector agropecuario representa la principal actividad económica, con la siembra de hortalizas de pequeños productores, como: achiote. El cultivo más importante lo constituye la caña de azúcar con un único productor correspondiente al Ingenio Montelimar.

Por otro lado, la ganadería es utilizada con un doble propósito: producción de leche y carne para consumo local y comercio. También, el sector industrial está conformado por algunas industrias de producción de materiales de construcción como: cal y yeso artesanal, distribuidas aledañas en la comunidad de San Cayetano.

4.1.3 Salud y Educación

El sistema de salud está constituido de 6 centro de salud y 1 hospital. Estas unidades se ubican dentro del casco urbano del municipio de San Rafael del Sur.

En cuanto al sistema de educación se distribuyen de la siguiente manera: 12 escuelas de preescolar, 12 primarias, 2 escuelas técnicas y 1 escuela secundaria, similarmente al sistema salud estas unidades se encuentra dentro del área urbana del municipio.

4.1.4 Infraestructura

El municipio de San Rafael del Sur presenta una articulación directa a través de sus vías principales: dos carreteras asfaltadas que le permiten comunicarse departamentalmente, intermunicipal y municipal: la Carretera Sur (Managua-El Crucero-San Rafael) y la Vieja León (Managua-Empalme Santa Rita-San Rafael).

La microcuenca se comunica a través de la Carretera Pavimentada Vieja León, la cual sirve como paso de vía dentro de comunidades que la conforman. También, existen caminos de todo tiempo, seco y senderos.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

4.2 CLIMA

Según la clasificación climática de Köppen modificado (García, 2004), la microcuenca se localiza en tipo de clima tropical de sabana, más seco del subhúmedo (AW0), caracterizado por una época seca (noviembre-abril) y otra lluviosa (mayo-octubre). Durante la mitad de la lluviosa existe un período corto llamado "Canícula" (a finales de julio e inicio de agosto) donde la precipitación se suspende.

De acuerdo con la estación Montelimar, la precipitación anual varía de 836.70 a 2,853.30 mm; la temperatura media registra valores de 27.69 °C y la evaporación es de 2,534.00 mm, con una evapotranspiración potencial de 1,819.82 mm (**Anexo A1 - A6**).

4.2.1 Precipitación

La distribución del régimen de precipitación en la microcuenca durante el año es poco constante. En la Tabla 2, mediante el análisis de la desviación estándar para la época seca se puede considerar variabilidad en datos del período, por tanto, indica que la media mensual no es muy representativa.

Sin embargo, con respecto a la época lluviosa el análisis de la medida de variación considera representativa de la media mensual y anual, exceptuando julio y esto podría explicarse por la variabilidad del establecimiento canicular.

Tabla 2. Precipitación Media Mensual y Anual (Período 1998-2017)

Parámetro	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
Media	53.7	0.5	0.0	0.0	0.0	18.8	191.8	199.9	100.3	157.7	366.9	368.3	1,457.8
Máximo	169.5	9.3	0.0	0.0	0.0	192.0	562.4	423.8	621.4	511.0	953.9	720.7	2,853.3
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	38.9	4.5	7.5	22.4	104.9	836.7
Desviación Estándar	46.4	2.1	0.0	0.0	0.0	44.9	139.2	116.2	148.0	139.3	237.1	197.4	554.7

Del análisis de la Figura 2 se observa que presenta una época seca y otra lluviosa muy definidas. La seca podría considerarse a partir de noviembre - abril donde las precipitaciones son escasas, y únicamente en noviembre (53.69 mm), diciembre (0.52mm) y abril (18.79 mm) hay valores de lluvia.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

La época lluviosa podría considerarse de mayo - octubre, reflejando dos máximos mensuales: septiembre (366.89 mm) y octubre (368.31 mm) y esto podría resultar como el fortalecimiento del período. En julio (100.30 mm) y agosto (157.66 mm) muestra un descenso, correspondiente al establecimiento del período canicular.

La duración de la época seca es de seis meses (noviembre - abril) y alcanza el 5% de la precipitación, en contraste, el 95% restante se distribuye en la lluviosa (mayo - octubre) con una permanencia del mismo tiempo, esto podría explicarse como un factor de ubicación en una zona tropical (entre el Ecuador y el Trópico del Cáncer). Según INETER (1998), la precipitación del país está influida por su ubicación entre dos inmensos océanos, donde vientos del este traen agua evaporada del Mar Caribe y del suroeste del Océano Pacífico, por tanto, como el alisio es más frecuente y persistente, la mayoría de la lluvia precipita en la zona Caribe.

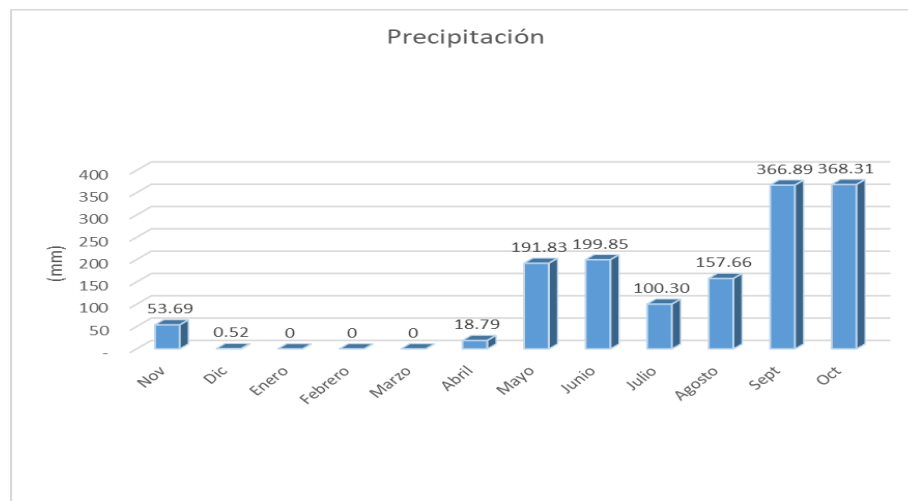


Figura 2. Comportamiento de la Precipitación Media Mensual (Período 1998-2017)

4.2.2 Temperatura

La distribución del nivel térmico es poco distinta durante el año y presenta un cambio térmico invernal que no es muy marcado con un rango menor de 1°C; así mismo se observa una clara relación de la temperatura con respecto a la época seca y lluviosa, donde de noviembre - abril el valor de este parámetro es creciente y de mayo - octubre decreciente.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

En la Tabla 3, mediante el análisis de la medida de variación considera una representación de la media mensual y anual.

Tabla 3. Temperatura Media Mensual y Anual (Período 1998-2017)

Parámetro	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
Media	26.5	26.8	27.3	28.3	29.3	29.8	28.9	27.2	27.8	27.5	26.7	26.4	27.6
Máxima	27.4	28.5	28.4	29.5	30.5	30.7	30.6	29.6	30.1	29.3	28.5	27.6	28.8
Mínima	25.8	25.0	26.0	27.0	28.4	28.9	26.8	25.5	26.9	26.1	24.4	25.5	26.8
Desviación Estándar	0.4	0.8	0.6	0.6	0.5	0.6	1.1	1.0	0.8	1.0	1.0	0.7	0.5

Del análisis de la Figura 3 se observa máximos mensuales en marzo (29.29°C) y abril (29.81°C), esto podría considerarse valores correspondientes al final de la época seca.

En mayo (28.89°C) y junio (27.19°C) refleja un descenso, considerado como el establecimiento de la época lluviosa. Durante este período se presenta dos incrementos de valores mensuales: julio (27.75°C) y agosto (27.47°C), y esto podría ser resultado del período canicular donde la precipitación se suspende.

De acuerdo con INETER (1998) el nivel térmico está afectado por la altura y orientación del relieve orográfico: la temperatura anual promedio de una zona disminuye con la altura, aproximadamente en un grado centígrado por cada 120 m que se ascienden. Estos valores de temperatura en la microcuenca podrían explicarse como resultado de un factor de ubicación y altura, ya que la superficie se encuentra cerca del Océano Pacífico a pocos metros sobre el nivel del mar.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

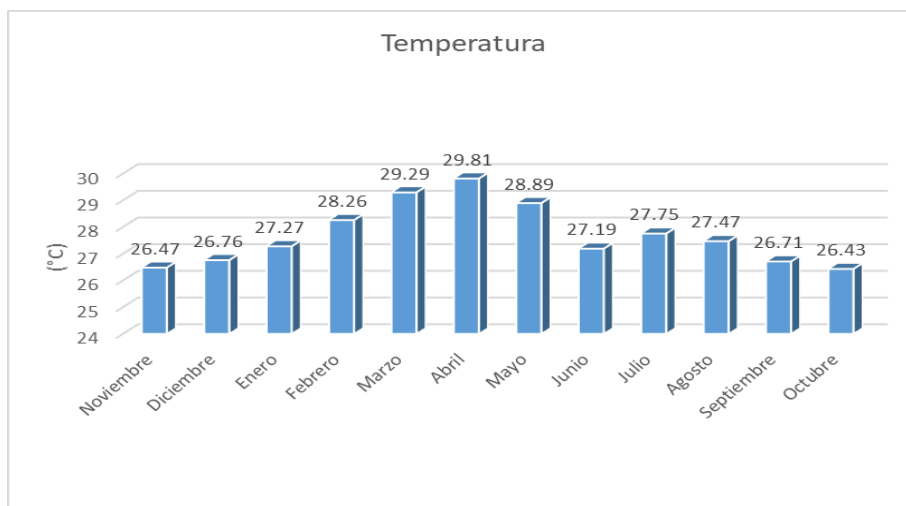


Figura 3. Comportamiento de la Temperatura Media Mensual

4.2.3 Evaporación

En la microcuenca la relación entre la cantidad de agua evaporada y la precipitada tiene una lógica; ya que en meses de época seca la evaporación alcanza máximos, coincidiendo con altas temperaturas y precipitaciones mínimas.

En la Tabla 4, mediante el análisis de la medida de variación considera una representación de la media mensual y anual.

Tabla 4. Evaporación Media Mensual y Anual (Período 1998-2017)

Parámetro	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
Media	126.9	183.3	240.5	267.5	284.9	302.3	250.4	171.0	211.2	201.9	151.9	142.1	2,534.0
Máximo	145.1	206.0	287.5	287.0	312.3	316.5	300.5	232.8	304.3	272.7	236.1	190.0	2,879.4
Mínimo	80.1	122.5	115.5	220.9	264.9	293.1	190.6	90.0	116.2	130.8	85.3	85.3	2,247.2
Desviación Estándar	14.9	17.5	38.6	14.7	12.3	5.3	23.2	33.7	51.2	42.5	31.6	24.6	182.8

Del análisis de la Figura 4 se observa dos máximos mensuales: en marzo (284.87 mm) y abril (302.30 mm), y esto podría considerarse con relación a mayor calentamiento de la atmósfera y calor proyectado en la época seca o temperaturas máximas.

En mayo (250.44mm) y junio (170.97mm) indica un descenso, considerado como el establecimiento de la época lluviosa. Durante este período se presenta dos

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

incrementos de valores mensuales: julio (211.24mm) y agosto (201.92mm), resultado del período canicular.

El comportamiento de la evaporación varía de forma inversa a la precipitación y de forma directa a la temperatura, esto podría explicarse como un resultado de valores altos del nivel térmico. Para INETER (1998) la evaporación se puede producir a cualquier temperatura, siendo más rápido este proceso físico cuanto más elevada sea este valor.

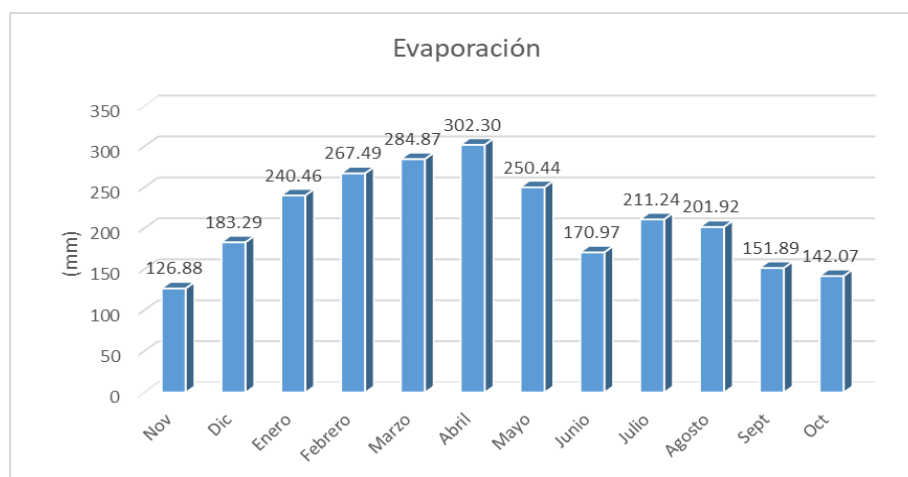


Figura 4. Comportamiento de la Evaporación Media Mensual

4.2.4 Evapotranspiración Potencial (ETP)

El comportamiento de la evapotranspiración potencial está relacionado con la temperatura, donde valores máximos de ETP (época seca), es cuando el nivel térmico aumenta, contrariamente cuando la temperatura disminuye (época lluviosa) y por consiguiente la evapotranspiración potencial. Estos valores presentados fueron calculados mediante el método de Hargreaves (**Tabla 5**).

Tabla 5. Evapotranspiración Potencial Mensual y Anual (Período 1998-2017)

Parámetro	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
ETP (mm)	131.7	135.8	141.1	145.6	177.7	183.4	166.9	148.9	162.0	145.5	149.0	132.3	1,819.8

Del análisis de la Figura 5 se observa dos máximos mensuales: en marzo (177.69 mm) y abril (183.36mm), y esto podría considerarse con relación a mayor calentamiento de la atmósfera y calor proyectado.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

En octubre (132.29 mm) y noviembre (131.67 mm) refleja mínimos. Por tanto, máximos y mínimos coinciden con inicio y final de la época lluviosa, considerando la evapotranspiración en dependencia del calor absorbido por el suelo.

Estos valores de evapotranspiración potencial podrían explicarse por la regulación de condiciones meteorológicas o climáticas de la microcuenca, como pueden ser: temperatura y precipitación.



Figura 5. Comportamiento de Evapotranspiración Potencial

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

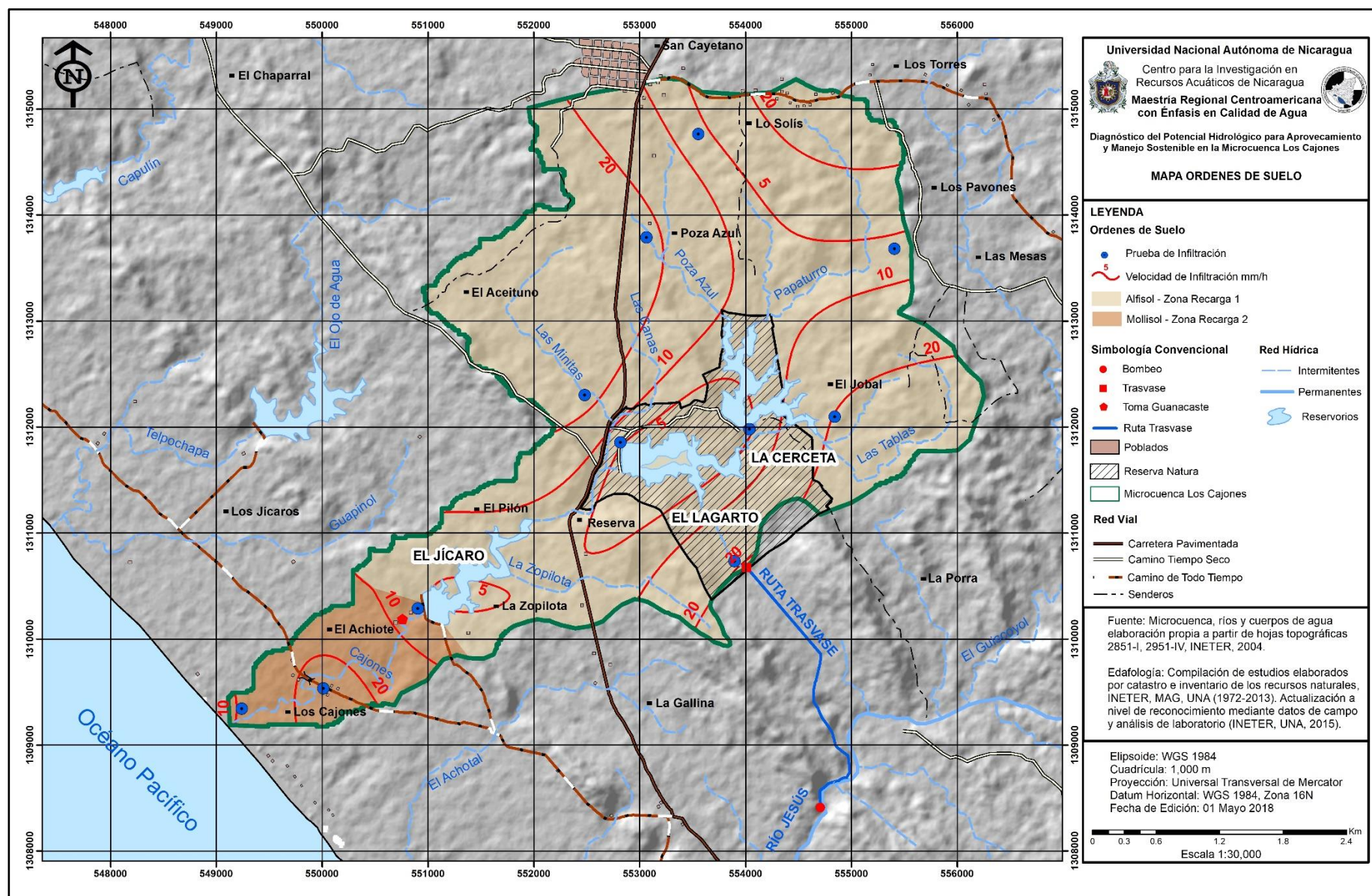


Figura 6. Mapa Edafológico

4.3 EDAFOLOGÍA

En la microcuenca se encuentran dos tipos de suelos: Alfisol y Mollisol, variando sus características desde la parte alta a baja, y esto podría explicarse como producto de la meteorización y transporte de rocas circundantes, así como de acumulación de sedimentos por erosión eólica e hídrica, por lo cual, forman capas de acuerdo con el tiempo y condiciones en que son depositados **(Figura 6)**.

El Alfisol integra principalmente bosque latifoliado, cuerpos de agua, pasto y en poca proporción cultivo anual con áreas sin vegetación. Así mismo, el Mollisol ocupa fracción del bosque con cultivo permanente y con escasa área sin cobertura.

4.3.1 Suelo Alfisol

Este tipo de suelo se encuentra en 18.15 km² que equivale a 88 % del área total; está en la parte alta y media de la microcuenca. El nombre se debe a símbolos químicos Al y Fe que aparecen como predominantes. También, pueden aparecer horizontes kándico, nátrico, cálcico, petrocálcico o álbico; donde el pH es ácido a ligeramente.

En la Tabla 6, muestra resultados de velocidades de infiltración que varían de 4.65 a 24.12 mm/h correspondientes a textura de franco arcilloso a franco arenoso. Además, la distribución de este parámetro presenta una tendencia a disminuir en elevaciones <70 y >120 msnm, y aumentar en elevaciones entre ≥70 y ≤80 msnm **(Anexo A7 – A16)**.

Tabla 6. Velocidad de Infiltración y Tipo de Textura

ID	Localización	Coordenadas		Elevación (msnm)	Velocidad de Infiltración (mm/h)	Textura
		x	y			
1	Los Solís	555407	1313683	126	6.3	Franco Arcilloso
2	Los Solís 2	553555	1314764	120	6.3	Franco Arcilloso
3	Trasvase	553896	1310735	80	18.9	Franco
4	El Aceituno	552482	1312303	79	24.12	Franco Arenoso
5	El Jobal	554844	1312097	79	20.34	Franco Arenoso
6	Poza Azul	553064	1313790	73	22.38	Franco Arenoso
7	Reservorio La Cerceta	554039	1311980	63	4.65	Arcilloso
8	Reservorio El Lagarto	552820	1311856	66	5.6	Franco Arcilloso

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

4.3.2 Suelo Mollisol

Este se encuentra en 1.75 km² que equivale a 8.46 % del área restante; se localiza en la parte baja de la microcuenca. Son generalmente suelos minerales típicos de estepas que tienen un horizonte superficial muy oscuro, coloreado y rico en bases. También, tienen un epipedión móllico y poseen un horizonte de diagnóstico subsuperficial argílico, nátrico o cálcico.

En la Tabla 7, muestra resultados de velocidades de infiltración que varía de 5.95 a 22.98 mm/h correspondiente a textura franco arcilloso a franco arenoso. Además, la distribución de este parámetro presenta una tendencia a disminuir en elevaciones <10 msnm, y aumentar entre ≥10 y ≤30 msnm (**Anexo A7 – A16**).

Tabla 7. Velocidad de Infiltración y Tipo de Textura

ID	Localización	Coordenadas		Elevación (msnm)	Velocidad de Infiltración (mm/h)	Textura
		x	y			
1	Reservorio El Jícaro	550905	1310288	5	5.95	Franco Arcilloso
2	Guanacaste	550013	1309536	27	22.98	Franco Arenoso
3	Los Cajones	549241	1309343	15	10.68	Franco



Figura 7. Prueba de Infiltración El Jobal



Figura 8. Equipo Guelph Permeameter

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

4.3.3 Determinación de la Recarga Potencial

La recarga potencial en la microcuenca está definida por dos zonas de recarga directa, delimitada por el contexto edafológico, considerando suelos según texturas similares y características geológicas análogas (**Tabla 8**).

4.3.3.1 Zona Recarga 1

La zona de recarga principal corresponde al 88 % de la microcuenca, delimitada en suelo Alfisol y formaciones sedimentarias terciarias: Masachapa y El Fraile; donde el valor de capacidad de infiltración oscila de 4.65 a 24.12 mm/h con una recarga potencial anual de 6.62 Mm³/año.

4.3.3.2 Zona Recarga 2

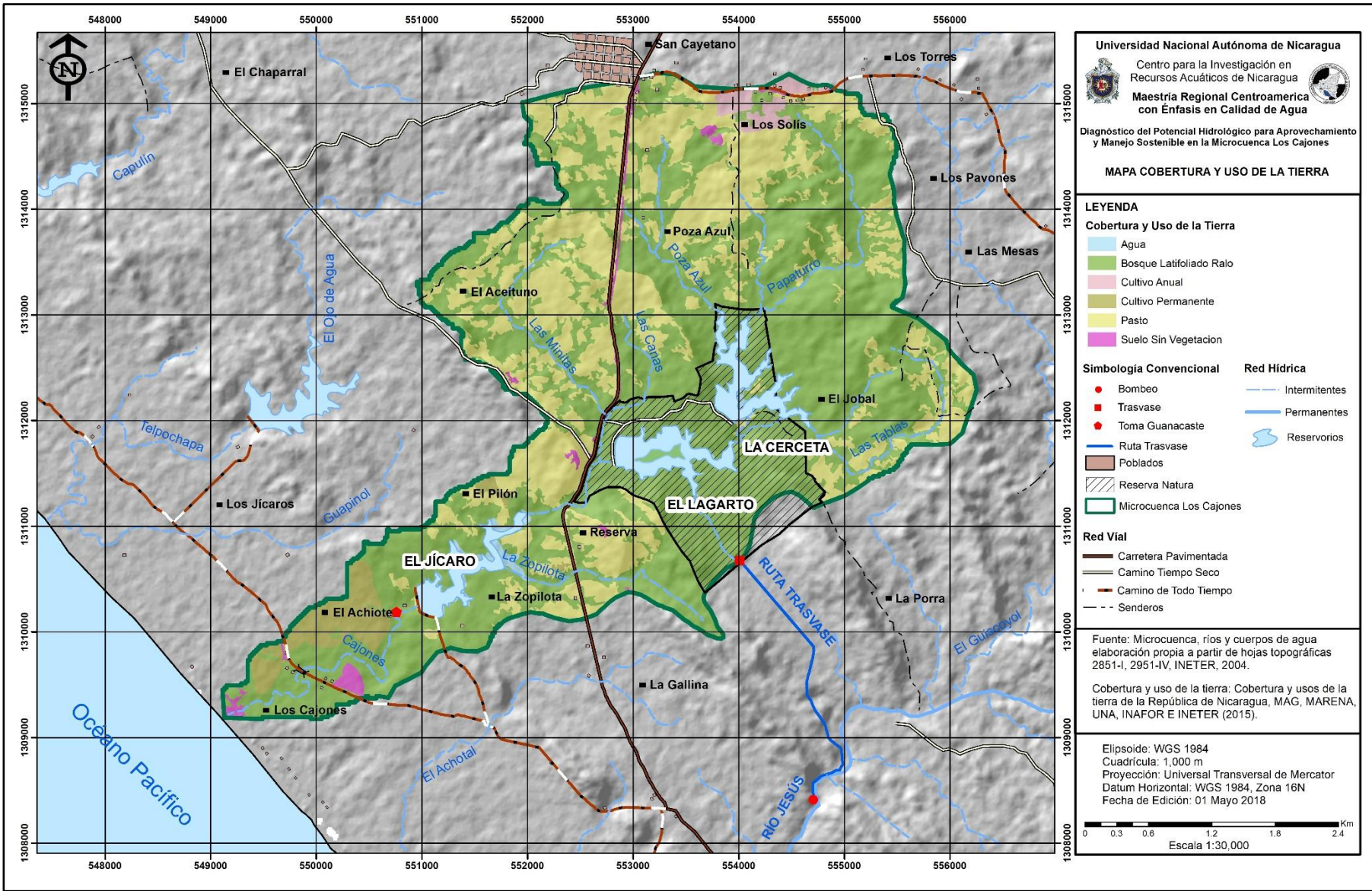
Respecto a esta zona corresponde al 8.46 % de la superficie restante, delimitada en suelo Mollisol y la formación depósitos aluviales recientes; donde el valor de capacidad de infiltración oscila de 5.95 a 22.98 mm/h con una recarga potencial anual de 1.41 Mm³/año.

De esta manera la sumatoria de ambas superficies de infiltración considera una recarga potencial total de 8.03 Mm³/año que equivale al 96.46 % del área de estudio, exceptuando cuerpos de agua (**Anexo A17 – A20**).

Tabla 8. Resumen Balance Hídrico de Suelo

Tabla 6: Resumen Balance Hídrico de Cueto									
Zona de Recarga	Textura	fc (mm/h)	fc Prom. (mm/h)	P (mm/a)	ETP (mm/a)	Formación	Litología	Recarga Anual (mm)	%
ZR1	Franco Arcilloso	6.3	5.71	1,457.84	1,819.82	Masachapa (Tom) - El Fraile (Tmf)	Lutita, limolita y areniscas tobáceas	387.1	25
	Franco Arcilloso	6.3							
	Franco Arcilloso	5.6							
	Arcilloso	4.65							
	Franco	18.9	21.43	1,457.84	1,819.82			437.5	28
	Franco Arenoso	24.12							
	Franco Arenoso	20.34							
	Franco Arenoso	22.38							
ZR2	Franco Arcilloso	5.95	5.95	1,457.84	1,819.82	Cuaternario Aluvial (Qal)	Arcillas, gravas redondeadas y guijarros	280.3	19
	Franco	10.68	16.83					437.4	28
	Franco Arenoso	22.98							

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones



Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra

4.4 COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

En la microcuenca gran parte de la cobertura y uso de la tierra es bosque latifoliado ralo y pasto, otra parte es utilizado para cosecha de agua con cultivos permanentes y en menores proporciones en cultivo anual (**Tabla y Figura 9**).

Tabla 9. Área y Porcentaje de Cobertura y Uso de la Tierra

Clasificación	Área (km²)	Área (ha)	%
Bosque Latifoliado Ralo	12.73	1,273	61.49
Pasto	6.18	618	29.85
Cuerpo de Agua	0.8	80	3.6
Cultivo Permanente	0.59	59	2.85
Sin Vegetación	0.24	24	1.15
Cultivo Anual	0.16	16	1.06
Total	20.7	2,070	100

4.4.1 Bosque Latifoliado Ralo

Está definida con 12.73 km² que corresponde al 61.49 % del área total, categoría que predomina árboles maderables de hoja ancha (latifoliadas), y se distribuye en toda la microcuenca, principalmente en toda la superficie de la Reserva Natura y El Jícaro. La importancia de este tipo de bosque radica en la mejora de calidad de aire, agua, preservación de suelo y recursos biológicos.

4.4.2 Pasto

Esta categoría se encuentra en 6.18 km² que corresponde al 29.85 %, predomina la composición florística dedicadas a pastoreo permanente por un período de 2 o más años. Incluye área de pasto mejorado, pasto natural y pasto con maleza, y se distribuye principalmente en la parte suroeste como sureste de San Cayetano.

4.4.3 Cuerpo de Agua

Lo constituyen el reservorio La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro; incluyendo pequeños cauces de agua permanentes, intermitentes y estacionales. Está presente con 0.80

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

km² que corresponde al 3.6 %. Son cuerpos importantes para la ecología y aprovechamiento de agua superficial dentro la microcuenca.

4.4.4 Cultivo Permanente

Son cultivos cuyo ciclo de siembra es mayor de un año, produciendo varias cosechas sin volverse a plantar, tal como: caña de azúcar. Está área se localiza en la parte suroeste del reservorio El Jícaro, con 0.59 km² que corresponde al 2.85 %. Cabe mencionar que esta actividad es importante para la economía nacional del país, y el único productor corresponde al Ingenio Montelimar.

4.4.5 Sin Vegetación

Son pequeñas áreas sin cobertura vegetal o muy escasa, tal como: bancos de materiales y playa costera del océano Pacífico. Esta cobertura representa un 0.24 km² que equivale al 1.15 % y se encuentra en la parte sureste del puente Los Cajones. Si bien se ha mencionado que el área de estudio tiene suelo sin cobertura, en general no hay mayor evidencia de deforestación.

4.4.6 Cultivo Anual

Son cultivos cuyo ciclo de siembra es menor de un año, como es: achiotte de pequeños productores dentro del área de estudio. Abarca una proporción menor de 0.16 km² que corresponde al 1.06 % restante, se distribuye en la parte noroeste de San Cayetano, y estos son importante para el consumo local de la población de la microcuenca.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

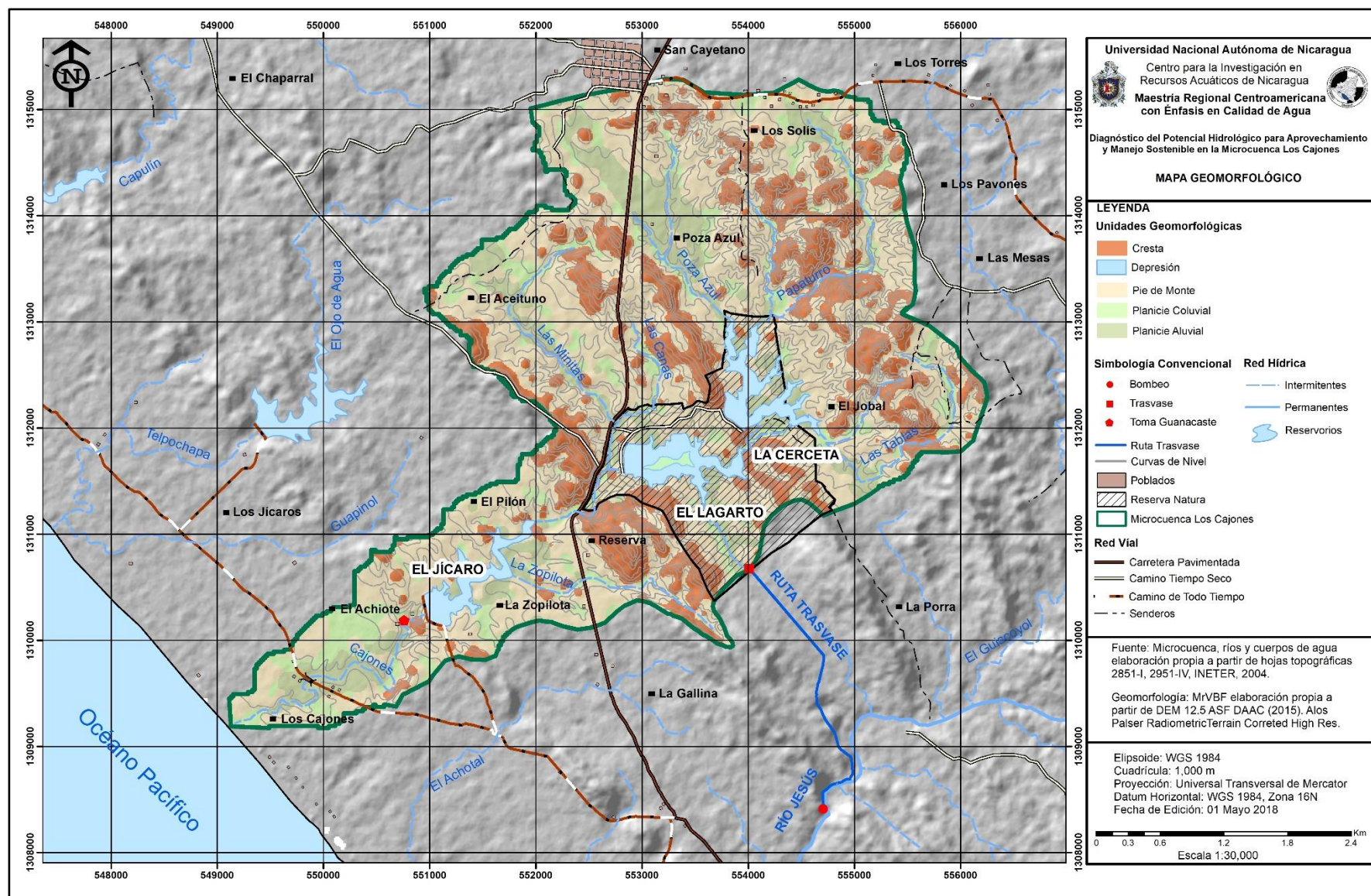


Figura 9. Mapa Geomorfológico

4.5 GEOMORFOLOGÍA

La microcuenca regionalmente está en la provincia geomorfológica Planicie Costera del Pacífico, que es una franja estrecha delimitada por la costa del Pacífico, que se extiende en dirección noroeste - sureste desde volcán Cosigüina hasta el istmo de Rivas.

4.5.1 Unidades Geomorfológicas

La característica del terreno en la microcuenca está definida por unidades geomorfológicas que se encuentran en una zona de transición entre rocas sedimentarias terciarias que forman un relieve suave hasta la zona de anticlinales cerca de San Cayetano. Para Reyes y Paz (2017), esto tendría explicación a que se encuentra localizada en el frente de un borde convergente destructivo, formado por la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe **(Figura 10)**.

4.5.1.1 Unidad de Cresta

Estas estructuras convexas o arqueadas se encuentran en la parte noroeste cerca de San Cayetano con dirección noroeste - sureste y está dominada por anticlinales con pendientes altas $\geq 30\%$; en alturas comprendidas entre 80 y 170 msnm. Esto podría estar ligado a la tectónica de placas Cocos y Caribe.

4.5.1.2 Unidad de Depresión

Estas estructuras alargadas o irregulares están dentro de la Reserva Natura como en dirección suroeste de esta misma. Estas unidades la conforman La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro; en alturas comprendidas entre 20 y 80 msnm. Cabe mencionar, que estas depresiones fueron construidas por actividad humana.

4.5.1.3 Unidad de Pie de Monte

Este elemento estructural continua el mismo patrón noroeste - sureste de anticlinales, próximas a cimas y laderas, con pendientes moderadas entre $\geq 15\%$ y $\leq 30\%$; en alturas comprendidas entre 60 y 80 msnm.

4.5.1.4 Unidad de Planicie Coluvial

Este depósito se encuentra en la parte noroeste de San Cayetano cercanos a cresta y pie de monte con bajo porcentaje en relación con demás unidades geomorfológicas. Esto podría estar ligado acumulaciones de suelo y escombros de rocas transportadas por procesos gravitacionales.

4.5.1.5 Unidad Planicie Aluvial

Este depósito se encuentra en mayor porcentaje al coluvial, ubicándose cerca de la costa del océano Pacífico, en la desembocadura de la red hídrica y lugares donde la pendiente es ≥ 0 y ≤ 5 %, lo que permite la acumulación de sedimentos, y esto podría estar ligado principalmente a procesos de erosión hídrica.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

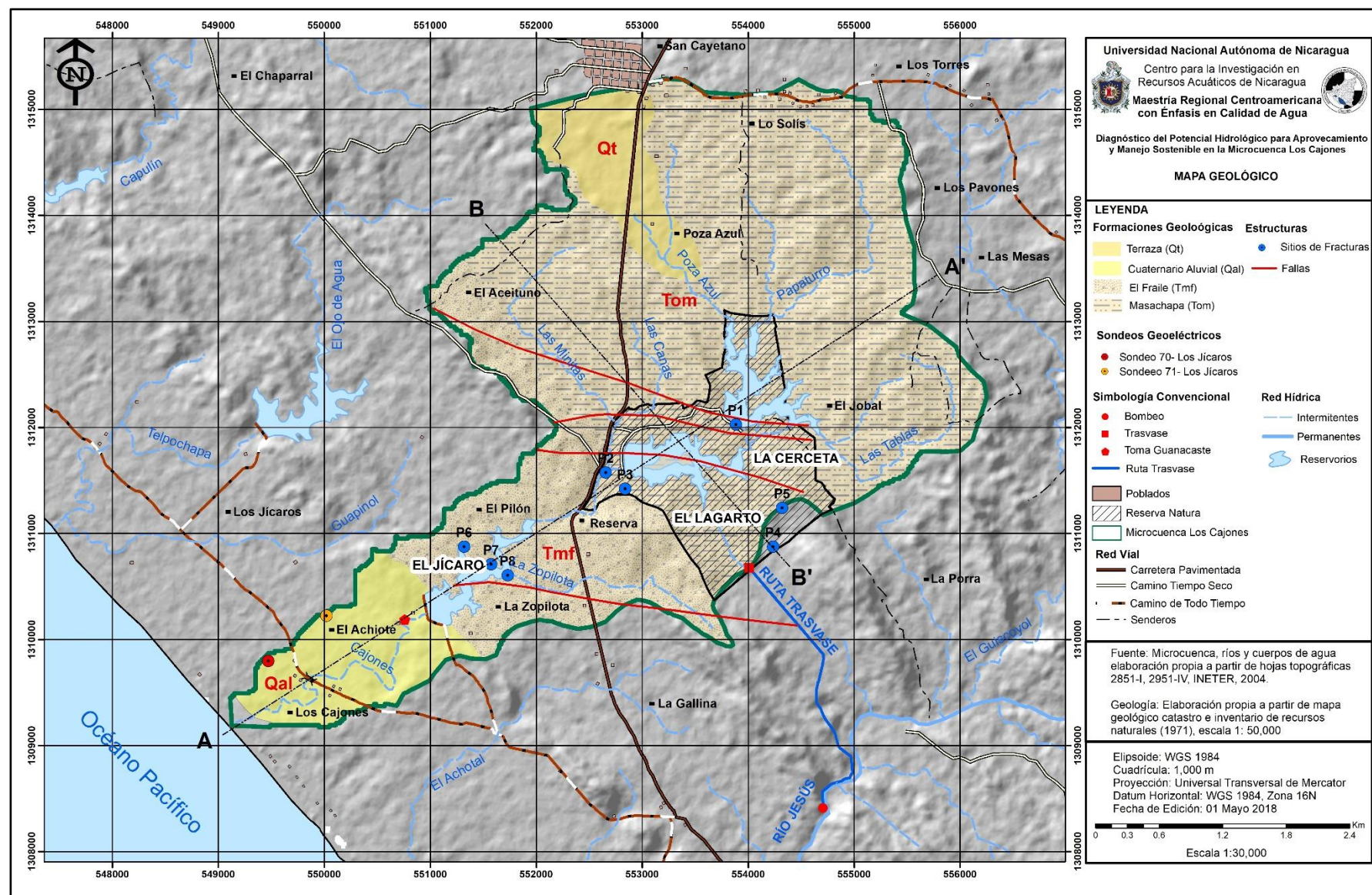


Figura 10. Mapa Geológico

4.6 GEOLOGÍA

La microcuenca esta regionalmente en la provincia geológica de la costa del Pacífico, que coincide en gran parte con la Cuenca Sedimentaria Sandino. Esta se localiza en el "Ante Arco" entre el Arco Volcánico Activo y la fosa Mesoamericana, y continua al sureste, en la provincia de Guanacaste y cuenca el Limón en Costa Rica.

Localmente se encuentra dos formaciones geológicas, principalmente de rocas sedimentarias Terciarias Masachapa, El Fraile y en menor proporción en depósitos aluviales recientes (**Figura 11**).

4.6.1 Formaciones Geológicas

4.6.1.1 Formación Masachapa (Tom)

Constituye el 63.28 % del área total de la microcuenca, y se extiende desde San Cayetano en dirección norte - sur 4.2 km hasta Reserva Natura. Está representada por rocas sedimentarias marinas, plegadas, de edad Oligoceno-Mioceno Medio Inferior que descansa discordantemente sobre la formación Brito (**Figura 12**).

Con relación a la litología esta correlacionada a rocas: lutitas tobáceas, lodolitas, limolitas con intercalación de areniscas y brechas (Darce, 2017).



Figura 11. Arenisca meteorizada con lutita, formación Masachapa, en 555207E – 1314347N

4.6.1.2 Formación El Frailer (Tmf)

Forma el 20.77 % del área, y se extiende del reservorio El Lagarto en dirección noreste -suroeste 2 km hasta El Jícaro. Está representada por sistemas sedimentarios marinos someros y transicional marino - continental, de edad Mioceno Medio Inferior, se correlaciona con el techo de la formación Masachapa (Wilson, 1941) **(figura 13)**.

Con respecto a la litología esta correlacionada a rocas: arenáceas, con intercalaciones de lutitas tobáceas, intercalada con caliza, conglomerado y bosques de madera fósil, suprayacidas por sedimentos relacionados a depósitos de plataforma costera (Hodgson, 2000).



Figura 12. Conglomerado de roca, formación El Fraile, en 551733E – 1310607N

4.6.1.3 Cuaternario Aluvial (Qal)

Constituye el 9.66 % del área restante, y se extiende del reservorio El Jícaro en dirección noreste-suroeste 2 km hasta la costa del océano Pacífico. Generalmente estos materiales de edad Holoceno se disponen en terreno planos ligeramente ondulados, son depositados a lo largo de planicie y curso de ríos.

Estos depósitos están conformados por guijarros, arenas, suelos arenosos y arcillas, (INETER, 2009).

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

4.6.1.4 Terraza Aluvial (Qt)

Conforma un porcentaje menor con 6.28 %, y se extiende desde San Cayetano en dirección noroeste-sureste 1.5 km hasta comunidad Poza Azul. Generalmente, de edad Holoceno, poseen la misma composición del depósito cuaternario aluvial.

4.6.2 Litoestratigrafía Formación/Roca

En la figura 14, se resume la posición relativa de cada formación geológica en la microcuenca.

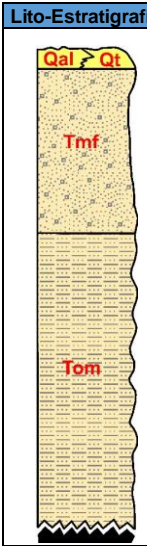
Lito-Estratigrafía	Formación	Edad* (m.a.)	Espesor** (m)	Litología***
	Cuaternario Aluvial / Terraza Aluvial	Holoceno (1)	5-30	Guijarros, suelos arenosos y arcillosos
	El Fraile	Mioceno Inferior (5-25)	1,355	Rocas arenáceas, con intercalaciones de lutitas tobáceas, intercalada con caliza, conglomerado y bosques de madera fósil
	Masachapa	Oligoceno-Mioceno Inferior (25-38)	1,683	Rocas Lutitas tobáceas, lodolitas, limolitas con intercalación de areniscas y brechas

Figura 13. Lito Estratigráfica Local

(*) (Hodgson, 2000 y Wilson, 1941)

(**) (Hodgson, 2000 y Kuang, 1971)

(***) (Darce, 2017; Hodgson, 2000 y INETER, 2009)

En la parte noreste aflora la roca terciara Masachapa con un trayecto suroeste de 4 km y conforma la base del reservorio La Cerceta y El Lagarto. Así mismo, El Fraile surge en la parte suroeste con una distancia de 3.5 km y subyace a depósitos aluviales hasta el océano Pacífico, siendo base de El Jícara (**Figura 15**).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

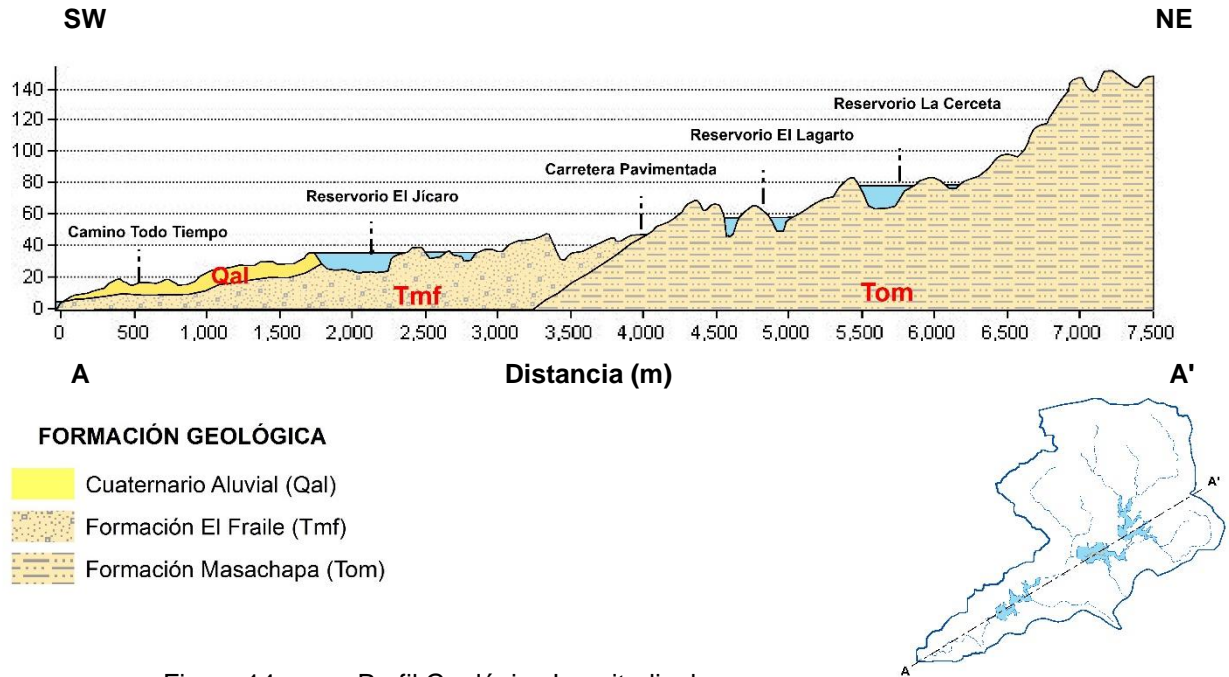


Figura 14. Perfil Geológico Longitudinal

La salida trasvase se localiza en la parte sureste de la formación Masachapa con una distancia noroeste de 1.5 km hasta el reservorio El Lagarto (figura 16).

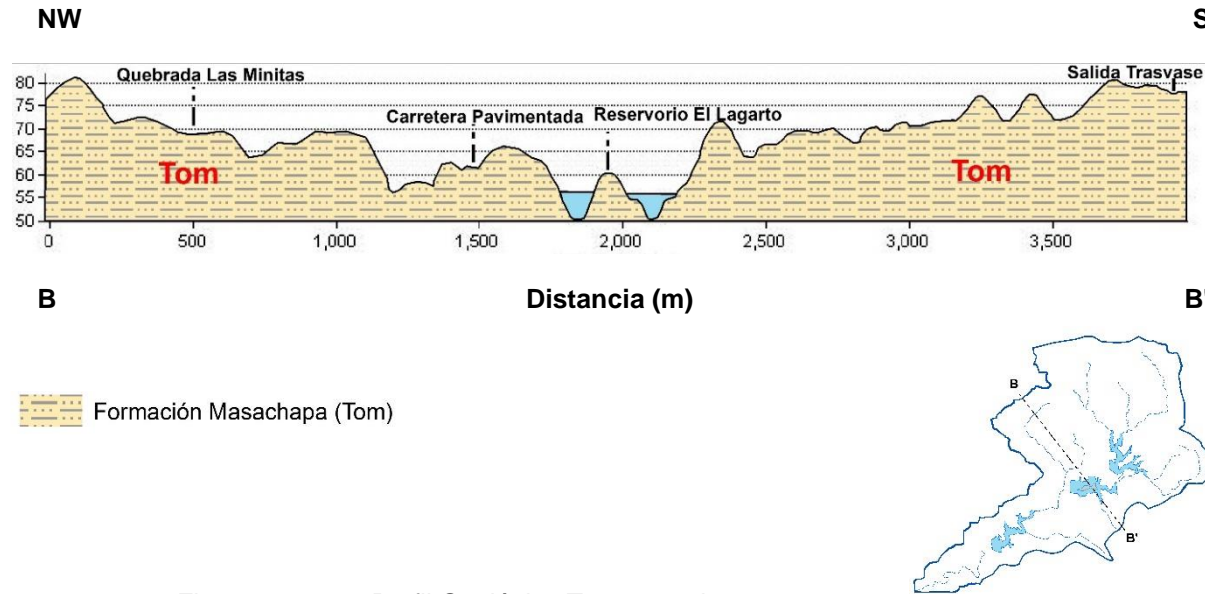


Figura 15. Perfil Geológico Transversal

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

De acuerdo con Valencia (2014), el sondeo geoelectrico N.º 70 determinó un espesor parcial de 58.9 m de profundidad, dividido en: 3 m con suelo limoso arenoso tobáceos, 3.43 m con estratos fluviovolcánicos recientes y 52.47 m con estratos arenosos y arcillosos de formación El Fraile.

El sondeo geoelectrico N.º 71, determinó un espesor parcial de 43.56 m de profundidad, dividido en: 3.6 m con suelo limoso arenoso tobáceos, 4.67 m con estratos fluviovolcánicos recientes y 35.29 m con estratos arenosos y arcillosos de formación El Fraile.

4.6.3 Fallas

El rasgo estructural que presenta el área de estudio es el siguiente: una falla con dirección N75°W que se encuentra al suroeste del reservorio La Cerceta, otra con orientación N80°W que se ubica en la Reserva Natura y la última con dirección N80°W está en El Lagarto. Estos sistemas (noroeste - sureste) afectan y cruza toda la formación Masachapa. Seguido, una falla con dirección N75°W se localiza en reservorio El Jícaro y este sistema tiene incidencia en formación El Fraile.

Todos estos sistemas (fallas) son resultado del tectonismo, produciendo desgarre compresivo con dirección noroeste - sureste, orientado paralelo a la fosa Mesoamericana, llamadas fallas transcurrentes o horizontales. Para Reyes y Paz (2017) estos rasgos podrían ser originados por la subducción entre la Placa Cocos y Caribe, y eventos tectónicos desde la edad terciaria hasta la edad cuaternaria.

4.6.4 Fracturas

Se identificaron dos tipos de direcciones de fracturas en rocas: noreste y noroeste, posiblemente de edad terciaria donde la dirección preferencial en toda el área de estudio es noreste - suroeste. Según Reyes y Paz (2017) el sistema de fallamiento con dirección noroeste paralelo a la zona de subducción son estructuras más antiguas y el sistema de fractura en dirección noreste son estructuras más recientes (**Tabla 10**).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

De esta manera el sistema de fracturamiento en La Cerceta tiene un rango de 20°-40° perpendicular al Océano Pacífico. El Lagarto tiene un rango de 20°-358° y 38°-352°; en salida trasvase tiene un rango de 52°-68° y 32°-58°. Y finalmente, El Jícara tiene un rango de 0°-35°, 10°-20° y 12°-130°.

Tabla 10. Rango de Dirección de Fractura

Tabla 16: Rango de Dirección de Fractura					
Sitio	Localización	Formación	Coordenadas		Dirección Fractura
			X	Y	
P1	Reservorio La Cerceta	Masachapa (Tom)	553885	1312028	20°- 40°
P2	Reservorio El Lagarto		552658	1311576	20°- 358°
P3			552841	1311422	38°- 352°
P4	Salida Trasvase		554237	1310877	52°- 68°
P5			554322	1311242	32°- 58°
P6	Reservorio El Jícara	El Fraile (Tmf)	551320	1310877	0°- 35°
P7			551575	1310710	10°- 20°
P8			551733	1310607	12°- 130°

En la Figura 17, se muestra la roseta de fractura correspondiente a formación Masachapa con dirección preferencial noreste - suroeste.

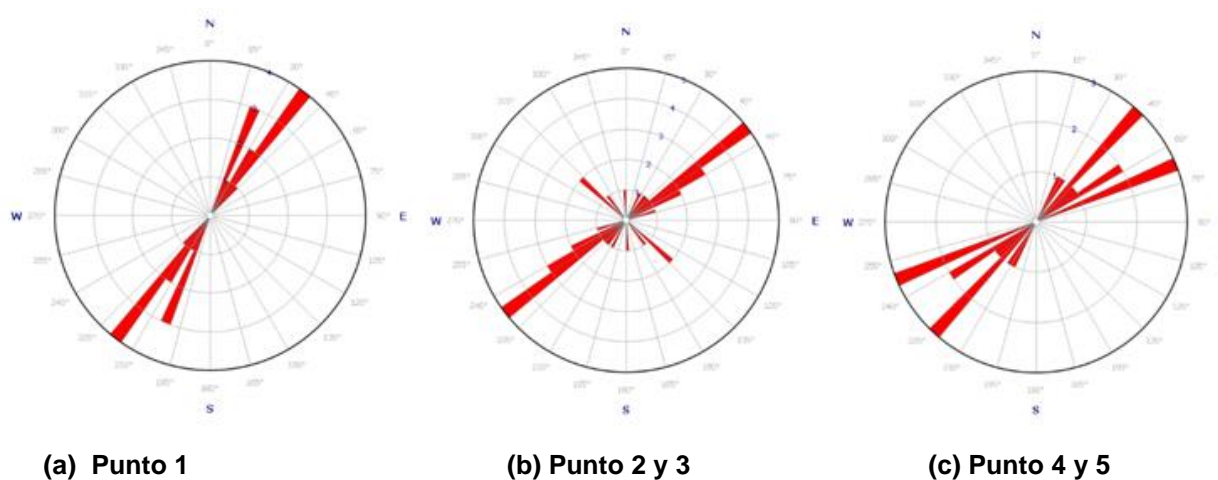


Figura 16. (a) Roseta de fractura La Cerceta. (b) Roseta de fractura El Lagarto. (c) Roseta de fractura Salida Trasvase, Formación Masachapa

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

En la Figura 18, se muestra la roseta de fractura correspondiente a formación El Fraile con dirección preferencial noreste - suroeste.

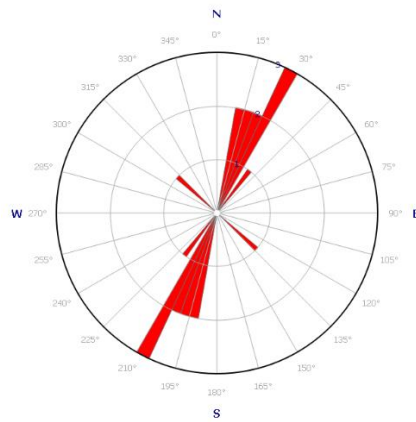


Figura 17. Roseta de fractura El Jícaro, Formación El Fraile

4.7 HIDROLOGÍA

Hidrológicamente Nicaragua está dividida en dos grandes vertientes hidrográficas: vertiente del Pacífico con una superficie de 12,072 km² equivalente a 9 % de territorio nacional y el Mar Caribe con 116,882 km² que representa el 91 % restante.

La microcuenca se localiza en la vertiente del Pacífico en la subcuenca Río Jesús perteneciente a la Cuenca N°68 denominada Entre Río Tamarindo y Río Brito.

4.7.1 Características Morfométricas

La microcuenca es exorreica caracterizada por una circulación y expulsión del flujo de agua hacia el Océano Pacífico. En la Tabla 11, se refleja parámetros morfométricos más importante del área de estudio.

Tabla 11. Parámetros Morfométricos

Parámetros	Unidad	Valor
Área	km ²	20.70
Perímetro	km	29.53
Cota máxima	msnm	170
Cota mínima	msnm	0
Cota máxima cauce	msnm	120
Cota mínima cauce	msnm	0
Longitud máxima del cauce principal	km	12.10
Longitud axial	km	11.59
Longitud total de la red de drenaje	km	23.69
Índice de compacidad	-	1.82
Densidad de drenaje	km/km ²	1.14
Pendiente media	m/m	0.01
Tiempo de concentración	min	727

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

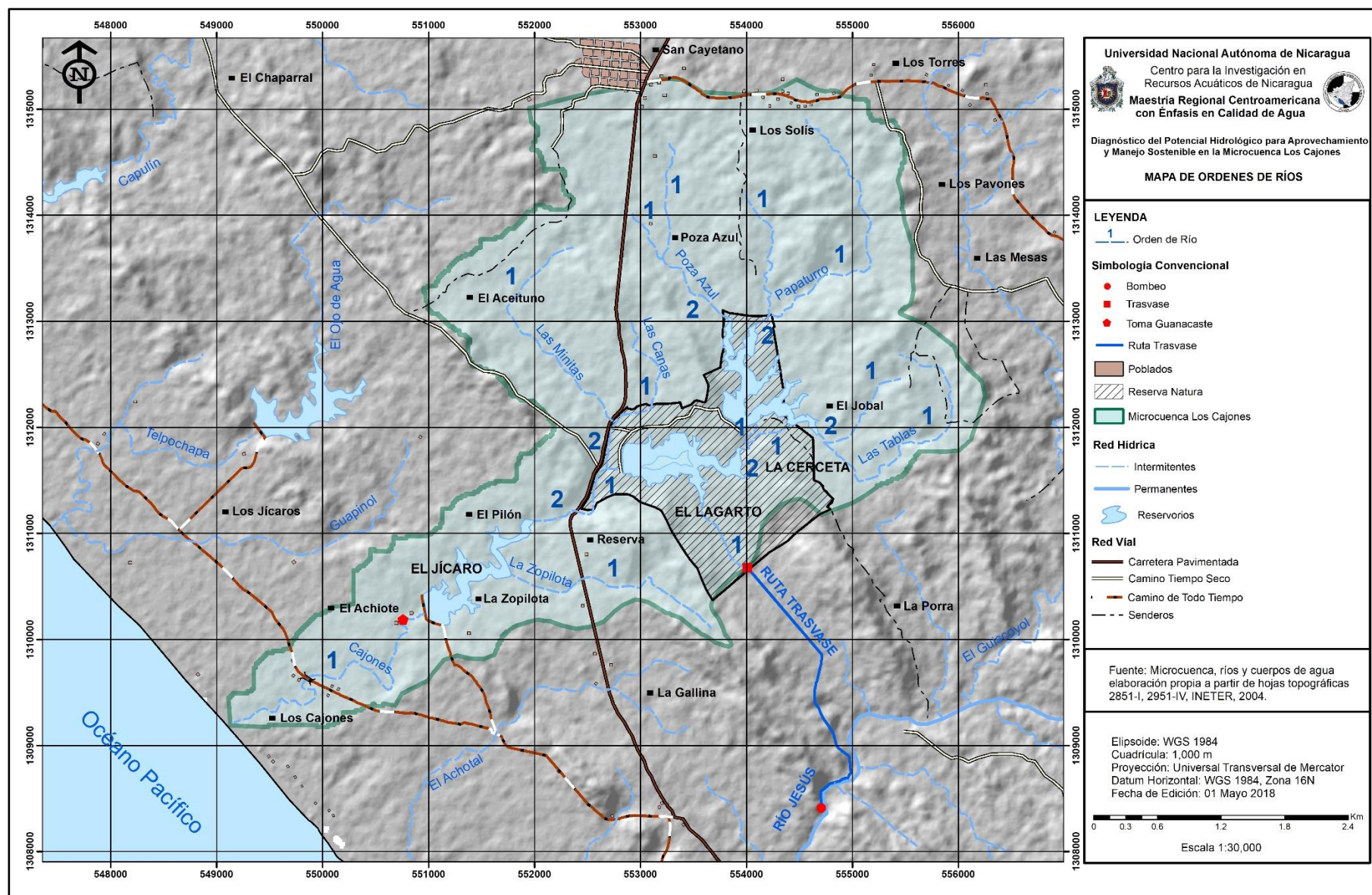


Figura 18. Mapa de Orden de Río

4.7.1.1 Área

El área constituye el criterio de la magnitud del caudal en la microcuenca. En condiciones normales, el caudal mínimo y máximo instantáneo crecen a medida que la superficie sea grande.

El área total de la microcuenca es de 20.70 km², siguiendo el criterio de Chow, Maidment y Mays (1994) refieren que superficies menores de 250 km² pueden definirse como pequeña, mientras la que son mayores a 2,500 km², se clasifican dentro de cuencas grandes.

El perímetro es de 29.53 km, donde su longitud en la parte noroeste es de forma redonda y más alargada al suroeste.

4.7.1.2 Patrón de Drenaje

El patrón de drenaje es dendrítico en la parte noreste y noroeste, caracterizado en sistema de ramificaciones en forma de árbol. Esto podría deberse a características geológicas y geomorfológicas.

Al aplicar el método Strahler, el grado máximo de ramificación de la red de drenaje encontrado en la parte noreste corresponde a orden 2 y en la salida al Océano Pacífico es de orden 1 (**Figura 19**).

4.7.1.3 Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravellius (KG)

Cuanto más irregular sea la microcuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una microcuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a concentrar grandes volúmenes de escurrimiento a medida que este número sea próximo a la unidad. Cuando el índice de Gravellius es mayor que 1 significa que la microcuenca no es redonda (Fernández, 2012).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Al aplicar este coeficiente, se obtuvo un resultado de $K_G = 1.82$, eso significa que la clasificación de la microcuenca es oval-alargada a alargada.

4.7.1.4 Densidad de Drenaje (Dd)

Usualmente toma valores entre 0.5 km/km² con drenaje pobre hasta 3.5 km/km² para hoyas excepcionalmente bien drenadas (Moreno y Esquivel, 2015).

Al aplicar este coeficiente, se obtuvo un resultado de 1.14 km por cada km², esta respuesta hidrológica se considera baja. Según Villón citado por Fernández (2012), densidades de drenaje baja corresponden a suelos duros, poco erosionables o muy permeables y coberturas vegetales densa.

4.7.1.5 Pendiente

La microcuenca presenta pendientes escarpadas (>30%) con 1.9%, moderadamente escarpada (15-30%) conformando el 4.1%, fuertemente inclinadas (5-15%) representando el 50% y plano ligeramente inclinado (0-15%) con 44% de la superficie total (**Figura 21**).

La máxima pendiente se localiza en la parte noreste y noroeste conformando anticlinales de San Cayetano.

4.7.1.6 Tiempo de Concentración (Tc)

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficial desde lugar más lejano de la microcuenca hasta el punto de salida. Por tanto, según Wanielista, Kerster y Eaglin (1977), refieren que cuencas mayores de 5 km² se puede obtener el tiempo de concentración aplicando una ecuación para diseños hidrológicos ($T_c = 14.6.L.A^{-0.1} \cdot S^{-0.2}$).

También, Sánchez (2017) indica que un embalse o reservorio que tiene un vertedero rectangular y cuyo borde inferior se sitúa a un nivel de cota, se puede tomar esta cota de nivel de agua como la base del vertedero y el caudal será proporcionar a la altura del agua sobre ese nivel. El volumen almacenado en un momento dado será el comprendido entre la cota base y el nivel de agua en ese momento, sin tener en cuenta el volumen que pueda

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

existir por debajo de la cota base. Todo esto para conocer el tiempo de tránsito en un embalse o reservorio.

El valor del tiempo de concentración en la microcuenca es de 727 minutos, tiempo que, una vez finalizado el hietograma de exceso, se manifiesta como escurrimiento directo (tomando en cuenta el flujo trasvase).

4.7.1.7 Curva Hipsométrica

Esta característica refleja el relieve desde la óptica de distribución de altitudes de la microcuenca. De acuerdo con la curva hipsométrica, la elevación media de la microcuenca es de 95 msnm (**Figura 20**).

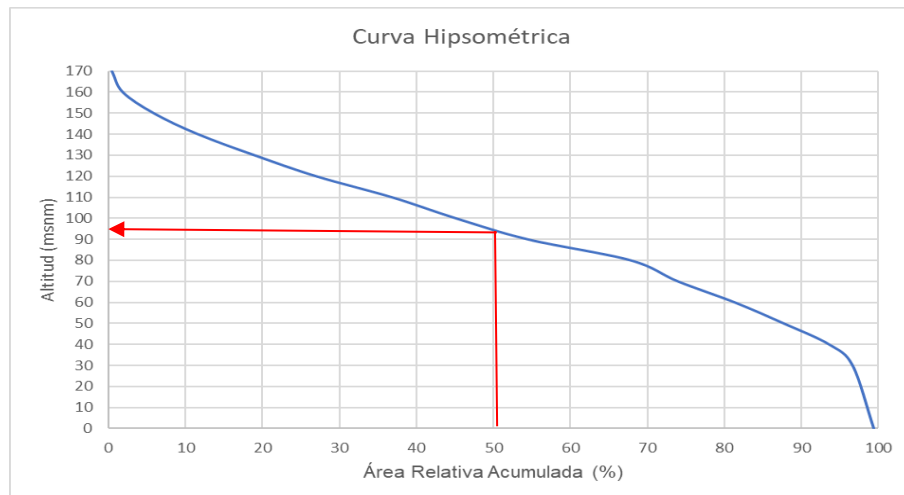


Figura 19. Curva Hipsométrica

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

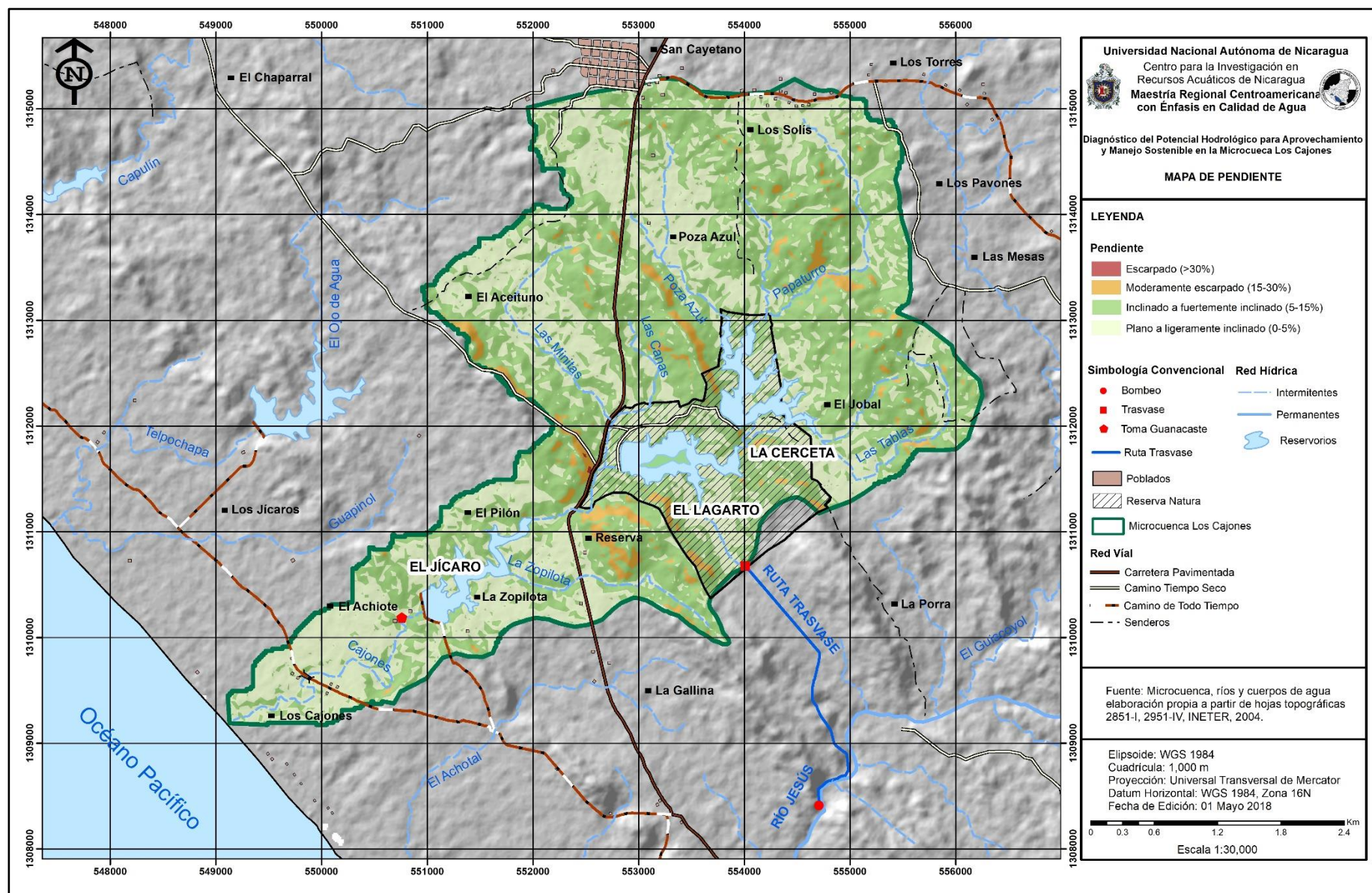


Figura 20. Mapa de Pendiente

4.7.2 Características Hidráulicas de Flujos

En la microcuenca el flujo de agua superficial en la parte noreste y noroeste son intermitentes, considerando únicamente escorrentía superficial durante precipitación; sin embargo, en la parte media del área de estudio se encuentra algunos caudales de jerarquía.

4.7.2.1 Flujo Quebrada desde El Lagarto

Este sitio de control de flujo de agua superficial se localiza en la parte suroeste del reservorio y está conectado con El Jícaro, surgió en octubre luego del trasvase de agua con un promedio de $0.0033 \text{ m}^3/\text{s}$, y esto podría deberse a la escasa pluviosidad en que se encontraba la microcuenca, por lo que, en meses anteriores no tenía flujo (Figura 22).

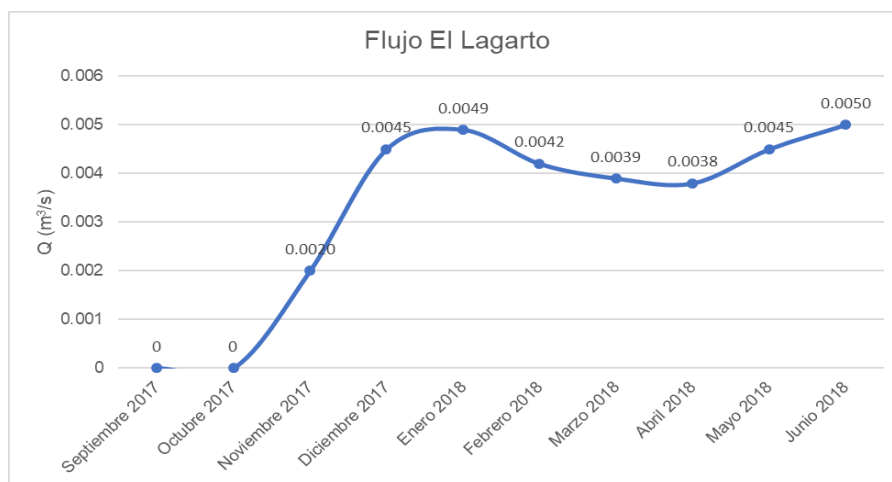


Figura 21. Flujo El Lagarto (septiembre 2017-junio 2018)

4.7.2.2 Flujo Río Los Cajones

Este punto de monitoreo se localiza en la parte noreste en puente Los Cajones proveniente del reservorio El Jícaro, permaneciendo con flujo de agua en todo el año con un promedio de $0.0046 \text{ m}^3/\text{s}$, y esto podría ser correlacionado con el agua subterránea, es decir, es un río efluente (Figura 23).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

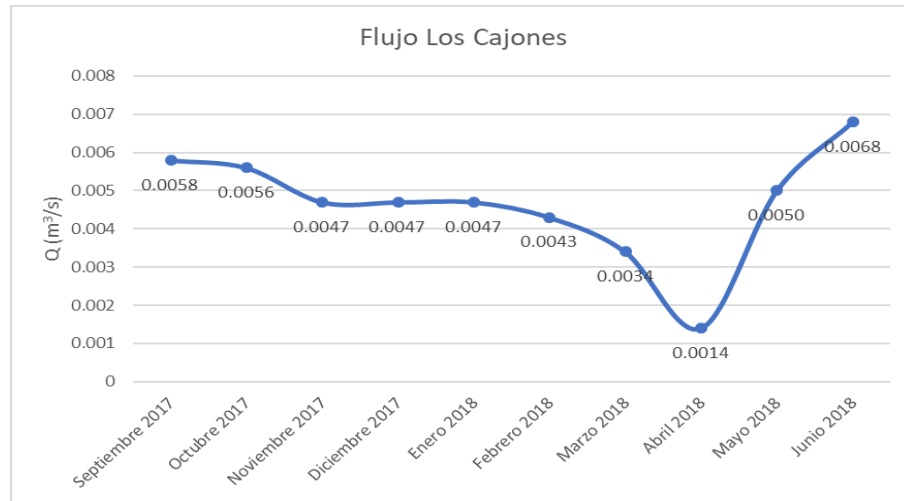


Figura 22. Flujo Los Cajones (septiembre 2017-junio 2018)



Figura 23. Monitoreo Flujo Río Los Cajones



Figura 24. Punto de Monitoreo Flujo El Lagarto

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

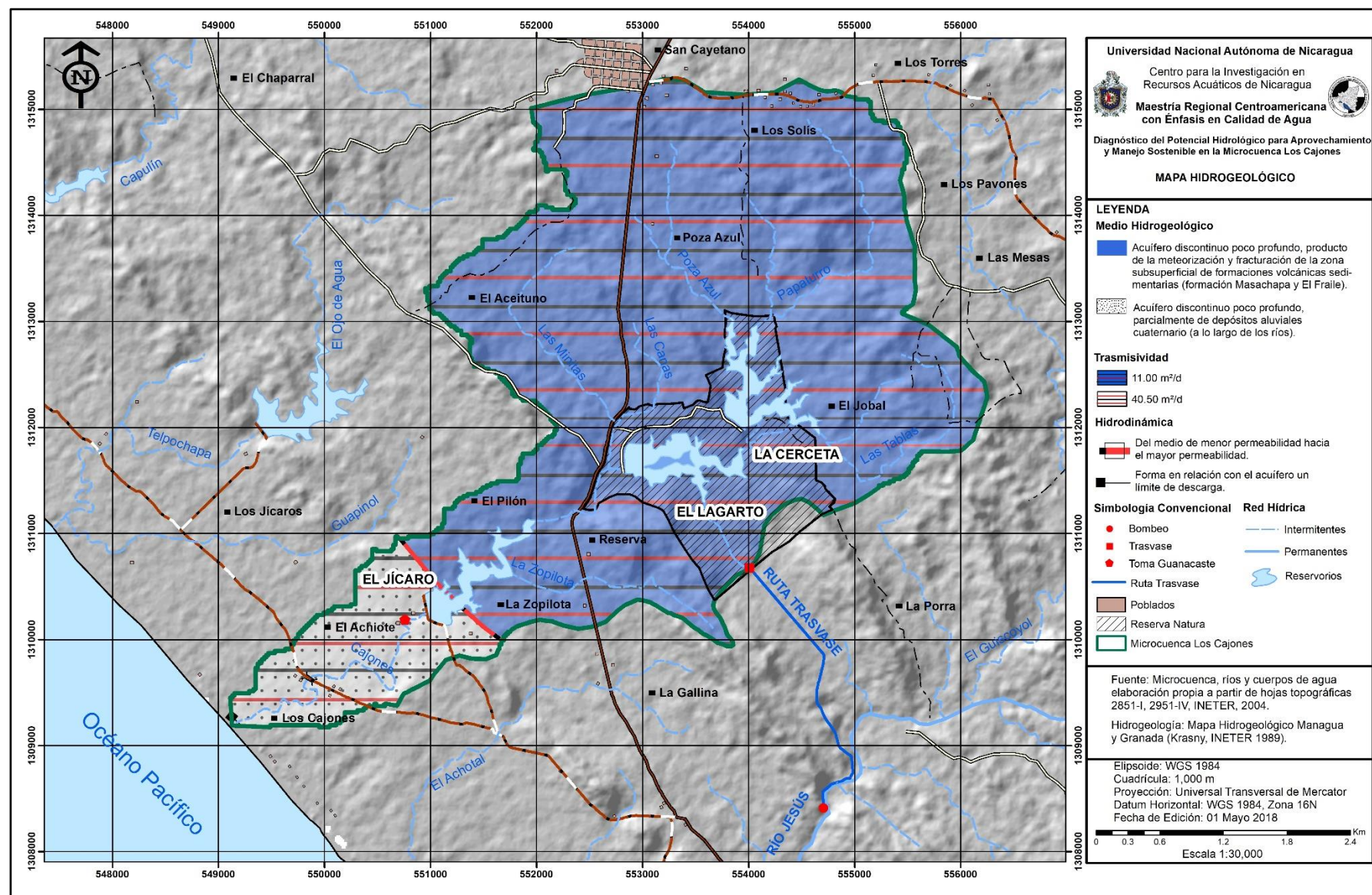


Figura 25. Mapa Hidrogeológico

4.8 HIDROGEOLOGÍA

La microcuenca se encuentra dentro de la Provincia Hidrogeológica Pacífica, específicamente en la Subprovincia Hidrogeológica Rivas-Tamarindo, se trata de una franja donde afloran rocas volcánico-sedimentarias del Terciario (Masachapa, El Fraile y El Tamarindo) que constituyen unidades de propiedades hidrogeológicas similares (**Figura 26**).

4.8.1 Medio Hidrogeológico

Este acuífero está conformado en dos medios hidrogeológicos: uno correspondiente a la formación Masachapa y El Fraile, y otro a depósitos aluviales.

En dirección noreste -suroeste con un 90.33 % del área total, se encuentran rocas de baja permeabilidad hasta compactas, correspondientes a formaciones Masachapa y El Fraile, por tanto, dan origen a un medio hidrogeológico discontinuo poco profundo, producto de la meteorización y fracturación de la zona subsuperficial de formaciones volcánicas sedimentarias terciarias.

En dirección suroeste con un 9.66 % restante, se encuentra roca de variable permeabilidad que permiten el almacenamiento y contienen un potencial de agua subterránea, correspondientes a depósitos aluviales cuaternarios, por tanto, da origen a un medio hidrogeológico discontinuo poco profundo con un espesor que no supera 20 m de profundidad, donde se constituyen acuíferos libres.

4.8.2 Características Hidráulicas del Acuífero

4.8.2.1 Conductividad Hidráulica

La permeabilidad está definida por propiedades geológicas e hidráulicas de la roca. Según Freeze y Cherry (1979) conductividades entre 10^{-5} a 1 m/d corresponde a medio hidrogeológico con litología desde areniscas a arcillas relacionada a formación Masachapa y El Fraile.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

En referencia valores de 1 a 10 m/d corresponde a medio hidrogeológico con litología desde arena media a gruesa relacionado a depósitos aluviales.

Para Nonner (2015) la naturaleza de una roca (suave o dura) es un factor que juega un papel decisivo en la determinación de características del agua subterránea, en consecuencia, estos valores de transmisividades y permeabilidad podrían explicarse como un factor de geología en la microcuenca, por ende, son formaciones compactas.

4.8.2.2 Transmisividad

La variabilidad de este parámetro es relacionada a la presencia de dos tipos de rocas: el primer valor de transmisividad con el 90.33 % de la superficie total corresponde a la formación Masachapa y El Fraile, es considerada de baja a nula (INETER, 1998). Para este parámetro el valor dado según permeabilidad y espesor del medio hidrogeológico es de 11 m²/d.

El segundo valor de transmisividad con el 9.66 % restante corresponde a depósitos aluviales, es considerada de media a baja (INETER, 1998). Para este parámetro el valor dado según permeabilidad y espesor del medio hidrogeológico es de 40.50 m²/d.

De esta manera el promedio de ambas transmisividades considera un valor total de 25.75 m²/d del acuífero de la microcuenca (**Tabla 12**).

Tabla 12. Transmisividad en Medio Hidrogeológico

Medio Hidrogeológico	Formación	Litología	Espesor * (m)	Permeabilidad** (m/d)	Transmisividad (m ² /d)	T Promedio (m ² /d)
Discontinuo somero y fracturado	Masachapa (Tom) y El Fraile (Tmf)	Lutita, limolita y areniscas tobáceas	20	0.55	11	25.75
Discontinuo somero y poroso	Depósitos Aluviales	Arcilla, grava redondeada y guijarros	4.05	10	40.50	

(*) (Valencia, 2014)

(**) (Freeze y Cherry, 1979)

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

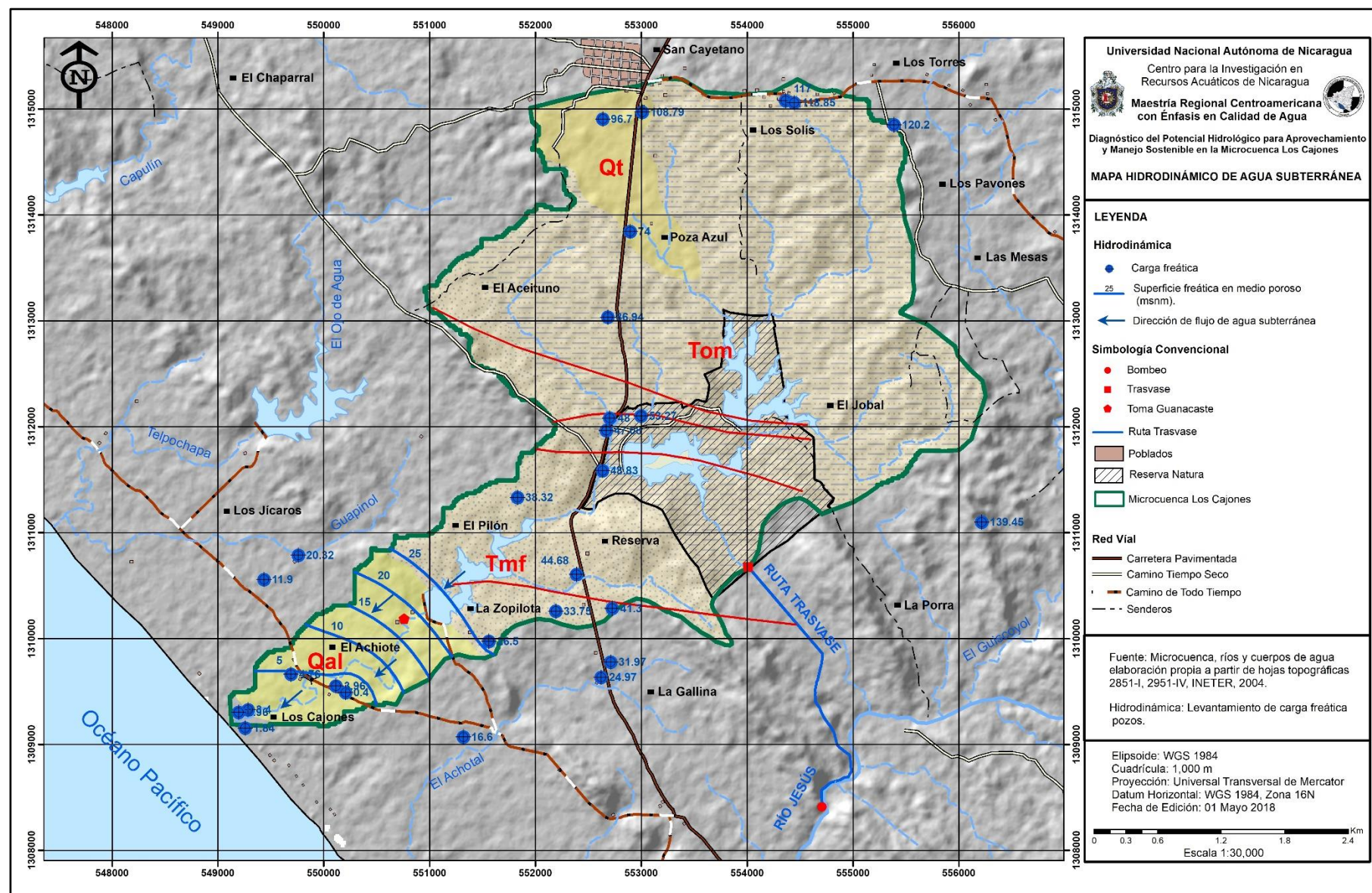


Figura 26. Mapa Hidrodinámico

4.8.3 Hidrodinámica de Agua Subterránea

El comportamiento del agua subterránea en la microcuenca está definido por la lito estratigrafía horizontal y vertical. Esta se almacena y trasmite de un medio fracturado terciario a cuaternario con un flujo de corto recorrido (7.5 km) de la zona de recarga hasta descarga (**Figura 27**).

En el medio hidrogeológico fracturado terciario, la profundidad del agua subterránea es de 15.5 a 22.8 m con cargas freáticas que oscilan de 26.5 a 120.2 msnm.

En el medio hidrogeológico cuaternario, la profundidad del agua subterránea es de 2.04 a 3.68 m, con isolíneas freáticas que oscilan de 5 a 25 msnm descargando el agua subterránea al Océano Pacífico.



Figura 27. Levantamiento de Nivel Estático de Agua en Pozo

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

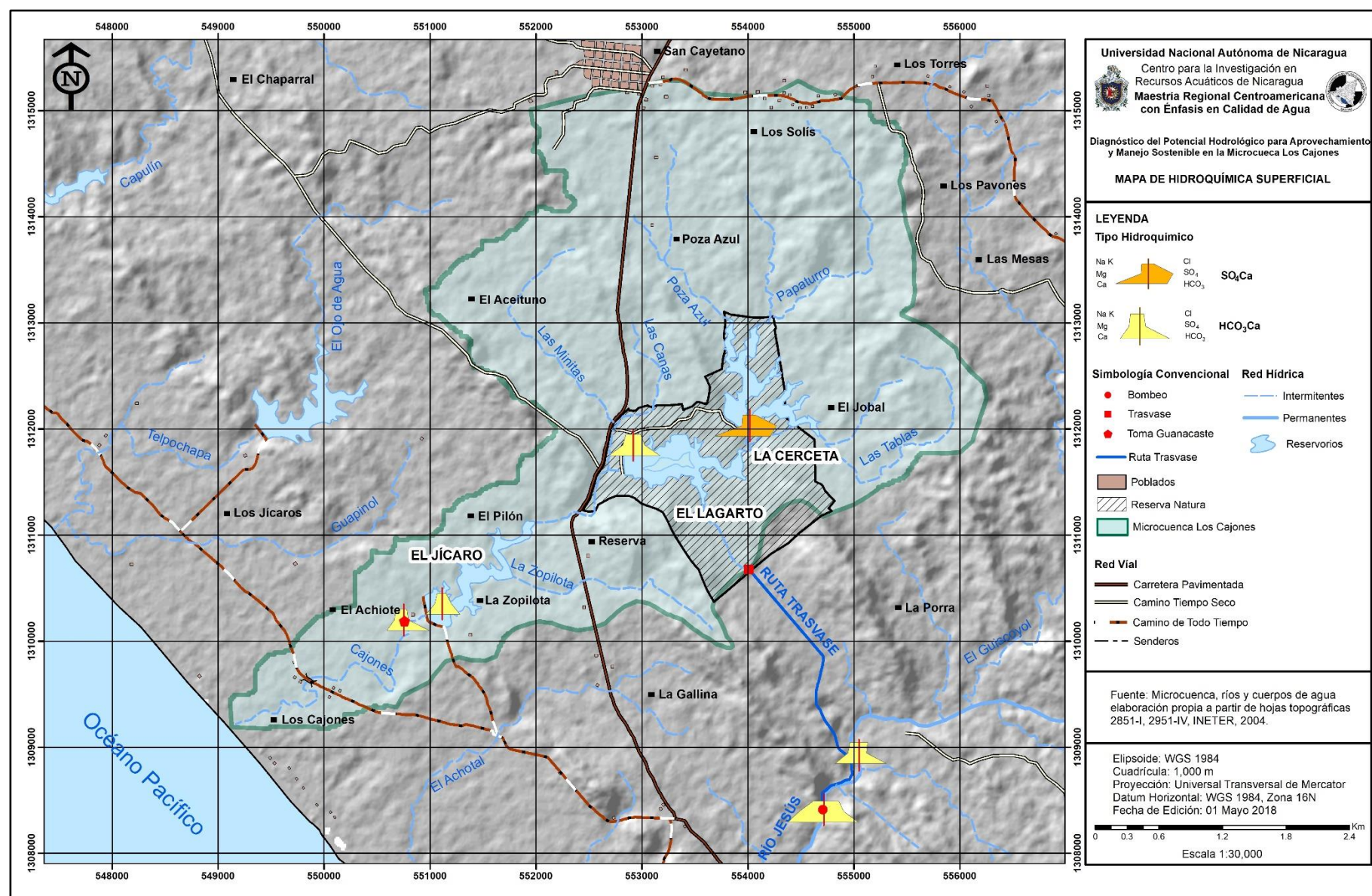


Figura 28. Hidroquímica Superficial

4.9 HIDROQUÍMICA

4.9.1 Hidroquímica Superficial

El agua como solvente universal, no es completamente pura, sino que lleva en su composición sustancias disueltas en suspensión y coloides. El origen de estas sustancias es de tres fuentes: composición inicial de agua lluvia, interacción agua - suelo - vegetación y agua - roca (**Figura 29**).

4.9.1.1 Parámetros Físicos y Químicos

En Tabla 13 y 14, se presentan resultados de parámetros monitoreados de sitios superficiales en la microcuenca, descrito brevemente a continuación:

a)- Potencial Hidrógeno (pH)

Generalmente para la época lluviosa la magnitud del pH en el agua superficial se encuentra entre 6.85 a 7.82 con un promedio de 7.36, por tanto, estos valores medidos en aguas son ligeramente básico.

Así mismo, para la época seca presentó un valor ligeramente alcalino en cada sitio superficial que oscila de 8.36 a 8.70 con un promedio de 8.27, exceptuando puente Los Cajones que registró un descenso de 4.74 % del valor registrado en la época anterior

Estos valores medidos de este parámetro podrían ser explicado como influencia del medio geológico inalterado de la microcuenca, como pueden ser: HCO_3 . Para INETER (2004), la condición climática y de vegetación de un área son favorable para un alto contenido de dióxido de carbono, gaseoso y sólido, que favorece el incremento del HCO_3 .

b)- Temperatura (C°)

El comportamiento de la temperatura del agua superficial corresponde a condiciones climáticas típicas de la zona y oscila de 24.02 a 31.20 °C con un promedio de 29 °C.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

En época seca, el resultado de este parámetro no presento cambio significativo con respecto al promedio anterior.

c)- Conductividad Eléctrica (Ce)

Este parámetro oscila de 360 a 594 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ con un promedio de 459 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, encontrándose por encima un 14 % con el valor admisible de la norma OMS, donde salida trasvase, La Cerceta y El lagarto están con mayores concentraciones.

Así mismo, para la época seca oscila de 432 a 607 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ con un promedio de 518.80 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, teniendo un incremento general de 13 % con relación a la época anterior. Según INETER (2004), estos rangos encontrados podrían ser derivados de la afectación de mezcla de materia orgánica y composición geoquímica de la zona no saturada.

d)- Sólidos Disueltos Totales (STD)

En cuanto a este parámetro oscila de 180 a 280 mg.l^{-1} con un promedio de 229.50 mg.l^{-1} , en tanto, para la época seca presentó un aumento de 13 % con 259.40 mg.l^{-1} . Así mismo, estas mediciones presentadas tienen relación directa con la conductividad eléctrica y consideran aguas de poco recorrido con algunos focos puntuales de alteraciones de sales iónicas.

e)- Potencial REDOX

En la época lluviosa el redox en cinco sitios superficiales (Presa La Gallina, Salida Trasvase y Reservorios) son negativos considerando condiciones reductivas y posiblemente es por presencia de materia orgánica en el agua, exceptuando puente Los Cajones con un valor positivo y un estado oxidante.

En cambio, para la seca sugiere un cambio en la calidad química del agua, de condiciones reductivas a oxidantes en cada sitio superficial. Conforme a Palaniappan (como se citó en Bahri, 2012), el flujo resultante de la escorrentía de aguas fluviales puede acarrear grandes cantidades de contaminantes, lo cual reduce la calidad del

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

recurso. Por lo tanto, este cambio puede ser explicado como una condición de época, con menos aporte de contaminantes en agua superficial.

f)- Turbidez

Referente a esta característica en: Presa La Gallina, El Lagarto y El Jícaro, se encuentran por encima del valor admisible de la norma OMS y esto podría deberse a una relación directa con la concentración de sólidos disueltos totales. Sin embargo, este parámetro no es perjudicial para el cultivo.

g)- Dureza Total

En cuanto a calidad del agua superficial según Roldán y Ramírez (2008), establece un rango de 60 mg.l⁻¹ CaCO₃ con un máximo de 120 mg.l⁻¹ CaCO₃ para obtener un agua de blanda a moderadamente dura. Con base en resultados: La Gallina, La Cerceta y El Lagarto es dura, todo lo contrario, en El Jícaro es moderadamente.

h)- Alcalinidad Total

Con respecto a Roldán y Ramírez (2008), establece un rango de < 75 mg.l⁻¹ CaCO₃ con un máximo de 150 mg.l⁻¹ CaCO₃ para obtener un agua de baja a media. Con base en resultados: todos los sitios son de media, exceptuando La Gallina con una alta alcalinidad.

Tabla 13. Parámetro Físico Químico Superficial, Época Lluviosa

Localización	Ce (μS.cm ⁻¹)	pH	Temperatura (C°)	O. Disuelto (mg.l ⁻¹)	% O. Disuelto	Salinidad (PSU)	REDOX (mV)	STD (mg.l ⁻¹)
Presa La Gallina	380	7.54	30.98	4.18	57.50	0.18	-147.30	190
Descarga Trasvase	451	7.79	27.10	4.10	52.20	0.22	-93.60	226
La Cerceta	560	7.09	31.20	2.41	33.30	0.27	-87.40	280
El Lagarto	594	7.08	30.59	4.43	55.60	0.28	-75.10	297
El Jícaro	409	6.85	30.10	4.11	55.60	0.19	-107.40	204
Puente Los Cajones	360	7.82	24.02	4.18	57.60	0.17	86.20	180
Promedio	459	7.36	29	3.90	51.97	0.22	-147.30 – 86.20	229.50
OMS	400	6.5-8.5	18-30	SR	SR	SR	SR	1,000

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Localización	Ce ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	pH	Temperatura (C°)	O. Disuelto (mg.l ⁻¹)	% O. Disuelto	Salinidad (PSU)	REDOX (mV)	STD (mg.l ⁻¹)
NTON 05007-98,2B	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	3,000

Tabla 14. Parámetro Físico Químico Superficial, Época Seca

Localización	Ce ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	pH	Temperatura (C°)	O. Disuelto (mg.l ⁻¹)	% O. Disuelto	Salinidad (PSU)	REDOX (mV)	STD (mg.l ⁻¹)
Río Jesús (bombeo)	432	8.36	26.39	4.10	52.20	0.21	76.80	216
La Cerceta	607	8.42	30.91	6.62	90.50	0.29	37.50	304
El Lagarto	537	8.70	31.48	7.22	98.80	0.26	10.50	268
El Jícaro	463	8.40	30.96	5.37	74.20	0.22	80.00	231
Puente Los Cajones	555	7.45	25.62	3.26	40.10	0.27	64.20	278
Promedio	518.80	8.27	29.07	5.31	71.16	0.25	10.50 – 80.0	259.40
OMS	400.00	6.5-8.5	18-30	SR	SR	SR	SR	1,000
NTON 05007-98,2B	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	3,000

Observación: datos de turbidez, dureza y alcalinidad total se tomaron de análisis de laboratorio



Figura 29. Medición de Parámetro en Reservorio El Jícaro

4.9.1.2 Composición Iónica

En Tabla A.21, se presentan resultados de la composición iónica de sitios superficiales en la microcuenca, descrito brevemente a continuación:

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

a)- Cationes

Según resultados de laboratorio las concentraciones catiónicas del Potasio, Sodio y Magnesio no superan las normas OMS y NTON para aguas superficiales dentro la microcuenca y pertenecientes al Río Jesús.

Con relación a la concentración del ion hierro en: Río Jesús y La Gallina, se encuentran por encima del valor admisible de la norma NTON; y posiblemente es por presencia de rocas que contienen este mineral en el transcurso del río; sin embargo, este mineral disminuye o se equilibra hacia aguas superficiales en reservorios de la microcuenca.

La concentración del Calcio podría ser explicado como un factor de composición litológica, ya que rocas en la microcuenca al meteorizarse podría liberar cantidades de Ca^{++} que eleven concentraciones normales de este catión en agua superficial, como pueden ser horizontes cálcicos de suelos alfisoles presentes en el área de estudio.

b)- Aniones

Así mismo, el resultado de laboratorio de las concentraciones aniónicas del Cloruro, Nitratos, Carbonatos y Nitritos no superan las normas OMS y NTON para aguas superficiales tanto en la microcuenca como en el Río Jesús.

En relación con la concentración alta del anión Bicarbonato en Toma Guanacaste, Río Jesús, El Lagarto y El Jícaro, posiblemente se deba a la estrecha similitud a magnitudes de pH encontradas en aguas superficiales en el área de estudio.

Por otro lado, la presencia alta del ion Sulfato en La Cerceta podría deberse a composición litológica y presencia de agentes contaminantes, ya que no se encontraron temperaturas altas que indiquen termalismo o ascenso de aguas profundas a través de fallas.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

4.9.1.3 Tipo Hidroquímico

En Tabla 15, del total de contenido iónico en aguas superficiales: el anión predominante es Bicarbonato (HCO_3^-) con un promedio de 56.43% y el catión sobresaliente es calcio (Ca^{++}) con un promedio de 53.90%.

Tabla 15. Aniones y Cationes Predominantes

Cationes (%)	Toma Guanacaste	Río Jesús- parte Media	Presa La Gallina	La Cerceta	El Lagarto	El Jícaro
Na+	23.08	19.24	14.43	13.54	16.19	16.34
K+	2.62	4.87	3.13	4.85	6.3	6.16
Ca++	47.89	52.39	48.96	66.39	54.78	53.01
Mg++	26.41	23.5	33.48	15.22	22.73	24.49
Suma	100	100	100	100	100	100
Aniones (%)						
HCO_3^-	73.73	61.31	49	38.2	58.58	57.77
SO_4	14.15	16.59	28.46	50.18	25.29	29.85
Cl-	9.57	19.25	21.34	10.61	15.94	12.1
NO_3^-	2.55	2.85	1.2	1.01	0.19	0.28
Suma	100	100	100	100	100	100
Hidroquímica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Sulfatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica

Del análisis de la Figura 31, el tipo hidroquímico primario del agua superficial aplicando el diagrama de Piper es el siguiente: Río Jesús, La Gallina, El Lagarto, El Jícaro y Toma Guanacaste es Bicarbonatada-Cálcica (HCO_3^- -Ca). Finalmente, en La Cerceta es Sulfatada-Cálcica (SO_4 -Ca).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

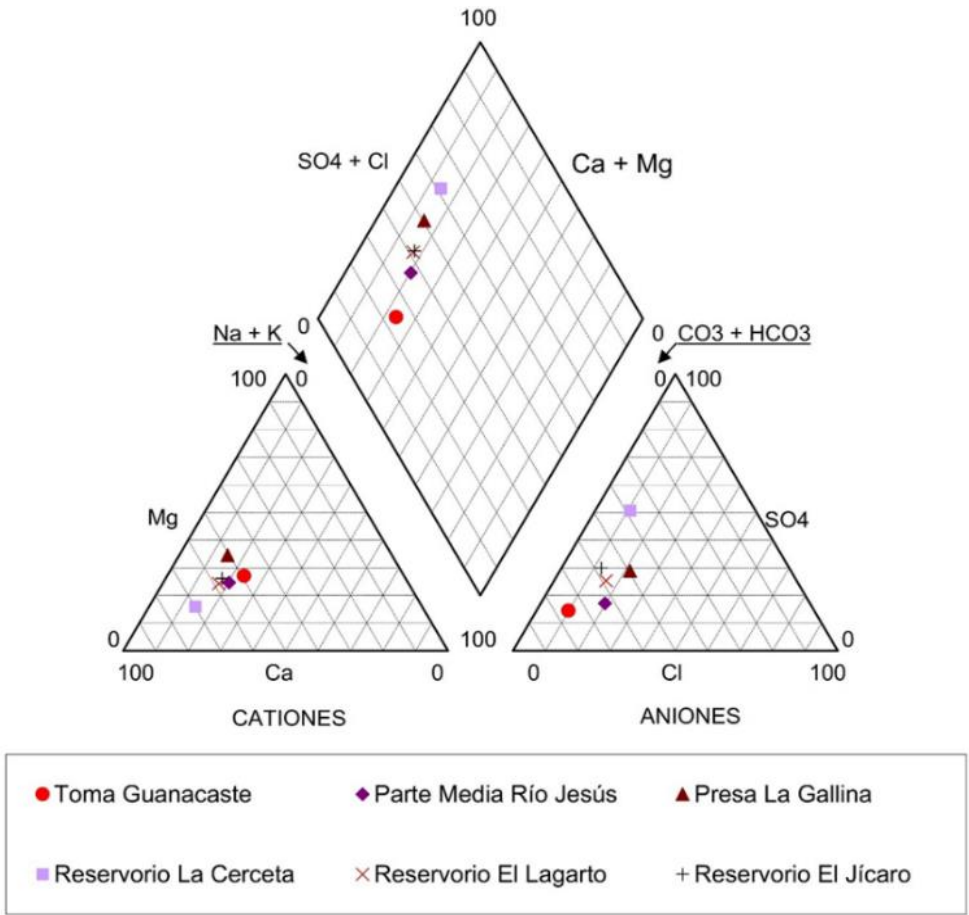


Figura 30. Diagrama de Piper

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

4.9.1.4 Clasificación del Agua Superficial para Riego

De acuerdo con la Norma Riverside, el valor de adsorción del sodio (RAS) y conductividad eléctrica es C2-S1 (**Figura 32**).

C2: Agua de salinidad media. Conductividad entre 250 y 750 micromhos/cm a 25 °C correspondiente aproximadamente a 160 – 480 mg.l⁻¹ de sólidos disueltos. Puede usarse con un grado moderado de lavado. Sin excesivo control de la salinidad se pueden cultivar, en la mayoría de casos, plantas moderadamente tolerantes a sales.

S1: Agua baja en sodio. Puede usarse en la mayoría de suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable.

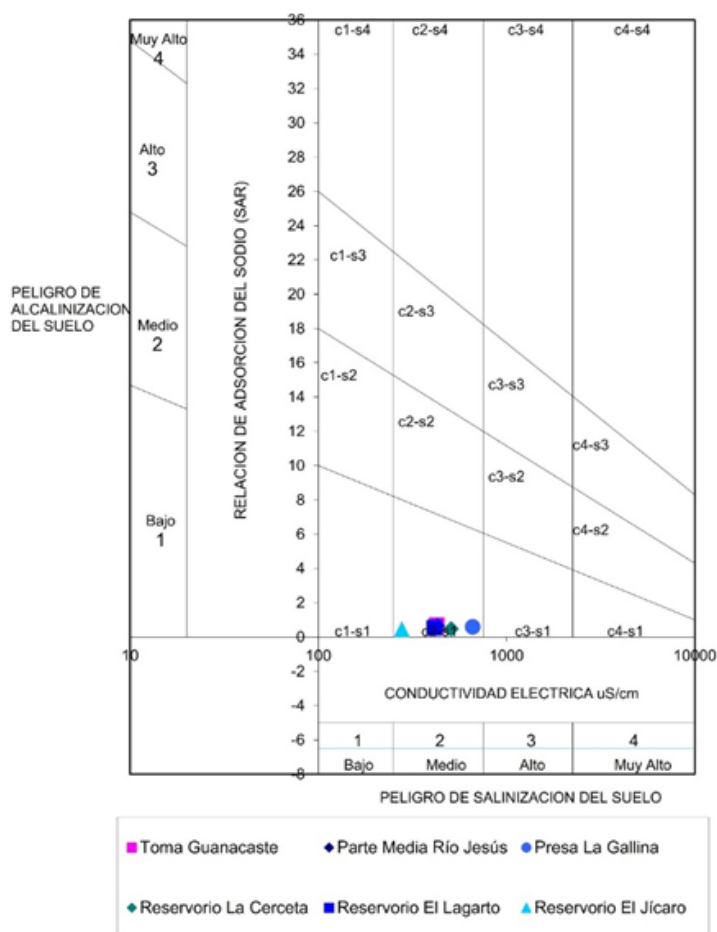


Figura 31. Clasificación del Agua Superficial para Riego

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

4.9.1.5 Plaguicidas Organoclorados

De acuerdo con resultados de laboratorio en Tabla 16, indica que estos compuestos no están presentes en agua superficial (ND), encontrándose en rango admisible de la norma OMS y NTON 0500798, 2B.

Tabla 16. Plaguicidas Organoclorados

Parámetros	Unidades	Toma Guanacaste	Río Jesús (parte media)	Presa La Gallina	El Jícaro	OMS	NTON 05 007-98, 2B
ALFA-HCH	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	0.2 µg.l ⁻¹
BETA-HCH	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	
DELTA-HCH	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	
LINDANO	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	
pp-DDE	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	0.03	
pp-DDT	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	2	
HEPTACLORO	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	0.03	
HEPTACLORO-ÈPOXIDO	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	0.03	
ALDRÍN	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	0.03	
DIELDRIN	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	0.03	
ENDRIN	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	
ENDOSULFAN I	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	
ENDOSULFAN II	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	
TOXAFENO	µg.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	

4.9.1.6 Plaguicidas Organofosforados

En Tabla 17, se presentan resultados de laboratorio que muestran que estos compuestos no están presentes en agua superficial (ND), encontrándose en rango admisible de la norma OMS y NTON 0500798,2B.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla 17. Plaguicidas Organofosforados

Parámetros	Unidades	Toma Guanacaste	Río Jesús (parte media)	Presa La Gallina	El Jícaro	OMS	NTON 05-007-98, 2B
CO.RAL (COUMAFOS)	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND	SR	0.1 mg.l ⁻¹
DEF (TRIBUFON)	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
DIAZINON	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
ETIL-PARATION	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
ETION	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
FORATE	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
GUTION (AZINFOS METIL)	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
MALATION	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
METIL-PARATION	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
MOCAP (ETOPROFOS)	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
TERBUFOS	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		
ZOLONE (FOSALONE)	ng.l ⁻¹	ND	ND	ND	ND		

4.9.1.7 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP'S)

En Tabla 18, se presentan resultados de laboratorios que muestran que estos compuestos no están presentes en agua superficial (ND), encontrándose en rango admisible de la norma OMS y NTON 0500798,2B.

Tabla 18. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Punto 10: Parámetros Fluorocarburos y Heterociclos					
PARÁMETROS	Río Jesús (parte media)	Presa La Gallina	El Jícaro	OMS	NTON 05-007-98, 2B
	ng.l ⁻¹	ng.l ⁻¹	ng.l ⁻¹		
ACENAFTENO	ND	ND	ND	SR	Ausentes
ACENAFTILENO	ND	ND	ND		
ANTRACENO	ND	ND	ND		
BENZO (a) ANTRACENO	ND	ND	ND		
BENZO (b) FLOURANTENO	ND	ND	ND		
BENZO (k) FLOURANTENO	ND	ND	ND		
BENZO (a) PIRENO	ND	ND	ND	0.7	
BENZO (e) PIRENO	ND	ND	ND	SR	
BENZO (g,h,i) PERILENO	ND	ND	ND		
BIFENIL	ND	ND	ND		
CRISENO	ND	ND	ND		

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

PARÁMETROS	Río Jesús (parte media)	Presa La Gallina	El Jícaro	OMS	NTON 05-007-98, 2B
	ng.l ⁻¹	ng.l ⁻¹	ng.l ⁻¹		
DIBENZO (a,h) ANTRACENO	ND	ND	ND		
DIBENZOTIOFENO	ND	ND	ND		
FENATRENO	ND	ND	ND		
FLORANTENO	ND	ND	ND		
FLOURENO	ND	ND	ND		
INDENO(1,2,3-cd)	ND	ND	ND		
1- METIL- FENANTRENO	ND	ND	ND		
1- METIL- NAFTALENO	ND	ND	ND		
2,6- DIMETIL- NAFTALENO	ND	ND	ND		
1,6,7- TRIMETIL- NAFTALENO	ND	ND	ND		
PIRENO	ND	ND	ND		
PERILENO	ND	ND	ND		

4.9.1.8 Metales Pesados

Conforme a resultados de laboratorios en Tabla 19, la concentración de Arsénico oscila de 1.17 a <0.99 $\mu\text{g.l}^{-1}$ y su movilidad-concentración desde La Gallina hasta El Jícaro va disminuyendo, por tanto, estos valores se encuentran en el rango admisible de la norma OMS y NTON 05-007-98, 2B.

La concentración de Manganeseo oscila de 71.47 hasta 749.33 $\mu\text{g.l}^{-1}$, donde La Gallina (749.33 $\mu\text{g.l}^{-1}$) se encuentra por encima del valor admisible de la norma OMS y NTON 05-007-98,2B; sin embargo, en El Jícaro su movilidad-concentración disminuye.

Este valor no admisible posiblemente sea un factor de alta acumulación de sedimentos retenido a través del muro de concreto de la presa. Para Sadoff y Muller (2010) los sedimentos juegan un papel importante en la trasportación y absorción de metales pesados.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla 19. Metales Pesados

Parámetros	Unid.	Río Jesús (parte media)	Presa La Gallina	El Jícaro	OMS ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	NTON 05-007-98, 2B ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
ARSÉNICO TOTAL	$\mu\text{g.l}^{-1}$	1.17	1.09	< 0.99	10	50
CADMIO TOTAL	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 0.15	< 0.15	< 0.15	30	5
COBRE TOTAL	$\mu\text{g.l}^{-1}$	3.07	16.73	2.21	2000	200
CROMO TOTAL	$\mu\text{g.l}^{-1}$	1.94	1.14	1.74	50	50
MANGANESO TOTAL	$\mu\text{g.l}^{-1}$	71.47	749.33	76.98	400	500
PLOMO TOTAL	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 0.84	< 0.84	< 0.84	10	50

4.9.1.9 Bacteriología

Según resultados de laboratorios en Tabla 20, con respecto a microorganismos patógenos se determinó presencia de Coliformes Totales en: Río Jesús (49,000 NMP/100ml) y La Gallina (79,000 NMP/100ml), y estos valores se encuentran por encima del rango admisible de la norma NTON 05-007-98, 2B.

La presencia de Coliformes Termotolerantes en: La Gallina (4,900 NMP/100ml) y La Cerceta (1,800 NMP/100ml) se encuentran por encima del valor admisible de la norma NTON 05-007-98,2B. Conforme a Bahri (2012), la presencia de estos microorganismos en aguas superficiales posiblemente se deba a sistemas de saneamientos inadecuados combinados con prácticas higiénicas inapropiadas, donde flujos resultantes de la escorrentía acarrearán estos contaminantes. Sin embargo, desde La Gallina hasta El Jícaro disminuye su presencia significativamente.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla 20. Bacteriología

Localización	Coliformes Totales (NMP/100 ml)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	Escherichia Coli
Toma Guanacaste	9.40 E+02	1.30 E+02	1.30 E+02
Río Jesús (Parte media)	4.90 E+04	2.30 E+02	2.30 E+02
Presa La Gallina	7.90 E+04	4.90 E+03	4.90 E+03
La Cerceta	1.80 E+03	1.80 E+03	1.80 E+03
El Lagarto	2.30 E+03	7.90 E+02	7.90 E+02
El Jícara	4.90 E+03	1.30 E+02	1.30 E+02
OMS	SR	No detectable en 100 ml	No detectable en 100 ml
NTON 05-007-98,2B	5000 (NMP/100ML)	1000 (NMP/100ML)	SR

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

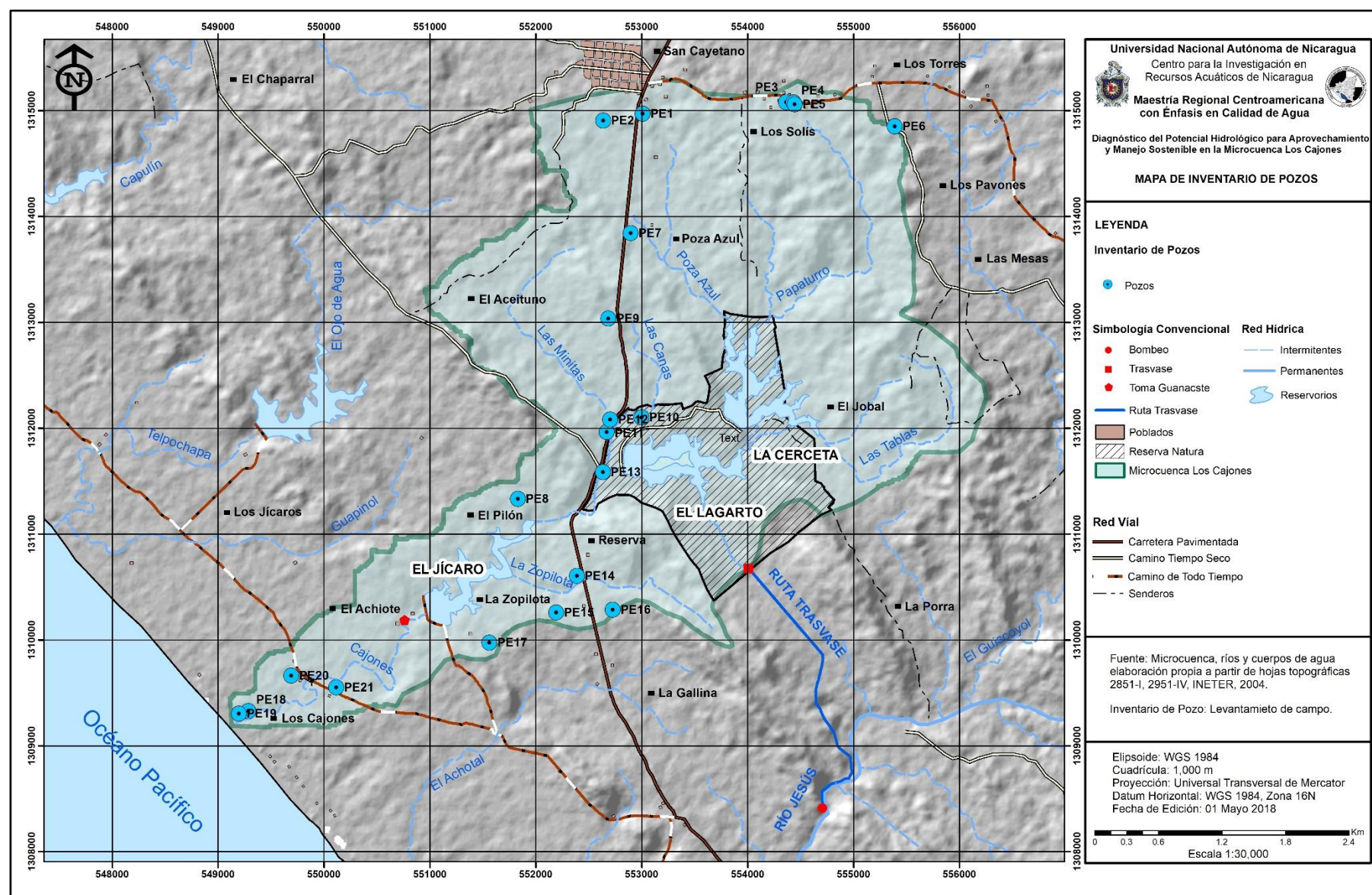


Figura 32. Mapa de Inventario de Pozo

4.9.2 Hidroquímica Subterránea

El medio hidrogeológico es determinante para la composición química del agua subterránea, la cual adquiere propiedad de acuerdo a tipo de roca existente. En figura 33, se muestran el total de 21 pozos existente en la superficie del área estudiada.

4.9.2.1 Parámetros Físicos y Químicos

En Tabla 21 y 22, se presentan resultados de parámetros monitoreados de sitios hidrogeológicos en la microcuenca, descrito brevemente a continuación:

a)- Potencial Hidrógeno (pH)

La magnitud de pH se encuentra entre 6.88 a 7.78 con un promedio de 7.34, por tanto, estos valores en aguas subterráneas son ligeramente básico. Así mismo, en época seca presentaron mediciones similares con un promedio de 8.

Estos valores encontrados tienen gran similitud con resultados de aguas superficiales, y esto podría atribuirse a condiciones climáticas y de vegetación que favorecen al incremento del ion bicarbonato.

b)- Temperatura (°C)

El comportamiento de la temperatura del agua subterránea oscila de 27.32 a 29.20 °C con un promedio de 28.67 °C. Así mismo, en época seca tiene valores similares con un promedio de 29 °C. Estos valores encontrados tienen relación con condicionantes climáticas típicas de la zona; sin presentar evidencias de termalismo a través de fallas.

c)- Conductividad Eléctrica (Ce)

En cuanto a este parámetro oscila de 298 a 2,317 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ con un promedio de 851.05 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, encontrándose por encima un 112 % del valor admisible de la norma OMS, donde pozos (PE1, PE7, PE11, PE12, PE16) de comunidades de:

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

San Cayetano, Los Solís, Poza Azul, Reserva, La Zopilota y Los Cajones están con mayores concentraciones; exceptuando el pozo de la comunidad La Zopilota (PE15). Para la época seca generalmente se incrementó un 7 % con un promedio de $916 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Estos valores podrían ser derivados de la afectación de la composición geoquímica de la zona saturada, es decir, aguas de mayor recorrido con mayores focos de alteraciones de sales iónicas.

d)- Sólidos Disueltos Totales (STD)

La concentración de STD oscila de 175 a $1,159 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ con un promedio de $439 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, donde la comunidad Reserva (PE12) se encuentra por encima del rango admisible de la norma OMS. En tanto, para la época seca se incrementó generalmente un 4 % con un promedio de $458 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$; y en Poza Azul (PE7) junto a Reserva (PE12) están por arriba del rango.

e)- Salinidad

El comportamiento de la salinidad oscila de 0.15 a 6.37 % con un promedio de 0.75 %, donde comunidades de: Poza Azul (PE7, PE8) y Reserva (PE11 y PE12) presentan valores considerados elevados. En cambio, para la época seca incremento un 25 % con un promedio de 1 %.

Estos valores podrían deberse a la composición litológica, que de acuerdo con Hodgson (2000), esta compuestas por rocas sedimentarias marina-continental y que posiblemente tengan cantidades de sales marina, como puede ser: NaCl .

f)- Potencial REDOX

En la época lluviosa el redox en nueve pozos (PE1, PE9, PE10, PE12, PE14, PE18, PE19, PE20 y PE21) son negativos considerando condiciones reductivas y posiblemente es por presencia de materia orgánica. En cambio, para la seca sugiere un cambio en la calidad química del agua, de condiciones reductivas a oxidantes, exceptuando en comunidad Los Cajones (PE19)

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Este cambio de REDOX podría deberse a un factor de época, en la cual no hay recarga del acuífero por suspensión de lluvias que pueden acarrear grandes cantidades de contaminantes.

Tabla 21. Parámetro Físico Químico Subterráneo, Época Lluviosa

Items	Comunidad	Propietario	Ce ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	pH	Temperatura (C°)	O. Disuelto ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	% O. Disuelto	Salinidad (PSU)	REDOX (mV)	STD ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)
PE1	San Cayetano	Armando Mexicano	954	7.63	28.22	4.8	64.30	0.47	-144.2	476
PE2	San Cayetano	Wimer Chavarría	585	7.51	29.1	4.66	64.80	0.31	85.7	320
PE3	Los Solís	Juan Solis	496	7.63	28.76	4.54	59.40	0.24	102.7	248
PP4	Los Solís	Comunal Solis	466	7.20	28.46	4.4	59.20	0.22	111.7	233
PE5	Los Solís	Andres Sanchez	410	7.20	28.89	3.45	45.30	0.21	82.5	213
PE6	Los Solís	Said Sanchez	610	7.16	28.42	4.02	59.30	0.33	85.7	315
PE7	Poza Azul	Erlin Gutierrez	1,958	7.50	28.9	5.8	79.67	1.01	35.8	994
PE8	Poza Azul	Nestor Ruiz	762	7.21	28.9	4.02	59.30	6.37	80	382
PE9	Poza Azul	Petrona Gutierrez	980	7.25	28.72	3.07	41.30	0.48	-118.8	489
PE10	Reserva	Reserva Natura	773	7.78	27.32	4.54	59.40	0.38	-72.7	410
PE11	Reserva	Mario Briceño	1,650	7.44	27.98	3.33	31.40	0.87	8.5	905
PE12	Reserva	Jose Ramirez	2,317	6.90	29.03	6.68	89.30	1.18	-112.4	1,159
PE13	Reserva	La Reserva	709	7.70	28.4	3.4	45.13	0.38	40.5	387
PE14	Zopilota	Guadalupe Osorio	546	7.10	28.4	3.25	44.14	0.31	-83.2	297
PE15	Zopilota	Maribel Cruz	298	7.04	29.2	6.9	91.40	0.15	56.8	188
PE16	Zopilota	Daniel Solis	985	7.40	28.9	3.45	45.30	0.48	80.6	493
PE17	El Pilón	Juana Gutiérrez	350	6.88	29.03	2.37	31.20	0.17	90.3	175
PE18	Los Cajones	Frank Gutiérrez	14,580	7.10	27.9	3.25	44.14	9.9	-83.2	6,634
PE19	Los Cajones	Douglas Mejia	10,960	7.01	27.81	1.81	24.80	6.19	-77.2	5,480
PE20	Los Cajones	Juana Petrona Peña	798	7.59	29.23	3.98	53.10	0.39	-232	399
PE21	Los Cajones	Felipe Ordoñez	523	7.34	28.8	3.38	44.60	0.25	-175.3	262
Promedio			851.05	7.34	28.67	4.21	56.19	0.75	-144.2 – 90.3	439.21
OMS			400	6.5 - 8.5	18 - 30	SR	SR	SR	SR	1,000
NTON 05-007-98, 1B			SR	6 - 8.5	SR	> 4.0	> 50 %	SR	SR	1,500

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla 22. Parámetro Físico Químico Subterráneo, Época Seca

Items	Comunidad	Propietario	Ce ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	pH	Temperatura (C°)	O. Disuelto (mg.l ⁻¹)	% O. Disuelto	Salinidad (PSU)	REDOX (mV)	STD (mg.l ⁻¹)
PE1	San Cayetano	Armando Mexicano	935	7.51	29.3	4.9	73.50	0.45	83.6	468
PE2	San Cayetano	Wimer Chavarría	679	7.52	29.4	4.76	64.80	0.33	85.7	340
PE3	Los Solís	Juan Solís	499	7.70	28.7	5.41	72.20	0.24	79.2	249
PP4	Los Solís	Comunal Solís	458	7.80	28.5	5.79	77.30	0.22	83.9	229
PE5	Los Solís	Andres Sanchez	445	7.40	27.9	6.4	79.70	0.21	92.5	223
PE6	Los Solís	Said Sanchez	690	7.36	31.4	5.65	78.50	0.33	95.7	345
PE7	Poza Azul	Erlin Gutierrez	2,079	7.70	29.4	6.17	83.80	1.05	74.2	1,041
PE8	Poza Azul	Nestor Ruiz	762	7.21	28.9	4.02	59.30	6.37	80.0	382
PE9	Poza Azul	Petrona Gutierrez	1,023	7.32	28.8	4.69	62.80	0.5	73.4	511
PE10	Reserva	Reserva Natura	773	8.25	29.7	2.73	37.50	0.37	29.6	386
PE11	Reserva	Mario Briceño	1,963	7.52	28.5	4.4	59.30	0.99	12.6	982
PE12	Reserva	Jose Ramirez	2,528	7.32	28.7	4.21	57.90	1.29	58.5	1,263
PE13	Reserva	La Reserva	875	7.90	28.4	6.2	82.30	0.43	65.3	438
PE14	Zopilota	Guadalupe Osorio	646	7.50	28.5	4.27	57.10	0.31	69.4	326
PE15	Zopilota	Maribel Cruz	398	7.04	29.7	9.36	150.90	0.18	63.5	199
PE16	Zopilota	Daniel Solís	1,020	7.20	29.0	4.69	62.80	0.48	95.6	511
PE17	El Pilón	Juana Gutiérrez	410	7.60	28.7	2	26.32	0.15	50.3	200
PE18	Los Cajones	Frank Gutiérrez	17,260	7.35	26.1	4.75	64.50	10.14	35.4	8,634
PE19	Los Cajones	Douglas Mejía	11,360	7.70	26.7	4.75	64.10	6.47	-34.7	5,700
PE20	Los Cajones	Juana Petrona Peña	710	7.32	29.2	4.94	64.70	0.34	65.6	355
PE21	Los Cajones	Felipe Ordoñez	514	8.05	28.2	5.74	75.20	0.25	66.5	257
Promedio			916	7.54	29	5	70	1	-34.7 – 95.7	458
OMS			400	6.5 - 8.5	18 - 30	SR	SR	SR	SR	1,000
NTON 05-007-98, 1B			SR	6 - 8.5	SR	> 4.0	> 50 %	SR	SR	1,500

Observación: el PE18 y PE19 no se tomaron en cuenta para el promedio, debido a una clara presencia de instrucción salina.

V. RESULTADO Y DISCUSIÓN

5.1 APOORTE PLUVIOMÉTRICO

Las precipitaciones -en los últimos años- están siendo influenciada en la microcuenca por la presencia del fenómeno del niño. Del análisis de la Figura 34, se puede observar un período significativo con una pobre distribución de las precipitaciones (2012 – 2015), esto puede deberse como resultado de características propias de procesos atmosféricos regionales que afectan al área de estudio, como puede ser: sequía hidrológica.

De acuerdo con INETER (2001), la sequía en Nicaragua se presenta en regiones del Pacífico, Norte y Central, en las cuales se concentran la mayor parte de las tierras que son utilizadas para la agricultura y que son susceptible a este evento.

Sin embargo, el promedio acumulado es de 1,457.84 mm/añual distribuido con 73 mm en la época seca y 1,384.84 mm en la lluviosa, donde se concentran las mayores precipitaciones. En cambio, la recarga pluviométrica con relación a la superficie de la microcuenca es de 30,203,199.50 m³.

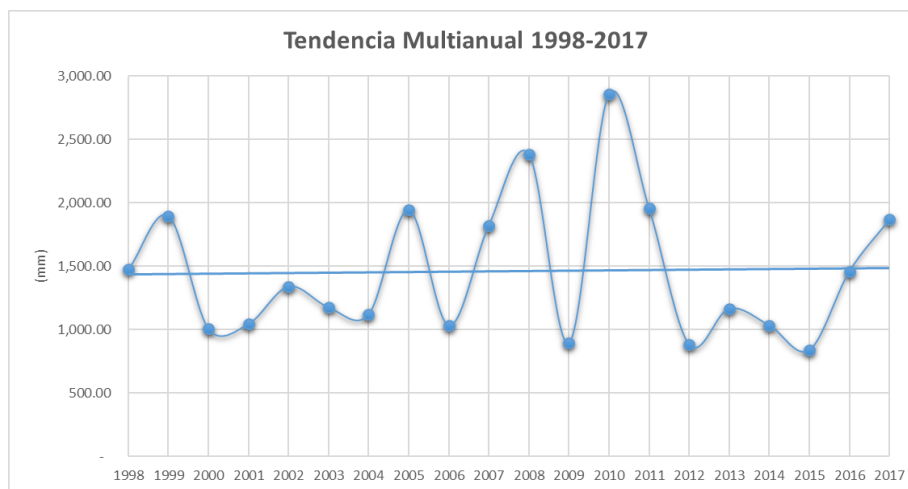


Figura 33. Tendencia Multianual de Precipitación (Montelimar, 1998 – 2017)

5.2 ESTADO ACTUAL DE LA MICROCUENCA

La microcuenca presenta forma oval – alargada; generalmente tiene una red de drenaje de forma dendrítica. Este patrón de drenaje se articula mediante un sólo sistema hidráulico que contiene obras de acumulación de agua - La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro – y la conexión es a través de puntos de descargas llamados compuertas, y a su vez con cárcavas con pendientes conformando Río Los Cajones. Además, se encuentra otra obra hidráulica de trasvase de agua proveniente del Río Jesús hacia El Lagarto.

Actualmente, la superficie del área de estudio se divide en cuatro unidades hidrológicas cada una con particularidad de flujo superficial diferente. Las más importantes son: UH2 con 7.52 km² (El Jícaro), UH3 con 9.47 km² (La Cerceta) y UH4 con 1.95 km² (El Lagarto) **(Figura 35)**.

La principal característica del terreno es que está conformado sobre rocas sedimentarias terciarias y cuaternarias combinada con unas geoformas de anticlinales hasta un relieve suave o plano.

Con respecto a la cobertura predominan dos tipos, entre estas: bosque latifoliado ralo con una representación del 61.49 % y pasto con 29.85 % del área total. Por consiguiente, el 91.34 % del área de estudio se encuentra utilizada con fines de conservación de suelos; sin embargo, el porcentaje reflejado anteriormente de pasto puede considerar productivas para actividades no adecuadas.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

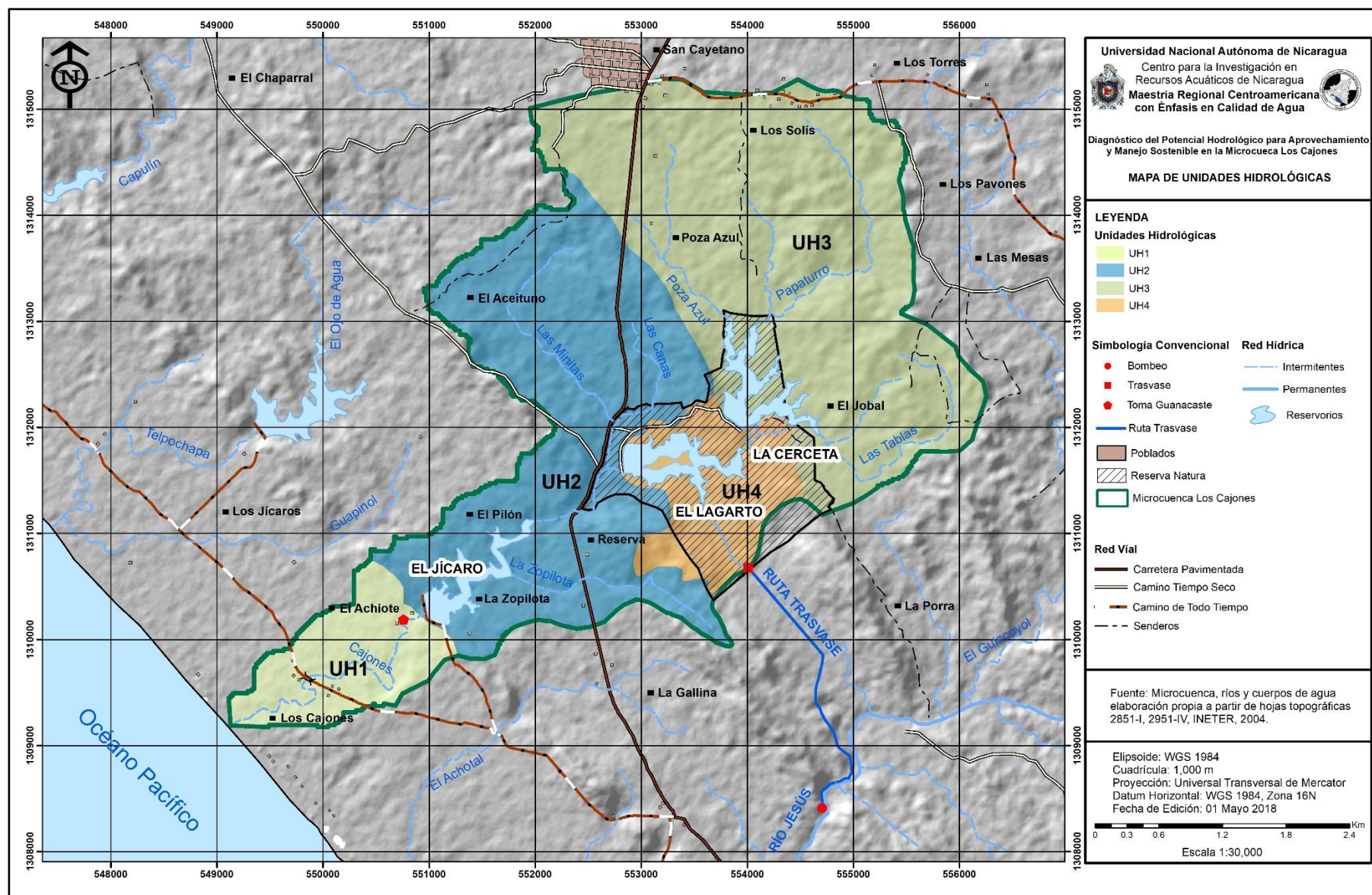


Figura 34. Mapa de Unidades Hidrológicas

5.3 OBRAS HIDRÁULICAS

5.3.1 Reservorio La Cerceta

Este cuerpo de agua está localizado en la parte sureste de San Cayetano con un área irregular de 0.29 km² y un perímetro de 8.03 km; tiene dos formas de recarga, como es: la precipitación y escorrentía superficial de la unidad hidrológica 3 (superficie de 9.47 km²) (**Figura 40**).

La conexión con El Lagarto es mediante compuerta metálica de 18" en coordenadas 554059E - 1311945N y una cárcava en pendiente, en una elevación de 63 msnm. Al momento del estudio, esta tenía 3 años sin abrirse.

5.3.1.1 Relación Elevación - Volumen

En Figura 36, según el levantamiento topográfico de curvas de nivel considera una capacidad de almacenamiento de 1,952,035.00 m³ con elevaciones de 56 hasta 74 msnm, con una profundidad máxima de 18 m.

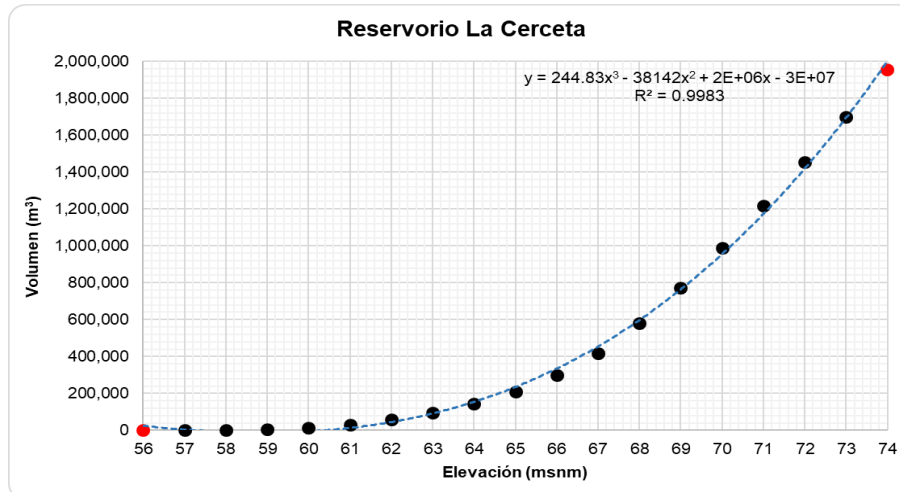


Figura 35. Relación Elevación-Volumen

5.3.1.2 Comportamiento de Volumen de Agua

Del análisis de la Figura 37, el nivel del agua durante el inicio del estudio fue de 56,687.0 m³; posteriormente de septiembre a noviembre se comportó ascendente entre 62 a 69 msnm equivalente a 766,599.0 m³, y esta entrada de volumen de agua

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

podría considerarse con relación a: precipitación con escorrentía superficial proveniente de unidad hidrológica 3, obteniendo así un volumen de almacenamiento máximo de 823,286.0 m³.

La evolución durante noviembre hasta abril se comportó descendente entre 69 a 67 msnm equivalente a 405,664.0 m³, y esta salida de volumen de agua podría considerarse con relación a: evaporación e infiltración, obteniendo así un volumen de almacenamiento mínimo de 417,622.0 m³.

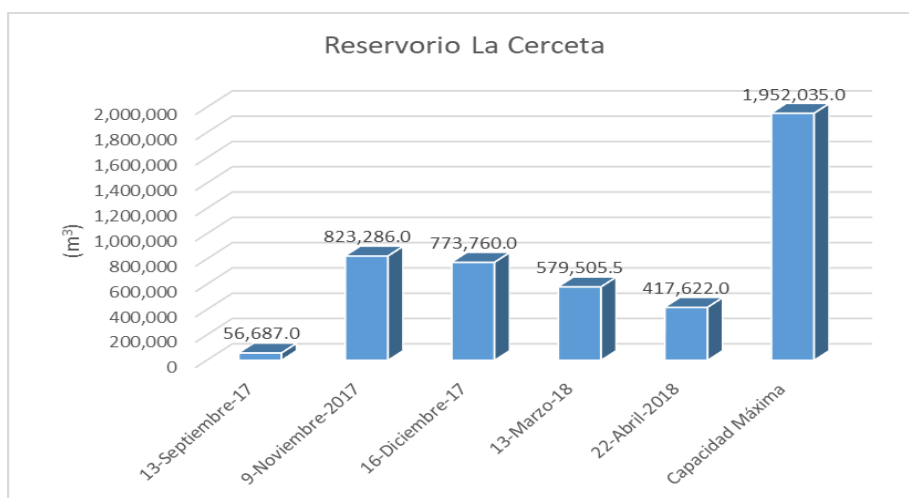


Figura 36. Comportamiento de Volumen de Agua



Figura 37. Medición de Niveles, Época Lluviosa



Figura 38. Medición de Niveles, Época Seca

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

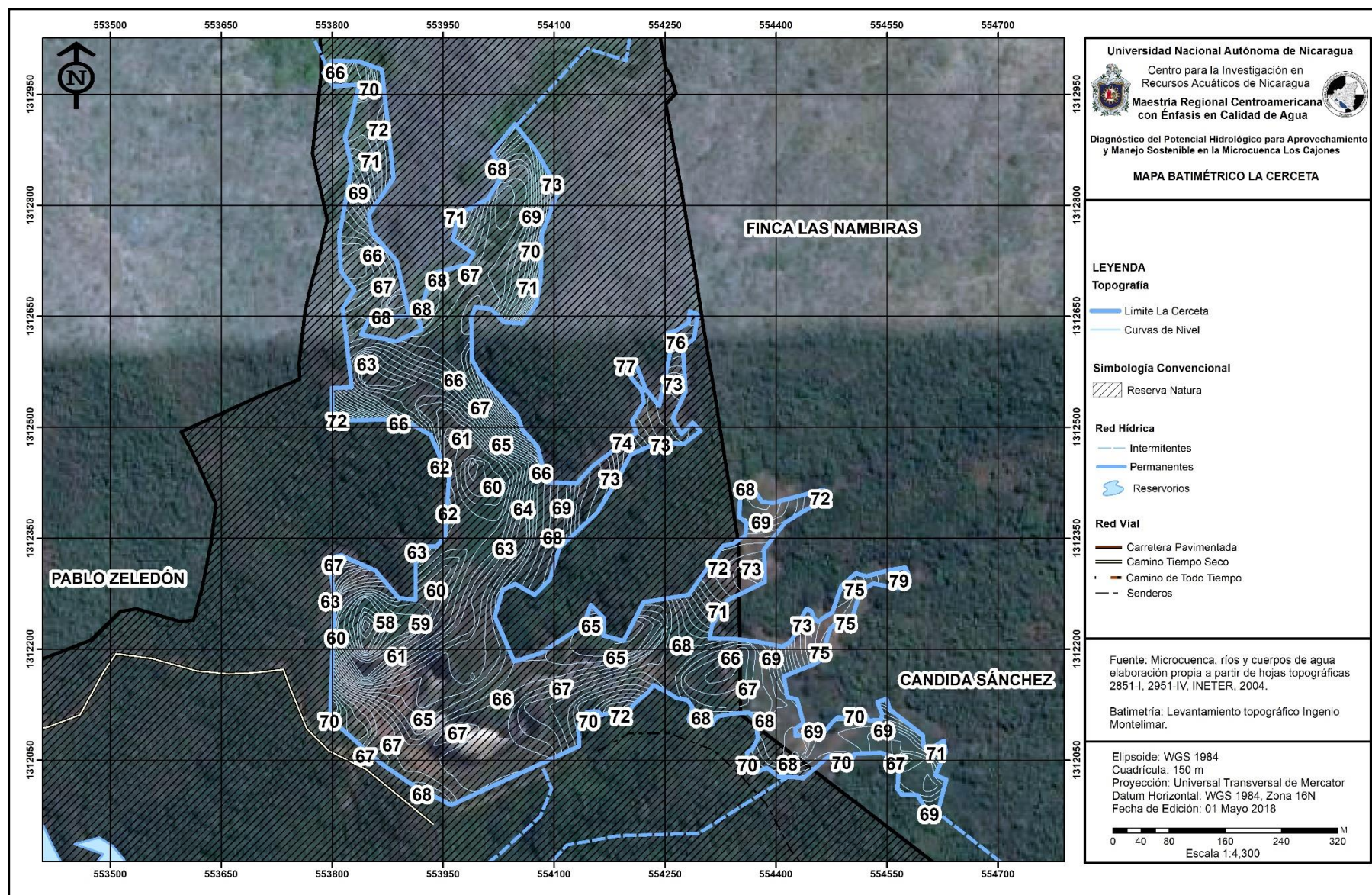


Figura 39. Mapa Reservorio La Cerceta

5.3.2 Reservoirio El Lagarto

Este cuerpo de agua está localizado en la parte noreste de la comunidad Reserva con un área irregular de 0.28 km² y un perímetro de 6.02 km; en coordenadas 554009E - 1310675N recibe un promedio de trasvase de agua de 0.46 m³/s proveniente del río Jesús. Además, precipitación y esorrentía superficial de la unidad hidrológica 4 (superficie de 1.95 km²) (**Figura 48**).

La conexión con El Jícaro es mediante compuerta metálica de 18" en coordenadas 552764E - 1311614N y una cárcava con pendiente, en una elevación de 53 msnm. Al momento del estudio, esta tenía 3 años sin abrirse hasta septiembre 2017 que recargo El Jícaro.

5.3.2.1 Relación Elevación - Volumen

En Figura 41, según el levantamiento topográfico de curvas de nivel considera un volumen máximo de 1,752,616.50 m³ con elevaciones de 46 hasta 56 msnm, con una profundidad máxima de 10 m.

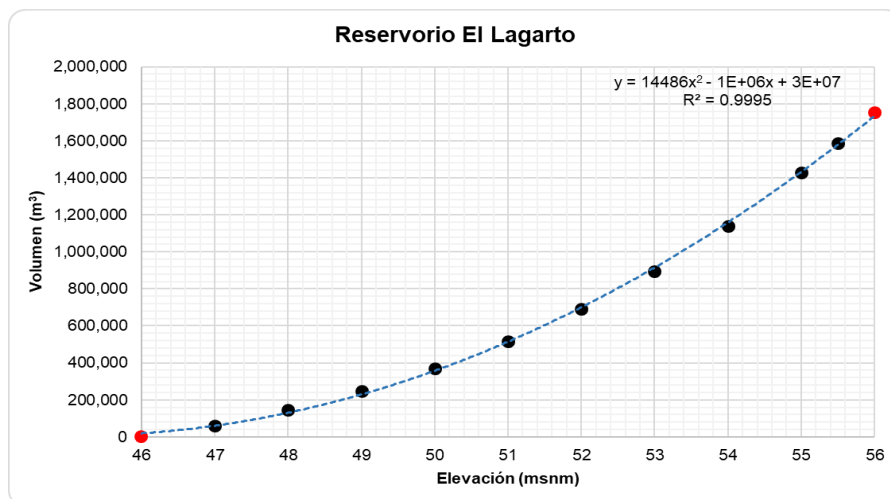


Figura 40. Relación Elevación-Volumen

5.3.2.2 Trasvase de Agua

a)- Río Jesús

Este flujo de agua superficial nace en la parte noreste del Crucero, en un lugar llamado Los Fierros, en todo el trayecto hasta la desembocadura al Océano Pacífico, adopta diferente nombre de acuerdo con la comunidad en transcurso. Se encuentra dentro de la subcuenca llamada del mismo nombre y sufre de erosión hídrica que provoca cárcavas en laderas, la misma aportan flujo de agua hacia este, siendo de curso permanente en ambas épocas.

El caudal promedio de este flujo superficial conforme a mediciones mensuales del período de los últimos tres años es de 1.05 m³/s (**Figura 42**).

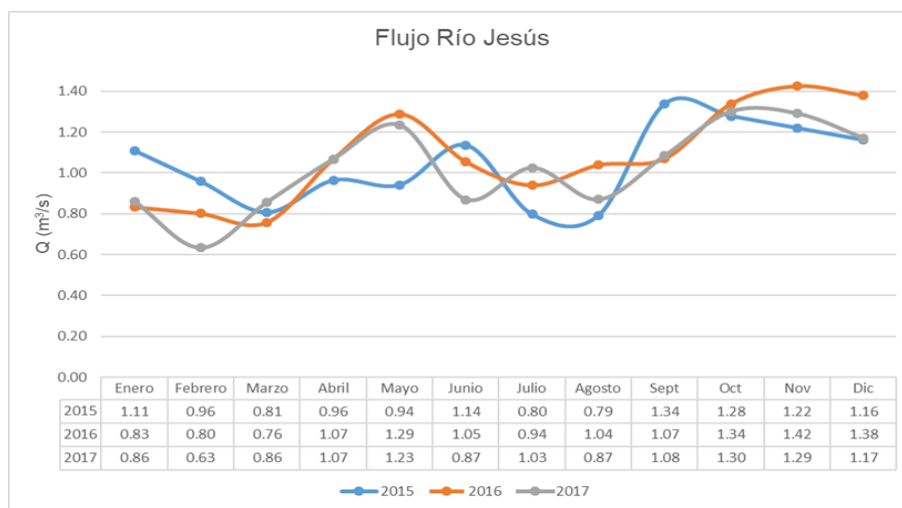


Figura 41. Flujo Río Jesús Período 2015 - 2017

De acuerdo con la curva de permanencia de los caudales del período de los últimos tres años indica que hay una probabilidad del 60 % que ocurra un caudal de 1.05 m³/s (**Figura 43**).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

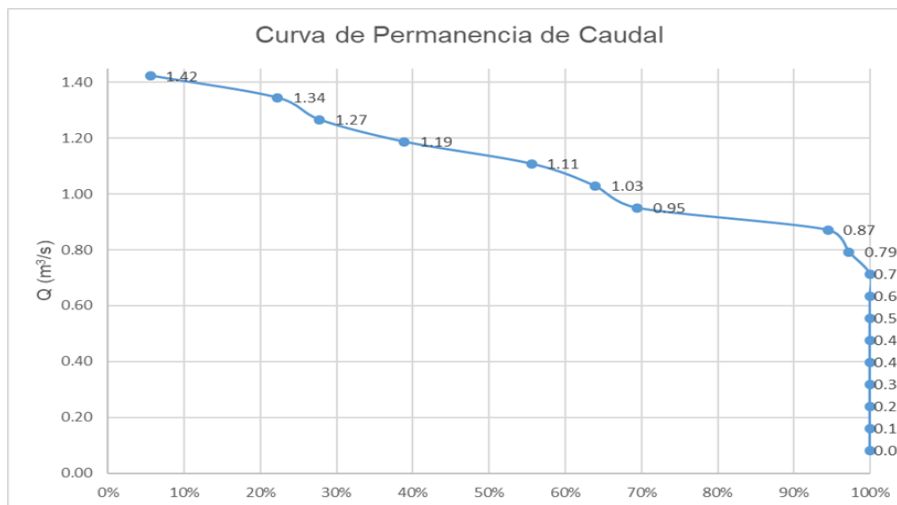


Figura 42. Curva de Permanencia de Caudal del Período 2015 - 2017

b)- Presa La Gallina

Esta obra hidráulica se localiza al sureste del Río Jesús en la comunidad La Gallina, San Rafael del Sur, en coordenadas 554725E - 1308407N. La estructura es de concreto con 36.30 de ancho, 1.30 de espesor y 7 m de profundidad (**Figura 45**).

b.1)- Relación Elevación-Volumen Presa La Gallina

En Figura 44, la relación elevación-volumen considera un volumen máximo de 16,783.86 m³ con elevaciones de 36 hasta 43 msnm con una profundidad de 7 m.

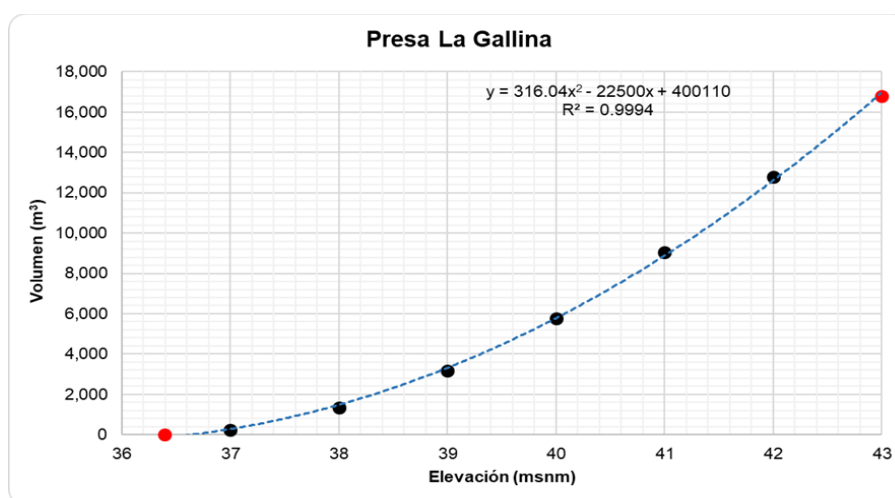


Figura 43. Relación Elevación-Volumen

c)- Motor y Tubería de Conducción

El bombeo se realiza únicamente durante septiembre a octubre mediante dos motores de capacidad de 250 hp cada una, que se encuentran sobre una plataforma metálica contiguo a Presa La Gallina.

La tubería de conducción del trasvase comienza desde los motores de bombeo y recorre 2,710.05 m equivalente a 2.71 km con dirección sureste y noroeste hacia El Lagarto. El material es de hierro con diámetro de 36", PVC con diámetro de 36 " y 24" **(Figura 46).**

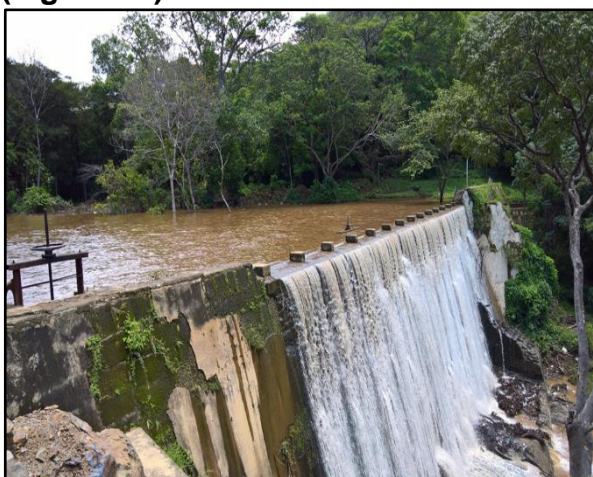


Figura 44. Presa La Gallina



Figura 45. Bomba y Línea de Conducción

d)- Flujo Descarga Trasvase desde Río Jesús

Este flujo de agua superficial proviene del Río Jesús y se localiza en la parte sureste del Lagarto; el cual se realizó del 11 de septiembre hasta 9 de noviembre 2017 con un total de bombeo de 981.36 horas correspondiente a 40.89 días y un caudal promedio de 0.46 m³/s **(Tabla 23).**

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla 23. Flujo de Agua Descarga Trasvase (Medición en Campo)

Distancia al punto inicial (m)	Profundidad (m)	% de la medición	Distancia entre secciones	Area de secciones m ²	tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Q (m ³ /s)
0	0.11	60	0.5	0.055	30	0.2	0.011
1	0.32	60	1	0.32	30	0.5	0.16
2	0.30	60	1	0.3	30	0.5	0.15
3	0.27	60	1	0.27	30	0.5	0.135
4	0.06	60	0.11	0.0063	30	0.2	0.00126
Total							0.46

5.3.2.3 Comportamiento de Volumen de Agua

Del análisis de la Figura 47, el nivel del agua durante el inicio del estudio fue de 321,478.1 m³; posteriormente de septiembre a noviembre se comportó ascendente entre 50 a 56 msnm equivalente a 1,431,138.4 m³, y esta entrada de volumen de agua podría considerarse con relación a: trasvase de agua (1,407,067.20 m³) y precipitación con escorrentía superficial proveniente de unidad hidrológica 4 (24,071.20 m³), obteniendo así un volumen de almacenamiento máximo de 1,752,616.5 m³.

La evolución durante noviembre hasta abril se comportó descendente entre 56 a 55 msnm equivalente a 395,657.9 m³, y esta salida de volumen de agua podría considerarse con relación a: evaporación e infiltración, obteniendo así un volumen de almacenamiento mínimo de 1,356,958.6 m³. Además, de manera paralela tuvo otra salida de agua correspondiente a 225,130.7 m³ para recargar al Jícaro, por lo que, el trasvase total fue de 1,632,197.9 m³.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

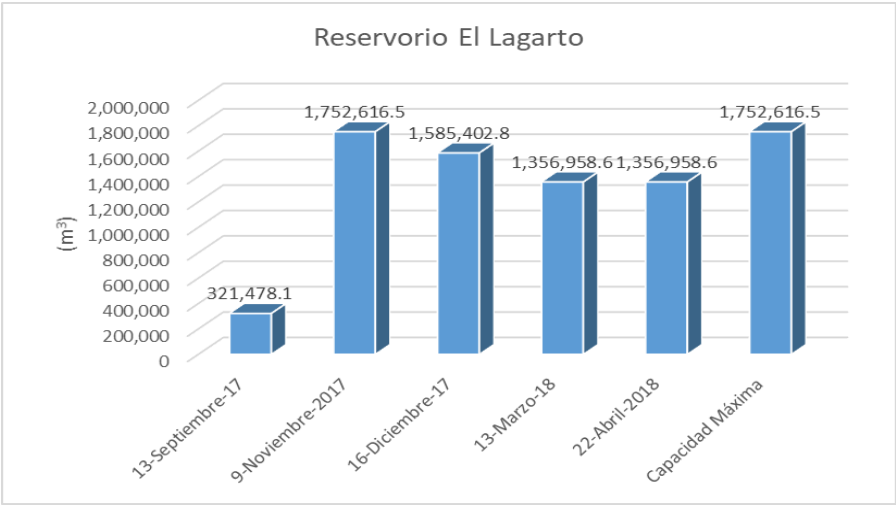


Figura 46. Comportamiento de Volumen de Agua

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

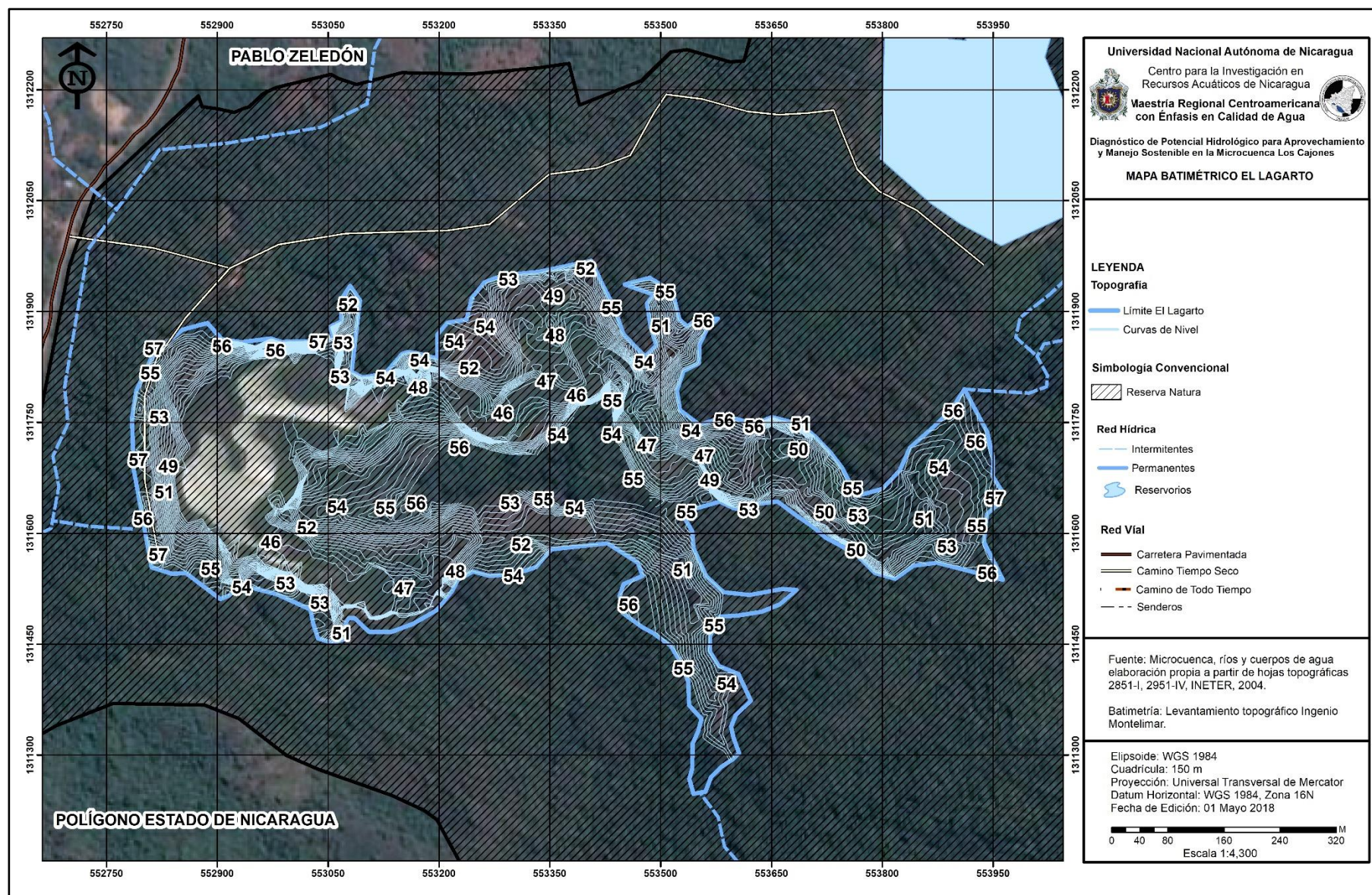


Figura 47. Mapa Reservorio El Lagarto

5.3.3 Reservoirio El Jícaro

Este cuerpo de agua está localizado en la parte noroeste de la comunidad La Zopilota con un área irregular de 0.23 km² y un perímetro de 5.82 km; tiene tres formas de recarga, como es: la precipitación y escorrentía superficial de la unidad hidrológica 2 (superficie de 7.52 km²) y flujo de agua proveniente del Lagarto **(Figura 53)**.

Así mismo, la conexión con el océano Pacífico es mediante el río Los Cajones que a su vez conecta con la compuerta metálica de 18" en coordenadas 550921E - 1310282N, con una elevación de 15 msnm.

5.3.3.1 Relación Elevación - Volumen

En Figura 49, según el levantamiento topográfico de curvas de nivel considera un volumen máximo de 1,601,774.94 m³ con elevaciones de 20.5 hasta 31 msnm, con una profundidad máxima de 10.5 m.

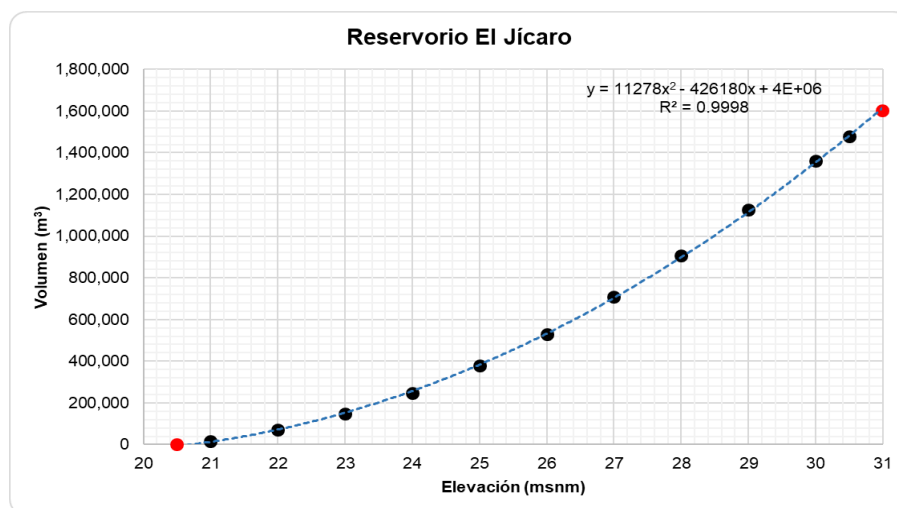


Figura 48. Relación Elevación-Volumen

5.3.3.2 Toma Guanacaste

Esta toma de aprovechamiento de agua superficial se localiza en dirección suroeste de la compuerta del Jícaro con un área semi circular de aproximadamente 0.004 km² y una profundidad de 6 m **(Figura 50)**.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

La conexión con el reservorio es mediante una tubería de PVC que se conecta con la compuerta, y a su vez con cuatro bombas sumergibles de capacidad de extracción de $0.07 \text{ m}^3/\text{s}$ cada una. Posteriormente, cuenta con un área llamada Estación Jícara que se encarga de remover los sólidos mediante 16 filtros de grava.

Al momento de este estudio, se cuantificó un aprovechamiento de $756,004.5 \text{ m}^3$ que se utilizaron para la irrigación de 2.87 km^2 de caña de azúcar con el método de riego por goteo (**Figura 51**).



Figura 49. Toma Guanacaste



Figura 50. Área de Cultivo

5.3.3.3 Comportamiento de Volumen de Agua

Del análisis de la Figura 52, el nivel del agua durante el inicio del estudio fue de $12,400.0 \text{ m}^3$; posteriormente de septiembre a noviembre se comportó ascendente entre 20 a 29 msnm equivalente a $1,114,355.0 \text{ m}^3$, y esta entrada de volumen de agua podría considerarse con relación a: precipitación y escorrentía superficial proveniente de unidad hidrológica 2 ($889,224.3 \text{ m}^3$), y un volumen de recarga ($225,130.7 \text{ m}^3$) procedente del Lagarto, obteniendo así un volumen de almacenamiento máximo de $1,126,755.0 \text{ m}^3$.

La evolución de noviembre hasta abril se comportó descendente entre 29 a 20 msnm equivalente a $1,114,355.0 \text{ m}^3$, y esta salida de volumen de agua podría considerarse con relación a: evaporación e infiltración ($358,350.5 \text{ m}^3$) y aprovechamiento del

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

recurso (756,004.5 m³), obteniendo así un volumen de almacenamiento mínimo de 12,400.0 m³.

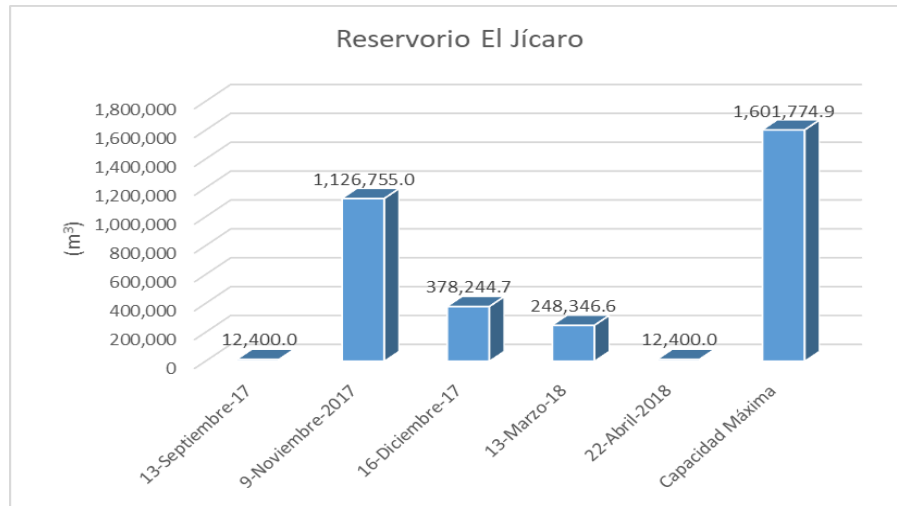


Figura 51. Comportamiento de Volumen de Agua

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

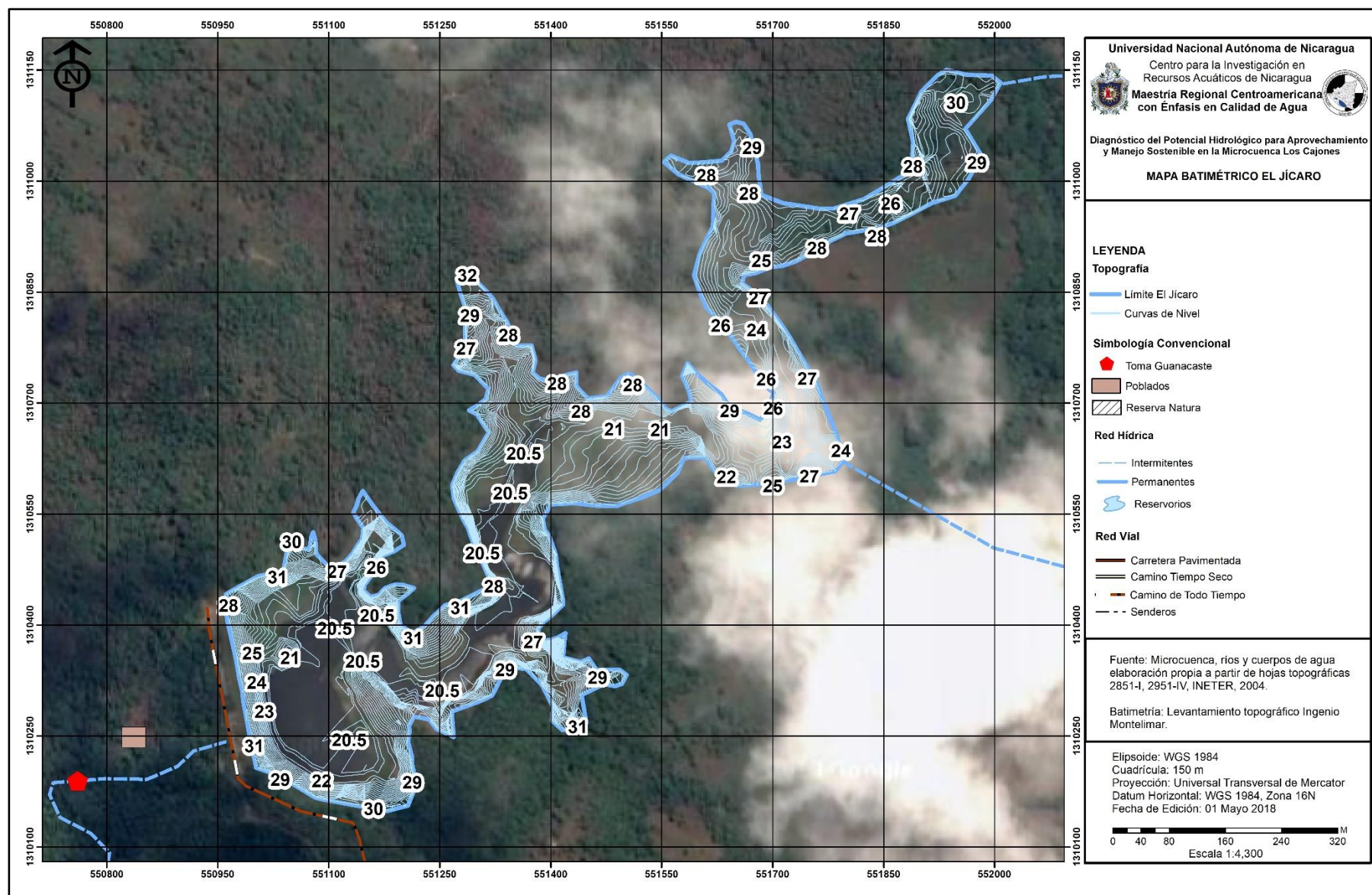


Figura 52. Mapa Reservorio El Jícaro

5.4 USO Y APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO

El conocimiento del uso actual del agua en su magnitud y distribución espacial permite ordenar, planificar y mejorar la gestión de este recurso.

5.4.1 Recurso Superficial

Para mantener el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, así como permitir la protección de los ecosistemas acuáticos, es necesario que se garantice un uso y aprovechamiento sostenible en los cuerpos de agua en la microcuenca. Al no existir una normativa específica nacional con respecto régimen de flujo mínimo se puede establecer objetivos ambientales mediante la importancia ecológica y presión de uso (**Tabla 24**).

Tabla 24. Matriz de Objetivos Ambientales

Importancia Ecológica	Muy Alta	A	A	B	C
	Alta	A	B	C	D
	Media	B	C	C	D
	Baja	B	C	D	D
		Baja	Media	Alta	Muy Alta
	Presión de Uso				

A continuación, se mencionan los diferentes usos y aprovechamientos del agua en cada reservorio:

5.4.1.1 Reservorio La Cerceta

El agua superficial del reservorio La Cerceta durante el estudio fue de uso ecológico sin ningún tipo de aprovechamiento. En este contexto, el objetivo ambiental deberá determinarse tomando en cuenta dos indicadores, tales como: la importancia ecológica y la presión de uso del agua. Por tanto, la existencia de una especie endémica dentro de la Reserva Natura combinado con una baja presión de uso, la posiciona en categoría A.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

5.4.1.2 Reservoirio El Lagarto

El recurso superficial del reservorio El Lagarto durante el estudio fue de uso ecológico; sin embargo, el aprovechamiento fue únicamente como conexión de recargar a El Jícaro con 225,130.7 m³ proveniente del trasvase de agua. En este sentido, al igual que el reservorio anterior se posiciona en categoría A.

5.4.1.3 Reservoirio El Jícaro

Con respecto al uso de este reservorio fue de tipo agrícola para la irrigación de 2.87 km² de caña de azúcar con un aprovechamiento de 756,004.5 m³ de parte del Ingenio Montelimar. Por tanto, la alta presión de uso del agua para la actividad agrícola y baja importancia ecológica, lo posiciona en una categoría D.

Sin embargo, la mencionada demanda de aprovechamiento fue insuficiente para el área total de caña de azúcar, por lo que, la proyección de explotación se muestra en Tabla 25.

Tabla 25. Proyección de Demanda de Agua

Mes	Demanda (m ³ /mes)	Demanda (Mm ³ /año)
Noviembre	211,806.00	0.211806
Diciembre	218,866.20	0.2188662
Enero	320,292.00	0.320292
Febrero	318,255.60	0.3182556
Marzo	376,343.10	0.3763431
Abril	387,450.00	0.38745
Mayo	223,860.00	0.22386
Junio	NA	NA
Julio	183,393.00	0.183393
Suma	2,240,265.90	2.24

5.4.2 Recurso Subterráneo

El agua subterránea en la microcuenca es exclusiva para uso de: consumo humano y doméstico, y el aprovechamiento es mediante pozos excavados, localizados en vivienda aislada en toda el área de estudio (**Tabla 26**).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

La parte noreste y noroeste de la microcuenca es la más aprovechada, donde se ubican pozos que abastece a la comunidad Los Solís con un total de 4.29 m³/día equivalente a 1,565.85 m³/año de consumo humano.

Al suroeste se ubican pozos que abastecen a comunidades de San Cayetano, Poza Azul, Reserva, La Zopilota y El Pílon con un total de 4.95 m³/día equivalente a 1,806.75 m³/año de uso doméstico.

Finalmente, la parte baja es la segunda zona más aprovechada, donde se ubican pozos que abastece a la comunidad Los Cajones con 2.86 m³/día equivalente a 1,043.90 m³/año de consumo humano.

Tabla 26. Uso y Aprovechamiento de Agua Subterránea

Comunidad	Uso	Extracción (m ³ /día)	Extracción (m ³ /año)
San Cayetano	Consumo Humano	0.66	240.90
Los Solís	Consumo Humano	4.29	1,565.85
Poza Azul	Doméstico	0.55	200.75
Reserva	Doméstico	2.20	803.00
La Zopilota	Doméstico	0.99	361.35
El Pílon	Consumo Humano	0.55	200.75
Los Cajones	Consumo Humano	2.86	1,043.90
Total		12.10	4,416.50

Del análisis de la Figura 54 se observa que el 69.09% equivalente a 3,051.40 m³/año de extracción de agua subterránea es para consumo humano, seguido con el 30.91% equivalente a 1,365.10 m³/año es para uso doméstico, presentando un total de 4,416.50 m³/año.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

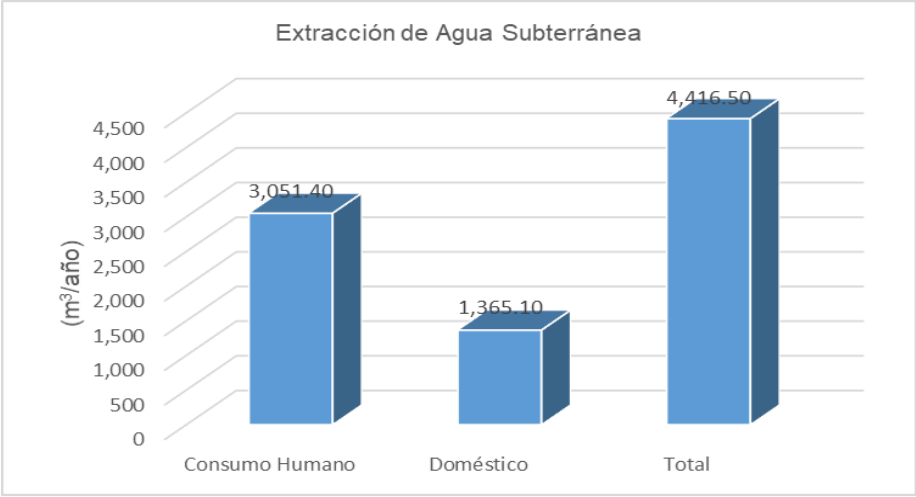


Figura 53. Extracción de Agua Subterránea

5.5 BALANCE HÍDRICO

5.5.1. Entrada del Balance

Este componente del balance hídrico es toda forma en la cual la microcuenca gana volumen de agua, por tanto, hay dos formas de recarga: la precipitación y la recarga externa del trasvase de agua. Con respecto al aporte pluviométrico se realiza mayormente durante septiembre - octubre de mayor pluviosidad, y de manera similar se recarga El Lagarto con el flujo de agua proveniente desde Río Jesús.

5.5.1.1 Volumen de Lluvia (VII)

El volumen de lluvia es resultado de la precipitación promedio (1.45784 m) y el área total de la microcuenca (20,717,773.90 m²). Como resultado de estas unidades tenemos una cantidad de 30.20 Mm³/año.

5.5.1.2 Importación de Cuenca Vecina (Im)

En este caso, esta variable se consideró mediante el trasvase de agua proveniente del río Jesús hacia El Lagarto, obteniendo como resultado la cantidad de días bombeados (40.89) y el valor del caudal (39,916.80 m³/d), correspondiendo a 1.63 Mm³/año de aporte de agua superficial.

5.5.2 Salida del Balance

Este componente del balance hídrico es toda forma en la cual la microcuenca pierde volumen de agua, por tanto, estas salidas la conforman: la evaporación, evapotranspiración, escurrimiento de agua superficial, infiltración y aprovechamiento del agua. La mayor incidencia de estas variables es de procedencia de la condicionante climática del área de estudio. Sin embargo, existe un aprovechamiento permanente de parte del Ingenio Montelimar.

5.5.2.1 Evaporación (EV)

Esta variable es resultado de la evaporación promedio (2.534 m) y el área total de cuerpo de agua de: La Cerceta, El Lagarto y El Jícara (800,000 m²). Como resultados de estas unidades tenemos una cantidad de 2.02 Mm³/año.

5.5.2.2 Evapotranspiración (ET)

Este parámetro es resultado de la ponderación de la evapotranspiración real (0.8458 m) y el área de la microcuenca (19,917,773.90 m²), exceptuando superficie de reservorios, correspondiendo a una cantidad de 16.85 Mm³/año.

5.5.2.3 Esgurrimiento Superficial Agua Abajo (Ab)

En este caso, es resultado de la ponderación de mediciones mensuales del caudal en puente Los Cajones (0.0046 m³/s) y la equivalencia en unidad de medida año, correspondiendo un flujo de 0.14 Mm³/año.

5.5.2.4 Uso del Agua (U)

El aprovechamiento de agua superficial de parte del Ingenio Montelimar fue de 0.76 Mm³/año. Sin embargo, este volumen es insuficiente para la irrigación de 2.87 km² de caña de azúcar localizada en la parte suroeste del reservorio El Jícara, por lo que, en los próximos años esta variable aumentará un 290 %.

5.5.2.5 Infiltración de Lluvia (In)

La recarga potencial es resultado de la sumatoria de las dos zonas de recarga que contiene el área de estudio. La ZR1 tiene una infiltración de 6.62 Mm³/año, en cambio, la ZR2 tiene 1.41 Mm³/año con un total de 8.03 Mm³/año.

5.5.2.6 Caudal Ambiental

Según norma mexicana establece un 100 % de caudal ambiental para una categoría A, en este sentido, La Cerceta debe conservar un volumen de 823,286,0 m³ y El Lagarto de 1,752,616.5 m³.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

En tanto, para El Jícaro propone un 40 % de caudal ambiental para una categoría D, por consiguiente, debe mantener un volumen de 640,709.96 m³. De esta manera, el volumen de agua para la naturaleza en la microcuenca es de 3.21 Mm³/año.

5.5.3 Variación del Volumen

En Tabla 27, se observa una entrada de 31.83 Mm³/año y una salida de 27.80 Mm³/año, y este resultado considera un balance positivo en presencia de mayores entradas que salidas, con una variación de volumen de 4.03 Mm³/año.

Sin embargo, la variabilidad climática en la microcuenca representa una seria amenaza para el suministro de agua superficial basada en la suposición de rendimiento de almacenamiento anual de reservorios con 2.4 Mm³/año equivalente a 45 % de la capacidad total (5.30 Mm³/año), ya que si la precipitación promedio declina o si existen sequías que duren más de lo esperado, dicha suposición ya no será válida.

En este contexto, el panorama no es completamente desalentador, ya que la condición especial de trasvase de agua con 1.63 Mm³/año, previó una mayor cantidad de agua. En estas circunstancias, el volumen aprovechable para la agricultura es de 1.57 Mm³/año, que corresponde al excedente de agua (0.81 Mm³/año) y el aprovechamiento (0.76 Mm³/año).

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla 27. Balance Hídrico de la Microcuenca

Entrada			
Variable		Valor (m³)	Valor (Mm³/año)
VII	Volumen de Lluvia	30,203,199.50	30.20
Im	Importación de cuenca vecina	1,632,197.90	1.63
Total		31,835,397.40	31.83
Salida			
Ev	Evaporación de Cuerpos de Agua	2,027,200.00	2.02
Et	Evapotranspiración	16,846,453.00	16.84
Ab	Escurrimiento Superficial Agua Abajo	143,078.40	0.14
U	Aprovechamiento Fuente Superficial	756,004.50	0.76
In	Infiltración de Lluvia (Recarga Potencial)	8,030,432.64	8.03
Total		27,803,168.54	27.80
Variación del Volumen en la Microcuenca			
Entrada		31,835,397.40	31.83
Salida		27,803,168.54	27.80
ΔV		4,032,228.86	4.03
Caudal Ambiental		3,216,612.40	3.21
Caudal Aprovechable		815,616.46	0.81

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

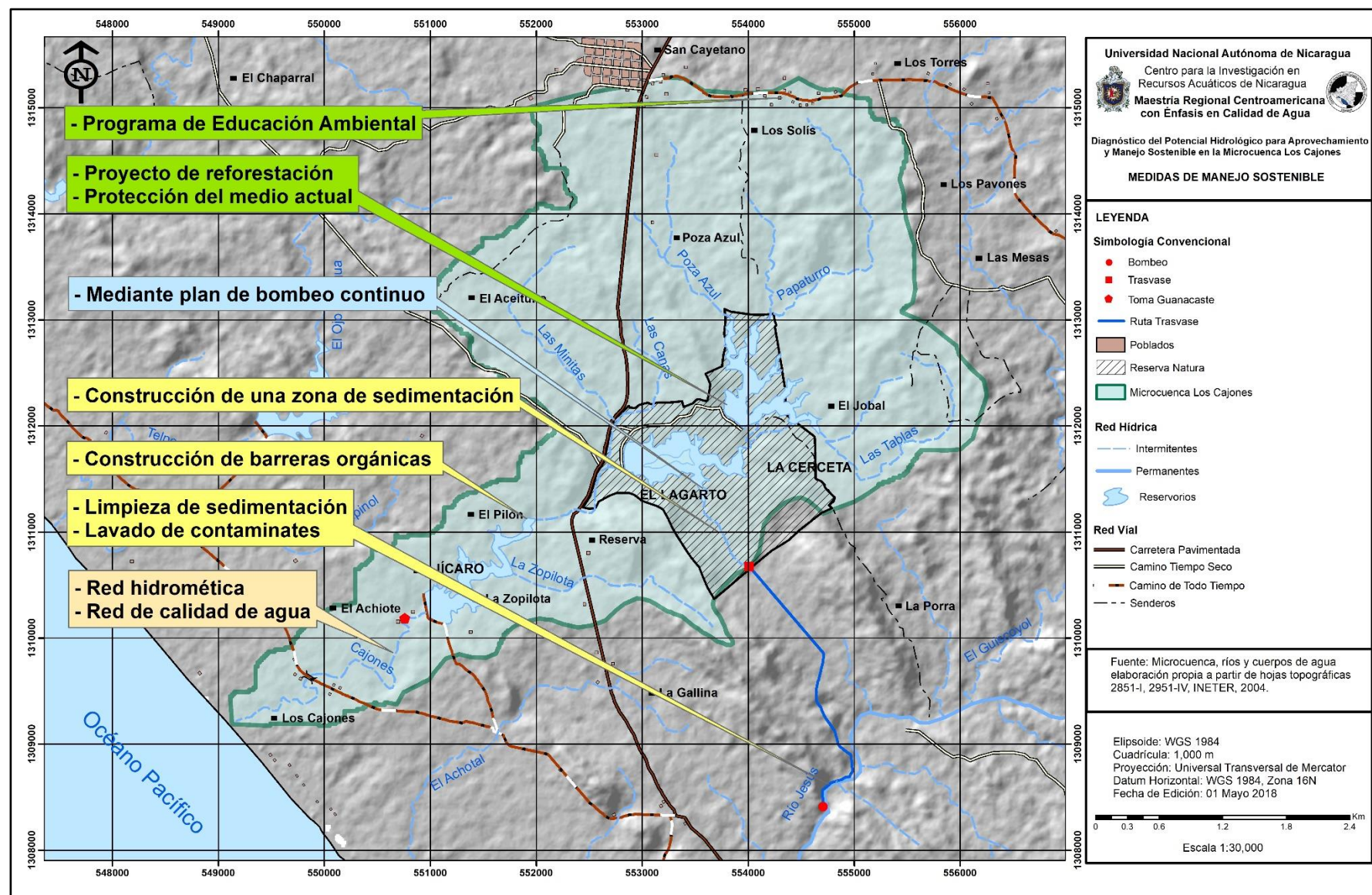


Figura 54. Mapa de Medida de Manejo Sostenible

VI. PROPUESTA DE MEDIDAS DE MANEJO SOSTENIBLE

La estructura de este capítulo tiene énfasis en medidas de hidro - manipulación, ingeniería ecológica, principios de prevención y conservación destinadas a un eficiente manejo del agua superficial en cada reservorio **(Figura 55)**.

Con el anterior diagnóstico del recurso hídrico superficial que implicó una visión holística actual y su interacción con el uso de la sociedad en la región. La cual incluye la disponibilidad en el tiempo y espacio, tanto en cantidad como en calidad, y que contrasta esta misma con la demanda con respecto a uso. A este respecto, existe una clara necesidad de medidas de manejo destinadas a mejorar una sólida gestión del agua.

6.1 Medidas de Manejo Sostenible

Las medidas de eficiencia y conservación del agua son de extrema importancia para el manejo del recurso superficial. Esto incluye una serie de actividades, desde fortalecimiento del aprovechamiento hidrológico hasta medidas proactivas destinada a reducir la vulnerabilidad de escasez hídrica con relación a cantidad y calidad. Por tanto, se muestran en Tabla 28:

Tabla 28. Propuestas y Estrategias

Medida	Estrategia	Localización	Resultados
Medida de Conservación	Destinada a la preservación del ecosistema actual	Reservorio La Cerceta	Mantener niveles y mejorar calidad de agua
Medida de Hidro - manipulación	Encargada de una proyección de bombeo de trasvase de agua	El Lagarto y El Jícaro	Mantener niveles de agua
Medida de Prevención	Disposiciones de manera anticipada para evitar sucesos negativos	El Lagarto, El Jícaro y Trasvase	Mantener la eficiencia de cada obra hidráulica
Medida de Monitoreo	Encargada de una cuantificación precisa y de calidad del recurso superficial	Red Hidráulica de Agua	Contar con información actualizada para una mejor adaptación a la variabilidad climática

6.1.1 Medida de Conservación

Con respecto al potencial hidrológico en La Cerceta, notablemente indican que el ciclo hidrológico produce una cantidad de agua por unidad de tiempo, lo cual conlleva una planificación lógica, tanto en cantidad como calidad. Por tanto, ha llevado a la conclusión de un manejo desde la perspectiva de un sistema natural, es decir, se debe asegurar su nivel de agua como factor determinante de hábitat para la vida acuática, salvaje y terreno para su reproducción.

El agua superficial de este reservorio no puede ser alterada por acciones humanas (usuarios y pobladores), que claramente puede reducir aún más su disponibilidad y calidad. Para desarrollar la plena y efectiva preservación se proponen las siguientes disposiciones:

- La iniciativa para conservación del agua es más probable de tener éxito si son socialmente aceptadas, por ende, se debe realizar un programa de educación ambiental con pobladores de la comunidad Los Solís y alrededores próximo al trasvase de agua. Un programa de información o educación debe explicar a pobladores sobre prácticas de manejo de agua residual, quema y control de desechos sólidos.
- Restringir el aprovechamiento del agua superficial en el reservorio. Esta medida evitará la pérdida de volumen de agua por consumo.
- Restringir la deforestación a todo nivel en la unidad hidrológica 3 y a la vez realizar reforestación considerando plantas forestales resistentes a sequías. Este mismo debe contemplar como actividad principal la parte noroeste de la unidad, y la vez tomar en cuenta alrededores del trasvase de agua.

Claramente, estas medidas se deben promover con instituciones capaces de integrar aspectos de calidad y cantidad para influir la forma como aquellos sistemas humanos puedan administrar estas disposiciones.

6.1.2 Medida de Hidro - manipulación

Para Zalewski (2010), el trasfondo deductivo de la teoría de la ecohidrología es que la cantidad de agua determina la cantidad de carbono acumulado en un ecosistema

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

terrestre entre la biomasa y la materia orgánica del suelo. Por lo tanto, la bioproductividad y la biodiversidad máxima se logran con una alta disponibilidad de agua y altas temperaturas.

En este contexto, la planificación lógica de esta medida está basada en el tercer principio de la ecohidrología, donde el uso de la hidrología como reguladora de la dinámica de la biota. Esta medida está vinculada a la iniciativa de trasvase de agua realizada en El Lagarto. Por tanto, la proyección de un bombeo puede ser un instrumento que puede ser utilizado para conseguir una integración transectorial entre agua para la naturaleza y de aprovechamiento.

6.1.2.1 Proyección de Bombeo

La proyección de bombeo tiene como objetivo de ayudar a reducir la incertidumbre y el riesgo en uso, y está orientado a un manejo sostenible de la cantidad de agua superficial del Lagarto e indirectamente del Jícaro. En este contexto, en Figura 56 se muestra la siguiente proyección:

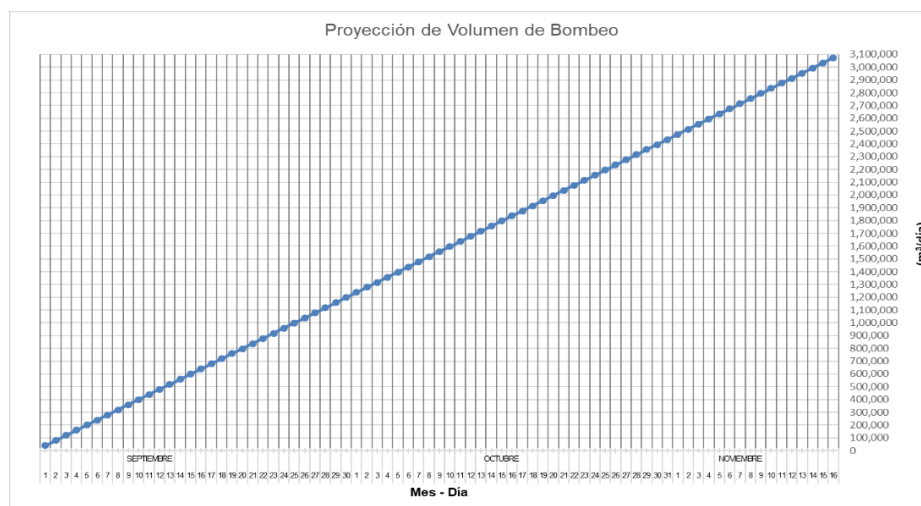


Figura 55. Proyección de Tiempo Bombeado vs Volumen Acumulado

La planificación del caudal de bombeo se reconoce universalmente como un elemento clave para obtener una utilización del agua balanceada y sustentable. Para tratar esta situación, la norma mexicana establece un 40 % de caudal ambiental para una categoría D. Sin embargo, el volumen de flujo propuesto es solamente un 43 % del total de caudal de la capacidad del 100 %.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Por ende, la iniciativa de trasvase consta de 76 días de bombeo de septiembre a noviembre con un caudal de 39,916.80 m³/día (0.46 m³/s), obteniendo así un volumen acumulado de 3,073,593.6 m³/año equivalente a 3.73 Mm³/año. Adicionalmente la integración del volumen de precipitación evaluado en la microcuenca es de 2.4 Mm³/año, por tanto, tendríamos una variación de volumen de 6.13 Mm³/año.

Para guiar el trabajo a seguir, una integración transectorial entre agua de la naturaleza y de aprovechamiento se muestra en Tabla 29.

Tabla 29. Integración Transectorial entre Agua para Naturaleza y de Aprovechamiento

Volumen total de agua (Mm ³ /año)	Volumen para la naturaleza (Mm ³ /año)	Volumen de aprovechamiento (Mm ³ /año)
6.13	3.21	2.92

6.1.2.2 Agua para la Naturaleza

A nivel operacional, el volumen para la naturaleza se puede traducir en niveles de cotas específicas en cada reservorio con el objetivo de no reducir la sustentabilidad ecológica y medioambiental (**Tabla 30**).

Tabla 30. Volumen y Cota Específica en Reservorios

Reservorio	Volumen Mm ³ /año	Cota mínima (msnm)	Caudal Ambiental (%)
La Cerceta	0.82	69	100
El Lagarto	1.75	56	100
El Jícaro	0.64	27	40
Total	3.21 Mm³/año		

6.1.2.3 Agua de Aprovechamiento

A nivel operacional, el volumen de aprovechamiento requiere de un manejo de agua que englobe el desarrollo de cantidades apropiadas con una calidad adecuada, por lo tanto, para el uso eficiente del recurso se detalla la demanda de riego mediante estimaciones del Ingenio Montelimar (2.24 Mm³/año) (**Tabla 25**).

6.1.3 Medida de Prevención

Las decisiones tomadas de parte del usuario de agua tendrán impactos significativos en disponibilidad y calidad del recurso superficial en cada reservorio. Lo que indica la importancia de crear disposiciones anticipadas a estos efectos.

En consiguiente, algunas inversiones necesarias ayudaran a reducir el desequilibrio de disponibilidad del agua a través del tiempo, como pueden ser algunas de las siguientes:

6.1.3.1 Zona de Sedimentación

Un flujo de agua superficial libre de sólidos es una condición necesaria para el manejo eficiente de la capacidad de almacenamiento del reservorio El Lagarto. Por ende, la construcción de una zona de sedimentación para el flujo de agua proveniente de la salida trasvase depositará partículas de sólidos que pudieran situarse en el fondo del reservorio y notablemente puede evitar la pérdida de volúmenes de agua.

La ubicación idónea de la zona de sedimentación podría ser en la parte baja del cauce a unos 20 m antes de llegar al reservorio, y así seguir la pendiente del terreno, sin embargo; la implementación de esta medida requiere de un diseño por un experto y supervisión de construcción. También debe de contemplar un plan de mantenimiento y limpieza regular para asegurar el desempeño óptimo.

6.1.3.2 Barreras Desnitrificadoras (Nature-Based Solutions)

La proyección de la demanda indica que - en el próximo año - aumentará un 300% de aprovechamiento del recurso superficial con el objetivo de abastecer una mayor área de cultivo de caña de azúcar. Posiblemente, se realizará una libertad en uso de fertilizante que ayuden a mejorar la calidad del suelo y crecimiento del cultivo. Así mismo, dificultades podrían aparecer con la aplicación de este compuesto inorgánico.

Estas dificultades podrían ser debido a su alto contenido de nutrientes y puede ser un factor determinante para la eutrofización y manejo del reservorio El Jícaro.

Ciertamente, la estrategia de desarrollo de barreras desnitrificadoras evitará la carga de nitrógeno en forma de nitratos proveniente de la actividad agrícola realizada en alrededores del reservorio.

Esta biotecnología consiste en la construcción de barreras de aproximadamente de 1m de ancho y 1.3 m de profundidad con un relleno de cualquier forma de carbono orgánico junto con suelo, y esta condición es un factor determinante para la regulación del proceso de desnitrificación. Una ventaja adicional para la implementación de esta medida es la gran cantidad de desecho de bagazo de caña que maneja el Ingenio, mismo que puede ser utilizado como fuente de carbono orgánico.

6.1.3.3 Regulación y Mantenimiento

El usuario del agua debería de cumplir con algunas intervenciones anticipadas antes de iniciar el bombeo en presa La Gallina. La idea es regular y mantener esta obra hidráulica en óptimas condiciones y mejorar un mayor beneficio de extracción. Estas actividades pueden ser las siguientes:

- Realizar limpieza de sedimentos que se encuentran acumulados durante toda la época seca para evitar: pérdida de volumen de agua, biodisponibilidad de metales y nutrientes.
- Condicionar primeros escurrimientos de agua por precipitación durante el establecimiento de la época lluviosa para lavado de contaminantes provenientes del flujo subsuperficial de la Subcuenca Jesús.

6.1.4 Red de Monitoreo Hidrológico y Calidad del Agua

Al momento de esta investigación, la microcuenca no contaba con una rutina de monitoreo hidrológico y de calidad de agua del recurso superficial hasta la fecha. Sin embargo, el Ingenio realizó el levantamiento de análisis de agua de parámetros mencionados anteriormente, pero de manera estratégica para fines agrícolas. El monitoreo de parámetros físicos químicos de campo y mediciones de cantidades de

flujo, en este estudio se realizó con el objetivo de conocer comportamientos actuales tanto hidrológicos como hidroquímico.

Como parte de la propuesta de medidas de manejo sostenibles se presenta una muy importante como la instalación de la red de monitoreo hidrológico y calidad del agua superficial en la microcuenca.

6.1.4.1 Red Hidrométrica

La red hidrométrica aporta datos para valorar el estado y dinámica espacio - temporal del flujo de agua superficial en el área de estudio, por ende, las actividades de mediciones de aforo se deben dirigir al medio más sensitivo. El sistema hidráulico de trasvase de agua de Presa La Gallina hasta Río Los Cajones se debe contemplar como una red hidrométrica, donde los flujos: descarga trasvase, quebrada El Lagarto, toma Guanacaste y Río Los Cajones son sitios estratégicos como punto de control de entrada y salida de agua en reservorios.

Además, se debe establecer paralelamente el monitoreo de escalas limnimétricas en cada reservorio para registrar comportamiento hidráulico del sistema de trasvase. La recomendación para este componente cuantitativo es ejecutar aforos semanales por mediciones móviles de caudal - niveles de agua durante cada año hidrológico.

6.1.4.2 Red Calidad de Agua

Cada cuerpo de agua - La Cerceta, El Lagarto y El Jícaro - son ecosistemas que se encuentran soportado por el agua superficial de la microcuenca y de trasvase, es así como la calidad del agua cobra importancia como elemento articulador entre la naturaleza y actividad humana. Por tanto, mediante una red de calidad de agua se establece de manera permanente la variabilidad y estado de la calidad del recurso superficial en el área de estudio.

Para esta red de calidad de agua se debe establecer nuevamente el sistema de trasvase como punto de evaluación, donde: La Cerceta, Presa La gallina, El Lagarto, El Jícaro y toma Guanacaste son puntos de control tanto para análisis de agua como de mediciones de parámetros de campo. La recomendación para este componente cualitativo es ejecutar mediciones de parámetros de campo semanal y de análisis

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

fisicoquímico, microbiológicos, metales pesados, orgánicos e hidrocarburos por lo menos anualmente.

6.2 Involucramiento de Instituciones en Medidas de Manejo Sostenible

Para establecer medidas de manejo sostenibles requiere de un serio esfuerzo y participación de tomadores de decisiones en el sector de agua. Y esto dependerá de mecanismo de comunicación y relevancia que estos adquieran (**Tabla 31**).

Tabla 31. Involucramiento de Instituciones

Medida	INSTITUCIONES-Participantes	Lineamientos	Actividad
Medida de Conservación	MARENA, INETER, MAG, ANA, Alcaldía, Fundenic, Ingenio Montelimar y Pobladores	Administrativo y Ejecución	Programa y Proyecto
Medida de Hidro - manipulación	ANA, Alcaldía, Fundenic, Ingenio Montelimar	Ejecución	Plan
Medida de Prevención	ANA, Alcaldía e Ingenio Montelimar	Ejecución	Proyecto
Medida de Monitoreo	ANA, Ingenio Montelimar y Fundenic	Ejecución	Plan

6.3 Proyección de Acción de Medidas de Manejo Sostenible

El tiempo de acción es un elemento importante como estrategia sólida de adaptación, que proporciona beneficios inmediatos y asegurarán un futuro más sostenible, por ende, toda medida de manejo tiene que estar englobada en un plan de acción a corto, mediano y largo plazo (**Tabla 32**).

Tabla 32. Plan de Acción

Medida	Plazo	
	Corto	Mediano
Medida de Conservación	Programa de educación ambiental sobre manejo de agua residual y desechos sólidos	Proyecto de reforestación
	Restricción de aprovechamiento de agua superficial	
Medida de Hidro - manipulación	Plan de bombeo	Ejecución de bombeo
Medida de Prevención	Proyecto de zona de sedimentación	Proyecto de barreras desnitrificadoras
	Plan de mantenimiento y regulación	
Medida de Monitoreo	Red hidrométrica y calidad de agua	

VII. CONCLUSIONES

- La situación climática en la microcuenca indica que, un cambio en la periodicidad e intensidad de la precipitación es un factor determinante en el aumento de los parámetros de: temperatura, evaporación y evapotranspiración, por ende, tiene un efecto esencial tanto en el flujo de agua superficial como en la recarga de los reservorios.
- La respuesta hidrológica está vinculada a características edafológicas, geológicas, geomorfológicas y de cobertura de la tierra, por lo que, genera poca escorrentía directa por unidad de área, y esto corresponde a suelos duros, pocos erosionables, permeables y cobertura densa.
- El balance hídrico indica que la contribución de la precipitación con respecto a los reservorios es de 2.4 Mm³/año, es decir insuficiente. Por tanto, la condicionante especial de trasvase provee con 1.63 Mm³/año una mayor cantidad de agua superficial con un total de 4.03 Mm³/año.
- La capacidad máxima aprovechable de la variación de volumen de 4.03 Mm³/año es del 38 % correspondiente a 1.57 Mm³/año que podría ser utilizados en la agricultura; sin embargo, esta cantidad es insuficiente para la proyección de la demanda en la microcuenca.
- El tipo hidroquímico del agua superficial predominante antes y después del trasvase es Bicarbonatada–Cálcica (HCO₃-Ca), clasificada como agua joven con corta evolución geoquímica. Sin embargo, se encuentra agua Sulfatada – Cálcica (SO₄-Ca) perteneciente a La Cerceta.
- De acuerdo con parámetros bacteriológicos, metales pesados, plaguicidas organoclorados y organofosforados e hidrocarburos, se puede concluir que el agua superficial de la microcuenca es apta para uso agrícola, exceptuando La Cerceta que se encuentra por encima del valor admisible de la norma NTON 05-007-98, 2B con respecto a organismos patógenos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Si el objetivo es lograr la sostenibilidad del recurso hídrico superficial de la microcuenca, tanto el Ingenio Montelimar y FUNDENIC como instituciones relacionadas al tema, deberían evaluar detalladamente la formulación de medidas de manejo para su implementación.
- La variabilidad climática con la hidrología no se comprende cabalmente, por ende, el Ingenio debería establecer una estación meteorológica dentro de la microcuenca para modelar y predecir aún más el cambio de cada parámetro climático.
- El Ingenio debería de implementar caudalímetros en obras de bombeo y toma guanacaste.
- El Ingenio y FUNDENIC debería actualizar el Estudio Ictiológico del Reservorio El Lagarto con el fin de realizar nuevamente el inventario de especies y así contar con una herramienta de toma de decisión de manejo y desarrollo del ecosistema.

IX. LISTA DE REFERENCIA

- Bahri, A. (2012). *Gestión integrada de agua urbanas*. Global Water Partnership: Suecia.
- Banco Central de Nicaragua (2017). *Informe anual 2017*. Recuperado de <https://www.bcn.gob.ni/>
- Chow, V., Maidment, D. y Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. McGraw Hill: USA
- Darce, M. (2017). *Compilación de artículos geológicos de Nicaragua*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN: Nicaragua.
- Debrix, A., Soza, A y Maes, J. (2014). Mariposas de la Reserva Natura. *Revista Nicaragüense de Entomología*. 81,1-112.
- Fernández, A. (2012). *Caracterización morfométrica de la cuenca Hidrográfica Chinchao, Distrito de Chinchao, Provincia Huanuco, Región Huanuco*. Universidad Nacional Agraria de la Selva: Perú.
- Freeze, R. y Cherry, J. (1979). *Groundwater*. Prentice hall (pp.604).
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía UNAN: México.
- Global Water Partnership, (2009). *Manual para la gestión de los recursos hídricos en cuencas*. Autor: Londres.
- Global Water Partnership, (2016). *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica*. Autor: Nicaragua.
- Global Water Partnership, (2017). *La situación de los recursos hídricos en Centroamérica. Hacia una gestión integrada*. Autor: Centroamérica.
- Hodgson, G. (2000). *Introducción al léxico estratigráfico de Nicaragua*. Autor: Nicaragua.
- Ibañez, S., Gisbert, J. y Moreno, H. (2011). *Mollisoles*. Universidad Politécnica de Valencia: España.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2015). *Anuario estadístico 2015*.

Autor: Nicaragua.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (1998). *Estudio de mapificación hidrogeológica e hidro geoquímica de la región Pacífica de Nicaragua*.

Dirección General de Recursos Hídricos: Nicaragua.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2001). *Amenazas Naturales de Nicaragua*. Autor: Nicaragua.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2004). *Estudio de mapificación hidrogeológica e Hidrogeoquímica de la región central de Nicaragua*.

Dirección General de Meteorología: Nicaragua.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2005). *Clasificación climática según Köppen período 1971-2000*. [archivo de imagen] disponible en <https://www.ineter.gob.ni/>

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2005). *Precipitación media anual en milímetros (PP-mm) período 1971-2000*. [archivo de imagen] disponible en <https://www.ineter.gob.ni/>

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2005). *Temperatura media diciembre en grado Celsius (°C) período 1971-2000*. [archivo de imagen] disponible en <https://www.ineter.gob.ni/>

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2005). *Evapotranspiración potencial (ETP) período 1971-2000*. [archivo de imagen] disponible en <https://www.ineter.gob.ni/>

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2008). *Caracterización climática del departamento de Managua*. Dirección General de Meteorología: Nicaragua.

Kuang, J. (1971). *Geología de la costa del Pacífico de Nicaragua*. Autor: Nicaragua.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

- Moreno, F. y Esquivel, J. (2015). *Estudio morfométrico de la cuenca del Río Azul, afluente del Río Calima, Departamento del Valle de Cauca. Bogotá (tesis de pregrado)*. Universidad Distrital Francisco José Caldas: Colombia.
- Moreno, R., Ibañez, S. y Gisbert, J. (2011). *Alfisoles*. Universidad Politécnica de Valencia: España.
- NMX-AA-159-SCFI-2012. Norma mexicana que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. Publicada en *El Diario Oficial de la Federación*, del 20 de septiembre del 2012. México.
- Nonner, J. (2015). *Introduction to hydrogeology*. Taylor and Francis Group: Londres.
- NTON 05-007-98. Norma técnica obligatoria nicaragüense para la clasificación de los recursos hídricos. Publicada en *La Gaceta Diario Oficial* n°.30, del 11 de febrero del 2000. Nicaragua.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Autor: Geneva.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, (2006). *Evaluación de los recursos hídricos. Elaboración de balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas*. Programa Hidrológico Internacional (PHI): Montevideo.
- Plan Hidrológico Indicativo Nacional y Plan Anual de Disponibilidad de Agua (2003). *Diagnóstico de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica*. Nicaragua.
- Reserva Natura (11 de septiembre de 2017). *Resumen*. (pp.1). Managua.
- Reyes, D. y Paz, R. (2017). *Actualización de cartografía geológica del cuadrángulo nw la hoja topográfica en el transito escala 1:25 000 (tesis de pregrado)*, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua: Managua.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*, Universidad de Antioquia: Colombia.
- Rueda, R., Coronado, I. y Holt, S. (2012). *Florula de la Reserva Natura*, Autor: Managua.
- Sadoff, C. y Muller, M. (2010). *La gestión del agua, la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático: efectos anticipados y respuestas esenciales*. Global Water Partnership: Suecia.
- Sánchez, F. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. Autor: España.
- Soza, J. (2014). *Estudio ictiológico del reservorio El Lagarto de la Reserva Natura*. Autor: Nicaragua.
- Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la tierra. Una introducción a la geología física*. Pearson: Madrid.
- Ubau, N. (2014). *Estudio de macrohongos presentes de la Reserva Natura (tesis de pregrado)*, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN: Managua.
- Valencia, M. (2014). *Exploración de aguas subterráneas*. Autor: Nicaragua.
- Wilson, T. (1941). *Summary of geology and stratigraphy of San Rafael-El Carmen*. Autor: Nicaragua.
- Wanielista, M., Kerster, R., y Eaglin, R. (1977) *Hydrology, water quantity and quality control*. Autor: New York.
- Zalewski, M. (2010). *Ecohydrology nature-based solutions for enhancement of sustainability potencial*. European Regional Centre for Ecohydrology of the Polish Academy of Science & Department of Applied Ecology Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Lodz: Polonia.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

X. ANEXOS

Tabla A.1. Precipitación Período 1998-2017

Años	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
1998	115.2	-	-	-	-	-	74.5	85.0	54.1	110.0	381.9	651.3	1,472.0
1999	75.0	-	-	-	-	17.1	132.9	241.4	50.1	119.8	953.9	304.3	1,894.5
2000	-	-	-	-	-	-	55.2	38.9	29.0	41.1	734.5	104.9	1,003.6
2001	132.4	-	-	-	-	-	310.3	65.0	5.2	7.5	358.2	164.7	1,043.3
2002	3.7	-	-	-	-	-	562.4	194.4	7.0	49.4	363.3	158.2	1,338.4
2003	57.0	-	-	-	-	6.4	160.6	352.2	79.9	36.8	141.9	339.0	1,173.7
2004	17.9	-	-	-	-	-	244.4	52.6	129.0	59.0	243.8	372.7	1,119.4
2005	46.6	-	-	-	-	31.1	247.4	236.6	121.7	176.1	380.8	701.2	1,941.5
2006	55.5	-	-	-	-	-	46.3	229.7	51.8	80.7	201.8	364.4	1,030.1
2007	43.1	9.3	-	-	-	1.4	425.7	91.5	62.7	323.0	297.6	567.1	1,821.5
2008	15.2	-	-	-	-	2.8	317.5	94.5	134.6	419.2	676.9	720.7	2,381.3
2009	169.5	-	-	-	-	-	123.4	220.9	53.0	33.4	84.5	208.0	892.5
2010	82.3	-	-	-	-	192.0	198.8	400.0	621.4	511.0	715.9	131.8	2,853.3
2011	46.9	-	-	-	-	-	131.8	256.9	378.2	241.2	322.0	578.7	1,955.5
2012	3.0	-	-	-	-	42.8	216.7	155.1	6.1	226.3	22.4	209.1	881.4
2013	86.3	1.1	-	-	-	-	116.9	139.0	112.0	173.5	363.4	171.9	1,164.1
2014	27.4	-	-	-	-	4.5	48.1	109.6	4.5	79.5	377.9	380.7	1,032.2
2015	-	-	-	-	-	1.0	5.6	290.8	32.4	11.6	206.9	288.4	836.7
2016	65.0	-	-	-	-	72.5	132.0	319.4	45.9	253.6	153.3	414.7	1,456.3
2017	31.8	-	-	-	-	4.1	286.1	423.8	27.5	200.9	357.1	534.4	1,865.6

Tabla A.2. Temperatura Media Período 1998-2017

Años	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
1998	26.2	26.4	27.6	28.6	29.7	30.7	30.0	28.3	27.0	27.3	26.3	25.7	27.8
1999	25.8	25.8	26.8	27.3	28.7	29.0	28.6	28.1	27.2	26.6	25.3	25.5	27.1
2000	26.4	25.7	26.0	28.5	28.7	29.1	26.8	25.6	27.2	28.1	24.4	25.8	26.9
2001	26.3	27.5	26.4	27.0	29.1	29.4	29.7	26.2	27.5	28.1	26.9	26.7	27.6
2002	26.4	27.0	27.5	28.1	29.3	29.2	28.1	26.7	27.4	28.1	25.6	26.3	27.5
2003	26.7	26.5	27.5	27.1	29.6	30.1	29.9	26.4	27.8	26.6	27.5	26.5	27.7
2004	26.5	26.7	26.9	27.7	29.1	29.4	28.4	26.8	27.0	27.7	26.6	26.7	27.4
2005	26.1	26.7	27.3	27.8	30.0	30.5	28.0	26.0	27.5	27.2	26.7	25.7	27.5
2006	26.3	27.6	27.1	28.4	29.2	29.6	29.0	26.6	28.1	28.8	25.5	27.2	27.8
2007	26.3	26.4	27.8	29.1	29.6	29.6	29.2	27.8	28.4	26.5	27.4	26.0	27.8
2008	26.1	26.6	27.1	28.6	29.0	29.3	27.5	26.7	27.1	26.1	26.3	26.0	27.2
2009	26.7	27.4	27.3	28.9	28.6	29.3	30.6	27.1	28.2	26.9	28.4	27.1	28.0
2010	25.8	25.0	27.3	28.8	29.2	30.3	28.6	27.3	26.9	26.8	26.5	26.9	27.4
2011	26.5	26.0	26.9	28.3	28.4	29.4	29.0	27.4	27.0	26.7	27.0	25.9	27.4
2012	26.9	27.6	27.1	28.1	29.7	28.9	28.0	27.6	28.8	27.4	27.9	26.9	27.9
2013	26.6	26.6	28.4	28.5	29.0	30.3	28.9	27.8	27.7	27.6	26.6	26.9	27.9
2014	26.9	27.3	27.2	28.0	29.3	30.3	30.4	29.6	30.1	28.7	27.1	26.2	28.4
2015	27.4	28.5	28.2	28.4	29.5	30.7	30.5	28.8	28.8	29.3	28.5	27.5	28.8
2016	27.2	27.2	28.2	29.5	30.5	30.4	29.3	27.5	28.1	28.8	27.7	27.6	28.5
2017	26.4	26.7	27.0	28.4	29.6	30.6	27.3	25.5	27.2	26.1	26.0	25.6	27.2

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.3. Temperatura Máxima Período 1998-2017

Años	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
1998	32.6	34.5	36.3	37.8	37.0	34.9	34.5	34.0	32.9	30.5	32.4	32.9	34.2
1999	34.2	35.7	35.5	35.5	32.9	35.3	33.1	32.0	33.5	29.8	32.4	31.9	33.5
2000	33.3	35.0	35.3	36.1	32.1	34.5	34.6	33.7	31.2	34.7	32.5	33.8	33.9
2001	33.7	35.6	35.8	36.1	35.5	32.3	33.7	33.4	33.2	32.0	32.4	34.0	34.0
2002	34.0	35.6	36.2	36.1	33.9	32.6	33.6	33.6	31.8	32.3	32.6	34.1	33.9
2003	34.2	35.8	36.3	36.4	35.5	31.7	33.4	32.5	34.0	31.5	33.1	33.2	34.0
2004	34.3	35.8	36.1	36.2	33.9	32.6	33.9	33.0	34.4	32.0	32.3	32.8	33.9
2005	34.1	35.5	36.7	37.2	33.2	32.7	33.4	32.8	32.1	31.7	31.6	32.8	33.7
2006	34.3	35.7	35.9	36.7	34.6	33.6	33.7	33.7	36.1	34.3	33.0	33.7	34.6
2007	34.3	35.9	36.6	36.5	35.3	33.8	33.1	32.3	32.0	30.4	32.4	32.2	33.7
2008	33.7	35.6	36.0	36.2	33.6	33.4	32.8	31.8	33.8	31.3	32.1	32.6	33.6
2009	34.2	35.1	35.8	36.2	36.0	33.2	34.1	33.2	37.0	34.2	33.0	34.3	34.7
2010	33.5	35.3	36.2	36.5	33.2	32.5	31.6	31.8	30.8	32.2	31.8	32.3	33.1
2011	33.7	35.1	35.6	36.5	34.8	32.6	32.6	31.3	32.4	30.3	32.8	32.6	33.4
2012	34.5	35.2	36.7	35.3	33.6	33.1	34.7	33.9	35.4	33.4	34.4	34.3	34.5
2013	34.4	34.6	35.4	37.5	35.6	33.7	34.2	33.9	32.1	33.0	32.9	33.5	34.2
2014	34.1	35.0	36.6	37.8	37.3	35.8	35.5	34.9	32.7	31.6	33.3	33.9	34.8
2015	34.0	34.4	35.4	36.6	36.4	33.4	33.8	35.5	35.1	33.5	34.4	34.9	34.8
2016	34.7	35.4	36.9	36.4	35.1	33.4	34.4	35.3	34.2	33.7	31.9	31.5	34.4
2017	32.4	34.3	35.8	37.1	33.3	31.1	34.1	32.8	32.7	31.5	33.7	33.1	33.5

Tabla A.4. Temperatura Mínima Período 1998-2017

Años	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
1998	21.4	20.1	22.4	23.0	24.9	23.2	25.3	25.4	22.9	26.1	22.8	23.9	23.4
1999	21.1	19.6	21.1	22.0	23.2	22.2	22.7	23.2	21.6	26.0	22.7	23.4	22.4
2000	21.4	21.3	20.4	21.9	22.1	21.8	23.3	24.6	22.0	26.0	22.8	24.8	22.7
2001	21.2	21.3	21.2	22.2	22.7	22.7	24.1	22.9	22.5	25.5	23.0	23.4	22.7
2002	21.2	20.2	22.1	22.3	23.5	22.1	24.8	23.7	23.7	27.5	23.2	24.1	23.2
2003	21.6	20.0	22.4	22.9	22.1	23.5	25.8	22.5	23.1	27.3	23.2	23.3	23.1
2004	21.1	20.4	20.9	22.1	23.7	23.7	24.9	22.4	22.3	27.6	22.9	23.4	23.0
2005	21.6	21.1	21.5	22.1	23.4	24.1	22.5	22.9	23.6	25.6	23.3	23.4	22.9
2006	21.3	21.3	21.9	22.4	23.6	23.0	24.3	23.0	23.9	24.4	23.2	24.1	23.0
2007	21.5	20.5	22.2	22.6	23.7	24.6	23.6	23.7	23.1	24.3	22.7	22.5	22.9
2008	21.4	21.5	21.7	22.2	23.0	22.9	23.0	22.5	22.3	23.6	22.6	23.1	22.5
2009	21.7	21.9	21.6	22.6	23.6	22.9	24.5	24.1	23.5	24.8	23.5	23.7	23.2
2010	21.3	18.8	22.4	23.1	22.8	24.9	25.0	23.7	23.7	23.5	23.8	23.3	23.0
2011	21.6	20.7	20.7	22.2	22.1	22.8	24.8	23.9	23.6	23.6	23.5	23.4	22.7
2012	20.8	21.8	21.4	22.0	24.4	23.4	23.9	23.7	23.2	23.2	22.7	22.9	22.8
2013	21.9	21.2	23.2	23.0	23.4	24.0	23.1	23.7	23.0	22.8	23.0	22.7	22.9
2014	21.9	21.6	21.4	22.3	22.9	23.9	24.4	24.6	25.4	23.9	23.1	22.7	23.2
2015	22.3	23.0	23.1	22.6	24.0	25.6	25.6	25.0	24.7	24.1	23.6	23.3	23.9
2016	22.4	23.0	22.1	24.9	24.9	25.4	24.6	23.1	23.1	23.3	22.5	22.6	23.5
2017	21.1	21.1	21.8	23.3	24.1	24.8	23.4	21.8	22.0	21.2	21.7	21.9	22.4

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.5. Evaporación Período 1998-2017

Años	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Total
1998	105.4	162.2	228.0	248.7	269.4	296.8	247.3	183.4	146.8	130.8	119.7	108.7	2,247.2
1999	121.4	183.0	178.1	252.8	279.5	301.8	235.3	153.4	156.7	169.4	123.8	125.8	2,281.0
2000	137.9	191.6	230.3	265.3	278.2	305.7	260.0	193.4	280.3	265.2	147.0	173.4	2,728.4
2001	134.0	184.6	254.1	287.0	278.0	312.9	246.5	223.1	254.3	241.8	171.9	158.9	2,747.2
2002	145.1	202.9	259.0	283.6	310.3	316.5	300.5	173.8	232.3	268.4	156.8	168.1	2,817.2
2003	117.8	182.7	277.4	276.1	279.2	301.0	273.8	151.5	197.0	220.6	156.5	138.2	2,571.8
2004	133.2	206.0	243.6	275.3	312.3	303.1	274.6	222.0	206.5	190.3	147.5	141.5	2,656.0
2005	125.3	178.9	287.5	281.6	264.9	298.9	242.8	135.5	178.9	206.4	153.0	119.9	2,473.5
2006	123.2	178.3	233.6	274.5	294.8	302.0	250.6	156.4	200.1	192.4	160.5	140.4	2,506.8
2007	136.8	184.5	280.8	266.1	287.7	297.7	229.1	168.2	198.7	146.2	146.6	125.7	2,468.0
2008	135.8	200.5	251.1	268.3	286.5	303.4	243.6	180.8	195.6	176.8	138.0	139.5	2,519.9
2009	131.0	194.9	259.0	280.0	293.6	307.1	264.1	161.7	237.6	230.0	191.1	161.7	2,711.9
2010	121.4	179.3	258.8	264.5	275.2	298.9	247.5	138.0	116.2	141.5	124.5	143.3	2,309.1
2011	122.9	182.7	232.0	268.1	280.9	300.4	246.2	143.9	130.7	159.5	136.8	125.6	2,329.8
2012	145.1	197.3	257.4	272.3	300.8	293.1	223.7	153.4	276.0	188.5	165.7	135.7	2,608.9
2013	119.1	183.8	274.7	272.7	285.8	302.6	254.9	182.0	195.3	177.5	127.1	148.3	2,523.9
2014	125.8	183.7	237.0	265.7	283.0	300.9	190.6	90.0	304.3	244.1	159.3	136.5	2,521.1
2015	136.5	186.7	225.2	257.3	279.1	302.3	284.2	232.8	276.7	272.7	236.1	190.0	2,879.5
2016	80.1	122.5	226.0	268.8	283.3	299.4	250.6	188.9	228.1	209.7	85.3	85.3	2,327.9
2017	139.7	179.9	115.5	220.9	274.7	301.4	243.0	187.2	212.6	206.4	190.5	174.9	2,446.8

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.6. Cálculo de ETP por método Hargreaves Período 1998-2017

Mes	Promedios Mensuales Temperatura °C				Radiación Extraterr.		Evapotransp. Potencial		
	Temp Max.	Temp Med.	Temp Min	(TMx-TMin) ^0.5	RO	RO	ETP diario	Días mes	ETP mens.
					MJ m-2 d-1	mm/d	mm/d		mm/mes
Nov	32.75	26.47	21.49	3.36	31.5	12.85	4.39	30	131.67
Dic	33.22	26.76	21.02	3.49	30	12.24	4.38	31	135.78
Ene	33.90	27.27	21.77	3.48	30.9	12.61	4.55	31	141.06
Feb	35.26	28.26	22.58	3.56	33.8	13.79	5.20	28	145.56
Mar	36.04	29.29	23.40	3.56	36.5	14.89	5.73	31	177.69
Abr	36.54	29.81	23.57	3.60	38	15.50	6.11	30	183.36
May	34.64	28.89	24.17	3.24	38	15.50	5.38	31	166.93
Jun	33.31	27.19	23.52	3.13	37.6	15.34	4.96	30	148.92
Jul	33.74	27.75	23.16	3.25	37.6	15.34	5.23	31	161.99
Ago	33.27	27.47	24.71	2.93	37.8	15.42	4.69	31	145.54
Sept	33.39	26.71	22.98	3.23	36.9	15.06	4.97	30	149.04
Oct	32.19	26.43	23.30	2.98	34.5	14.08	4.27	31	132.29
T media	34.02	27.69	22.97	Total					1,819.82

Tabla A.7. Prueba de Infiltración Los Solís

Lugar:	Los Solís					
Coordenadas:	X:	555407	Y:	1313683		
Elevación (msnm):	126					
Hora de inicio:	07:00:00 a.m.		Hora de finalización:	08:22:00 a.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	15		Fecha:	14/3/2018		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
07:00:00 a.m.	0	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
07:01:00 a.m.	1	1.00	4.50	1.50	1.50	1.50
07:02:00 a.m.	1	2.00	5.70	1.20	2.70	1.20
07:03:00 a.m.	1	3.00	7.20	1.50	4.20	1.50
07:04:00 a.m.	1	4.00	8.50	1.30	5.50	1.30
07:05:00 a.m.	1	5.00	9.80	1.30	6.80	1.30
07:06:00 a.m.	1	6.00	10.90	1.10	7.90	1.10
07:07:00 a.m.	1	7.00	11.90	1.00	8.90	1.00
07:08:00 a.m.	1	8.00	12.90	1.00	9.90	1.00
07:09:00 a.m.	1	9.00	14.30	1.40	11.30	1.40
07:10:00 a.m.	1	10.00	15.30	1.00	12.30	1.00
07:11:00 a.m.	1	11.00	16.30	1.00	13.30	1.00
07:12:00 a.m.	1	12.00	17.20	0.90	14.20	0.90

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

07:13:00 a.m.	1	13.00	18.20	1.00	15.20	1.00
07:14:00 a.m.	1	14.00	19.20	1.00	16.20	1.00
07:15:00 a.m.	1	15.00	20.20	1.00	17.20	1.00
07:16:00 a.m.	1	16.00	21.20	1.00	18.20	1.00
07:17:00 a.m.	1	17.00	22.20	1.00	19.20	1.00
07:18:00 a.m.	1	18.00	23.20	1.00	20.20	1.00
07:19:00 a.m.	1	19.00	24.30	1.10	21.30	1.10
07:20:00 a.m.	1	20.00	25.20	0.90	22.20	0.90
07:21:00 a.m.	1	21.00	26.20	1.00	23.20	1.00
07:22:00 a.m.	1	22.00	27.20	1.00	24.20	1.00
07:23:00 a.m.	1	23.00	28.20	1.00	25.20	1.00
07:24:00 a.m.	1	24.00	29.20	1.00	26.20	1.00
07:25:00 a.m.	1	25.00	30.30	1.10	27.30	1.10
07:26:00 a.m.	1	26.00	31.20	0.90	28.20	0.90
07:27:00 a.m.	1	27.00	32.30	1.10	29.30	1.10
07:28:00 a.m.	1	28.00	33.30	1.00	30.30	1.00
07:29:00 a.m.	1	29.00	34.00	0.70	31.00	0.70
07:30:00 a.m.	1	30.00	35.20	1.20	32.20	1.20
07:31:00 a.m.	1	31.00	36.20	1.00	33.20	1.00
07:32:00 a.m.	1	32.00	37.20	1.00	34.20	1.00
07:33:00 a.m.	1	33.00	38.10	0.90	35.10	0.90
07:34:00 a.m.	1	34.00	38.80	0.70	35.80	0.70
07:35:00 a.m.	1	35.00	40.20	1.40	37.20	1.40
07:36:00 a.m.	1	36.00	41.20	1.00	38.20	1.00
07:37:00 a.m.	1	37.00	42.10	0.90	39.10	0.90
07:38:00 a.m.	1	38.00	43.20	1.10	40.20	1.10
07:39:00 a.m.	1	39.00	44.20	1.00	41.20	1.00
07:40:00 a.m.	1	40.00	45.20	1.00	42.20	1.00
07:41:00 a.m.	1	41.00	46.00	0.80	43.00	0.80
07:42:00 a.m.	1	42.00	47.30	1.30	44.30	1.30
07:43:00 a.m.	1	43.00	48.20	0.90	45.20	0.90
07:44:00 a.m.	1	44.00	49.20	1.00	46.20	1.00
07:45:00 a.m.	1	45.00	50.70	1.50	47.70	1.50
07:46:00 a.m.	1	46.00	52.30	1.60	49.30	1.60
07:47:00 a.m.	1	47.00	53.30	1.00	50.30	1.00
07:48:00 a.m.	1	48.00	54.40	1.10	51.40	1.10
07:49:00 a.m.	1	49.00	55.20	0.80	52.20	0.80
07:50:00 a.m.	1	50.00	56.40	1.20	53.40	1.20
07:51:00 a.m.	1	51.00	57.30	0.90	54.30	0.90
07:52:00 a.m.	1	52.00	58.30	1.00	55.30	1.00
07:53:00 a.m.	1	53.00	59.40	1.10	56.40	1.10
07:54:00 a.m.	1	54.00	60.30	0.90	57.30	0.90
07:55:00 a.m.	1	55.00	61.50	1.20	58.50	1.20
07:56:00 a.m.	1	56.00	62.30	0.80	59.30	0.80
07:57:00 a.m.	1	57.00	63.60	1.30	60.60	1.30
07:58:00 a.m.	1	58.00	64.50	0.90	61.50	0.90
07:59:00 a.m.	1	59.00	65.50	1.00	62.50	1.00
08:00:00 a.m.	1	60.00	66.80	1.30	63.80	1.30
08:02:00 a.m.	2	62.00	69.00	2.20	66.00	1.10
08:04:00 a.m.	2	64.00	71.20	2.20	68.20	1.10
08:06:00 a.m.	2	66.00	72.70	1.50	69.70	0.75
	0	66.00	47.00			
08:08:00 a.m.	2	68.00	49.50	2.50	72.20	1.25
08:10:00 a.m.	2	70.00	52.50	3.00	75.20	1.50
08:12:00 a.m.	2	72.00	53.50	1.00	76.20	0.50
08:14:00 a.m.	2	74.00	54.50	1.00	77.20	0.50
08:16:00 a.m.	2	76.00	55.50	1.00	78.20	0.50
08:18:00 a.m.	2	78.00	56.70	1.20	79.40	0.60

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

08:20:00 a.m.	2	80.00	57.70	1.00	80.40	0.50
08:22:00 a.m.	2	82.00	58.70	1.00	81.40	0.50
					R:	0.73
					Kfs:	1.05E-02
					Kfs:	6.30

Tabla A.8. Prueba de Infiltración Los Solís 2

Lugar:	Los Solís 2					
Coordenadas:	X:	553555	Y:	1314764		
Elevación	120					
Hora de inicio:	07:00:00 a.m.		Hora de finalización:	08:22:00 a.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	15		Fecha:	22/4/2018		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
07:00:00 a.m.	0	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
07:01:00 a.m.	1	1.00	4.50	1.50	1.50	1.50
07:02:00 a.m.	1	2.00	5.60	1.10	2.60	1.10
07:03:00 a.m.	1	3.00	7.20	1.60	4.20	1.60
07:04:00 a.m.	1	4.00	8.50	1.30	5.50	1.30
07:05:00 a.m.	1	5.00	9.50	1.00	6.50	1.00
07:06:00 a.m.	1	6.00	10.90	1.40	7.90	1.40
07:07:00 a.m.	1	7.00	11.90	1.00	8.90	1.00
07:08:00 a.m.	1	8.00	12.90	1.00	9.90	1.00
07:09:00 a.m.	1	9.00	14.30	1.40	11.30	1.40
07:10:00 a.m.	1	10.00	15.30	1.00	12.30	1.00
07:11:00 a.m.	1	11.00	16.30	1.00	13.30	1.00
07:12:00 a.m.	1	12.00	17.40	1.10	14.40	1.10
07:13:00 a.m.	1	13.00	18.20	0.80	15.20	0.80
07:14:00 a.m.	1	14.00	19.20	1.00	16.20	1.00
07:15:00 a.m.	1	15.00	20.20	1.00	17.20	1.00
07:16:00 a.m.	1	16.00	21.20	1.00	18.20	1.00
07:17:00 a.m.	1	17.00	22.20	1.00	19.20	1.00
07:18:00 a.m.	1	18.00	23.20	1.00	20.20	1.00
07:19:00 a.m.	1	19.00	24.30	1.10	21.30	1.10
07:20:00 a.m.	1	20.00	25.20	0.90	22.20	0.90
07:21:00 a.m.	1	21.00	26.20	1.00	23.20	1.00
07:22:00 a.m.	1	22.00	27.20	1.00	24.20	1.00
07:23:00 a.m.	1	23.00	28.20	1.00	25.20	1.00
07:24:00 a.m.	1	24.00	29.20	1.00	26.20	1.00
07:25:00 a.m.	1	25.00	30.30	1.10	27.30	1.10
07:26:00 a.m.	1	26.00	31.20	0.90	28.20	0.90

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

07:27:00 a.m.	1	27.00	32.30	1.10	29.30	1.10
07:28:00 a.m.	1	28.00	33.30	1.00	30.30	1.00
07:29:00 a.m.	1	29.00	34.00	0.70	31.00	0.70
07:30:00 a.m.	1	30.00	35.20	1.20	32.20	1.20
07:31:00 a.m.	1	31.00	36.20	1.00	33.20	1.00
07:32:00 a.m.	1	32.00	37.20	1.00	34.20	1.00
07:33:00 a.m.	1	33.00	38.10	0.90	35.10	0.90
07:34:00 a.m.	1	34.00	38.80	0.70	35.80	0.70
07:35:00 a.m.	1	35.00	40.20	1.40	37.20	1.40
07:36:00 a.m.	1	36.00	41.20	1.00	38.20	1.00
07:37:00 a.m.	1	37.00	42.10	0.90	39.10	0.90
07:38:00 a.m.	1	38.00	43.20	1.10	40.20	1.10
07:39:00 a.m.	1	39.00	44.20	1.00	41.20	1.00
07:40:00 a.m.	1	40.00	45.20	1.00	42.20	1.00
07:41:00 a.m.	1	41.00	46.00	0.80	43.00	0.80
07:42:00 a.m.	1	42.00	47.30	1.30	44.30	1.30
07:43:00 a.m.	1	43.00	48.20	0.90	45.20	0.90
07:44:00 a.m.	1	44.00	49.20	1.00	46.20	1.00
07:45:00 a.m.	1	45.00	50.70	1.50	47.70	1.50
07:46:00 a.m.	1	46.00	52.30	1.60	49.30	1.60
07:47:00 a.m.	1	47.00	53.30	1.00	50.30	1.00
07:48:00 a.m.	1	48.00	54.00	0.70	51.00	0.70
07:49:00 a.m.	1	49.00	55.20	1.20	52.20	1.20
07:50:00 a.m.	1	50.00	56.40	1.20	53.40	1.20
07:51:00 a.m.	1	51.00	57.30	0.90	54.30	0.90
07:52:00 a.m.	1	52.00	58.00	0.70	55.00	0.70
07:53:00 a.m.	1	53.00	59.40	1.40	56.40	1.40
07:54:00 a.m.	1	54.00	60.30	0.90	57.30	0.90
07:55:00 a.m.	1	55.00	61.40	1.10	58.40	1.10
07:56:00 a.m.	1	56.00	62.30	0.90	59.30	0.90
07:57:00 a.m.	1	57.00	63.60	1.30	60.60	1.30
07:58:00 a.m.	1	58.00	64.20	0.60	61.20	0.60
07:59:00 a.m.	1	59.00	65.50	1.30	62.50	1.30
08:00:00 a.m.	1	60.00	66.80	1.30	63.80	1.30
08:02:00 a.m.	2	62.00	69.30	2.50	66.30	1.25
08:04:00 a.m.	2	64.00	71.20	1.90	68.20	0.95
08:06:00 a.m.	2	66.00	72.70	1.50	69.70	0.75
	0	66.00	47.00			
08:08:00 a.m.	2	68.00	49.50	2.50	72.20	1.25
08:10:00 a.m.	2	70.00	52.50	3.00	75.20	1.50
08:12:00 a.m.	2	72.00	53.50	1.00	76.20	0.50
08:14:00 a.m.	2	74.00	54.50	1.00	77.20	0.50
08:16:00 a.m.	2	76.00	55.50	1.00	78.20	0.50
08:18:00 a.m.	2	78.00	56.70	1.20	79.40	0.60
08:20:00 a.m.	2	80.00	57.70	1.00	80.40	0.50
08:22:00 a.m.	2	82.00	58.70	1.00	81.40	0.50
					R:	0.73
					Kfs:	1.05E-02
					Kfs:	6.30

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.9. Prueba de Infiltración El Jobal

Lugar:	El Jobal					
Coordenadas:	X:	552482	Y:	131230		
Elevación (msnm):	79					
Hora de inicio:	01:00 p.m.		Hora de finalización:	01:59:00 p.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	10		Fecha:	22/4/2018		
Hor a	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
01:00 p.m	0	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00
01:01 p.m	1	1.00	10.80	4.80	4.80	4.80
01:02 p.m	1	2.00	12.80	2.00	6.80	2.00
01:03 p.m	1	3.00	15.80	3.00	9.80	3.00
01:04 p.m	1	4.00	17.80	2.00	11.80	2.00
01:05 p.m	1	5.00	20.80	3.00	14.80	3.00
01:06 p.m	1	6.00	21.80	1.00	15.80	1.00
01:07 p.m	1	7.00	23.80	2.00	17.80	2.00
01:08 p.m	1	8.00	26.80	3.00	20.80	3.00
01:09 p.m	1	9.00	28.80	2.00	22.80	2.00
01:10 p.m	1	10.00	30.80	2.00	24.80	2.00
01:11 p.m	1	11.00	32.80	2.00	26.80	2.00
01:12 p.m	1	12.00	36.80	4.00	30.80	4.00
01:13 p.m	1	13.00	38.80	2.00	32.80	2.00
01:14 p.m	1	14.00	40.80	2.00	34.80	2.00
01:15 p.m	1	15.00	42.80	2.00	36.80	2.00
01:16 p.m	1	16.00	44.80	2.00	38.80	2.00
01:17 p.m	1	17.00	46.80	2.00	40.80	2.00
01:18 p.m	1	18.00	48.80	2.00	42.80	2.00
01:19 p.m	1	19.00	49.80	1.00	43.80	1.00
01:20 p.m	1	20.00	52.80	3.00	46.80	3.00
01:21 p.m	1	21.00	53.80	1.00	47.80	1.00
01:22 p.m	1	22.00	55.80	2.00	49.80	2.00
01:23 p.m	1	23.00	57.80	2.00	51.80	2.00
01:24 p.m	1	24.00	59.80	2.00	53.80	2.00

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

01:25 p.m	1	25.00	61.80	2.00	55.80	2.00
01:26 p.m	1	26.00	65.80	4.00	59.80	4.00
01:27 p.m	1	27.00	66.80	1.00	60.80	1.00
01:28 p.m	1	28.00	69.80	3.00	63.80	3.00
01:29 p.m	1	29.00	71.80	2.00	65.80	2.00
01:30 p.m	1	30.00	73.80	2.00	67.80	2.00
	0	30.00	1.30			
01:31 p.m	1	31.00	2.80	1.50	69.30	1.50
01:32 p.m	1	32.00	4.80	1.50	70.80	1.50
01:33 p.m	1	33.00	6.80	2.00	72.80	2.00
01:34 p.m	1	34.00	8.80	2.00	74.80	2.00
01:35 p.m	1	35.00	9.80	2.00	76.80	2.00
01:36 p.m	1	36.00	10.80	1.00	77.80	1.00
01:37 p.m	1	37.00	12.80	1.00	78.80	1.00
01:38 p.m	1	38.00	14.80	2.00	80.80	2.00
01:39 p.m	1	39.00	15.80	2.00	82.80	2.00
01:40 p.m	1	40.00	16.80	1.00	83.80	1.00
01:41 p.m	1	41.00	18.80	1.00	84.80	1.00
01:42 p.m	1	42.00	20.80	2.00	86.80	2.00
01:43 p.m	1	43.00	22.80	2.00	88.80	2.00
01:44 p.m	1	44.00	24.80	2.00	90.80	2.00
01:45 p.m	1	45.00	26.80	2.00	92.80	2.00
01:46 p.m	1	46.00	28.80	2.00	94.80	2.00
01:47 p.m	1	47.00	30.80	2.00	96.80	2.00
01:48 p.m	1	48.00	32.80	2.00	98.80	2.00
01:49 p.m	1	49.00	34.80	2.00	100.80	2.00
01:50 p.m	1	50.00	36.80	2.00	102.80	2.00
01:51 p.m	1	51.00	38.80	2.00	104.80	2.00
01:52 p.m	1	52.00	40.80	2.00	106.80	2.00
01:53 p.m	1	53.00	42.80	2.00	108.80	2.00
01:54 p.m	1	54.00	44.80	2.00	110.80	2.00
01:55 p.m	1	55.00	46.80	2.00	112.80	2.00
01:56 p.m	1	56.00	48.80	2.00	114.80	2.00
01:57 p.m	1	57.00	50.80	2.00	116.80	2.00
01:58 p.m	1	58.00	52.80	2.00	118.80	2.00
01:59 p.m	1	59.00	54.80	2.00	120.80	2.00
					R:	2.00
					Kfs:	3.39E-02
					Kfs:	20.34

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.10. Prueba de Infiltración La Cerceta

Lugar:	Reservorio La Cerceta					
Coordenadas:	X:	554039	Y:	1311980		
Elevación (msnm):	63					
Hora de inicio:	11:00:00 a.m.		Hora de finalización:	11:58:00 a.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	15		Fecha:	13/3/2018		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración
11:00:00 a.m.	0	0.00	12.10	0.00	0.00	0.00
11:01:00 a.m.	1	1.00	14.10	2.00	2.00	2.00
11:02:00 a.m.	1	2.00	15.40	1.30	3.30	1.30
11:03:00 a.m.	1	3.00	16.60	1.20	4.50	1.20
11:04:00 a.m.	1	4.00	17.40	0.80	5.30	0.80
11:05:00 a.m.	1	5.00	18.60	1.20	6.50	1.20
11:06:00 a.m.	1	6.00	19.40	0.80	7.30	0.80
11:07:00 a.m.	1	7.00	20.40	1.00	8.30	1.00
11:08:00 a.m.	1	8.00	21.10	0.70	9.00	0.70
11:09:00 a.m.	1	9.00	21.80	0.70	9.70	0.70
11:10:00 a.m.	1	10.00	22.60	0.80	10.50	0.80
11:11:00 a.m.	1	11.00	23.40	0.80	11.30	0.80
11:12:00 a.m.	1	12.00	24.10	0.70	12.00	0.70
11:13:00 a.m.	1	13.00	24.10	0.00	12.00	0.00
	0	13.00	24.10			
11:14:00 a.m.	1	14.00	25.20	1.10	13.10	1.10
11:15:00 a.m.	1	15.00	25.90	0.70	13.80	0.70
11:16:00 a.m.	1	16.00	26.40	0.50	14.30	0.50
11:17:00 a.m.	1	17.00	27.40	1.00	15.30	1.00
11:18:00 a.m.	1	18.00	27.70	0.30	15.60	0.30
11:19:00 a.m.	1	19.00	28.40	0.70	16.30	0.70
11:20:00 a.m.	1	20.00	28.90	0.50	16.80	0.50
11:21:00 a.m.	1	21.00	29.40	0.50	17.30	0.50
11:22:00 a.m.	1	22.00	29.90	0.50	17.80	0.50

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

11:23:00 a.m.	1	23.00	30.90	1.00	18.80	1.00
11:24:00 a.m.	1	24.00	31.30	0.40	19.20	0.40
11:25:00 a.m.	1	25.00	31.80	0.50	19.70	0.50
11:26:00 a.m.	1	26.00	32.40	0.60	20.30	0.60
11:27:00 a.m.	1	27.00	32.80	0.40	20.70	0.40
11:28:00 a.m.	1	28.00	33.80	1.00	21.70	1.00
11:29:00 a.m.	1	29.00	34.20	0.40	22.10	0.40
11:30:00 a.m.	1	30.00	34.80	0.60	22.70	0.60
11:31:00 a.m.	1	31.00	35.40	0.60	23.30	0.60
11:32:00 a.m.	1	32.00	35.80	0.40	23.70	0.40
11:33:00 a.m.	1	33.00	36.80	1.00	24.70	1.00
11:34:00 a.m.	1	34.00	37.40	0.60	25.30	0.60
11:35:00 a.m.	1	35.00	37.80	0.40	25.70	0.40
11:36:00 a.m.	1	36.00	38.40	0.60	26.30	0.60
11:37:00 a.m.	1	37.00	38.80	0.40	26.70	0.40
11:38:00 a.m.	1	38.00	39.40	0.60	27.30	0.60
11:39:00 a.m.	1	39.00	39.80	0.40	27.70	0.40
11:40:00 a.m.	1	40.00	40.40	0.60	28.30	0.60
11:41:00 a.m.	1	41.00	41.30	0.90	29.20	0.90
11:42:00 a.m.	1	42.00	41.40	0.10	29.30	0.10
11:43:00 a.m.	1	43.00	41.80	0.40	29.70	0.40
11:44:00 a.m.	1	44.00	42.40	0.60	30.30	0.60
11:45:00 a.m.	1	45.00	43.30	0.90	31.20	0.90
11:46:00 a.m.	1	46.00	43.80	0.50	31.70	0.50
11:47:00 a.m.	1	47.00	44.30	0.50	32.20	0.50
11:48:00 a.m.	1	48.00	44.80	0.50	32.70	0.50
11:49:00 a.m.	1	49.00	45.30	0.50	33.20	0.50
11:50:00 a.m.	1	50.00	45.80	0.50	33.70	0.50
11:51:00 a.m.	1	51.00	46.30	0.50	34.20	0.50
11:52:00 a.m.	1	52.00	47.30	1.00	35.20	1.00
11:53:00 a.m.	1	53.00	47.80	0.50	35.70	0.50
11:54:00 a.m.	1	54.00	48.30	0.50	36.20	0.50
11:55:00 a.m.	1	55.00	48.80	0.50	36.70	0.50
11:56:00 a.m.	1	56.00	49.30	0.50	37.20	0.50
11:57:00 a.m.	1	57.00	49.80	0.50	37.70	0.50
11:58:00 a.m.	1	58.00	50.30	0.50	38.20	0.50
					R:	0.54
					Kfs:	7.75E-03
					Kfs:	4.65

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.11. Prueba de Infiltración El Lagarto

Lugar:	Reservorio El Lagarto					
Coordenadas:	X:	552820	Y:	1311856		
Elevación (msnm):	66					
Hora de inicio:	01:00:00 p.m.		Hora de finalización:	02:06:00 p.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	15		Fecha:	13/3/2018		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado	Velocidad de infiltración
01:00 p.m	0	0.00	4.80	0.00	0.00	0.00
01:01 p.m	1	1.00	6.80	2.00	2.00	2.00
01:02 p.m	1	2.00	8.80	2.00	4.00	2.00
01:03 p.m	1	3.00	9.80	1.00	5.00	1.00
01:04 p.m	1	4.00	10.80	1.00	6.00	1.00
01:05 p.m	1	5.00	11.70	0.90	6.90	0.90
01:06 p.m	1	6.00	12.90	1.20	8.10	1.20
01:07 p.m	1	7.00	13.40	0.50	8.60	0.50
01:08 p.m	1	8.00	14.50	1.10	9.70	1.10
01:09 p.m	1	9.00	15.40	0.90	10.60	0.90
01:10 p.m	1	10.00	17.40	2.00	12.60	2.00
01:11 p.m	1	11.00	19.40	2.00	14.60	2.00
01:12 p.m	1	12.00	20.40	1.00	15.60	1.00
01:13 p.m	1	13.00	22.40	2.00	17.60	2.00
	0	13.00	24.40			
01:14 p.m	1	14.00	26.40	2.00	19.60	2.00
01:15 p.m	1	15.00	27.40	1.00	20.60	1.00
01:16 p.m	1	16.00	28.80	1.40	22.00	1.40
01:17 p.m	1	17.00	30.80	2.00	24.00	2.00
01:18 p.m	1	18.00	31.80	1.00	25.00	1.00
01:19 p.m	1	19.00	33.60	1.80	26.80	1.80
01:20 p.m	1	20.00	34.60	1.00	27.80	1.00
01:21 p.m	1	21.00	35.80	1.20	29.00	1.20
01:22p.m	1	22.00	36.80	1.00	30.00	1.00
01:23 p.m	1	23.00	37.80	1.00	31.00	1.00
01:24 p.m	1	24.00	38.80	1.00	32.00	1.00
01:25 p.m	1	25.00	39.80	1.00	33.00	1.00
01:26 p.m	1	26.00	40.80	1.00	34.00	1.00
01:27 p.m	1	27.00	41.80	1.00	35.00	1.00
01:28 p.m	1	28.00	42.80	1.00	36.00	1.00
01:29 p.m	1	29.00	43.80	1.00	37.00	1.00

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

01:30 p.m	1	30.00	44.80	1.00	38.00	1.00
01:31 p.m	1	31.00	45.80	1.00	39.00	1.00
01:32p.m	1	32.00	46.80	1.00	40.00	1.00
01:33 p.m	1	33.00	47.80	1.00	41.00	1.00
01:34 p.m	1	34.00	48.80	1.00	42.00	1.00
01:35 p.m	1	35.00	49.80	1.00	43.00	1.00
01:36 p.m	1	36.00	50.80	1.00	44.00	1.00
01:37 p.m	1	37.00	51.50	0.70	44.70	0.70
01:38 p.m	1	38.00	52.50	1.00	45.70	1.00
01:39 p.m	1	39.00	53.20	0.70	46.40	0.70
01:40 p.m	1	40.00	54.00	0.80	47.20	0.80
01:41 p.m	1	41.00	54.60	0.60	47.80	0.60
01:42 p.m	1	42.00	55.20	0.60	48.40	0.60
01:43 p.m	1	43.00	55.80	0.60	49.00	0.60
01:44 p.m	1	44.00	56.80	1.00	50.00	1.00
01:45 p.m	1	45.00	57.60	0.80	50.80	0.80
01:46 p.m	1	46.00	58.60	1.00	51.80	1.00
01:47 p.m	1	47.00	59.20	0.60	52.40	0.60
01:48 p.m	1	48.00	59.80	0.60	53.00	0.60
01:49 p.m	1	49.00	60.30	0.50	53.50	0.50
01:50 p.m	1	50.00	61.30	1.00	54.50	1.00
01:51 p.m	1	51.00	61.80	0.50	55.00	0.50
01:52 p.m	1	52.00	62.60	0.80	55.80	0.80
01:53 p.m	1	53.00	63.40	0.80	56.60	0.80
01:54 p.m	1	54.00	64.20	0.80	57.40	0.80
01:55 p.m	1	55.00	65.30	1.10	58.50	1.10
01:56 p.m	1	56.00	65.80	0.50	59.00	0.50
01:57 p.m	1	57.00	66.80	1.00	60.00	1.00
01:58 p.m	1	58.00	67.60	0.80	60.80	0.80
01:59 p.m	1	59.00	68.00	0.40	61.20	0.40
02:00 p.m	1	60.00	68.80	0.80	62.00	0.80
02:01 p.m	1	61.00	69.50	0.70	62.70	0.70
02:02 p.m	1	62.00	70.20	0.70	63.40	0.70
02:03p.m	1	63.00	70.80	0.60	64.00	0.60
02:04 p.m	1	64.00	71.40	0.60	64.60	0.60
02:05 p.m	1	65.00	72.20	0.80	65.40	0.80
02:06 p.m	1	66.00	72.80	0.60	66.00	0.60
					R:	0.65
					Kfs:	9.33E-03
					Kfs:	5.60

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.12. Prueba de Infiltración El Jícara

Lugar:	Reservorio El Jícara					
Coordenadas:	X:	550905	Y:	1310288		
Elevación (msnm):	5					
Hora de inicio:	09:00:00 a.m.		Hora de finalización:	10:11:00 a.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	15		Fecha:	13/3/2018		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
09:00:00 a.m.	0	0.00	5.70	0.00	0.00	0.00
09:01:00 a.m.	1	1.00	10.30	4.60	4.60	4.60
09:02:00 a.m.	1	2.00	12.50	2.20	6.80	2.20
09:03:00 a.m.	1	3.00	14.50	2.00	8.80	2.00
09:04:00 a.m.	1	4.00	17.20	2.70	11.50	2.70
09:05:00 a.m.	1	5.00	19.80	2.60	14.10	2.60
09:06:00 a.m.	1	6.00	22.20	2.40	16.50	2.40
09:07:00 a.m.	1	7.00	24.60	2.40	18.90	2.40
09:08:00 a.m.	1	8.00	26.80	2.20	21.10	2.20
09:09:00 a.m.	1	9.00	28.60	1.80	22.90	1.80
09:10:00 a.m.	1	10.00	31.40	2.80	25.70	2.80
09:11:00 a.m.	1	11.00	33.50	2.10	27.80	2.10
09:12:00 a.m.	1	12.00	34.40	0.90	28.70	0.90
09:13:00 a.m.	1	13.00	37.20	2.80	31.50	2.80
09:14:00 a.m.	1	14.00	38.60	1.40	32.90	1.40
09:15:00 a.m.	1	15.00	41.20	2.60	35.50	2.60
09:16:00 a.m.	1	16.00	43.20	2.00	37.50	2.00
09:17:00 a.m.	1	17.00	44.80	1.60	39.10	1.60
09:18:00 a.m.	1	18.00	47.20	2.40	41.50	2.40
09:19:00 a.m.	1	19.00	48.90	1.70	43.20	1.70
09:20:00 a.m.	1	20.00	50.90	2.00	45.20	2.00
09:21:00 a.m.	1	21.00	52.20	1.30	46.50	1.30
09:22:00 a.m.	1	22.00	54.80	2.60	49.10	2.60
09:23:00 a.m.	1	23.00	56.80	2.00	51.10	2.00
09:24:00 a.m.	1	24.00	57.80	1.00	52.10	1.00
09:25:00 a.m.	1	25.00	60.50	2.70	54.80	2.70
09:26:00 a.m.	1	26.00	62.40	1.90	56.70	1.90
09:27:00 a.m.	1	27.00	64.30	1.90	58.60	1.90
09:28:00 a.m.	1	28.00	66.40	2.10	60.70	2.10
09:29:00 a.m.	1	29.00	67.80	1.40	62.10	1.40
09:30:00 a.m.	1	30.00	69.60	1.80	63.90	1.80

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

09:31:00 a.m.	1	31.00	71.40	1.80	65.70	1.80
09:32:00 a.m.	1	32.00	73.30	1.90	67.60	1.90
09:33:00 a.m.	1	33.00	75.00	1.70	69.30	1.70
	0	33.00	8.90			
09:34:00 a.m.	1	34.00	10.00	1.10	32.60	1.10
09:35:00 a.m.	1	35.00	10.80	0.80	33.40	0.80
09:36:00 a.m.	1	36.00	11.40	0.60	34.00	0.60
09:37:00 a.m.	1	37.00	12.20	0.80	34.80	0.80
09:38:00 a.m.	1	38.00	12.40	0.20	35.00	0.20
09:39:00 a.m.	1	39.00	13.20	0.80	35.80	0.80
09:40:00 a.m.	1	40.00	13.50	0.30	36.10	0.30
09:41:00 a.m.	1	41.00	14.20	0.70	36.80	0.70
09:42:00 a.m.	1	42.00	14.50	0.30	37.10	0.30
09:43:00 a.m.	1	43.00	15.20	0.70	37.80	0.70
09:44:00 a.m.	1	44.00	15.90	0.70	38.50	0.70
09:45:00 a.m.	1	45.00	16.40	0.50	39.00	0.50
09:46:00 a.m.	1	46.00	16.90	0.50	39.50	0.50
09:47:00 a.m.	1	47.00	17.60	0.70	40.20	0.70
09:48:00 a.m.	1	48.00	18.20	0.60	40.80	0.60
09:49:00 a.m.	1	49.00	18.60	0.40	41.20	0.40
09:50:00 a.m.	1	50.00	19.20	0.60	41.80	0.60
09:51:00 a.m.	1	51.00	19.50	0.30	42.10	0.30
09:52:00 a.m.	1	52.00	20.40	0.90	43.00	0.90
09:53:00 a.m.	1	53.00	20.60	0.20	43.20	0.20
09:54:00 a.m.	1	54.00	21.50	0.90	44.10	0.90
09:55:00 a.m.	1	55.00	22.60	1.10	45.20	1.10
09:56:00 a.m.	1	56.00	23.20	0.60	45.80	0.60
09:57:00 a.m.	1	57.00	23.80	0.60	46.40	0.60
09:58:00 a.m.	1	58.00	24.40	0.60	47.00	0.60
09:59:00 a.m.	1	59.00	25.20	0.80	47.80	0.80
10:01:00 a.m.	1	60.00	25.80	0.60	48.40	0.60
10:02:00 a.m.	1	61.00	26.40	0.60	49.00	0.60
10:03:00 a.m.	1	62.00	26.80	0.40	49.40	0.40
10:04:00 a.m.	1	63.00	27.80	1.00	50.40	1.00
10:05:00 a.m.	1	64.00	28.40	0.60	51.00	0.60
10:06:00 a.m.	1	65.00	28.80	0.40	51.40	0.40
10:07:00 a.m.	1	66.00	29.80	1.00	52.40	1.00
10:08:00 a.m.	1	67.00	30.40	0.60	53.00	0.60
10:09:00 a.m.	1	68.00	31.20	0.80	53.80	0.80
10:10:00 a.m.	1	69.00	32.00	0.80	54.60	0.80
10:11:00 a.m.	1	70.00	32.80	0.80	55.40	0.80
					R:	0.69
					Kfs:	9.91E-03
					Kfs:	5.95

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.13. Prueba de Infiltración Trasvase

Lugar:	Trasvase					
Coordenadas:	X:	553896	Y:	1310735		
Elevación (msnm):	80					
Hora de inicio:	03:00 p.m		Hora de finalización:	04:07:00 p.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	10		Fecha:	22/4/2018		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
03:00:00 p.m.	0	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00
03:01:00 p.m.	1	1.00	11.50	6.00	6.00	6.00
03:02:00 p.m.	1	2.00	14.90	3.40	9.40	3.40
03:03:00 p.m.	1	3.00	19.80	4.90	14.30	4.90
03:04:00 p.m.	1	4.00	22.90	3.10	17.40	3.10
03:05:00 p.m.	1	5.00	25.90	3.00	20.40	3.00
03:06:00 p.m.	1	6.00	28.90	3.00	23.40	3.00
03:07:00 p.m.	1	7.00	32.90	4.00	27.40	4.00
03:08:00 p.m.	1	8.00	35.90	3.00	30.40	3.00
03:09:00 p.m.	1	9.00	38.90	3.00	33.40	3.00
03:10:00 p.m.	1	10.00	41.90	3.00	36.40	3.00
03:11:00 p.m.	1	11.00	44.90	3.00	39.40	3.00
03:12:00 p.m.	1	12.00	46.90	2.00	41.40	2.00
03:13:00 p.m.	1	13.00	49.90	3.00	44.40	3.00
03:14:00 p.m.	1	14.00	52.90	3.00	47.40	3.00
03:15:00 p.m.	1	15.00	55.90	3.00	50.40	3.00
03:16:00 p.m.	1	16.00	57.90	2.00	52.40	2.00
03:17:00 p.m.	1	17.00	60.90	3.00	55.40	3.00
03:18:00 p.m.	1	18.00	63.90	3.00	58.40	3.00
03:19:00 p.m.	1	19.00	66.90	3.00	61.40	3.00
03:20:00 p.m.	1	20.00	69.90	3.00	64.40	3.00
03:21:00 p.m.	1	21.00	71.90	2.00	66.40	2.00
03:22:00 p.m.	1	22.00	73.90	2.00	68.40	2.00
03:23:00 p.m.	1	23.00	75.90	2.00	70.40	2.00
	0	24.00	1.00			
03:24:00 p.m.	1	24.00	2.60	1.60	72.00	1.60
03:25:00 p.m.	1	25.00	4.80	2.20	74.20	2.20
03:26:00 p.m.	1	26.00	6.80	2.00	76.20	2.00
03:27:00 p.m.	1	27.00	7.80	1.00	77.20	1.00

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

03:28:00 p.m.	1	28.00	9.80	2.00	79.20	2.00
03:29:00 p.m.	1	29.00	11.80	2.00	81.20	2.00
03:30:00 p.m.	1	30.00	13.80	2.00	83.20	2.00
03:31:00 p.m.	1	31.00	14.80	1.00	84.20	1.00
03:32:00 p.m.	1	32.00	16.80	2.00	86.20	2.00
03:33:00 p.m.	1	33.00	18.80	2.00	88.20	2.00
03:34:00 p.m.	1	34.00	20.80	2.00	90.20	2.00
03:35:00 p.m.	1	35.00	21.80	1.00	91.20	1.00
03:36:00 p.m.	1	36.00	23.80	2.00	93.20	2.00
03:37:00 p.m.	1	37.00	24.80	1.00	94.20	1.00
03:38:00 p.m.	1	38.00	26.80	2.00	96.20	2.00
03:39:00 p.m.	1	39.00	28.80	2.00	98.20	2.00
03:40:00 p.m.	1	40.00	29.80	1.00	99.20	1.00
03:41:00 p.m.	1	41.00	31.80	2.00	101.20	2.00
03:42:00 p.m.	1	42.00	33.80	2.00	103.20	2.00
03:43:00 p.m.	1	43.00	35.80	2.00	105.20	2.00
03:44:00 p.m.	1	44.00	36.80	1.00	106.20	1.00
03:45:00 p.m.	1	45.00	38.80	2.00	108.20	2.00
03:46:00 p.m.	1	46.00	39.80	1.00	109.20	1.00
03:47:00 p.m.	1	47.00	41.80	2.00	111.20	2.00
03:48:00 p.m.	1	48.00	43.80	2.00	113.20	2.00
03:49:00 p.m.	1	49.00	45.80	2.00	115.20	2.00
03:50:00 p.m.	1	50.00	46.80	1.00	116.20	1.00
03:51:00 p.m.	1	51.00	48.90	2.10	118.30	2.10
03:52:00 p.m.	1	52.00	50.80	1.90	120.20	1.90
03:53:00 p.m.	1	53.00	51.80	1.00	121.20	1.00
03:54:00 p.m.	1	54.00	53.80	2.00	123.20	2.00
03:55:00 p.m.	1	55.00	55.80	2.00	125.20	2.00
03:56:00 p.m.	1	56.00	57.80	2.00	127.20	2.00
03:57:00 p.m.	1	57.00	58.80	1.00	128.20	1.00
03:58:00 p.m.	1	58.00	60.80	2.00	130.20	2.00
03:59:00 p.m.	1	59.00	62.80	2.00	132.20	2.00
04:00:00 p.m.	1	60.00	63.80	1.00	133.20	1.00
04:01:00 p.m.	1	61.00	65.80	2.00	135.20	2.00
04:02:00 p.m.	1	62.00	66.80	1.00	136.20	1.00
04:03:00 p.m.	1	63.00	68.80	2.00	138.20	2.00
04:04:00 p.m.	1	64.00	70.80	2.00	140.20	2.00
04:05:00 p.m.	1	65.00	72.80	2.00	142.20	2.00
04:06:00 p.m.	1	66.00	74.80	2.00	144.20	2.00
04:07:00 p.m.	1	67.00	75.80	1.00	145.20	1.00
					R:	1.63
					Kfs:	3.15E-02
					Kfs:	18.90

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.14. Prueba de Infiltración Poza Azul

Lugar:	Poza Azul					
Coordenadas:	X:	553064	Y:	131379		
Elevación (msnm):	73					
Hora de inicio:	09:00:00 a.m.		Hora de finalización:	09:58:00 a.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	10		Fecha:	14/3/2018		
Hor a	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
09:00:00 a.m.	0	0.00	8.0	0.00	0.00	0.00
09:01:00 a.m.	1	1.00	10.90	2.90	2.90	2.90
09:02:00 a.m.	1	2.00	13.60	2.70	5.60	2.70
09:03:00 a.m.	1	3.00	16.30	2.70	8.30	2.70
09:04:00 a.m.	1	4.00	18.50	2.20	10.50	2.20
09:05:00 a.m.	1	5.00	21.20	2.70	13.20	2.70
09:06:00 a.m.	1	6.00	24.20	3.00	16.20	3.00
09:07:00 a.m.	1	7.00	26.20	2.00	18.20	2.00
09:08:00 a.m.	1	8.00	28.30	2.10	20.30	2.10
09:09:00 a.m.	1	9.00	30.30	2.00	22.30	2.00
09:10:00 a.m.	1	10.00	32.60	2.30	24.60	2.30
09:11:00 a.m.	1	11.00	34.60	2.00	26.60	2.00
09:12:00 a.m.	1	12.00	36.40	1.80	28.40	1.80
09:13:00 a.m.	1	13.00	38.60	2.20	30.60	2.20
09:14:00 a.m.	1	14.00	40.60	2.00	32.60	2.00
09:15:00 a.m.	1	15.00	42.60	2.00	34.60	2.0
09:16:00 a.m.	1	16.00	44.50	1.90	36.50	1.90
09:17:00 a.m.	1	17.00	46.40	1.90	38.40	1.90
09:18:00 a.m.	1	18.00	48.60	2.20	40.60	2.20
09:19:00 a.m.	1	19.00	50.60	2.00	42.60	2.00
09:20:00 a.m.	1	20.00	52.60	2.00	44.60	2.00
09:21:00 a.m.	1	21.00	54.60	2.00	46.60	2.00
09:22:00 a.m.	1	22.00	56.60	2.00	48.60	2.00
09:23:00 a.m.	1	23.00	58.60	2.00	50.60	2.00
09:24:00 a.m.	1	24.00	60.40	1.80	52.40	1.80
09:25:00 a.m.	1	25.00	62.60	2.20	54.60	2.20
09:26:00 a.m.	1	26.00	64.40	1.80	56.40	1.80

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

09:27:00 a.m.	1	27.00	66.40	2.00	58.40	2.00
09:28:00 a.m.	1	28.00	68.40	2.00	60.40	2.00
09:29:00 a.m.	1	29.00	70.40	2.00	62.40	2.00
09:30:00 a.m.	1	30.00	72.40	2.00	64.40	2.00
	0	30.00	6.4			
09:31:00 a.m.	1	31.00	8.4	2.00	66.40	2.00
02:32:00 p.m.	1	32.00	10.40	2.00	68.40	2.00
09:33:00 a.m.	1	33.00	12.40	2.00	70.40	2.00
09:34:00 a.m.	1	34.00	14.40	2.00	72.40	2.00
09:35:00 a.m.	1	35.00	16.30	2.00	74.40	2.00
09:36:00 a.m.	1	36.00	18.50	1.90	76.30	1.90
09:37:00 a.m.	1	37.00	20.40	2.20	78.50	2.20
09:38:00 a.m.	1	38.00	22.40	1.90	80.40	1.90
09:39:00 a.m.	1	39.00	24.40	2.00	82.40	2.00
09:40:00 a.m.	1	40.00	26.40	2.00	84.40	2.00
09:41:00 a.m.	1	41.00	28.40	2.00	86.40	2.00
09:42:00 a.m.	1	42.00	30.30	2.00	88.40	2.00
09:43:00 a.m.	1	43.00	32.40	1.90	90.30	1.90
	0	43.00	37.30			
09:44:00 a.m.	1	44.00	38.80	1.50	91.80	1.50
09:45:00 a.m.	1	45.00	40.40	1.60	1.60	1.60
09:46:00 a.m.	1	46.00	42.40	2.00	93.80	2.00
09:47:00 a.m.	1	47.00	44.40	2.00	3.60	2.00
09:48:00 a.m.	1	48.00	46.60	2.20	96.00	2.20
09:49:00 a.m.	1	49.00	48.30	1.70	5.30	1.70
09:50:00 a.m.	1	50.00	50.30	2.00	98.00	2.00
09:51:00 a.m.	1	51.00	52.30	2.00	7.30	2.00
09:52:00 a.m.	1	52.00	54.30	2.00	100.00	2.00
09:53:00 a.m.	1	53.00	56.30	2.00	9.30	2.00
09:54:00 a.m.	1	54.00	58.30	2.00	102.00	2.00
09:55:00 a.m.	1	55.00	60.30	2.00	11.30	2.00
09:56:00 a.m.	1	56.00	62.30	2.00	104.00	2.00
09:57:00 a.m.	1	57.00	64.30	2.00	13.30	2.00
09:58:00 a.m.	1	58.00	66.30	2.00	106.00	2.00
					R:	1.93
					Kfs:	3.73E-02
					Kfs:	22.38

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.15. Prueba de Infiltración El Aceituno

Lugar:	El Aceituno					
Coordenadas:	X:	552482	Y:	1312303		
Elevación (msnm):	79					
Hora de inicio:	03:00:00 p.m.		Hora de finalización:	04:01:00 a.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	10		Fecha:	14/3/2018		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración
03:00:00 p.m.	0	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00
03:01:00 p.m.	1	1.00	19.60	11.60	11.60	11.60
03:02:00 p.m.	1	2.00	27.80	8.20	19.80	8.20
03:03:00 p.m.	1	3.00	34.30	6.50	26.30	6.50
03:04:00 p.m.	1	4.00	39.20	4.90	31.20	4.90
03:05:00 p.m.	1	5.00	48.80	9.60	40.80	9.60
03:06:00 p.m.	1	6.00	53.20	4.40	45.20	4.40
03:07:00 p.m.	1	7.00	57.80	4.60	49.80	4.60
03:08:00 p.m.	1	8.00	63.40	5.60	55.40	5.60
03:09:00 p.m.	1	9.00	67.40	4.00	59.40	4.00
03:10:00 p.m.	1	10.00	72.20	4.80	64.20	4.80
03:11:00 p.m.	1	11.00	76.50	4.30	68.50	4.30
	0	11.00	1.90			
03:12:00 p.m.	1	12.00	4.60	2.70	71.20	2.70
03:13:00 p.m.	1	13.00	8.40	3.80	75.00	3.80
03:14:00 p.m.	1	14.00	11.80	3.40	78.40	3.40
03:15:00 p.m.	1	15.00	14.40	2.60	81.00	2.60
03:16:00 p.m.	1	16.00	17.80	3.40	84.40	3.40
03:17:00 p.m.	1	17.00	22.40	4.60	89.00	4.60
03:18:00 p.m.	1	18.00	25.80	3.40	92.40	3.40
03:19:00 p.m.	1	19.00	28.80	3.00	95.40	3.00
03:20:00 p.m.	1	20.00	32.40	3.60	99.00	3.60
03:21:00 p.m.	1	21.00	35.80	3.40	102.40	3.40
03:22:00 p.m.	1	22.00	38.40	2.60	105.00	2.60
03:23:00 p.m.	1	23.00	42.20	3.80	108.80	3.80
03:24:00 p.m.	1	24.00	45.20	3.00	111.80	3.00
03:24:00 p.m.	1	25.00	47.80	2.60	114.40	2.60
03:25:00 p.m.	1	26.00	50.60	2.80	117.20	2.80

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

03:26:00 p.m.	1	27.00	52.80	2.20	119.40	2.20
03:27:00 p.m.	1	28.00	55.40	2.60	122.00	2.60
03:28:00 p.m.	1	29.00	58.60	3.20	125.20	3.20
03:29:00 p.m.	1	30.00	62.80	4.20	129.40	4.20
03:30:00 p.m.	1	31.00	65.70	2.90	132.30	2.90
03:31:00 p.m.	1	32.00	68.40	2.70	135.00	2.70
03:32:00 p.m.	1	33.00	71.40	3.00	138.00	3.00
03:33:00 p.m.	1	33.00	72.80	4.40	142.40	4.40
	0	33.00	2.00			
03:34:00 p.m.	1	34.00	4.80	2.80	145.20	2.80
03:35:00 p.m.	1	35.00	7.20	2.80	148.00	2.80
03:36:00 p.m.	1	36.00	10.20	2.40	150.40	2.40
03:37:00 p.m.	1	37.00	13.20	3.00	153.40	3.00
03:38:00 p.m.	1	38.00	15.20	3.00	156.40	3.00
03:39:00 p.m.	1	39.00	18.20	2.00	158.40	2.00
03:40:00 p.m.	1	40.00	21.20	3.00	161.40	3.00
03:41:00 p.m.	1	41.00	23.20	3.00	164.40	3.00
03:42:00 p.m.	1	42.00	25.20	2.00	166.40	2.00
03:43:00 p.m.	1	43.00	28.20	2.00	168.40	2.00
03:44:00 p.m.	1	44.00	31.20	3.00	171.40	3.00
03:45:00 p.m.	1	45.00	33.20	3.00	174.40	3.00
03:46:00 p.m.	1	46.00	36.20	2.00	176.40	2.00
03:47:00 p.m.	1	47.00	38.10	3.00	179.40	3.00
03:48:00 p.m.	1	48.00	41.30	1.90	181.30	1.90
03:49:00 p.m.	1	49.00	44.20	3.20	184.50	3.20
03:50:00 p.m.	1	50.00	46.20	2.90	187.40	2.90
03:51:00 p.m.	1	51.00	48.20	2.00	189.40	2.00
03:52:00 p.m.	1	52.00	51.20	2.00	191.40	2.00
03:53:00 p.m.	1	53.00	53.20	3.00	194.40	3.00
03:54:00 p.m.	1	54.00	54.20	2.00	196.40	2.00
03:55:00 p.m.	1	55.00	56.20	1.00	197.40	1.00
03:56:00 p.m.	1	56.00	58.20	2.00	199.40	2.00
03:57:00 p.m.	1	57.00	60.20	2.00	201.40	2.00
03:58:00 p.m.	1	58.00	62.20	2.00	203.40	2.00
03:59:00 p.m.	1	59.00	64.20	2.00	205.40	2.00
04:00:00 p.m.	1	60.00	66.20	2.00	207.40	2.00
04:01:00 p.m.	1	61.00	68.20	2.00	209.40	2.00
					R:	2.08
					Kfs:	4.02E-02
					Kfs:	24.12

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.16. Prueba de Infiltración El Achiote

Lugar:	El Achiote					
Coordenadas:	X:	550013	Y:	130953		
Elevación (msnm):	27					
Hora de inicio:	04:00 p.m.		Hora de finalización:	04:59:00 a.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	10		Fecha:	13/3/2018		
Hor a	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
04:00 p.m	0	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00
04:01 p.m	1	1.00	10.80	4.80	4.80	4.80
04:02 p.m	1	2.00	12.80	2.00	6.80	2.00
04:03 p.m	1	3.00	14.80	2.00	8.80	2.00
04:04 p.m	1	4.00	16.50	1.70	10.50	1.70
04:05 p.m	1	5.00	18.50	2.00	12.50	2.00
04:06 p.m	1	6.00	20.80	2.30	14.80	2.30
04:07 p.m	1	7.00	22.50	1.70	16.50	1.70
04:08 p.m	1	8.00	24.60	2.10	18.60	2.10
04:09 p.m	1	9.00	26.60	2.00	20.60	2.00
04:10 p.m	1	10.00	28.60	2.00	22.60	2.00
04:11 p.m	1	11.00	30.20	1.60	24.20	1.60
04:12 p.m	1	12.00	32.60	2.40	26.60	2.40
04:13 p.m	1	13.00	34.90	2.30	28.90	2.30
04:14 p.m	1	14.00	36.60	1.70	30.60	1.70
04:15 p.m	1	15.00	38.60	2.00	32.60	2.00
04:16 p.m	1	16.00	40.60	2.00	34.60	2.00
04:17 p.m	1	17.00	42.60	2.00	36.60	2.00
04:18 p.m	1	18.00	44.50	1.90	38.50	1.90
04:19 p.m	1	19.00	46.50	2.00	40.50	2.00
04:20 p.m	1	20.00	48.20	1.70	42.20	1.70
04:21 p.m	1	21.00	50.50	2.30	44.50	2.30
04:22 p.m	1	22.00	52.00	1.50	46.00	1.50
04:23 p.m	1	23.00	52.80	0.80	46.80	0.80
04:24 p.m	1	24.00	56.30	3.50	50.30	3.50
04:25 p.m	1	25.00	58.40	2.10	52.40	2.10

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

04:26 p.m	1	26.00	60.60	2.20	54.60	2.20
04:27 p.m	1	27.00	62.40	1.80	56.40	1.80
04:28 p.m	1	28.00	64.40	2.00	58.40	2.00
04:29 p.m	1	29.00	66.40	2.00	60.40	2.00
04:30 p.m	1	30.00	68.40	2.00	62.40	2.00
	0	30.00	1.30			
04:31 p.m	1	31.00	2.80	1.50	63.90	1.50
04:32 p.m	1	32.00	4.80	1.50	65.40	1.50
04:33 p.m	1	33.00	6.80	2.00	67.40	2.00
04:34 p.m	1	34.00	8.80	2.00	69.40	2.00
04:35 p.m	1	35.00	10.80	2.00	71.40	2.00
04:36 p.m	1	36.00	12.80	2.00	73.40	2.00
04:37 p.m	1	37.00	14.80	2.00	75.40	2.00
04:38 p.m	1	38.00	16.80	2.00	77.40	2.00
04:39 p.m	1	39.00	18.80	2.00	79.40	2.00
04:40 p.m	1	40.00	20.80	2.00	81.40	2.00
04:41 p.m	1	41.00	22.80	2.00	83.40	2.00
04:42 p.m	1	42.00	24.80	2.00	85.40	2.00
04:43 p.m	1	43.00	26.80	2.00	87.40	2.00
04:44 p.m	1	44.00	28.30	2.00	89.40	2.00
04:45 p.m	1	45.00	30.30	1.50	90.90	1.50
04:46 p.m	1	46.00	32.30	2.00	92.90	2.00
04:47 p.m	1	47.00	34.20	2.00	94.90	2.00
04:48 p.m	1	48.00	36.20	1.90	96.80	1.90
04:49 p.m	1	49.00	38.20	2.00	98.80	2.00
04:50 p.m	1	50.00	40.20	2.00	100.80	2.00
04:51 p.m	1	51.00	42.10	2.00	102.80	2.00
04:52 p.m	1	52.00	44.10	1.90	104.70	1.90
04:53 p.m	1	53.00	46.10	2.00	106.70	2.00
04:54 p.m	1	54.00	48.10	2.00	108.70	2.00
04:55 p.m	1	55.00	50.10	2.00	110.70	2.00
04:56 p.m	1	56.00	52.10	2.00	112.70	2.00
04:57 p.m	1	57.00	54.10	2.00	114.70	2.00
04:58 p.m	1	58.00	56.10	2.00	116.70	2.00
04:59 p.m	1	59.00	58.10	2.00	118.70	2.00
					R:	1.98
					Kfs:	3.83E-02
					Kfs:	22.98

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.16. Prueba de Infiltración Los Cajones

Lugar:	Los Cajones					
Coordenadas:	X:	549241	Y:	1309343		
Elevación (msnm):	15					
Hora de inicio:	01:00 p.m		Hora de finalización:	02:24:00 p.m.		
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	6.5		Profundidad del agujero de infiltración (cm):	30		
Carga (cm):	15		Fecha:	15/3/2018		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura h (cm)	Dh (cm)	DH acumulado (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
01:00 p.m	0	0.00	9.20	0.00	0.00	0.00
01:01 p.m	1	1.00	11.20	2.00	2.00	2.00
01:02 p.m	1	2.00	14.20	3.00	5.00	3.00
01:03 p.m	1	3.00	16.20	2.00	7.00	2.00
01:04 p.m	1	4.00	19.80	3.60	10.60	3.60
01:05 p.m	1	5.00	21.80	2.00	12.60	2.00
01:06 p.m	1	6.00	23.60	1.80	14.40	1.80
01:07 p.m	1	7.00	25.80	2.20	16.60	2.20
01:08 p.m	1	8.00	27.60	1.80	18.40	1.80
01:09 p.m	1	9.00	29.60	2.00	20.40	2.00
01:10 p.m	1	10.00	31.80	2.20	22.60	2.20
01:11 p.m	1	11.00	33.80	2.00	24.60	2.00
01:12 p.m	1	12.00	35.20	1.40	26.00	1.40
01:13 p.m	1	13.00	37.20	2.00	28.00	2.00
01:14 p.m	1	14.00	38.80	1.60	29.60	1.60
01:15 p.m	1	15.00	40.20	1.40	31.00	1.40
01:16 p.m	1	16.00	42.20	2.00	33.00	2.00
01:17 p.m	1	17.00	43.80	1.60	34.60	1.60
01:18 p.m	1	18.00	45.20	1.40	36.00	1.40
01:19 p.m	1	19.00	46.80	1.60	37.60	1.60
01:20 p.m	1	20.00	48.60	1.80	39.40	1.80
01:21 p.m	1	21.00	50.20	1.60	41.00	1.60
01:22 p.m	1	22.00	51.60	1.40	42.40	1.40
01:23 p.m	1	23.00	52.80	1.20	43.60	1.20

**Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la
Microcuenca Los Cajones**

01:24 p.m	1	24.00	54.20	1.40	45.00	1.40
01:25 p.m	1	25.00	55.80	1.60	46.60	1.60
01:26 p.m	1	26.00	57.20	1.40	48.00	1.40
01:27 p.m	1	27.00	58.60	1.40	49.40	1.40
01:28 p.m	1	28.00	59.80	1.20	50.60	1.20
01:29 p.m	1	29.00	61.40	1.60	52.20	1.60
01:30 p.m	1	30.00	62.80	1.40	53.60	1.40
01:31 p.m	1	31.00	64.20	1.40	55.00	1.40
01:32 p.m	1	32.00	65.40	1.20	56.20	1.20
01:33 p.m	1	33.00	66.80	1.40	57.60	1.40
01:34 p.m	1	34.00	68.40	1.60	59.20	1.60
01:35 p.m	1	35.00	69.60	1.20	60.40	1.20
01:36 p.m	1	36.00	70.80	1.20	61.60	1.20
01:37 p.m	1	37.00	72.20	1.40	63.00	1.40
01:38 p.m	1	38.00	73.60	1.40	64.40	1.40
01:39 p.m	1	39.00	74.80	1.20	65.60	1.20
01:40 p.m	1	40.00	75.80	1.00	66.60	1.00
	0	40.00	7.80			
01:41 p.m	1	41.00	9.40	1.60	68.20	1.60
01:42 p.m	1	42.00	10.40	1.60	69.80	1.60
01:43 p.m	1	43.00	11.80	1.00	70.80	1.00
01:44 p.m	1	44.00	13.40	1.40	72.20	1.40
01:45 p.m	1	45.00	14.80	1.60	73.80	1.60
01:46 p.m	1	46.00	16.20	1.40	75.20	1.40
01:47 p.m	1	47.00	17.60	1.40	76.60	1.40
01:48 p.m	1	48.00	18.80	1.40	78.00	1.40
01:49 p.m	1	49.00	20.20	1.20	79.20	1.20
01:50 p.m	1	50.00	21.80	1.40	80.60	1.40
01:51 p.m	1	51.00	22.80	1.60	82.20	1.60
01:52 p.m	1	52.00	23.80	1.00	83.20	1.00
01:53 p.m	1	53.00	25.40	1.00	84.20	1.00
01:54 p.m	1	54.00	26.80	1.60	85.80	1.60
01:55 p.m	1	55.00	28.20	1.40	87.20	1.40
01:56 p.m	1	56.00	29.40	1.40	88.60	1.40
01:57 p.m	1	57.00	31.20	1.20	89.80	1.20
01:58 p.m	1	58.00	32.40	1.80	91.60	1.80
01:59 p.m	1	59.00	33.60	1.20	92.80	1.20
02:00 p.m	1	60.00	34.80	1.20	94.00	1.20
02:01 p.m	1	61.00	36.20	1.20	95.20	1.20
02:02 p.m	1	62.00	37.60	1.40	96.60	1.40

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

02:03 p.m	1	63.00	38.80	1.40	98.00	1.40
02:04 p.m	1	64.00	39.80	1.20	99.20	1.20
02:05 p.m	1	65.00	41.40	1.00	100.20	1.00
02:06 p.m	1	66.00	42.60	1.60	101.80	1.60
02:07 p.m	1	67.00	43.80	1.20	103.00	1.20
02:08 p.m	1	68.00	45.20	1.20	104.20	1.20
02:09 p.m	1	69.00	46.40	1.40	105.60	1.40
02:10 p.m	1	70.00	47.80	1.20	106.80	1.20
02:11 p.m	1	71.00	48.80	1.40	108.20	1.40
02:12 p.m	1	72.00	49.80	1.00	109.20	1.00
02:13 p.m	1	73.00	51.60	1.00	110.20	1.00
02:14 p.m	1	74.00	52.60	1.80	112.00	1.80
02:15 p.m	1	75.00	53.80	1.00	113.00	1.00
02:16 p.m	1	76.00	54.80	1.20	114.20	1.20
02:17 p.m	1	77.00	56.80	1.00	115.20	1.00
02:18 p.m	1	78.00	57.80	2.00	117.20	2.00
02:19 p.m	1	79.00	58.80	1.00	118.20	1.00
02:20 p.m	1	80.00	60.40	1.00	119.20	1.00
02:21 p.m	1	81.00	61.60	1.60	120.80	1.60
02:22 p.m	1	82.00	62.60	1.20	122.00	1.20
02:23 p.m	1	83.00	63.80	1.00	123.00	1.00
02:24 p.m	1	84.00	65.20	1.20	124.20	1.20
					R:	1.24
					Kfs:	1.78E-02
					Kfs:	10.68

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.17. Balance Hídrico de Suelo, textura: Franco Arcilloso, Suelo: Alfisol

fc [mm/d]	137.04			
Kp [0.01%]	0.20			
Kv [0.01%]	0.21			
Kfc [0.01%]	0.57		(%)	(mm)
CI [0.01%]	0.98	CC	27.00	145.80
DS (g/cm3):	1.35	PM	13.00	70.20
PR (mm)	400	(CC-PM)	14.00	75.60
HSi (mm)	145.80			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11			
Lluvia retenida [0.01%]: Bosques=0.2, otros=0.12 0.12				

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total	%
P (mm)	0.0	0.0	0.0	18.8	191.8	199.9	100.3	157.7	366.9	368.3	53.7	0.5	1457.8	100.0
Ret [mm]	0.0	0.0	0.0	5.0	23.0	24.0	12.0	18.9	44.0	44.2	6.4	0.5	178.1	12.2
Pi (mm)	0.0	0.0	0.0	13.5	165.4	172.3	86.5	135.9	316.3	317.5	46.3	0.0	1253.6	86.0
ESC (mm)	0.0	0.0	0.0	0.3	3.4	3.6	1.8	2.8	6.6	6.6	1.0	0.0	26.1	1.8
ETP (mm)	141.1	145.6	177.7	183.4	166.9	148.9	162.0	145.5	149.0	132.3	131.7	135.8	1819.8	124.8
HSi (mm)	75.9	70.6	70.2	70.2	70.2	145.8	145.8	145.8	145.4	145.8	145.8	126.2	866.4	59.4
C1	0.1	0.0	0.0	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7		
C2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.9	1.0	1.0	0.0	0.0		
HD (mm)	5.7	0.4	0.0	13.5	165.4	247.9	162.1	211.5	391.5	393.1	121.9	56.0		
ETR (mm)	5.3	0.4	0.0	13.5	83.5	148.9	81.1	136.3	149.0	132.3	65.8	50.3		
HSf (mm)	70.6	70.2	70.2	70.2	145.8	145.8	145.8	145.4	145.8	145.8	126.2	75.9		
DCC (mm)	75.2	75.6	75.6	75.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	19.6	69.9		
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	6.29	23.37	5.39	0.00	166.88	185.20	0.00	0.00	387.13	26.6
NR (mm)	210.9	220.8	253.3	245.5	83.5	0.0	80.9	9.6	0.0	0.0	85.4	155.3	1345.2	

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.18. Balance Hídrico de Suelo, textura: Franco Arenoso, Suelo: Alfisol

fc [mm/d]	514.32			
Kp [0.01%]	0.15			
Kv [0.01%]	0.20			
Kfc [0.01%]	0.86	(%)	(mm)	
CI [0.01%]	1.00	CC	14.00	84.00
DS (g/cm3):	1.50	PM	6.00	36.00
PR (mm)	400	(CC-PM)	8.00	48.00
HSi (mm)	84.00			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11			
Lluvia retenida [0.01%] Bosques=0.2, otros=0.12	0.12			

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	%
P (mm)	0.0	0.0	0.0	18.8	191.8	199.9	100.3	157.7	366.9	368.3	53.7	0.5	1457.8	100.0
Ret [mm]	0.0	0.0	0.0	5.0	23.0	24.0	12.0	18.9	44.0	44.2	6.4	0.5	178.1	12.2
Pi (mm)	0.0	0.0	0.0	13.8	168.8	175.9	88.3	138.7	322.9	324.1	47.2	0.0	1279.7	87.8
ESC (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ETP (mm)	141.1	145.6	177.7	183.4	166.9	148.9	162.0	145.5	149.0	132.3	131.7	135.8	1819.8	124.8
HSi (mm)	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	65.4	842.2	57.8
C1	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6		
C2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.9	1.0	1.0	0.0	0.0		
HD (mm)	0.0	0.0	0.0	13.8	168.8	223.9	136.3	186.7	370.9	372.1	95.2	29.4		
ETR (mm)	0.0	0.0	0.0	13.8	86.7	148.9	81.0	135.2	149.0	132.3	65.8	29.4		
HSf (mm)	36.0	36.0	36.0	36.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	65.4	36.0		
DCC (mm)	48.0	48.0	48.0	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	48.0		
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	34.08	26.95	7.27	3.51	173.82	191.81	0.00	0.00	437.45	30.0
NR (mm)	189.1	193.6	225.7	217.6	80.2	0.0	81.0	10.3	0.0	0.0	84.4	154.4	1236.2	

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.19. Balance Hídrico de Suelo, textura: Franco Arcilloso, Suelo: Mollisol

fc [mm/d]	142.80			
Kp [0.01%]	0.20			
Kv [0.01%]	0.09			
Kfc [0.01%]	0.58	(%)	(mm)	
CI [0.01%]	0.87	CC	27.00	145.80
DS (g/cm3):	1.35	PM	13.00	70.20
PR (mm)	400	(CC-PM)	14.00	75.60
HSi (mm)	145.80			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11			
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12			

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	%
P (mm)	0.0	0.0	0.0	18.8	191.8	199.9	100.3	157.7	366.9	368.3	53.7	0.5	1457.8	100.0
Ret [mm]	0.0	0.0	0.0	5.0	23.0	24.0	12.0	18.9	44.0	44.2	6.4	0.5	178.1	12.2
Pi (mm)	0.0	0.0	0.0	12.0	146.8	153.0	76.8	120.7	280.8	281.9	41.1	0.0	1112.9	76.3
ESC (mm)	0.0	0.0	0.0	1.8	22.0	22.9	11.5	18.1	42.1	42.2	6.2	0.0	166.7	11.4
ETP (mm)	141.1	145.6	177.7	183.4	166.9	148.9	162.0	145.5	149.0	132.3	131.7	135.8	1819.8	124.8
HSi (mm)	75.4	70.5	70.2	70.2	70.2	133.5	145.7	141.4	144.7	145.8	145.8	121.1	832.7	57.1
C1	0.1	0.0	0.0	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7		
C2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.6	1.0	1.0	0.0	0.0		
HD (mm)	5.2	0.3	0.0	12.0	146.8	216.3	152.2	191.9	355.3	357.5	116.7	50.9		
ETR (mm)	4.8	0.3	0.0	12.0	83.5	140.8	81.0	117.4	149.0	132.3	65.8	45.7		
HSf (mm)	70.5	70.2	70.2	70.2	133.5	145.7	141.4	144.7	145.8	145.8	121.1	75.4		
DCC (mm)	75.3	75.6	75.6	75.6	12.3	0.1	4.4	1.1	0.0	0.0	24.7	70.4		
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.67	149.58	0.00	0.00	280.25	19.2
NR (mm)	211.5	220.8	253.3	247.0	95.7	8.2	85.3	29.2	0.0	0.0	90.6	160.5	1402.1	

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.20. Balance Hídrico de Suelo, textura: Franco Arenoso, Suelo: Mollisol

fc [mm/d]	403.92			
Kp [0.01%]	0.20			
Kv [0.01%]	0.09			
Kfc [0.01%]	0.82	(%)	(mm)	
CI [0.01%]	1.00	CC	14.00	84.00
DS (g/cm3):	1.50	PM	6.00	36.00
PR (mm)	400	(CC-PM)	8.00	48.00
HSi (mm)	84.00			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11			
Lluvia retenida [0.01%]: Bosques=0.2, otros=0.12 0.12				

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	%
P (mm)	0.0	0.0	0.0	18.8	191.8	199.9	100.3	157.7	366.9	368.3	53.7	0.5	1457.8	100.0
Ret [mm]	0.0	0.0	0.0	5.0	23.0	24.0	12.0	18.9	44.0	44.2	6.4	0.5	178.1	12.2
Pi (mm)	0.0	0.0	0.0	13.8	168.8	175.9	88.3	138.7	322.9	324.1	47.2	0.0	1279.7	87.8
ESC (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ETP (mm)	141.1	145.6	177.7	183.4	166.9	148.9	162.0	145.5	149.0	132.3	131.7	135.8	1819.8	124.8
HSi (mm)	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	65.4	842.2	57.8
C1	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6		
C2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.9	1.0	1.0	0.0	0.0		
HD (mm)	0.0	0.0	0.0	13.8	168.8	223.9	136.3	186.7	370.9	372.1	95.2	29.4		
ETR (mm)	0.0	0.0	0.0	13.8	86.7	148.9	81.0	135.2	149.0	132.3	65.8	29.4		
HSf (mm)	36.0	36.0	36.0	36.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	65.4	36.0		
DCC (mm)	48.0	48.0	48.0	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	48.0		
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	34.08	26.95	7.27	3.51	173.82	191.81	0.00	0.00	437.45	30.0
NR (mm)	189.1	193.6	225.7	217.6	80.2	0.0	81.0	10.3	0.0	0.0	84.4	154.4	1236.2	

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Tabla A.21. Composición Iónica

Parámetros	Unidades	Toma Guanacaste	Río Jesús- parte Media	Presa La Gallina	La Cerceta	El Lagarto	El Jícaro	Norma OMS	NTON 05-007-98, 2B
Sodio	mg.CaCO ₃	17.59	19.3	23.1	15.6	15.8	10.8	200	200
Potasio	mg.CaCO ₃	3.39	8.31	8.51	9.51	10.46	6.92	10	SR
Magnesio	mg.l ⁻¹	10.59	12.4	28.19	9.23	11.67	8.51	50	SR
Calcio	mg.l ⁻¹	31.74	45.69	68.14	66.53	46.49	30.46	SR	SR
Cloruros	mg.l ⁻¹	11.07	28.99	50.73	18.74	24.74	12.5	250	SR
Nitratos	mg.l ⁻¹	5.14	7.49	5.01	3.1	<0.50	<0.50	50	SR
Sulfatos	mg.l ⁻¹	22.13	33.78	91.48	119.84	53.07	41.68	250	SR
Carbonatos	mg.l ⁻¹	NA	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	SR	SR
Bicarbonatos	mg.l ⁻¹	146.54	158.65	200.15	115.94	156.21	102.51	SR	SR
Nitritos	mg.l ⁻¹	0.082	<0.003	0.016	0.263	0.003	<0.003	0.10 ó 3	SR
Hierro Total	mg.l ⁻¹	NA	1.9	11.9	0.16	0.16	<0.02	0.3	1
Fluoruros	mg.l ⁻¹	NA	0.86	0.7	0.5	0.67	0.47	0.7 - 1.5	SR
Amonio	mg.l ⁻¹	0.0684	0.032	0.103	0.054	0.014	0.032	0.5	SR
Balance Iónico de la Muestra	%	2.05	1.29	1.81	0.28	1.49	0.59	SR	SR

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.22. Resultado Físico Químico Toma Guanacaste

2013-AN-628

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
 Hospital Monte España 300 metros al lago. Teléfonos: (505) 2278 6981, 2278 6787, 2278 6982
 Telefax: (505) 2287-8168, Apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira-unan.edu.ni

Resultados Analíticos Físico Químicos

CLIENTE

QUEENCA CONSULTING GROUP, S.A.
 Residencial Lomas del Valle Casa N-25
 Managua, Managua
 Ing. Dannelte Robinson
 Tel: 22935539

MATRIZ DE LA MUESTRA



FUENTE: Río
 IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE: Toma Guanacaste
 LUGAR Y/O COMUNIDAD: San Rafael del Sur, Managua
 MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: 1319199 N, 689751 E
 COORDENADAS: 2013-04-23
 FECHA DE MUESTREO: 14 h 34
 HORA DE MUESTREO: 14 h 34

CÓDIGO DEL LABORATORIO: AN-628
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-23
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2013-04-23
FECHA DEL REPORTE: 2013-05-29

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS


En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra de agua natural codificada con el N° AN- 528 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.



ÁREA ANALÍTICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de su Director. Por su parte, el CIRA/UNAN se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del cliente.

Managua, a los veintinueve días del mes de mayo del año dos mil trece.



ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD
CIRA/UNAN

Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	mg/L ¹	Rango de Detección	Valor máximo admisible CAPRE ²
TEMPERATURA	213A.B	15.00	15.00	UNIT		0.00 a 999	8.00 UNIT
PH A 25.0 °C	4510-A.B ¹	9.21	9.21	Unidades de pH		6.10 a 14.00	8.5 - 8.5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25.0 °C	251A.B	400.00	400.00	µS/cm ¹		1.0 a 100 000.00	No hay referencia
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	1030.0 ¹	147.75	147.75	mg/L ¹			1000.00 mg/L ¹
CLORURO VERDADERO	2120.B ¹	16.8	16.8	mg/L ¹ P-Cl		5.0 - 70.0	15.00 mg/L ¹ P-Cl
CALCIO	3580-CA.B ¹	5.04	14.74	mg/L ¹	1.564		No hay referencia
MAGNESIO	3580-MG.B ¹	5.00	10.89	mg/L ¹	0.371		50.00 mg/L ¹
SODIO	Electrodo IS - Na ⁺	0.10	72.69	mg/L ¹	1.631		500.00 mg/L ¹
POTASIO	3580-K.B ¹	0.16	3.30	mg/L ¹	0.887		10.00 mg/L ¹
CLORURO	4110.B ¹	0.28	11.97	mg/L ¹	0.312		200.00 mg/L ¹
NITRATO	4110.B ¹	0.08	5.14	mg/L ¹	0.083		50.00 mg/L ¹
NITRITO	4110.B ¹	0.25	0.13	mg/L ¹	0.452		300.00 mg/L ¹
AMONIO	2320.B ¹	2.00	0.01	mg/L ¹			No hay referencia
PROTEÍNAS	2320.B ¹	0.75	100.51	mg/L ¹	2.860		No hay referencia
DUREZA TOTAL COMO CaCO ₃	2340.C ¹	0.13	175.70	mg/L ¹	2.488		No hay referencia
ALCALINIDAD TOTAL COMO CaCO ₃	2320.B ¹	0.52	110.66	mg/L ¹	2.860		No hay referencia
ALCALINIDAD A LA EQUIVALENTALIDAD	2320.B ¹	1.87	1.30	mg/L ¹			No hay referencia
ACIDEZ POTENCIAL	4590-AO.B ¹	0.003	5.602	mg/L ¹			0.10 a 2.00 mg/L ¹
NIQUELO	3580-NI.B ¹	0.02	1.01	mg/L ¹			0.20 mg/L ¹
CROMO	4110.B ¹	0.40	0.25	mg/L ¹			0.2 - 1.5 mg/L ¹
COBALTO	Anal de Inductores ¹	0.001	0.04	mg/L ¹			0.05 mg/L ¹

Clave:
 10: Límite de detección
 <nd: Valor por debajo del límite de detección
 <nd: Analizado, pero no detectado

Datos de campo:
 pH: 7.98 Unidades de pH
 Temperatura: 29.08 °C
 Conductividad eléctrica: 432 µS/cm¹
 Sólidos: 0.20%
 Potencial Redox: -10.6 mV
 Oxígeno Disuelto: 6.63 mg/L¹
 Saturación de Oxígeno: 88.2 %

Referencias:
¹ Procedimientos Operativos Normalizados para el Laboratorio de Aguas Naturales y Organofosforados de Agua, NTN 04 001-05


Lic. Karla Sami Sacca
 Especialista - Analista

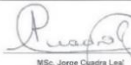

MSc. Jorge Cuadra Leal
 Jefe Lab. Contaminantes Orgánicos

Figura A.23. Resultado Plaguicidas Organofosforado Toma Guanacaste

2013-CO-135

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
 Hospital Monte España 300 metros al lago. Teléfonos: (505) 2278 6981, 2278 6787, 2278 6982
 Telefax: (505) 2287-8168, Apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira-unan.edu.ni

Resultados Analíticos de Plaguicidas Organofosforados

CLIENTE

QUEENCA CONSULTING GROUP, S. A.
 Residencial Lomas del Valle, Casa N-25
 Managua, Managua
 Ing. Dannelte Robinson
 Teléfono: 22935539

MATRIZ DE LA MUESTRA



FUENTE: Río
 IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE: Toma Guanacaste
 LUGAR Y/O COMUNIDAD: San Rafael del Sur, Managua
 MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: 1319199 N, 689751 E
 COORDENADAS: 2013-04-23
 FECHA DE MUESTREO: 14 h 34
 HORA DE MUESTREO: 14 h 34

CÓDIGO DEL LABORATORIO: CO-135
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-23
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2013-04-24
FECHA DEL REPORTE: 2013-05-29

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS


En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Contaminantes Orgánicos hace constar que la muestra de agua codificada con el N° CO-135 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Orgánicos".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Así mismo copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.



ÁREA ANALÍTICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de su Director. Por su parte, el CIRA/UNAN se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del cliente.

Managua, a los veintinueve días del mes de mayo del año dos mil trece.

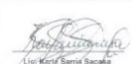

ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD
CIRA/UNAN

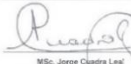
Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades
CO-RAL (COUMAFOS)	POR-CO-01 ¹	50.00	nd	ng/L ¹
DEF (THIOPHOS)	CIRA / UNAN	15.00	nd	ng/L ¹
DAZINON		15.00	nd	ng/L ¹
ETIL-PARATHION		15.00	nd	ng/L ¹
ETION		20.00	nd	ng/L ¹
FENTION		50.00	nd	ng/L ¹
FORATE		50.00	nd	ng/L ¹
GUTHION (AZINFOS METIL)		100.00	nd	ng/L ¹
MALATHION		25.00	nd	ng/L ¹
METIL-PARATHION		15.00	nd	ng/L ¹
MOCAP (PROFOS)		50.00	nd	ng/L ¹
TERBUTHOS		25.00	nd	ng/L ¹
ZOLONE (FOSALONE)		15.00	nd	ng/L ¹

Clave:
 10: Límite de detección
 <nd: Valor por debajo del límite de detección
 <nd: Analizado, pero no detectado

Datos de campo:
 pH: 7.98 Unidades de pH
 Temperatura: 29.08 °C
 Conductividad eléctrica: 432 µS/cm¹
 Sólidos: 0.20%
 Potencial Redox: -10.6 mV
 Oxígeno Disuelto: 6.63 mg/L¹
 Saturación de Oxígeno: 88.2 %

Referencias:
¹ Procedimientos Operativos Normalizados para el Laboratorio de Aguas Naturales y Organofosforados de Agua, NTN 04 001-05


Lic. Karla Sami Sacca
 Especialista - Analista


MSc. Jorge Cuadra Leal
 Jefe Lab. Contaminantes Orgánicos

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.24. Resultado Plaguicidas Organoclorados Toma Guanacaste

 Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua <small>Hospital Morle España 300 metros al lago. Teléfonos (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982 Telefax (505) 2267-6169. Apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira-unan.edu.ni</small>		 Resultados Analíticos de Plaguicidas Organoclorados																																																																	
CLIENTE <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Quenca Consulting Group, S. A Residencial Lomas del Valle, Casa N-25 Managua, Managua Ing. Dannelte Robinson Teléfono: 22935539 </div>		MATRIZ DE LA MUESTRA FUENTE: AGUA NATURAL IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE: Río LUGAR Y/O COMUNIDAD: Toma Guanacaste MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: San Rafael del Sur, Managua COORDENADAS: 13°01'58" N, 86°07'51" E FECHA DE MUESTREO: 2013-04-23 HORA DE MUESTREO: 14 h 34 CÓDIGO DEL LABORATORIO: CO-135 FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-23 FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2013-04-24 FECHA DEL REPORTE: 2013-05-29																																																																	
DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS																																																																			
<p>En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Contaminantes Orgánicos hace constar que la muestra de agua codificada con el N° CO-135 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Orgánicos".</p> <p>Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Así mismo copia de éstos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.</p>																																																																			
Parámetros <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Método</th> <th>Límite de Detección</th> <th>Resultados</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ALFA-HCH</td><td>PON-CO-81¹</td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>BETA-HCH</td><td>CIRA / UNAN</td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>DELTA-HCH</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>GAMMA-HCH (LINDANO)</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>pp-DDE</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>pp-DDD</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>pp-DDT</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>HEPTACLORO</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>HEPTACLORO-EPOXIDO</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>ALDRIN</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>DIELDRIN</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>ENDRIN</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>ENDOSULFAN I</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>ENDOSULFAN II</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> <tr><td>TOXAFENO</td><td></td><td>nd</td><td>ng l⁻¹</td></tr> </tbody> </table>		Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	ALFA-HCH	PON-CO-81 ¹	nd	ng l ⁻¹	BETA-HCH	CIRA / UNAN	nd	ng l ⁻¹	DELTA-HCH		nd	ng l ⁻¹	GAMMA-HCH (LINDANO)		nd	ng l ⁻¹	pp-DDE		nd	ng l ⁻¹	pp-DDD		nd	ng l ⁻¹	pp-DDT		nd	ng l ⁻¹	HEPTACLORO		nd	ng l ⁻¹	HEPTACLORO-EPOXIDO		nd	ng l ⁻¹	ALDRIN		nd	ng l ⁻¹	DIELDRIN		nd	ng l ⁻¹	ENDRIN		nd	ng l ⁻¹	ENDOSULFAN I		nd	ng l ⁻¹	ENDOSULFAN II		nd	ng l ⁻¹	TOXAFENO		nd	ng l ⁻¹	<div style="text-align: center;"> Lic. Arly Sario Sagala Especialista - Analista </div> <div style="text-align: center;"> MSc. Jorge Cuadra Leal Jefe Lab. Contaminantes Orgánicos </div>	
Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades																																																																
ALFA-HCH	PON-CO-81 ¹	nd	ng l ⁻¹																																																																
BETA-HCH	CIRA / UNAN	nd	ng l ⁻¹																																																																
DELTA-HCH		nd	ng l ⁻¹																																																																
GAMMA-HCH (LINDANO)		nd	ng l ⁻¹																																																																
pp-DDE		nd	ng l ⁻¹																																																																
pp-DDD		nd	ng l ⁻¹																																																																
pp-DDT		nd	ng l ⁻¹																																																																
HEPTACLORO		nd	ng l ⁻¹																																																																
HEPTACLORO-EPOXIDO		nd	ng l ⁻¹																																																																
ALDRIN		nd	ng l ⁻¹																																																																
DIELDRIN		nd	ng l ⁻¹																																																																
ENDRIN		nd	ng l ⁻¹																																																																
ENDOSULFAN I		nd	ng l ⁻¹																																																																
ENDOSULFAN II		nd	ng l ⁻¹																																																																
TOXAFENO		nd	ng l ⁻¹																																																																
Datos de campo: pH: 7,98 Unidades de pH Temperatura: 29,68 °C Conductividad eléctrica: 430 µS cm ⁻¹ Sólidos: 0,20% Potencial Redox: -12,6 mV Oxígeno Disuelto: 6,63 mg l ⁻¹ Saturación de Oxígeno: 98,2 %		DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS																																																																	
Referencias: ¹ Procedimiento Operativo Normalizado para Contaminantes Orgánicos y Organofosforados en Agua, MTC/07-03		<p>Los resultados emitidos en éste informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar el Centro bajo expresa y formal autorización de su Director. Por su parte, el CIRA/UNAN se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del cliente.</p> <p>Managua, a los veintinueve días del mes de mayo del año dos mil trece.</p> <div style="text-align: center;"> Lic. Arly Sario Sagala Especialista - Analista </div> <div style="text-align: center;"> MSc. Jorge Cuadra Leal Jefe Lab. Contaminantes Orgánicos </div>																																																																	

Figura A.25. Resultado Bacteriológico Toma Guanacaste

 Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua <small>Hospital Morle España 300 metros al lago. Teléfonos (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982 Telefax (505) 2267-6169. Apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira-unan.edu.ni</small>		 Resultados Analíticos de Microbiología																									
CLIENTE <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> QUENCA CONSULTING GROUP, S.A. Residencial Lomas del Valle Casa N-25 Managua, Managua Ing. Dannelte Robinson Teléfono No. 22935539 </div>		MATRIZ DE LA MUESTRA FUENTE: Agua Natural IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE: Río LUGAR Y/O COMUNIDAD: Toma Guanacaste MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: San Rafael del Sur, Managua ELEVACIÓN: 88 m COORDENADAS: 13°01'58" N, 86°07'51" E FECHA DE MUESTREO: 2013-04-23 HORA DE MUESTREO: 14 h 34 CÓDIGO DEL LABORATORIO: MB-0514 FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-23 FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2013-04-23 FECHA DEL REPORTE: 2013-05-02																									
DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS																											
<p>En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Microbiología hace constar que la muestra de agua natural codificada con el N° MB-0514 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología".</p> <p>Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Así mismo, copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.</p>																											
Parámetros <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Método</th> <th>Límite de Detección</th> <th>Resultados</th> <th>Unidades</th> <th>Valor Recomendado</th> <th>Valor Guía</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>COLOFORMES TOTALES</td> <td>8221 B¹</td> <td>< 1,8</td> <td>1.40E+02</td> <td>3MPN/100 ml</td> <td>No hay referencia</td> </tr> <tr> <td>COLOFORMES TERMOTOLERANTES</td> <td>8221 C¹</td> <td>< 1,8</td> <td>1.30E+02</td> <td>3MPN/100 ml</td> <td>No detectable en 100 ml</td> </tr> <tr> <td>Escherichia coli</td> <td>8221 F¹</td> <td>< 1,8</td> <td>1.30E+02</td> <td>3MPN/100 ml</td> <td>No detectable en 100 ml</td> </tr> </tbody> </table>		Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	Valor Recomendado	Valor Guía	COLOFORMES TOTALES	8221 B ¹	< 1,8	1.40E+02	3MPN/100 ml	No hay referencia	COLOFORMES TERMOTOLERANTES	8221 C ¹	< 1,8	1.30E+02	3MPN/100 ml	No detectable en 100 ml	Escherichia coli	8221 F ¹	< 1,8	1.30E+02	3MPN/100 ml	No detectable en 100 ml	<div style="text-align: center;"> Lic. Arly Sario Sagala Especialista - Analista </div> <div style="text-align: center;"> MSc. Jorge Cuadra Leal Jefe Lab. Microbiología </div>	
Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	Valor Recomendado	Valor Guía																						
COLOFORMES TOTALES	8221 B ¹	< 1,8	1.40E+02	3MPN/100 ml	No hay referencia																						
COLOFORMES TERMOTOLERANTES	8221 C ¹	< 1,8	1.30E+02	3MPN/100 ml	No detectable en 100 ml																						
Escherichia coli	8221 F ¹	< 1,8	1.30E+02	3MPN/100 ml	No detectable en 100 ml																						
Datos de campo: pH: 7,98 Unidades de pH Temperatura: 29,68 °C Conductividad eléctrica: 430 µS cm ⁻¹ Sólidos: 0,20% Potencial Redox: -12,6 mV Oxígeno Disuelto: 6,63 mg l ⁻¹ Saturación de Oxígeno: 98,2 %		DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS																									
Ensayos Acreditados ONA Organismo Nicaragüense de Acreditación Registro de Acreditación No. 001-2012 Rango de Acreditación: Microbiología de Alimentos y Alimentos de Origen Animal		<p>Los resultados emitidos en éste informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar el Centro bajo expresa y formal autorización de su Director. Por su parte, el CIRA/UNAN se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del cliente.</p> <p>Managua, a los dos días del mes de mayo del año dos mil trece.</p> <div style="text-align: center;"> Lic. Arly Sario Sagala Especialista - Analista </div> <div style="text-align: center;"> MSc. Jorge Cuadra Leal Jefe Lab. Microbiología </div>																									

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.26. Resultado Físico Químico La Cerceta

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
 Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfono: (505) 2278 6081, 2278 6707, 2278 6082
 Telefax: (505) 2267 8169, apartado postal 4568, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni

Resultados Analíticos Físico Químicos

CLIENTE
 QUENCA CONSULTING GROUP S.A.
 Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur,
 75 c. al Oeste, Casa B-174
 Managua, Managua
 Lic. Fabiola Lazo
 Tel. 2269 9532 / 8786 3708



MUESTRA DE LA MUESTRA
 FUENTE: IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
 USUARIO COMUNIDAD
 MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: COCHISELEMANE
 ELEVACIÓN: 75 msnm
 FECHA DE MUESTREO: 2017-10-30
 HORA DE MUESTREO: 11 h 30

CÓDIGO DEL LABORATORIO: AN-0693
FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-10-30
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2017-10-31
FECHA DEL REPORTE: 2017-10-30

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-0693 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.

ÁREA ANALÍTICA

ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD


Parámetros	Método	Límite y/o Rango de Detección	Resultados	Unidades	meq/l ¹	Valores máximos admisibles CAPRE ²
TURBIDEZ	2130.B ¹	0,00 a 100	4,10	UNT		5,00 UNT
pH A 25,0 °C	4300-04.H ¹	5,10 a 14,00	7,83	Unidades de pH		6,5 - 8,5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25,0 °C	2510.B ¹	1,0 a 100 000,00	588,00	µS/cm ²		Sin referencia
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	1030.E ¹		312,68	mg/l		1000,00 mg/l ²
COLOR VERDADERO	2120.B ¹	35,0 100,0	35,0	mg/l Pt-Co		15,0 mg/l Pt-Co
SODIO	Electrodo HI - Na ¹	0,18	15,50	mg/l	5,678	200,00 mg/l ²
POTASIO	1500-K ¹	0,18	8,81	mg/l	0,243	10,00 mg/l ²
MAGNESIO	3500-Mg.D ¹	0,28	8,23	mg/l	0,769	50,00 mg/l ²
CALCIO	3800-Ca.H ¹	0,08	66,53	mg/l	3,320	Sin referencia
CLORUROS	4300-CL ¹		16,74	mg/l	0,529	250,00 mg/l ²
NITRATOS	4500-NO ₃ .B ²	0,50	2,19	mg/l	0,095	50,00 mg/l ²
SULFATOS	4100-SO ₄ .B ²		119,34	mg/l	2,495	250,00 mg/l ²
CARBONATOS	2120.B ²	2,00	< 2,00	mg/l		Sin referencia
BICARBONATOS	2120.B ²	0,75	115,94	mg/l	1,900	Sin referencia
DUREZA TOTAL Como CaCO ₃	2340.C ¹	0,13	204,80	mg/l	4,900	Sin referencia
ALUMINUMO TOTAL Como CaCO ₃	2320.B ¹	0,02	10,00	mg/l	1,900	Sin referencia
ALUMINUMO A LA FUENTE VALSINA	2320.B ¹	0,07	< 1,87	mg/l		Sin referencia
SILICIO HI ACTIVADO DISUELTO	4000-SiO ₂ .C ¹	0,20	27,12	mg/l		Sin referencia
NITRITOS	4000-NO ₂ .B ²	0,003	0,263	mg/l		4,10 a 3,60 mg/l ² *
HIERRO TOTAL	3600-Fe.H ¹	0,02	0,16	mg/l		0,30 mg/l ²
FLUORURO	4510.F ¹	0,20	0,88	mg/l		0,7 - 1,6 mg/l ²
AMONIO	4500-NH ₄ .H ¹	0,0002	0,094	mg/l		0,5 mg/l ²
BALANCE KIRKCO DE LA MUESTRA	1030.E ¹		0,08	%		

Datos de campo proporcionados por el cliente:
 pH 7,23 Unidades de pH; Salinidad de Origen Unidat: 14,01 %
 Conductividad 530 µS/cm² Salinidad: 0,26 %
 Temperatura 26,28 °C; Humedad Relativa: 206,4 µV
 Origen Cloruro: 1,06 mg/l¹

* Si se toma el valor de 3,08 mg/l debe incrementarse el nitrato y nitrógeno por formar

Referencias:
 1 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. Washington: APHA.
 2 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. Washington: APHA.
 3 Norma ONEN 2005. 2005 Guías de Calidad Ambiental. Manual. Manual de Normas. ONEN. Tegucigalpa, Honduras.
 4 Comité Coordinador Regulador de la Calidad de Agua y Saneamiento. (2010). Guías de Calidad Ambiental. Documento CAPRE 11/008. Ministerio de Salud y Protección Social. Tegucigalpa, Honduras.

Figura A.27. Resultado Bacteriológico La Cerceta

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
 Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfono: (505) 2278 6081, 2278 6707, 2278 6082
 Telefax: (505) 2267 8169, apartado postal 4568, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni

Resultados Analíticos de Microbiología

CLIENTE
 QUENCA CONSULTING GROUP S.A.
 Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur,
 75 c. al Oeste, Casa B-174
 Managua, Managua
 Lic. Fabiola Lazo
 Tel. 2269 9532 / 8786 3708



MUESTRA DE LA MUESTRA
 FUENTE: IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
 USUARIO COMUNIDAD
 MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: COCHISELEMANE
 ELEVACIÓN: 75 msnm
 FECHA DE MUESTREO: 2017-10-30
 HORA DE MUESTREO: 11 h 30

CÓDIGO DEL LABORATORIO: MB-1317
FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-10-30
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2017-10-30
FECHA DEL REPORTE: 2017-10-30

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Microbiología hace constar que la muestra codificada como MB-1317 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.

ÁREA ANALÍTICA

ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD


Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	Valor Recomendado CAPRE ²	Valor Guía WHO ³
COLIFORMES TOTALES	9221.B ¹	< 1,8	1,80E+03	NMP/100 mL	Negativo	Sin Referencia
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	9221.E ¹	< 1,8	1,80E+03	NMP/100 mL	Negativo	No Detectable en 100 mL
Escherichia coli	9221.F ¹	< 1,8	1,80E+03	NMP/100 mL	Negativo	No Detectable en 100 mL

Clave:
 NMP/100 mL: Número más probable en cien milímetros de muestra analizada

Observación:
 Confirma la contaminación: Confirma la contaminación (contaminación ambiental)

Referencias:
 1 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. Washington: APHA.
 2 Comité Coordinador Regulador de la Calidad de Agua y Saneamiento. (2010). Guías de Calidad Ambiental. Documento CAPRE 11/008. Ministerio de Salud y Protección Social. Tegucigalpa, Honduras.
 3 World Health Organization (WHO). (2011). Guidelines for drinking-water quality, third edition. Geneva: WHO, Switzerland. W11.0.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.28. Resultado Físico Químico El Lagarto

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua <small>Hospital Monte España 300 m al norte, Telefonos: (505) 2278 6861, 2278 6767, 2278 6862 Telefonos: (505) 2207 8188, apartado postal 4558, correo: ventas.servicio@cira.unin.edu.ni</small>					
CLIENTE QUENCA CONSULTING GROUP, S.A. Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur, 1/2 c al Oeste, Casa B-174 Managua, Managua Lic. Fabiola Lazo Tel. 2298 5032 / 8786 3708		Resultados Analíticos Físico Químicos MATRIZ DE LA MUESTRA FUENTE IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE LUGAR Y/O COMUNIDAD MUNICIPIO, DEPARTAMENTO COORDENADAS ELEVACIÓN FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CÓDIGO DEL LABORATORIO FECHA DE RECEPCIÓN FECHA DE FIN DEL ANÁLISIS FECHA DEL REPORTE		AGUA NATURAL Reservoir Talla B Reservoir Talla B San Rafael del Sur, Managua 121184 N, 862216 E No Reportado 2017-10-10 11 H 00 AN-0692 2017-10-10 2017-10-11 2017-10-10	
DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-0692 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales". Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.					
ÁREA ANALÍTICA CIRA/UNAN					
Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.					
Managua, a los veintiséis días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.					

Parámetros	Método	Limite y/o Rango de Detección	Resultados	Unidades	mg/L ¹	Valores máximos admisibles CAPRE ⁴
TURBIDEZ	2130.B ¹	0.00 a 999	7.40	UNIT		5.00 UNIT
pH A 25.0 °C	4000.H.B ¹	0.16 a 14.00	8.28	Unidades de pH		6.5 - 8.5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25.0 °C	2510.R ¹	1.0 a 100 000.00	414.08	µS/cm ²		Sin referencia
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	1030.E ¹		266.44	mg/L ¹		1000.00 mg/L ¹
COLOR VIKHARDER	2130.B ¹	5.0 - 100.0	26.00	mg/L ¹ Pt-Co		15.0 mg/L ¹ Pt-Co
SODIO	4000.H.B ¹ Na ⁺		0.10	mg/L ¹	0.007	200.00 mg/L ¹
POTASIO	3500.Mg.B ¹		0.10	mg/L ¹	0.208	10.00 mg/L ¹
MAGNESIO	3500.Mg.B ¹		0.10	mg/L ¹	0.009	50.00 mg/L ¹
CALCIO	3500.Ca.B ¹		0.08	mg/L ¹	2.328	Sin referencia
CLORURO	4000.Cl.B ¹		24.74	mg/L ¹	0.008	250.00 mg/L ¹
NITRATO	4000.NO ₃ .B ¹	0.50	< 0.50	mg/L ¹		50.00 mg/L ¹
SULFATO	4000.SO ₄ .B ¹		55.07	mg/L ¹	1.105	250.00 mg/L ¹
CARBONATOS	2130.B ¹	2.00	< 2.00	mg/L ¹	2.500	Sin referencia
BICARBONATOS	2130.B ¹	9.75	155.21	mg/L ¹		Sin referencia
DUREZA TOTAL Como CaCO ₃	2340.C ¹	0.13	164.00	mg/L ¹	3.200	Sin referencia
ALCALINIDAD TOTAL Como CaCO ₃	2340.R ¹	0.02	138.00	mg/L ¹	2.000	Sin referencia
DUREZA A LA FENOLFTALEINA	2340.B ¹	1.07	< 1.07	mg/L ¹		Sin referencia
SILICIO REACTIVO DISSUELTO	4000.Si.B ¹	0.20	54.00	mg/L ¹		Sin referencia
NITRITO	4000.NO ₂ .B ¹	0.003	0.003	mg/L ¹		0.10 a 3.00 mg/L ¹ *
HECHIGO TOTAL	3500.Fe.B ¹	0.02	0.16	mg/L ¹		0.30 mg/L ¹
FLUORURO	4000.F ¹	0.20	0.07	mg/L ¹		0.7 - 1.5 mg/L ¹
AMONIO	4000.NH ₄ .F ¹	0.0003	0.014	mg/L ¹		0.5 mg/L ¹
BALANCE IONICO DE LA MUESTRA	1030.E ¹		1.69	%		

Datos de campo proporcionados por el cliente:
 pH 8.14 Unidades de pH¹ Dureza de Calcio Disueltos 71.4 %
 Conductividad 421 µS/cm² Calentador 0.2 %
 Temperatura 30.24 °C Potencial Redox 56.1 mV
 Oxígeno Disuelto 5.32 mg/L¹

* Si no tiene el valor de 3.00 mg/L¹ debe reducirse el nitrato y nitrito por fórmula

Referencias:
¹ American Public Health Association (APHA). (1975). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition. Washington: APHA.
² American Public Health Association (APHA). (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. Washington: APHA.
³ Technical Guide. CIRM. 2002. Standard Procedures for the Analysis of Water. UNAN. Managua, Nicaragua.
⁴ Comité Consultivo Regional de Instrumentos de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CCPRED) (2005). Normas de Calidad para Consumo Humano. Costa Rica.

Página 1 de 1

Figura A.29. Resultado Bacteriológico El Lagarto

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua <small>Hospital Monte España 300 m al norte, Telefonos: (505) 2278 6861, 2278 6767, 2278 6862 Telefonos: (505) 2207 8188, apartado postal 4558, correo: ventas.servicio@cira.unin.edu.ni</small>					
CLIENTE QUENCA CONSULTING GROUP, S.A. Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur, 1/2 c al Oeste, Casa B-174 Managua, Managua Lic. Fabiola Lazo Tel. 2298 5032 / 8786 3708		Resultados Analíticos de Microbiología MATRIZ DE LA MUESTRA FUENTE IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE LUGAR Y/O COMUNIDAD MUNICIPIO, DEPARTAMENTO COORDENADAS ELEVACIÓN FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CÓDIGO DEL LABORATORIO FECHA DE RECEPCIÓN FECHA DE FIN DEL ANÁLISIS FECHA DEL REPORTE		AGUA NATURAL Reservoir Talla B Reservoir Talla B San Rafael del Sur, Managua 121184 N, 862216 E No Reportado 2017-10-10 11 H 00 MB-1316 2017-10-10 2017-10-10 2017-10-10	
DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Microbiología hace constar que la muestra codificada como MB-1316 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología". Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.					
ÁREA ANALÍTICA CIRA/UNAN					
Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.					
Managua, a los diecinueve días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.					

Parámetros	Método	Limite de Detección	Resultados	Unidades	Valor Recomendado CAPRE ²	Valor Guía WHO ³
COLIFORMES TOTALES	9221.B ¹	< 1.8	2.30E+03	NMP/100 mL	Negativo	Sin Referencia
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	9221.E ¹	< 1.8	7.30E+02	NMP/100 mL	Negativo	No Detectable en 100 mL
Escherichia coli	9221.F ¹	< 1.8	7.30E+02	NMP/100 mL	Negativo	No Detectable en 100 mL

Observación:
 Coliformes termotolerantes: Coliformes fecales (denominación anterior)

Referencias:
¹ American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. Washington: APHA.
² Comité Consultivo Regional de Instrumentos de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CCPRED) (2005). Normas de Calidad para Consumo Humano Costa Rica.
³ World Health Organization (WHO). (2011). Guidelines for Drinking Water Quality. 4th edition. Geneva: WHO.

Página 1 de 1

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.30. Resultado Físico Químico El Jícaro

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua <small>Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfonos: (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982 Telefax: (505) 2267 8169, apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni</small>						2017-AN-0689
Resultados Analíticos Físico Químicos						
CLIENTE QUEENCA CONSULTING GROUP, S.A. Colonia Centroamericana, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur, 1/2 c al Oeste, Casa B-174 Managua, Managua Lic. Fabiola Lazo Tel. 2299 5632 / 8785 3708		MATERIAL DE LA MUESTRA FUENTE: IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE USUARIO Y/O COMUNIDAD: MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: COORDENADAS: ELEVACIÓN: FECHA DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO: CÓDIGO DEL LABORATORIO: FECHA DE RECEPCIÓN: FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: FECHA DEL REPORTE:		AGUA NATURAL Reservorio: Tabla C: Reservorio Natural: San Isidro del Sur, Managua 13 0278 N, 86087 E: 25 msnm: 2017-10-10: 09 h 50: AN-0689: 2017-10-10: 2017-10-11: 2017-10-20:		
Parámetros	Método	Límite y/o Rango de Detección	Resultados	Unidades	mg/L ¹	Valores máximos admisibles CAPRE ²
TURBIDEZ	2130 D ¹	0,80 a 999	5,40	UNIT		5,00 UNIT
pH A 25,0 °C	4290 H-B ¹	0,10 a 14,00	8,21	Unidades de pH		6,5 - 8,5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25,0 °C	2510 B ¹	1,0 a 100 000,00	278,00	µS/cm ³		500 µS/cm ³
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	1030 C ¹		171,28	mg/L ¹		500 mg/L ¹
COLOR VERDADERO	2120 B ¹	0,0 - 100,0	30,0	mg/L ¹ Pt-Co		150 mg/L ¹ Pt-Co
SODIO	Electrodo IS - Na ¹	0,10	10,80	mg/L ¹	0,478	200,00 mg/L ¹
POTASIO	3090 K-B ¹	0,10	0,02	mg/L ¹	0,177	50,00 mg/L ¹
MAGNESIO	3500 Mg-B ¹	0,10	0,51	mg/L ¹	0,760	50,00 mg/L ¹
CALCIO	3500 Ca-B ¹	0,10	30,45	mg/L ¹	1,520	50,00 mg/L ¹
CLORURO	4500 Cl-B ¹	0,50	12,90	mg/L ¹	0,353	250,00 mg/L ¹
NITRATO	4500 NO ₃ -B ¹	0,50	<0,05	mg/L ¹		50,00 mg/L ¹
SULFATO	4500 SO ₄ -B ¹	0,50	41,60	mg/L ¹	0,888	250,00 mg/L ¹
CARBOINATO	2320 D ²	2,30	<2,00	mg/L ¹		250,00 mg/L ¹
ACARBONATO	2320 H ²	0,75	102,51	mg/L ¹	1,680	50,00 mg/L ¹
DUREZA TOTAL COMO CaCO ₃	2340 C ¹	0,13	111,08	mg/L ¹	2,220	50,00 mg/L ¹
AL CALORIMETRO TOTAL COMO CaCO ₃	2320 B ²	0,62	84,91	mg/L ¹	1,680	50,00 mg/L ¹
AL CALORIMETRO A LA TEMPERATURA FINA	2320 B ²	0,62	16,59	mg/L ¹		50,00 mg/L ¹
SUJETO A REACTIVO DISMUTANTE	4500 SO ₄ -C ¹	0,50	<0,05	mg/L ¹		50,00 mg/L ¹
NITRITO	4500 NO ₂ -B ¹	0,003	<0,003	mg/L ¹		50,00 mg/L ¹
NIÓBIO TOTAL	3500 Fe-B ¹	0,02	<0,02	mg/L ¹		0,10 a 3,00 mg/L ¹
FLUORURO	4500 F-C ¹	0,10	0,47	mg/L ¹		0,7 - 1,5 mg/L ¹
AMONIO	4500 NH ₄ -F ¹	0,0003	0,032	mg/L ¹		0,5 mg/L ¹
ANÁLISIS COMPLETO DE LA MUESTRA	9598 E ¹		0,09	%		

Datos de campo proporcionados por el cliente:
 pH: 7,29 Unidades de pH¹ Saturación de Oxígeno: 20,5 %
 Conductividad: 202 µS/cm³ Salinidad: 0,14 ‰
 Temperatura: 29,56 °C¹ Potencial Redox: 15,9 mV
 Oligoneo Cloruro: 0,5 mg/L¹

* Si se toma el valor de 3,00 mg/L¹ debe relacionarse al análisis y valor por litro de agua.

 Ing. José Fernando Gálvez

 MSc. Fabiola Lazo
 Jefe del Laboratorio de Aguas Naturales

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las provisiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-0689 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.

ÁREA ANALÍTICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veintidós días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

Figura A.31. Resultado Bacteriológico El Jícaro

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua <small>Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfonos: (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982 Telefax: (505) 2267 8169, apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni</small>						2017-MB-1313
Resultados Analíticos de Microbiología						
CLIENTE QUEENCA CONSULTING GROUP, S.A. Colonia Centroamericana, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur, 1/2 c al Oeste, Casa B-174 Managua, Managua Lic. Fabiola Lazo Tel. 2299 5632 / 8785 3708		MATERIAL DE LA MUESTRA FUENTE: IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE USUARIO Y/O COMUNIDAD: MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: COORDENADAS: ELEVACIÓN: FECHA DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO: CÓDIGO DEL LABORATORIO: FECHA DE RECEPCIÓN: FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: FECHA DEL REPORTE:		AGUA NATURAL Reservorio: Tabla C: Reservorio Natural: San Isidro del Sur, Managua 13 0278 N, 86087 E: 25 msnm: 2017-10-10: 09 h 50: MB-1313: 2017-10-10: 2017-10-10: 2017-10-19:		
Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	Valor Recomendado CAPRE ²	Valor Guía WHO ³
COLORIMETROS TOTALES	9221 B ¹	< 1,8	4,90E+03	NMP/100 mL	Negativo	500 NMP/100 mL
COLORIMETROS TERMO-RESISTENTES	9221 E ¹	< 1,8	1,30E+02	NMP/100 mL	Negativo	No Detectable en 100 mL
Escherichia coli	9221 F ¹	< 1,8	1,30E+02	NMP/100 mL	Negativo	No Detectable en 100 mL

Datos de campo proporcionados por el cliente:
 pH: 7,29 Unidades de pH¹ Saturación de Oxígeno: 20,5 %
 Conductividad: 202 µS/cm³ Salinidad: 0,14 ‰
 Temperatura: 29,56 °C¹ Potencial Redox: 15,9 mV
 Oligoneo Cloruro: 0,5 mg/L¹

* Si se toma el valor de 3,00 mg/L¹ debe relacionarse al análisis y valor por litro de agua.

 Ing. José Fernando Gálvez

 MSc. Fabiola Lazo
 Jefe del Laboratorio de Aguas Naturales

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las provisiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Microbiología hace constar que la muestra codificada como MB-1313 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.

ÁREA ANALÍTICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los diecinueve días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.32. Resultado Plaguicidas Organofosforados, Organoclorados e Hidrocarburos El Jícaro



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					MP1710-0129
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN	TELÉFONO	
Quenca Consulting Group. S.A			Colonia Centroamérica, farmacia Xolotlán 1c. Al sur	2299-5012	
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	CELULAR
Roxana Martínez			Gerente de Proyectos	proyectos@quencaconsulting.com	8786-3708
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
11/10/2017	24/10/2017	25/10/2017	27/10/2017	2954	Tres (3)
Fecha y Hora de Muestreo			10/10/2017; 09:20 am		
Muestreado por			Daniel Martínez		
Supervisor de Muestreo en Campo			Roxana Martínez		
Fuente			Reservorio		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Tabla C		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA -1710-0819		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 2		Norma CAPRE*
EPA 507,508**	Plaguicida Organoclorados	mg/L	ND		NE
EPA 507,508**	Plaguicidas Organofosforados	mg/L	ND		NE
Method 2887 y EPA 628***	Hidrocarburos	mg/L	ND		NE

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

<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma. NR= No Reporta.

Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE.

**Cromatografía de Gases con Detector de Electrones y Detector Termiónico.

***Cromatógrafo Perkin Elmer acoplado a un MS (Espectrómetro de Masas), columna capilar Innoswax.

ND: Es decir que no se encontró Plaguicidas Organoclorado por encima del límite de detección (LD) del método. LD < 2*10⁻⁵

ND: Es decir que no se encontró Plaguicidas Organofosforado por encima del límite de detección (LD) del método. LD < 3*10⁻⁵

**ND: Es decir que no se encontró Hidrocarburos por encima del límite de detección (LD) del método. LD = 6.3*10⁻⁶ mg/L

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente



Ph.D. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006690

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.33. Resultado Metales Pesados El Jícaro

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
Hospital Monte España 300 metros al norte. Teléfonos (505) 2278 6961, 2278 6767, 2278 6982.
Teléfax (505) 2267 8169, apartado postal 4590, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni

CLIENTE

QUENCA CONSULTING GROUP, S.A
Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán
1 c al Sur y 1 c al Oeste Casa B - 174
Managua, Managua
Lic. Fabiola Lazo
Tel. 2299 6032; Cel. 87663708

Resultados Analíticos de Metales Pesados

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Natural
FUENTE: Reservorio
IDENTIFICACIÓN PROPORCIONAL POR EL CLIENTE: Tabla C
LUGAR Y/O COMUNIDAD: Reserva Natural
MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: San Rafael del Sur, Managua
COORDENADAS: 13 02 27 N; 86 08 07 E
ELEVACIÓN: 25 metros
FECHA DE MUESTREO: 2017-10-10
HORA DE MUESTREO: 09 h 50
TIPO DE MUESTREO: Puntual

CÓDIGO DEL LABORATORIO: CM-543
FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-10-10
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2017-10-17
FECHA DEL REPORTE: 2017-10-24

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Contaminantes Metálicos hace constar que la muestra codificada como CM-543 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Metálicos".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.

 **ÁREA ANALÍTICA**
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. ☐ Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinticuatro días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

 **ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD**

Parámetros **Método** **Límite de Detección** **Resultados** **Unidades** **Valores máximos admisibles OMS¹**

ARSENICO TOTAL	E. Rothery et al, 1984 ²	0,99	< 0,99	µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
CADMIO TOTAL	E. Rothery et al, 1988 ²	0,15	< 0,15	µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
COBRE TOTAL	E. Rothery et al, 1988 ²	1,24	3,21	µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
CROMO TOTAL	E. Rothery et al, 1988 ²	0,46	1,74	µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
MANGANESO TOTAL	E. Rothery et al, 1988 ²	1,16	76,98	µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
PLOMO TOTAL	E. Rothery et al, 1988 ²	0,84	< 0,84	µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹

Datos de Campo:
pH: 7,89 Unidades de pH
Temperatura: 25,08 °C
Conductividad: 202 µS.cm⁻¹
Potencial Redox: 15,8 mV
Salinidad: 0,14 ‰
Oxígeno Disuelto: 2,28 mg.l⁻¹
Saturación de Oxígeno: 30,5 %

Referencias:
¹ C. Rothery, 1984. Operation Manual VCA-76, VARIAN.
² C. Rothery, 1988. Operation Manual GTA-96, VARIAN.
³ Organización Mundial de la Salud, 2006. Guías para la calidad del agua potable. Primer Apéndice a la 3ª Ed. Volumen 1. Ginebra.

Página 1 de 1

Figura A.34. Resultado Físicos Químicos Río Jesús (Parte Media)

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
Hospital Monte España 300 m al norte. Teléfonos (505) 2278 6961, 2278 6767, 2278 6982.
Teléfax (505) 2267 8169, apartado postal 4590, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni

CLIENTE

QUENCA CONSULTING GROUP, S.A
Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur,
1/2 c al Oeste, Casa B-174
Managua, Managua
Lic. Fabiola Lazo
Tel. 2299 6032 / 8766 3708

Resultados Analíticos Físicos Químicos


MATRIZ DE LA MUESTRA: AGUA NATURAL
FUENTE: RSG
IDENTIFICACIÓN PROPORCIONAL POR EL CLIENTE: RSG Jesús - Parte Media
LUGAR Y/O COMUNIDAD: Los Cajones
MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: San Rafael del Sur, Managua
COORDENADAS: 13 02 27 N; 86 08 07 E
ELEVACIÓN: No Reportada
FECHA DE MUESTREO: 2017-10-10
HORA DE MUESTREO: 07 h 45

CÓDIGO DEL LABORATORIO: AN-0686
FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-10-10
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2017-10-11
FECHA DEL REPORTE: 2017-10-20

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS


En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-0686 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.

 **ÁREA ANALÍTICA**

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veintiséis días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

 **ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD**

Parámetros **Método** **Límite y/o Rango de Detección** **Resultados** **Unidades** **Valores máximos admisibles CAPRE¹**

TURBIDEZ	2130.B ¹	0,00 a 999	15,30	UNIT	5,00 UNIT
pH A 25,0 °C	4590-CL1 ¹	6,10 a 14,00	8,19	Unidades de pH	6,5 - 8,5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25,0 °C	2910.D ¹	1,0 a 100 000,00	429,00	µS.cm ⁻¹	Sin referencia
SÓLIDOS TOTALES DISUeltos	1020.E ¹		277,12	mg.l ⁻¹	1000,00 mg.l ⁻¹
COLOR VISIBLE/CM	2100.H ¹	5,0 - 100,0	1,50	mg.l ⁻¹ Pt-Co	15,0 mg.l ⁻¹ Pt-Co
SODIO	4590-CL1 ¹		6,19	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
POTASIO	3590-CL1 ¹		6,31	mg.l ⁻¹	10,00 mg.l ⁻¹
MAGNESIO	3500-Mg.D ¹		12,49	mg.l ⁻¹	50,00 mg.l ⁻¹
CALCIO	3500-Ca.D ¹		40,49	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
CLORURO	4590-CL1 ¹		29,99	mg.l ⁻¹	50,00 mg.l ⁻¹
NITRATO	4590-CL1 ¹		7,49	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
SULFATO	4590-CL1 ¹		33,79	mg.l ⁻¹	50,00 mg.l ⁻¹
CARBONATOS	2120.B ¹		< 2,00	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
BICARBONATOS	2120.B ¹		156,65	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
DUREZA TOTAL Como CaCO ₃	2340.C ¹		165,00	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
ALCALINIDAD TOTAL Como CaCO ₃	2340.D ¹		160,00	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA	2340.D ¹		< 1,67	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
SILICIO REACTIVO DISUELTO	4590-CL1 ¹		87,75	mg.l ⁻¹	200,00 mg.l ⁻¹
NITRITO	4590-CL1 ¹		< 0,003	mg.l ⁻¹	0,10 a 3,00 mg.l ⁻¹
NIQUELO TOTAL	3500-Ni.D ¹		1,90	mg.l ⁻¹	0,30 mg.l ⁻¹
FLUORURO	4590-CL1 ¹		6,86	mg.l ⁻¹	0,7 - 1,5 mg.l ⁻¹
AMONIO	4590-CL1 ¹		0,002	mg.l ⁻¹	0,5 mg.l ⁻¹
DIFERENCIAL DE LA MUESTRA	1030.C ¹		0,28	%	

Datos de campo proporcionados por el cliente:
pH: 7,81 Unidades de pH Salinidad: 0,13 ‰
Conductividad: 210 µS.cm⁻¹ Potencial Redox: -17,5 mV
Temperatura: 25,10 °C

Referencias:
¹ American Public Health Association (APHA), (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington, DC: APHA.
² American Public Health Association (APHA), (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition. Washington, DC: APHA.
³ WHO Guidelines (2006). Guidelines for Drinking Water Quality, Second Edition. Geneva: WHO.
⁴ Centro Científico Regional de Investigación de Agua Potable y Saneamiento de Centro América, Panamá y Honduras (CICAPSA), Normas de Calidad para Consumo Humano. Costa Rica.

Página 1 de 1

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.35. Resultado Bacteriológico Río Jesús (Parte Media)

2017-MB-1310

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
Hospital Monte España 300 m al norte. Teléfonos (505) 2278 6981, 2278 6982, 2278 6983
Telefax (505) 2267 8169, apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni

Resultados Analíticos de Microbiología

CLIENTE

QUENCA CONSULTING GROUP, S.A.
Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1c al Sur,
1/2 c. al Oeste Casa B-174
Managua, Managua
Lic. Fabiola Lazo
Tel. 2299 5032; 8786 3708

MATRIZ DE LA MUESTRA

FUENTE: IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

USUARIO Y COMUNIDAD: MUNICIPIO, DEPARTAMENTO

COORDENADAS: ELEVACIÓN

FECHA DE MUESTREO: 2017-10-16

HORA DE MUESTREO: 07 h 45

CÓDIGO DEL LABORATORIO: MB-1310

FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-10-16



FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2017-10-16

FECHA DEL REPORTE: 2017-10-16


DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Microbiología hace constar que la muestra codificada como MB 1310 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.



ÁREA ANALÍTICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.


ÁREA TÉCNICA ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD


Managua, a los diecinueve días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

Parámetros **Método** **Límite de Detección** **Resultados** **Unidades** **Valor Recomendado CAPRE²** **Valor Guía WHO³**

COLIFORMES TOTALES 9221 B¹ < 1.8 4.90E+03 NMPI 100 mL Negativo Sin Referencia

COLIFORMES TERMOTOLERANTES 9221 E¹ < 1.8 2.30E+02 NMPI 100 mL Negativo No Detectable en 100 mL

Escherichia coli 9221 F¹ < 1.8 2.30E+02 NMPI 100 mL Negativo No Detectable en 100 mL


MSc. Claudio Lazo
Jefe de Laboratorio de Microbiología

¹ American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ed. Washington: APHA.
² Comité Consultivo Regional de Instrucciones en Agua Potable y Sanitarios de Centro América, Panamá y República Dominicana (CAPS) (1998). Normas de Calidad para Consumo Humano (CCH) 1998.
³ World Health Organization (W.H.O.). 2011. Guidelines for Drinking Water Quality, fourth edition. Geneva 27, Switzerland: W.H.O.

Página 1 de 1

Figura A.36. Resultado Metales Pesados Río Jesús (Parte Media)

2017-CM-540

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
Hospital Monte España 300 metros al norte. Teléfonos (505) 2278 6981, 2278 6982, 2278 6983
Telefax (505) 2267 8169, apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni

Resultados Analíticos de Metales Pesados

CLIENTE

QUENCA CONSULTING GROUP, S.A.
Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 C al Sur 1/2 C al Oeste Casa B - 174
Managua, Managua
Lic. Fabiola Lazo
Tel. 22995032; Cel. 87863708

MATRIZ DE LA MUESTRA

FUENTE: IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

USUARIO Y COMUNIDAD: MUNICIPIO, DEPARTAMENTO

COORDENADAS: ELEVACIÓN

FECHA DE MUESTREO: 2017-10-16

HORA DE MUESTREO: 07 h 45

TIPO DE MUESTREO: Puntual

CÓDIGO DEL LABORATORIO: CM-540

FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-10-17

FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2017-10-17

FECHA DEL REPORTE: 2017-10-24

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Contaminantes Metálicos hace constar que la muestra codificada como CM-540 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Metálicos".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.



ÁREA ANALÍTICA
CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.


ÁREA TÉCNICA ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD

Managua, a los veinticuatro días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

Parámetros **Método** **Límite de Detección** **Resultados** **Unidades** **Valores máximos admisibles OMS³**

ARSENICO TOTAL E. Rothery et al, 1984¹ 0,89 1,17 µg/L¹ 10,00 µg/L¹

CADMIUM TOTAL E. Rothery et al, 1988² 0,15 <0,15 µg/L¹ 10,00 µg/L¹

COBRE TOTAL E. Rothery et al, 1988² 1,24 3,07 µg/L¹ 10,00 µg/L¹

CROMO TOTAL E. Rothery et al, 1988² 0,46 1,84 µg/L¹ 10,00 µg/L¹

MANGANESO TOTAL E. Rothery et al, 1988² 1,16 71,47 µg/L¹ 10,00 µg/L¹

PLOMO TOTAL E. Rothery et al, 1988² 0,84 <0,84 µg/L¹ 10,00 µg/L¹


Lic. Denis Fierres Ramirez
MSc. Madalina Alaminos Espinoza
Jefe Lab. Contaminantes Metálicos

Datos de Campo:
pH: 7,81 Unidades de pH
Temperatura: 25,10 °C
Conductividad: 210 µS/cm¹
Potencial Redox: -125 mV
Salinidad: 0,10 ‰

Referencias:
¹ E. Rothery, 1984. Operation Manual VSA-76, VARIAN.
² E. Rothery, 1988. Operation Manual CTA-86, VARIAN.
³ Organización Mundial de la Salud, 2006. Guías para la calidad del agua potable. Anexo Apendice a la 3ª Ed. Volumen 1. Ginebra.

Página 1 de 1

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.37. Resultado Plaguicidas Organofosforados, Organoclorados e Hidrocarburos Río Jesús (Parte Media)



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					MP1710-0129
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELÉFONO
Quenca Consulting Group. S.A			Colonia Centroamerica ,farmacia Xolotlan 1c. Al sur		2299-5012
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	CELULAR
Roxana Martínez			Gerente de Proyectos	proyectos@quencaconsulting.com	8786-3708
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
11/10/2017	24/10/2017	25/10/2017	27/10/2017	2954	Tres (3)
Fecha y Hora de Muestreo			10/10/2017; 07:45 am		
Muestreado por			José Acosta Green		
Supervisor de Muestreo en Campo			Roxana Martínez		
Fuente			Río Jesús		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Parte media		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1710-0818		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1		Norma CAPRE*
EPA 507,508**	Plaguicida Organoclorados'	mg/L	ND		NE
EPA 507,508**	Plaguicidas Organofosforados"	mg/L	ND		NE
Method 2887 y EPA 628***	Hidrocarburos"	mg/L	ND		NE

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

<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma. NR= No Reporta. Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE.

**Cromatografía de Gases con Detector de Electrones y Detector Termiónico.

***Cromatógrafo Perkin Elmer acoplado a un MS (Espectrómetro de Masas), columna capilar Innovaex.

ND: Es decir que no se encontró Plaguicidas Organoclorado por encima del límite de detección (LD) del método. LD < 2*10⁻⁶

ND*: Es decir que no se encontró Plaguicidas Organofosforado por encima del límite de detección (LD) del método. LD < 3*10⁻⁶

**ND: Es decir que no se encontró Hidrocarburos por encima del límite de detección (LD) del método. LD = 6.3*10⁻⁵ mg/L

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confiabilidad e imparcialidad del informe.

0006689

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.38. Resultado Físicos Químicos Presa La Gallina

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
 Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfono: (505) 2278 6981, 2278 0767, 2278 6982
 Telefax (505) 2278 8100, apartado postal 4508, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni

Resultados Analíticos Físico Químicos

CLIENTE

QUENCA CONSULTING GROUP, S.A.
 Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur,
 1/2 c. al Oeste, Casa B-174
 Managua, Managua
 Lic. Fabiola Lazo
 Tel. 2299 5032 / 8786 3708

MATRI DE LA MUESTRA

FUENTE
 IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

LUGAR Y/O COMUNIDAD
 MUNICIPIO, DEPARTAMENTO

COORDENADAS
 ELEVACIÓN

FECHA DE MUESTREO
 HORA DE MUESTREO

CÓDIGO DEL LABORATORIO
FECHA DE RECEPCIÓN
FECHA DE RESULTADOS
FECHA DEL REPORTE


AGUA NATURAL
 Río
 Presa Montebarr
 Ingenio Montebarr
 San Rafael del Sur, Managua
 1308065 N, 854931 E
 43 metros
 2017-10-10
 08 h 40

AN-0687
 2017-10-10
 2017-10-11
 2017-10-26

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS


En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN 0687 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.


ÁREA ANALÍTICA
ÁREA TÉCNICA CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veintiséis días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.


ÁREA TÉCNICA ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD

Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	meq/L ¹	Valores mínimos admisibles CAPRE ²
TURBIDEZ	2130.B ¹	0.00 a 999	245.08	UNIT		5.00 UNIT
pH A 25.0 °C	4509.H.10 ¹	0.10 a 14.00	8.18	Unidades de pH		6.5 - 8.5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25.0 °C	2519.B ¹	1.0 a 100 000.00	660.00	µS/cm ²		Sin referencia
SÓLIDOS TOTALES DISUUELTOS	1631.E.1		489.53	mg/L		1000.00 mg/L ¹
SÓLIDOS VOLUMÉTRICO	2130.B ¹	5.0 - 100.0	5.0	mg/L ¹ P.P.		15.0 mg/L ¹ P.P.
COO	Electrodo IS - Na ⁺		33.10	mg/L	1.005	200.00 mg/L ¹
POTASIO	3004.B.1 ¹		8.51	mg/L	5.218	10.00 mg/L ¹
MAGNESIO	3009.Mg.1 ¹		28.19	mg/L	2.320	50.00 mg/L ¹
CAO	3509.Ca.1 ¹		68.14	mg/L	3.400	Sin referencia
CLORURO	4500.Cl.1 ¹		59.73	mg/L	1.431	250.00 mg/L ¹
NITRATO	4500-NO ₃ .1 ¹	0.50	5.01	mg/L	0.001	50.00 mg/L ¹
SULFATO	4500-SO ₄ .1 ¹		91.46	mg/L	1.905	250.00 mg/L ¹
CANCIÓRICO	2130.B ¹	2.00	< 2.00	mg/L		Sin referencia
BIOMINERALIZADO	2130.B ¹	0.75	200.16	mg/L	3.200	Sin referencia
BURETA TOTAL Como CaCO ₃	2346.C ¹	0.13	200.00	mg/L	5.720	Sin referencia
ALCALINIDAD TOTAL Como CaCO ₃	2346.C ¹	0.13	164.00	mg/L	3.200	Sin referencia
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA	2346.C ¹	1.87	< 1.87	mg/L		Sin referencia
SÓLIDOS REACTIVOS DISUUELTOS	4500-NO ₃ .C ¹	0.20	71.93	mg/L		Sin referencia
NITRITO	4500-NO ₂ .1 ¹	8.00	0.916	mg/L		0.10 a 3.00 mg/L ¹
NIOSIO TOTAL	3009.Fe.1 ¹	0.01	11.80	mg/L		0.20 mg/L ¹
FLUORURO	4500.F ¹	0.20	0.70	mg/L		0.7 - 1.5 mg/L ¹
AMONIO	4500-NH ₄ .1 ¹	0.0003	0.103	mg/L		0.5 mg/L ¹
BALANCE IÓNICO DE LA MUESTRA	1036.E ¹		1.81	%		

Datos de campo proporcionados por el cliente:
 pH 7.75 Unidades de pH Saturación de O₂ (Unidad): 27.9 %
 Conductividad 167 µS/cm² Satisfacción: 0.37 %
 Temperatura: 26.04 °C Potencial Redox: 67.3 mV
 Oligopéptido: 2.20 mg/L¹

1 Si se toma el valor de 3.00 mg/L debe elevarse el nitro y nitró por fórmula

Referencias:
 1 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 2 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 3 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 4 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 5 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 6 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 7 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 8 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 9 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 10 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.

Página 1 de 1

Figura A.39. Resultado Bacteriológico Presa La Gallina

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
 Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfono: (505) 2278 6981, 2278 0767, 2278 6982
 Telefax (505) 2278 8100, apartado postal 4508, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni

Resultados Analíticos de Microbiología

CLIENTE

QUENCA CONSULTING GROUP, S.A.
 Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 c al Sur,
 1/2 c. al Oeste, Casa B-174
 Managua, Managua
 Lic. Fabiola Lazo
 Tel. 2299 5032 / 8786 3708

MATRI DE LA MUESTRA

FUENTE
 IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

LUGAR Y/O COMUNIDAD
 MUNICIPIO, DEPARTAMENTO

COORDENADAS
 ELEVACIÓN

FECHA DE MUESTREO
 HORA DE MUESTREO

CÓDIGO DEL LABORATORIO
FECHA DE RECEPCIÓN
FECHA DE RESULTADOS
FECHA DEL REPORTE


AGUA NATURAL
 Río
 Presa Montebarr
 Ingenio Montebarr
 San Rafael del Sur, Managua
 1308065 N, 854931 E
 43 metros
 2017-10-10
 08 h 40

MB-1311
 2017-10-10
 2017-10-10
 2017-10-10

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS


En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Microbiología hace constar que la muestra codificada como MB-1311 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.


ÁREA ANALÍTICA
ÁREA TÉCNICA CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los diecinueve días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.


ÁREA TÉCNICA ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD

Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	Valor Recomendado CAPRE ²	Valor Guía WHO ³
COLIFORMES TOTALES	5221.B ¹	< 1.0	7.50E+04	NMP/100 mL	Negativo	Sin Referencia
COLIFORMES TERMO-RESISTENTES	5221.E ¹	< 1.0	4.90E+03	NMP/100 mL	Negativo	No Detectable en 100 mL
Escherichia coli	5221.F ¹	< 1.0	4.90E+03	NMP/100 mL	Negativo	No Detectable en 100 mL

Observación:
 Coliformes termotolerantes. Coliformes fecales (denominación: atípica)

Referencias:
 1 American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: APHA.
 2 Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana (CAITD). (1995). Normas de Calidad para Consumo Humano. Costa Rica.
 3 World Health Organization (WHO). (2011). Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO.

Página 1 de 1

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.40. Resultado Metales Pesados Presa La Gallina

 Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua <small>Hospital Monte España 300 metros al norte. Telefonos (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982. Telefax (505) 2267 8166, apartado postal 43996, correo: ventas.servicios@cira.unan.edu.ni</small>		2017-CM-541			
CLIENTE QUENCA CONSULTING GROUP, S.A Colonia Centroamérica, de la Farmacia Xolotlán 1 C al Sur 1/2 C al Oeste Casa B - 174 Managua, Managua Lic. Fabiola Lazo Tel. 22995032; Cel. 87863708		Resultados Analíticos de Metales Pesados MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Natural FUENTE: Río IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE: Presa Montelmar UBICACIÓN Y COMUNIDAD: Ingenio Montelmar MUNICIPIO, DEPARTAMENTO: San Rafael del Sur, Managua COORDENADAS: 1308665 N, 854931 E ALTITUD: 43 msnm FECHA DE MUESTREO: 2017-10-10 HORA DE MUESTREO: 08 h 40 TIPO DE MUESTREO: Puntal CÓDIGO DEL LABORATORIO: CM-541 FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-10-10 FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 2017-10-17 FECHA DEL REPORTE: 2017-10-25			
Parámetros	Método	Limite de Detección	Resultados	Unidades	Valores máximos admisibles OMS ³
ARSENICO TOTAL	E. Roebury et al, 1994 ¹	0,99	1,89	µg/l ¹	10,00 µg/l ²
CAUDMO TOTAL	E. Roebury et al, 1999 ²	0,15	<0,15	µg/l ¹	10,00 µg/l ²
COBRE TOTAL	E. Roebury et al, 1999 ²	1,24	16,73	µg/l ¹	10,00 µg/l ²
CROMO TOTAL	E. Roebury et al, 1999 ²	0,46	1,14	µg/l ¹	10,00 µg/l ²
MANGANESO TOTAL	E. Roebury et al, 1999 ²	1,16	749,33	µg/l ¹	10,00 µg/l ²
PLOMO TOTAL	E. Roebury et al, 1999 ²	0,84	<0,84	µg/l ¹	10,00 µg/l ²

Datos de Campo:
 pH: 7,75 Unidades de pH
 Temperatura: 28,04 °C
 Conductividad: 667 µS/cm⁴
 Potencial Redox: 67,3 mV
 Salinidad: 0,22 ‰
 Oxígeno Disuelto: 2,26 mg/l⁴
 Saturación de Oxígeno: 27,8 %


 Lic. Dora Herrera-Romero

Referencias:
¹E. Roebury, 1994. Operation Manual VGM-76, VARIAN.
²E. Roebury, 1999. Operation Manual GFA 96, VARIAN.
³Organización Mundial de la Salud, 2000. Guías para la calidad del agua potable. Primer Apéndice a la 2ª Ed. Volumen I. Ginebra.

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Contaminantes Metálicos hace constar que la muestra codificada como CM-541 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Metálicos".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.




ÁREA ANALÍTICA
MANAUA

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinticinco días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.



ÁREA TÉCNICA ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD
MANAUA

Diagnóstico del Potencial Hidrológico para Aprovechamiento y Manejo Sostenible en la Microcuenca Los Cajones

Figura A.41. Resultado Plaguicidas Organofosforados, Organoclorados e Hidrocarburos Presa La Gallina



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					MP1710-0129
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELÉFONO
Quenca Consulting Group. S.A			Colonia Centroamerica ,farmacia Xolotlan 1c. Al sur		2299-5012
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	CELULAR
Roxana Martínez			Gerente de Proyectos	proyectos@quencaconsulting.com	8786-3708
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
11/10/2017	24/10/2017	25/10/2017	27/10/2017	2954	Tres (3)
Fecha y Hora de Muestreo			10/10/2017; 08:20 am		
Muestreado por			Daniel Martínez		
Supervisor de Muestreo en Campo			Roxana Martínez		
Fuente			Rio Jesús		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Parte baja		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA -1710-0820		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 3		Norma CAPRE*
EPA 507,508**	Plaguicida Organoclorados'	mg/L	ND		NE
EPA 507,508**	Plaguicidas Organofosforados"	mg/L	ND		NE
Method 2887 y EPA 628***	Hidrocarburos"	mg/L	ND		NE

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

<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta.

Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE.

**Cromatografía de Gases con Detector de Electrones y Detector Termiónico.

***Cromatógrafo Perkin Elmer acoplado a un MS (Espectrómetro de Masas), columna capilar Innoswax.

ND': Es decir que no se encontró Plaguicidas Organoclorado por encima del límite de detección (LD) del método. LD < 2*10⁻⁶

ND": Es decir que no se encontró Plaguicidas Organofosforado por encima del límite de detección (LD) del método. LD < 3*10⁻⁶

***ND: Es decir que no se encontró Hidrocarburos por encima del límite de detección (LD) del método. LD = 6.3*10⁻⁶ mg/L

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente



PhD. Leandro Barro Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006691

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni