

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE GEOLOGÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



INFORME FINAL DE TESIS:  
“ANÁLISIS HIDROGEOQUÍMICO DE LAS LAGUNAS DEL CERRO  
TORTUGAS, EN EL ÁREA ARQUEOLÓGICA SALINAS DE LOS  
NUEVE CERROS, COBÁN, A. V.”

MÓNICA CAROLINA ORDÓÑEZ LEMUS

COBÁN, ALTA VERAPAZ, NOVIEMBRE DE 2 015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE GEOLOGÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

INFORME FINAL DE TESIS:  
“ANÁLISIS HIDROGEOQUÍMICO DE LAS LAGUNAS DEL CERRO  
TORTUGAS, EN EL ÁREA ARQUEOLÓGICA SALINAS DE LOS  
NUEVE CERROS, COBÁN, A. V.”

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR  
MÓNICA CAROLINA ORDÓÑEZ LEMUS  
No. CARNÉ: 200740118

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO

COBÁN, ALTA VERAPAZ, NOVIEMBRE DE 2 015

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

### **RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

### **CONSEJO DIRECTIVO**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| PRESIDENTE:                   | Lic. Zoot. M.A. Fredy Giovani Macz Choc                      |
| SECRETARIO:                   | Licda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj                           |
| REPRESENTANTE DOCENTE:        | Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey                     |
| REPRESENTANTE EGRESADOS:      | Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales                       |
| REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: | Br. Fredy Enrique Gereda Milián<br>PEM. César Oswaldo Bol Cú |

### **COORDINADOR ACADÉMICO**

Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales

### **COORDINADOR CARRERA GEOLOGÍA**

Ing. Geol. Sergio David Morán Ical

### **COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

|              |   |
|--------------|---|
| COORDINADOR: | Ing. Geol. Bernie Gamaliel Castillo Moeschler |
| SECRETARIA:  | Inga. Geol. Silvia Friné Cortez Bendfeldt     |
| VOCAL:       | Ing. Geol. Osmín Jared Vásquez Hernández      |

### **REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Inga. Geol. Silvia Friné Cortez Bendfeldt

### **REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Ing. Geol. Bernie Gamaliel Castillo Moeschler

### **ASESOR TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Ing. Geol. Osmín Jared Vásquez Hernández

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



28 de enero de 2015

**CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE – CUNOR –  
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [geologiausac@gmail.com](mailto:geologiausac@gmail.com)

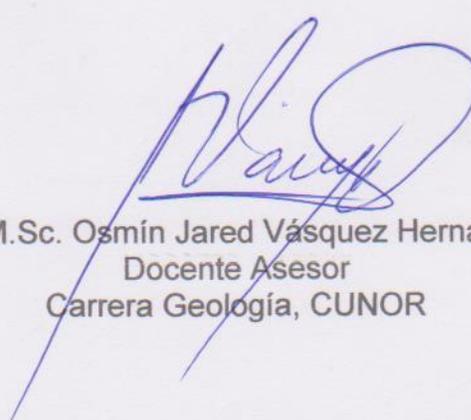
Señores  
Comisión Trabajos de Graduación  
Carrera Geología  
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final de Trabajo de Graduación de la **T.U. GEOL. MÓNICA CAROLINA ORDÓÑEZ LEMUS**, carné No. **200740118**, titulado: **“ANÁLISIS HIDROGEOQUÍMICO DE LAS LAGUNAS DEL CERRO TORTUGAS, EN EL ÁREA ARQUEOLÓGICA SALINAS DE LOS NUEVE CERROS, COBÁN, A.V.”**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Ing. M.Sc. Osmin Jared Vásquez Hernández  
Docente Asesor  
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE – CUNOR –  
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [geologiausac@gmail.com](mailto:geologiausac@gmail.com)

Ref. 15-CG-376/2015  
12 de octubre de 2015

Señores  
Comisión Trabajos de Graduación  
Carrera Geología  
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final de Trabajo de Graduación de la **T.U. GEOL. MÓNICA CAROLINA ORDÓÑEZ LEMUS**, carné No. **200740118**, titulado: **“ANÁLISIS HIDROGEOQUÍMICO DE LAS LAGUNAS DEL CERRO TORTUGAS, EN EL ÁREA ARQUEOLÓGICA SALINAS DE LOS NUEVE CERROS, COBÁN, A.V.”**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Ing. M.Sc. Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler  
Docente Revisor  
Carrera Geología  
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE – CUNOR –  
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209  
Guatemala, C. A.

E-mail: [geologiausac@gmail.com](mailto:geologiausac@gmail.com)

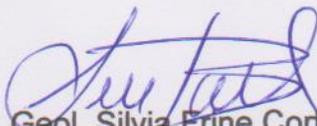
Ref. 15-CG-415/2015  
17 de noviembre de 2015.

Señores  
Comisión Trabajos de Graduación  
Carrera Geología  
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio remito el informe Final de Trabajo de Graduación a nivel de grado titulado: **“ANÁLISIS HIDROGEOQUÍMICO DE LAS LAGUNAS DEL CERRO TORTUGAS, EN EL ÁREA ARQUEOLÓGICA SALINAS DE LOS NUEVE CERROS, COBÁN, A.V.”**, realizado por la T.U. GEOL. MÓNICA CAROLINA ORDÓÑEZ LEMUS, carné No. **200740118**, el cual ya fue revisado por la **COMISIÓN DE REDACCIÓN Y ESTILO** de la Carrera de Geología, quienes consideramos llena los requisitos establecidos para su aprobación.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

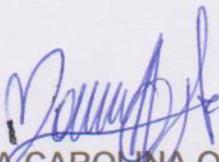
  
Inga. Geol. Silvia Frine Cortez Bendfeldt  
Comisión Redacción y Estilo  
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

## HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el informe de Trabajo de Graduación titulado: "ANÁLISIS HIDROGEOQUÍMICO DE LAS LAGUNAS DEL CERRO TORTUGAS, EN EL ÁREA ARQUEOLÓGICA SALINAS DE LOS NUEVE CERROS, COBÁN, A. V.", como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Geólogo



T.U. Geol. MÓNICA CAROLINA ORDÓÑEZ LEMUS  
Carné No. 200740118

## **RESPONSABILIDAD**

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión Extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por brindarme la oportunidad de obtener este triunfo personal, por darme salud, sabiduría y entendimiento para lograr esta meta.

### **A mis padres:**

César Ordóñez y Carolina Lemus de Ordóñez, por el apoyo incondicional y ser un gran ejemplo para mí. No estaría aquí si no fuera por ustedes, humildes gracias.

### **A mis hermanos:**

César y Tatiana, por apoyarme y llenarme de palabras de aliento y cariño en todo momento.

### **A mis abuelos:**

Rafael Ordóñez (†), María Luisa García, César Lemus y Jovita Archila (†), con mucho aprecio.

### **A mis tíos y primos:**

Por el soporte brindado día con día.

### **A Luis Barrientos**

Por el cariño, por ser mi gran apoyo y motivarme a seguir adelante.

### **A mis amigos y compañeros:**

Por su valiosa amistad, compañerismo y experiencias compartidas.

**A la Universidad de San Carlos de Guatemala -**

**Centro Universitario del Norte:**

Por instruirme y dotarme de conocimientos para mi vida profesional, especialmente a la carrera de Geología.

**A los catedráticos de la carrera de Geología:**

Que incidieron grandemente para alcanzar la meta, especialmente a mi asesor, Ingeniero Osmín Vásquez.

Sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de una u otra forma son parte de mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| ÍNDICE DE CONTENIDOS  | i   |
| ÍNDICE DE CUADROS     | iv  |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | v   |
| ÍNDICE DE FIGURAS     | v   |
| ÍNDICE DE MAPAS       | vi  |
| ANEXOS                | vii |
| RESUMEN               | ix  |

## CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1.1 Antecedentes                     | 1  |
| 1.1.1 Localización                   | 2  |
| 1.1.2 Vías de acceso                 | 4  |
| 1.1.3 Clima y vegetación             | 5  |
| 1.1.4 Fisiografía                    | 8  |
| a. Tierras bajas interiores de Petén | 8  |
| b. Pendientes                        | 11 |
| 1.1.5 Hidrología                     | 12 |
| a. Red de drenaje                    | 13 |
| 1.1.6 Suelo                          | 14 |
| 1.2 Revisión de literatura           | 16 |
| 1.2.1 Geoquímica del agua            | 16 |
| 1.2.2 Parámetros                     | 17 |
| a. Físicos                           | 17 |
| 1) Color                             | 17 |
| 2) Olor                              | 18 |
| 3) Turbiedad                         | 18 |
| 4) Temperatura                       | 18 |
| b. Químicos                          | 19 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1)    | Potencial de hidrógeno (pH)              | 19 |
| 2)    | Conductividad eléctrica (CE)             | 19 |
| 3)    | Relación de absorción de sodio (RAS)     | 19 |
| 4)    | Dureza del agua                          | 20 |
| 5)    | Cloruro (Cl <sup>-</sup> )               | 20 |
| 6)    | Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) | 21 |
| 7)    | Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )  | 22 |
| 8)    | Fosforo (P)                              | 22 |
| 9)    | Cobre (Cu)                               | 23 |
| 10)   | Hierro (Fe)                              | 23 |
| 11)   | Cinc (Zn)                                | 24 |
| 12)   | Boro (B)                                 | 24 |
| 13)   | Demanda química de oxígeno – DQO         | 25 |
| 14)   | Demanda bioquímica de oxígeno – DBO      | 26 |
| 15)   | Sólidos totales                          | 28 |
| 16)   | Sólidos totales sedimentables            | 29 |
| 1.2.3 | Geología Regional                        | 29 |
| a.    | Formación Cobán                          | 30 |
| b.    | Formación Campur                         | 30 |
| c.    | Formaciones Terciarias y Recientes       | 30 |

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA

|       |                                       |    |
|-------|---------------------------------------|----|
| 2.1   | Introducción a la investigación       | 33 |
| 2.2   | Aspectos metodológicos                | 33 |
| 2.2.1 | Recopilación y análisis bibliográfico | 35 |
| 2.2.2 | Trabajo de campo                      | 35 |
| 2.2.3 | Laboratorio                           | 37 |
| 2.2.4 | Gabinete                              | 38 |

CAPÍTULO 3  
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Geología local                         | 39 |
| 3.1.1 Generalidades                        | 39 |
| 3.1.2 Estratigrafía                        | 40 |
| 3.1.3 Unidades litológicas                 | 41 |
| a. Unidad de Caliza (Ca)                   | 41 |
| b. Unidad de Aluvión (Qal)                 | 43 |
| c. Unidad de Coluvión (Qco)                | 44 |
| 3.2.4 Geología estructural local           | 45 |
| a. Lineamientos                            | 45 |
| b. Fracturas                               | 47 |
| c. Estratificación                         | 49 |
| 3.2 Análisis físico-químico de las lagunas | 51 |
| 3.2.1 Resultados físicos                   | 52 |
| a. Color                                   | 52 |
| b. Olor                                    | 55 |
| c. Turbiedad                               | 56 |
| d. Temperatura                             | 57 |
| 3.2.2 Resultados químicos                  | 58 |
| 3.2.3 Clasificación de las lagunas         | 60 |
| a. Potencial de Hidrógeno (pH)             | 60 |
| b. Alcalinidad                             | 62 |
| c. Dureza                                  | 65 |
| d. Conductividad Eléctrica (CE)            | 68 |
| e. Razón de Absorción de Sodio (RAS)       | 70 |
| f. Según clasificación geoquímica          | 72 |
| 1) Laguna 1 (DT1)                          | 73 |
| 2) Laguna 2 (DT2)                          | 74 |
| 3) Laguna 3 (DT3)                          | 76 |
| g. Según metales pesados                   | 78 |

|   |    |
|---|----|
| h. Según análisis de agua residual                | 80 |
| 1) Demanda química de oxígeno (DQO)               | 80 |
| 2) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)            | 83 |
| i Sólidos totales y sólidos totales en suspensión | 86 |
| 3.3 Conclusiones y recomendaciones                | 91 |
| 3.3.1 Conclusiones                                | 91 |
| a. Conclusión general                             | 91 |
| b. Específicos                                    | 92 |
| 3.3.2 Recomendaciones                             | 93 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| 1 Coordenadas UTM de los vértices del área                                  | 3  |
| 2 Clasificación de pendientes   | 11 |
| 3 Clasificación de dureza del agua  | 20 |
| 4 Clasificación de la demanda química de oxígeno                            | 26 |
| 5 Clasificación de la demanda bioquímica de oxígeno                         | 28 |
| 6 Metodología de laboratorio del análisis químico del agua (químicos)       | 37 |
| 7 Metodología de laboratorio del análisis químico del agua (aguas servidas) | 38 |
| 8 Escala de meteorización   | 40 |
| 9 Datos físicos   | 52 |
| 10 Temperatura  | 58 |
| 11 Datos de laboratorio   | 59 |
| 12 Datos obtenidos de pH  | 60 |
| 13 Datos de alcalinidad   | 63 |
| 14 Datos de dureza  | 65 |
| 15 Clasificación de la dureza del agua                                      | 66 |
| 16 Conductividad eléctrica (dS/m)   | 68 |
| 17 Razón de absorción de sodio (meq/l)                                      | 70 |
| 18 Metales pesados (ppm)  | 79 |
| 19 Demanda química de oxígeno (meq/l)                                       | 81 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 20 | Demanda bioquímica de oxígeno (meq/l)           | 83 |
| 21 | Clasificación de aguas residuales (ppm)         | 86 |
| 22 | Sólidos totales en suspensión (meq/l)           | 87 |
| 23 | Sólidos totales (mg/l)                          | 88 |
| 24 | Clasificación de la concentración según sólidos | 90 |

#### ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Afloramiento de caliza al norte del Cerro Tortugas | 42 |
| 2 | Aluvión en arroyo Salinas                          | 44 |
| 3 | Coluvión al norte del Cerro Tortugas               | 45 |
| 4 | Disposición de fracturas en afloramiento de caliza | 48 |
| 5 | Estratificación en afloramiento de caliza          | 50 |
| 6 | Variación del color en Laguna 1 (DT1)              | 53 |
| 7 | Variación del color en Laguna 2 (DT2)              | 54 |
| 8 | Variación del color en Laguna 3 (DT3)              | 55 |

#### ÍNDICE DE FIGURAS

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | Ubicación del área                                | 3  |
| 2  | Accesos al área                                   | 4  |
| 3  | Precipitación anual (Estación San Agustín Chixoy) | 7  |
| 4  | Columna estratigráfica de la cuenca Petén Sur     | 31 |
| 5  | Precipitación (Estación San Agustín Chixoy)       | 34 |
| 6  | Metodología de la investigación                   | 35 |
| 7  | Columna litoestratigráfica del área de estudio    | 41 |
| 8  | Diagrama de rosas de los lineamientos             | 47 |
| 9  | Diagrama de rosas para fracturas                  | 49 |
| 10 | Estereograma para la estratificación              | 51 |
| 11 | Variación de olor en las lagunas                  | 56 |
| 12 | Variación de turbiedad en las lagunas             | 57 |
| 13 | Diagrama de temperatura                           | 58 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 14 | Variación de pH                               | 61 |
| 15 | Variación de la alcalinidad                   | 63 |
| 16 | Variación de dureza                           | 66 |
| 17 | Variación de la CE                            | 68 |
| 18 | Variación del RAS                             | 71 |
| 19 | Diagrama de <i>Piper</i> para Laguna 1 "DT1"  | 73 |
| 20 | Diagrama de <i>Stiff</i> para Laguna 1 "DT1"  | 74 |
| 21 | Diagrama de <i>Piper</i> para Laguna 2 "DT2"  | 75 |
| 22 | Diagrama de <i>Stiff</i> para Laguna 2 "DT2"  | 76 |
| 23 | Diagrama de <i>Piper</i> para Laguna 3 "DT3"  | 77 |
| 24 | Diagrama de <i>Stiff</i> para Laguna 3 "DT3"  | 78 |
| 25 | Metales pesados                               | 80 |
| 26 | Demanda química de oxígeno                    | 81 |
| 27 | Clasificación de las lagunas en base a la DQO | 82 |
| 28 | Demanda bioquímica de oxígeno                 | 84 |
| 29 | Clasificación de las lagunas en base a la DBO | 85 |
| 30 | Sólidos totales en suspensión                 | 88 |
| 31 | Sólidos Totales                               | 89 |

#### ÍNDICE DE MAPAS

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | Mapa climático                                      | 6  |
| 2  | Cobertura vegetal y uso de la tierra                | 8  |
| 3  | Regiones fisiográficas-geomorfológicas de Guatemala | 10 |
| 4  | Mapa de pendientes del área de estudio              | 12 |
| 5  | Cuencas hidrográficas                               | 13 |
| 6  | Drenaje del área de estudio                         | 14 |
| 7  | Suelos del área de estudio                          | 15 |
| 8  | Puntos de muestreo del área de estudio              | 36 |
| 9  | Lineamientos del área de estudio                    | 46 |
| 10 | Potencial de hidrógeno                              | 62 |

|              |                             |     |
|--------------|-----------------------------|-----|
| 11           | Alcalinidad                 | 64  |
| 12           | Dureza                      | 67  |
| 13           | Conductividad eléctrica     | 69  |
| 14           | Razón de absorción de sodio | 72  |
| Bibliografía |                             | 95  |
| ANEXOS       |                             |     |
| ANEXO 1      | Mapa Geológico              | 99  |
| ANEXO 2      | Resultados de laboratorio   | 100 |

## RESUMEN

Esta investigación se realizó dentro de la finca municipal de Salinas de los Nueve Cerros, del municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, fundamentándose en el análisis físico-químico de las tres lagunas localizadas sobre el Cerro Tortugas. El estudio se enfocó en la determinación de los parámetros físicos y químicos de las 3 lagunas existentes sobre el Cerro Tortugas, en donde se definieron los puntos a muestrear para realizar el monitoreo en época seca y época lluviosa (dos monitoreos para cada época) para determinar las variaciones durante estas distintas etapas.

Se determinaron las características físicas y químicas de las lagunas y su evolución en el tiempo. De igual manera, se realizó un cartografiado geológico en un área de 12 km<sup>2</sup>, a escala 1:10 000, en donde se encontraron las unidades de Caliza (Ca), Aluvión (Al) y Coluvión (Col).

Las características físicas evidenciaron una variación muy notoria en la coloración, temperatura y turbiedad registrada en el período entre diciembre 2 013 y febrero 2 014. Los datos de laboratorio indican que los parámetros físicos se encuentran relacionados con la demanda química y bioquímica de oxígeno, debido al alto contenido de material orgánico.

Los datos químicos no presentaron una variación notoria entre los períodos muestreados. Estos datos permitieron la clasificación geoquímica de las lagunas en base a los diagramas de *Piper* y *Stiff*, lo cual estableció una composición sulfatada cálcica para las 3 lagunas. La presencia de la sal sulfato de calcio o magnesio en las lagunas indica que existe una pequeña relación entre la intrusión salina del cerro y las lagunas localizadas en la cima.

## OBJETIVOS

La presencia de un domo salino, llamado Cerro Tortugas, presenta una relación con una serie de cuerpos de agua superficiales localizados sobre dicho cerro. Las lagunas presentan variaciones de pH y componentes químicos durante las épocas (seca y lluviosa) las cuales se evidencian superficialmente con cambios en las propiedades físicas.

Por consiguiente, el problema se estableció de la siguiente manera: ¿Cuáles son las características hidrogeoquímicas de las lagunas del Cerro Tortugas, en el área arqueológica de Salinas de los Nueve Cerros?. Para darle solución a la problemática se plantearon los siguientes objetivos:

### ✓ **General**

- Analizar hidrogeoquímicamente las tres lagunas localizadas en el domo llamado Cerro Tortugas, dentro del sitio arqueológico de Salinas de los Nueve Cerros.

### ✓ **Específicos**

- Muestrear y describir los parámetros físicos de las tres lagunas existentes en el área.
- Analizar las características químicas de cada una de las lagunas, según los resultados obtenidos en laboratorio.
- Clasificar las lagunas según los criterios físico-químicos.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

Existen algunos documentos de investigaciones realizadas en el área de estudio, entre los cuales están:

El estudio de impacto ambiental hecho por *Petro Latina Corporation* en el área de exploración y explotación de hidrocarburos<sup>1</sup> (Contrato No. 7-2005), que hace referencia a la descripción del ambiente físico, que incluye los aspectos geológicos del área de estudio. Menciona que el área se localiza dentro de la cuenca Petén, que es una de las tres cuencas sedimentarias de Guatemala, siendo las otras dos la Cuenca Amatique y la Cuenca Pacífico.

La publicación de José Luis Garrido López titulada Grupos Arquitectónicos Asociados a Salinas de los Nueve Cerros<sup>2</sup>, menciona que el área de estudio ha sido explorada en diferentes oportunidades por empresas transnacionales debido a su interés geológico, por ser yacimiento de hidrocarburos. También menciona que la explotación de sal tuvo un auge relativo en el período Clásico Tardío (600-1 000 d. C.).

---

<sup>1</sup> Estudio de impacto ambiental – Petro Latina Corporations. Ixcán, Quiché - Cobán, Alta Verapaz, 2005. P 101.

<sup>2</sup> José Luis Garrido López. Grupos Arquitectónicos Asociados a Salinas de los Nueve Cerros, 2 009. <http://www.mesoweb.com/es/articulos/Garrido.pdf> (16 de junio de 2 014).

El simposio del Proyecto Salinas de los Nueve Cerros llamado Nuevos aportes de una ciudad maya industrial, menciona que la segunda etapa del proyecto se realizó en el 2011, cuyas investigaciones se enfocaron en tres metas principales que son: el reconocimiento y mapeo de nuevas áreas del sitio, excavación en el epicentro y área de puertos y estudios sobre el área de producción de sal, la zona industrial.<sup>3</sup>

### 1.1.1 Localización

El Cerro Tortugas se localiza dentro de la finca municipal llamada Salinas de los Nueve Cerros, la cual se ubica en el límite norte entre los departamentos de Alta Verapaz y Quiché, muy cerca del río Chixoy, límite natural entre ambos departamentos.

Según la alcaldía auxiliar de Santa Lucía Lachúa, la finca en donde se encuentra localizada el área de estudio tiene 26 caballerías, alrededor de 1 136 hectáreas y está rodeada por 32 aldeas pobladas por q'ueqchi'es, poqomchi'es, kaqchikeles y castellanos<sup>4</sup>.

El área de estudio en donde se realizará el cartografiado geológico consta de 12 km<sup>2</sup>, a una escala de 1:10 000 y se encuentra comprendida entre las coordenadas mostradas en el cuadro 1. El análisis físico-químico se centrará únicamente en el muestreo de las 3 lagunas presentes en la cima del Cerro Tortugas (Figura 1):

---

<sup>3</sup> Brent Woodfill, Mirza Monterroso, Brian Dillon, Judith Valle, Blanca Mijangos, Walter Burgos, Antolín Velásquez, Marc Wolf, Carlos Tox. *Salinas de los nueve cerros: nuevos aportes de una ciudad maya "industrial" entre el altiplano y las tierras bajas. (Guatemala, 2012)*, 6.

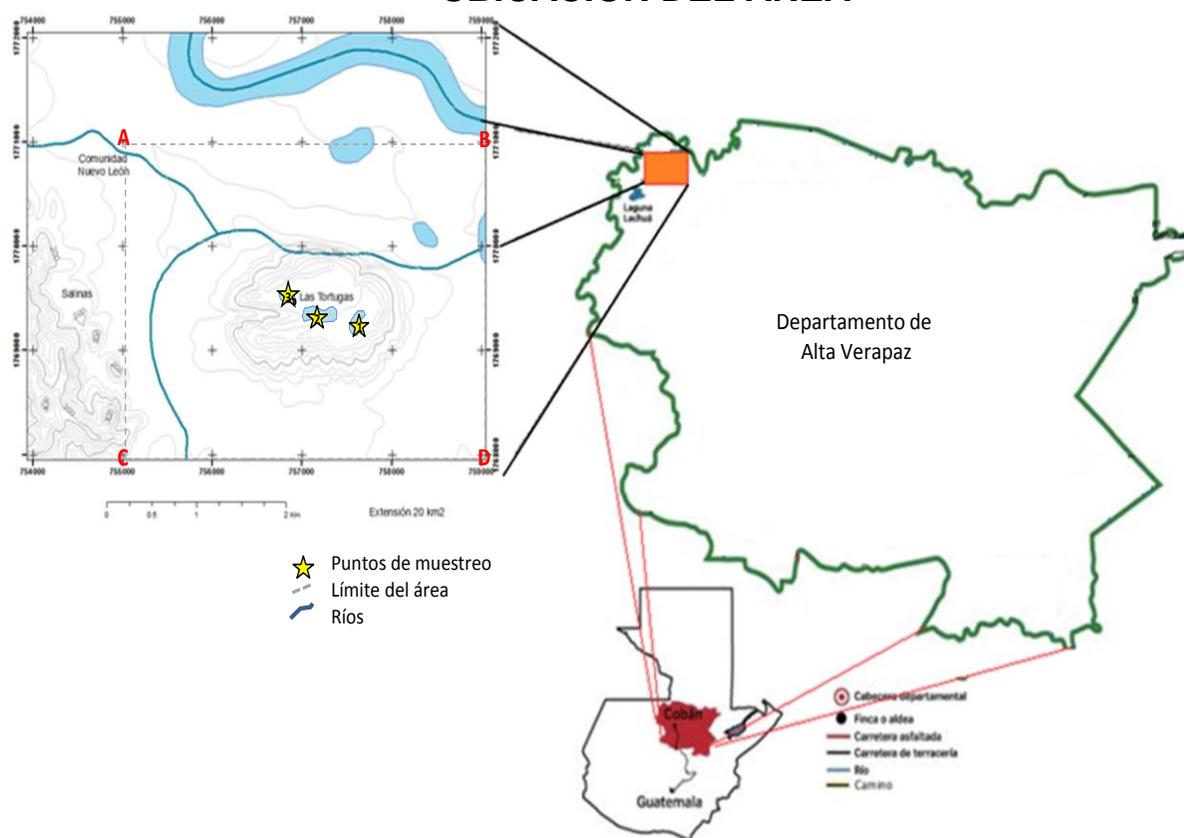
<sup>4</sup> *Ibidem*.

**CUADRO 1**  
**COORDENADAS UTM DE LOS VÉRTICES DEL ÁREA**

| VERTICE | ESTE   | NORTE   |
|---------|--------|---------|
| A       | 754000 | 1772000 |
| B       | 759000 | 1772000 |
| C       | 754000 | 1768000 |
| D       | 759000 | 1768000 |

FUENTE: Elaboración propia en base al mapa topográfico, IGN.

**FIGURA 1**  
**UBICACIÓN DEL ÁREA**



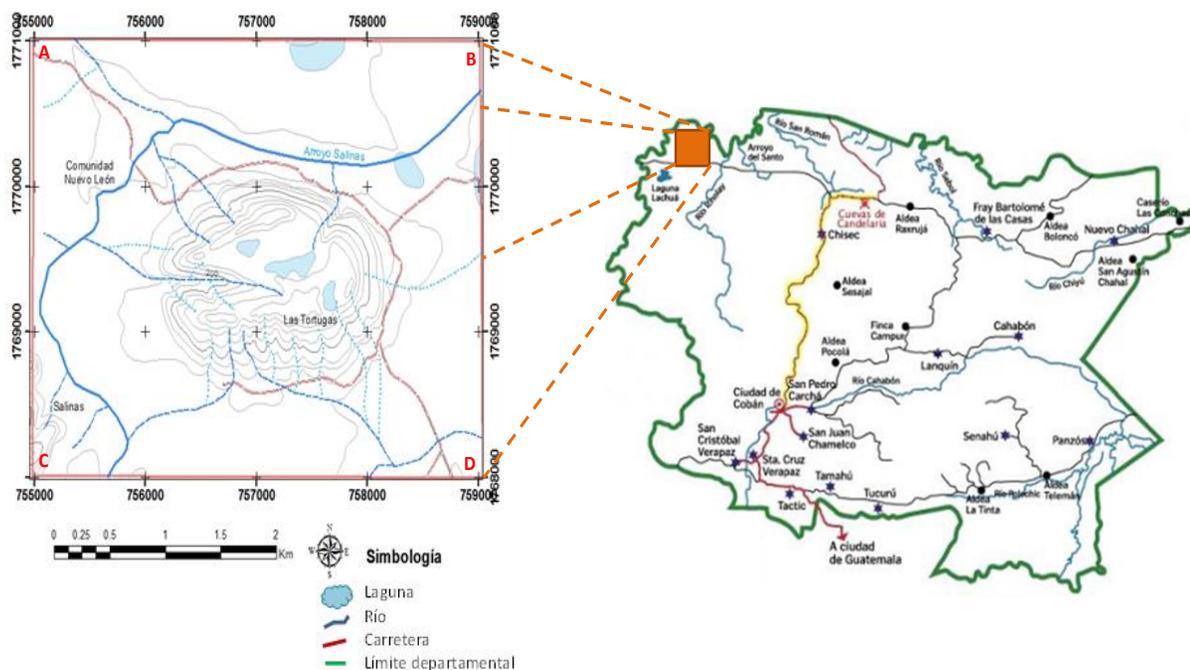
FUENTE: Investigación de campo. Año 2 014.

La finca Salinas de los Nueve Cerros se encuentra a orillas del río Chixoy, que divide las Tierras Altas y Bajas de Guatemala. Se define por tres rasgos geográficos: el río Chixoy forma la frontera norte del sitio, la sierra Nueve Cerros forma el lado oeste y el domo de sal, Cerro Tortugas, se encuentra en el centro.

### 1.1.2 Vías de acceso

El acceso principal al área de estudio desde Cobán, es por la carretera CA-14 pasando por la cabecera del municipio de Chisec, hasta llegar a la carretera conocida como Franja Transversal del Norte, para luego tomar rumbo al oeste hasta llegar a la aldea San Benito (Figura 2). Al área se llega por medio de un camino de terracería que desde la aldea San Benito cruza hacia la aldea Santa Lucía Lachuá y luego hacia Las Tortugas, en donde se sitúa la entrada a la finca municipal.

**FIGURA 2  
ACCESOS AL ÁREA**



**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

### 1.1.3 Clima y vegetación

De acuerdo a la ubicación geográfica y los relieves en la topografía de Guatemala, se han diferenciado seis zonas climáticas identificadas por el sistema de *Thorntwaite*. Estas son: Las Planicies del Norte, Franja Transversal del Norte, Meseta y Altiplanos, La Bocacosta, Planicie Costera del Pacífico y Zona Oriental.<sup>5</sup>

El área de estudio se encuentra en la región de Las Planicies del Norte. *Thorntwaite*<sup>6</sup> define a esta como: una zona muy lluviosa durante todo el año, principalmente de junio a octubre, en donde se registran las precipitaciones más intensas (2 800 mm anuales).

Las elevaciones se encuentran entre los 0 y 300 msnm, encontrando el ascenso en las estribaciones de las Sierras de Chamá y Santa Cruz. La temperatura oscila entre los 20 °C y 30 °C (Mapa 1).

De la misma manera, se ha definido según la clasificación de zonas de vida de *Holdridge*<sup>7</sup> de Guatemala, las condiciones climáticas que corresponden al área de estudio, perteneciendo a la zona de bosque muy húmedo subtropical, cálido (bmh-s (c)). Son considerados climas cálidos con invierno benigno, variando de entre muy húmedos, húmedos y semisecos, sin estación seca bien definida. La vegetación característica presenta una variación entre selva y bosque.

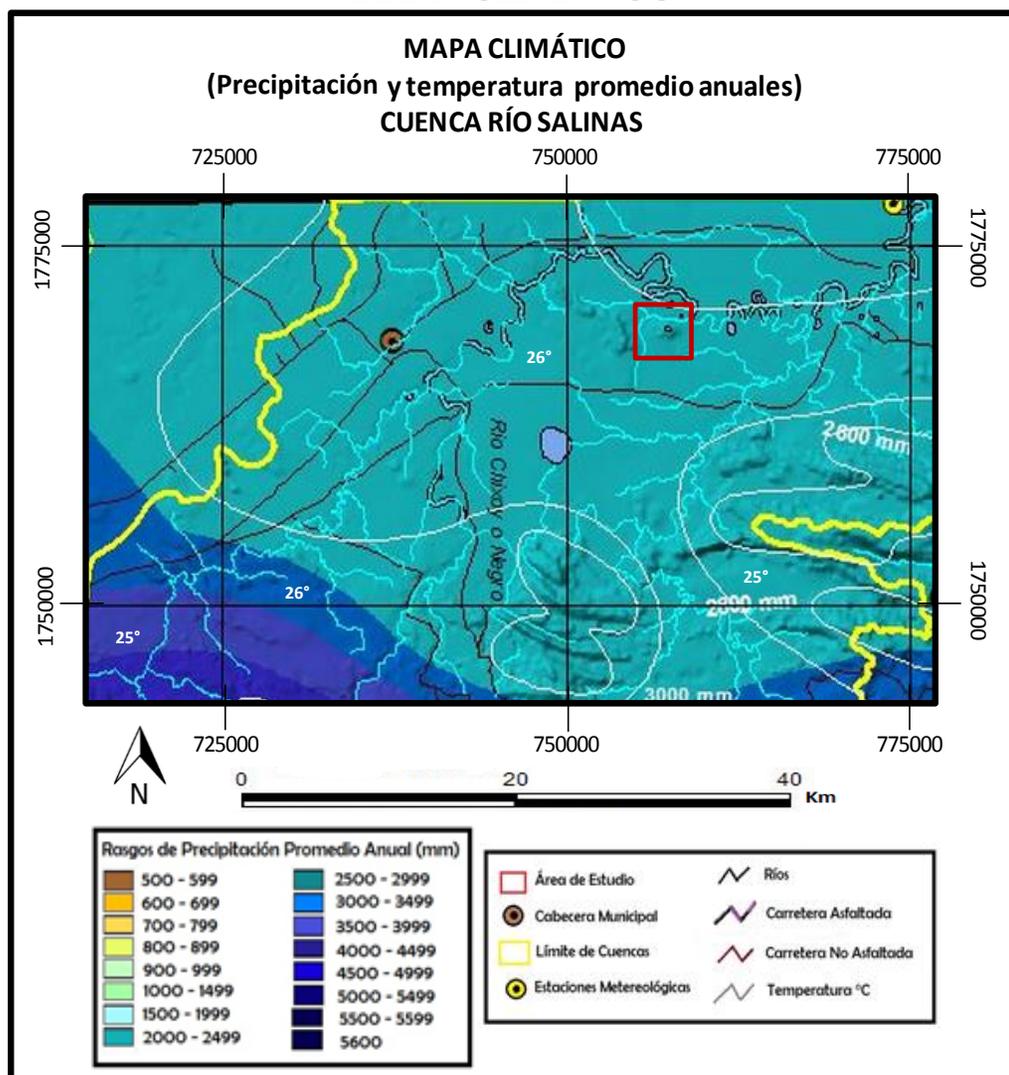
---

<sup>5</sup> Departamento de investigación y servicios Meteorológicos de INSIVUMEH. *Zonas climáticas de Guatemala*, 2 013. <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/zonas%20climaticas.htm> (14 de junio de 2 014).

<sup>6</sup> *Ibidem*.

<sup>7</sup> Nalsite. *Zonas de vida de Holdridge*: <http://www.nalsite.com/Servicios/Mapas/MuestraMapa.asp?id=1211> (07 de julio de 2 014).

## MAPA 1 MAPA CLIMÁTICO



**FUENTE:** MAGA, atlas de mapas temáticos de Guatemala. Disponible en: [maga/atlas\\_tematico/temas/ppytt/map\\_ppytt\\_169\\_salinas.jpg](http://maga/atlas_tematico/temas/ppytt/map_ppytt_169_salinas.jpg)

En la figura 3 se muestran la precipitación anual de lluvia en mm en el área de estudio, correspondiente a la estación San Agustín Chixoy.

### FIGURA 3 PRECIPITACIÓN ANUAL (Estación San Agustín Chixoy)

| ESTACION: SAN AGUSTIN CHIXOY lluvia en mm |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| AÑO                                       | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   | ANUAL  |
| 1980                                      | 230.0 | 143.3 | 36.7  | 47.9  | 109.5 | 493.9 | 195.9 | 389.5 | 531.7 | 541.9 | 265.1 | 268.4 | 3253.8 |
| 1981                                      | 40.8  | 214.1 | 26.7  | 60.0  | 268.3 | 509.6 | 396.1 | 603.4 | 345.8 | 306.6 | 176.4 | 256.1 | 3203.9 |
| 1982                                      | 115.3 | 76.6  | 90.9  | 156.9 | 235.3 | 274.7 | 400.2 | 248.0 | 712.8 | 372.5 | 94.4  | 148.8 | 2926.4 |
| 1983                                      | 119.9 | 54.4  | 229.3 | 63.5  | 10.5  | 467.1 | 442.4 | 265.4 | 549.0 | 266.3 | 230.1 | 119.1 | 2817   |
| 1984                                      | 197.6 | 47.9  | 24.2  | 101.8 | 398.9 | 375.7 | 440.2 | 353.1 | 610.6 | 224.7 | 207.3 | ---   | 2982   |
| 1985                                      | 64.2  | 69.7  | 88.5  | 71.4  | 139.1 | 307.3 | 116.0 | 223.0 | 317.8 | 306.9 | 142.9 | 157.6 | 2004.4 |
| 1986                                      | 144.6 | 22.4  | 54.3  | 9.4   | 262.5 | ---   | 207.5 | 351.0 | 208.4 | 267.2 | 168.0 | 119.1 | 1814.4 |
| 1987                                      | 27.8  | 49.9  | 44.3  | 15.5  | 9.3   | 539.7 | 456.6 | 315.2 | 291.7 | 94.4  | 26.3  | 288.4 | 2159.1 |
| 1988                                      | 249.8 | 107.9 | 11.2  | 14.7  | 84.7  | 441.3 | 286.1 | 463.1 | 265.9 | 390.8 | 46.7  | 102.6 | 2464.8 |
| 1989                                      | 194.9 | 94.9  | 5.8   | 89.0  | 232.0 | ---   | 133.2 | 392.8 | 781.6 | 253.8 | 246.2 | 99.5  | 2523.7 |
| 1990                                      | 189.2 | 45.2  | 59.9  | 85.5  | 119.2 | 323.2 | 335.5 | 196.4 | 314.9 | 250.3 | 383.1 | 140.4 | 2442.8 |
| 1991                                      | 153.1 | 73.0  | 0.4   | 60.1  | 198.2 | 216.2 | 171.7 | 189.1 | 355.3 | 208.5 | 128.2 | 325.7 | 2079.5 |
| 1992                                      | 115.0 | 34.6  | 130.2 | 102.5 | 183.4 | 393.7 | 185.6 | 186.1 | 230.9 | 246.4 | 327.1 | 162.9 | 2298.4 |
| 1993                                      | 53.3  | 59.4  | 51.5  | 87.7  | ---   | 330.4 | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | 582.3  |
| 1994                                      | 100.6 | 84.0  | 183.4 | 20.0  | 123.0 | 206.2 | 288.9 | 116.0 | 335.1 | 179.1 | 159.9 | 119.9 | 1916.1 |
| 1995                                      | 59.5  | 35.1  | 4.2   | 148.4 | 69.6  | 318.1 | 210.9 | 390.7 | 563.9 | 315.7 | 205.7 | 136.0 | 2457.8 |
| 1996                                      | 112.4 | 55.5  | 146.2 | 87.0  | 158.5 | 305.4 | 301.1 | 223.7 | 104.0 | 497.8 | 349.0 | 144.0 | 2484.6 |
| 1997                                      | 120.0 | 111.2 | 65.1  | 150.8 | 53.0  | 241.5 | 459.6 | 250.4 | 457.5 | 329.1 | 528.8 | 101.1 | 2868.1 |
| 1998                                      | 91.3  | 0.0   | 13.3  | 59.0  | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | 163.6  |

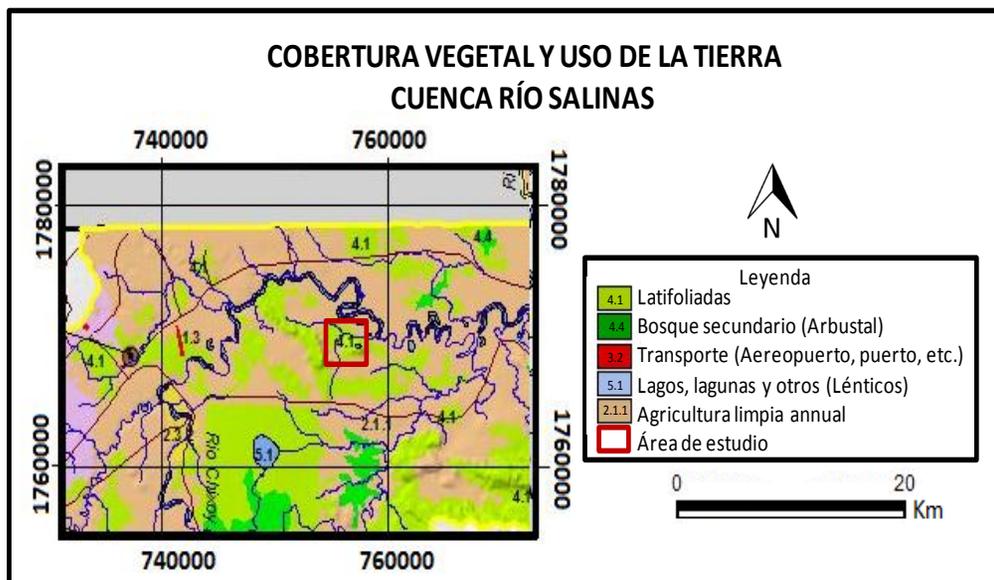
**FUENTE:** INSIVUMEH, Estaciones meteorológicas. Disponible en: <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/ALTA%20VERAPAZ/SAN%20AGUSTIN%20CHIXOY%20PARAMETROS.htm>. (03 de marzo 2 014).

En la clasificación de zonas de vida de Guatemala de *Holdridge* a nivel de reconocimiento también se menciona el tipo de vegetación que existe en el área de estudio. La vegetación predominante considerada como indicadora es: *Attalea cohune*, *Terminalia amazonia*, *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus spp.*, *Virola spp.*, *Cecropia pentandra*, *Vochysia guatemalensis*, *Pinus caribaea*.<sup>8</sup>

La cobertura vegetal y uso de la tierra se muestra en el mapa 2, correspondiente a la cuenca del río Salinas. El área de estudio se encuentra compuesto de Latifoliadas y de Agricultura limpia.

<sup>8</sup> Consejo Nacional de Áreas Protegidas. *Zonas de vida de Holdridge en Guatemala*. 2 019. [http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Zonas\\_de\\_vida\\_Holdridge\\_en\\_Guatemala](http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Zonas_de_vida_Holdridge_en_Guatemala) (07 de julio de 2 014).

## MAPA 2 COBERTURA VEGETAL Y USO DE LA TIERRA



**FUENTE:** MAGA, atlas de mapas temáticos de Guatemala. Disponible en: [maga/atlas\\_tematico/temas/usotierra/map\\_usot\\_49\\_salinas.jpg](http://maga/atlas_tematico/temas/usotierra/map_usot_49_salinas.jpg)

### 1.1.4 Fisiografía

Guatemala está clasificada en diferentes regiones fisiográficas, según el documento *Degradación Ambiental y Desastres en Guatemala* del Ingeniero Gerardo Paiz Schwartz<sup>9</sup>. Estas regiones son: Llanura Costera del Pacífico, Pendiente Volcánica Reciente, Tierras Altas Volcánicas, Tierras Altas Cristalinas, Depresión del Motagua, Tierras Altas Sedimentarias, Depresión de Izabal, Tierras Bajas Interiores de Petén, Cinturón Plegado del Lacandón y Montañas Mayas.

#### 1. Tierras Bajas Interiores de Petén

El área de estudio se encuentra dentro de la región llamada Tierras Bajas Interiores de Petén, la cual, según Schwartz, se dice que presenta una superficie casi intacta. No se encuentran rasgos cársticos y tampoco indicadores superficiales de pliegues y fallas.

<sup>9</sup> Gerardo Paiz Schwartz. *Degradación Ambiental y Desastres en Guatemala*. (Guatemala: PAMI, Archivo PDF, 2007), p 14.

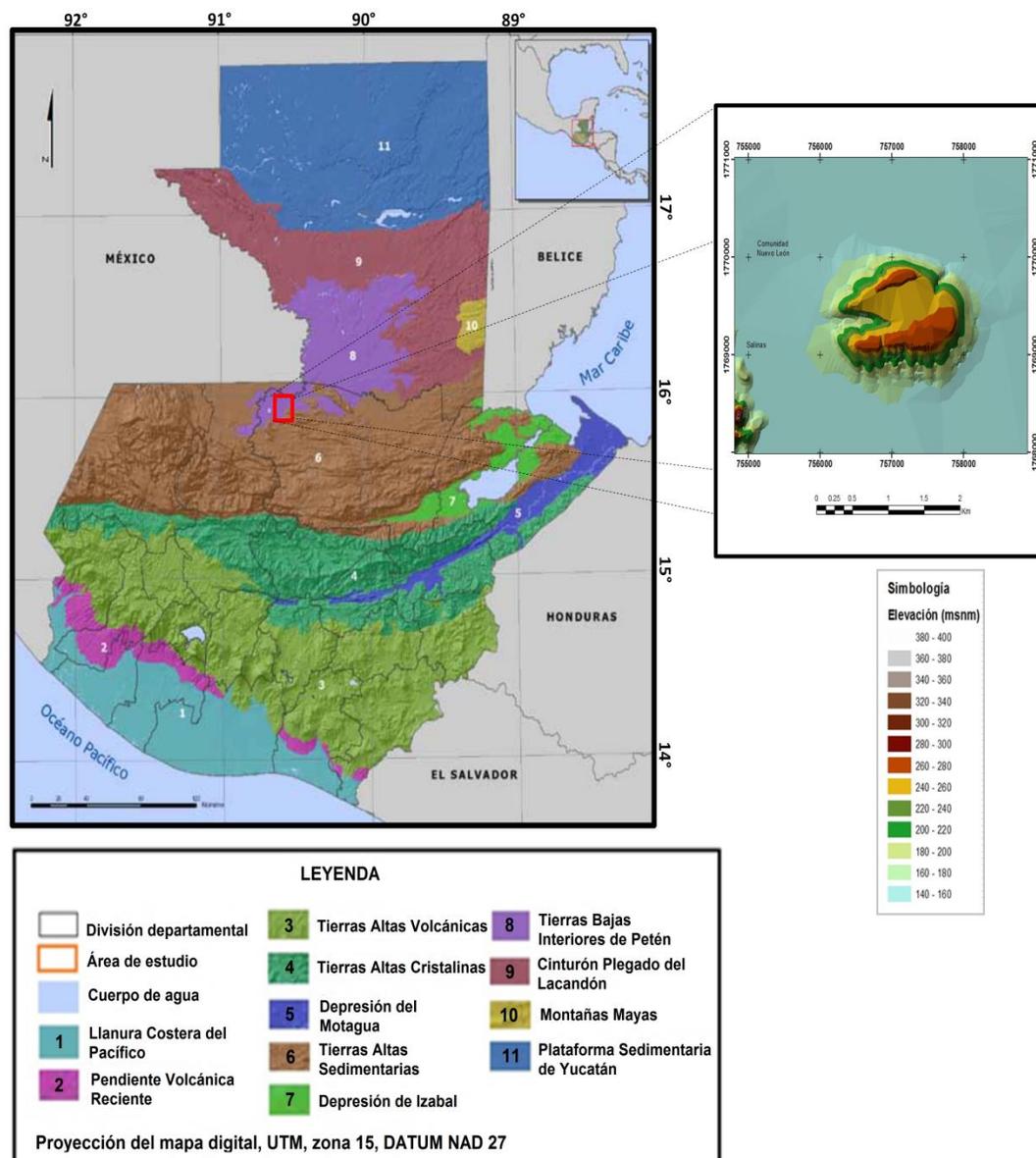
El tipo de roca parental está conformado por rellenos de material sedimentario de origen marino y de textura fina. Se encuentra compuesta principalmente de clastos de Dolomía, Caliza y Margas de la formación Santa Amelia del grupo Petén. La estructura sedimentaria es extremadamente profunda y compuesta principalmente por evaporitas. Las llanuras de inundación del Río Salinas y el Río de La Pasión contribuyen con grandes cantidades de aluvión reciente.<sup>10</sup>

La cota más baja en el área de estudio se encuentra al norte y este a 120 msnm, y la cota más alta se encuentra al centro a 280 msnm, teniendo un relieve de 160 msnm (Mapa 3).

---

<sup>10</sup> *Ibíd.*

### MAPA 3 REGIONES FISIOGRAFICAS-GEOMORFOLÓGICAS DE GUATEMALA



**FUENTE:** IGN, MAGA, Laboratorio SIG IARNA. Informe ambiental del Estado de Guatemala. Disponible en: <http://www.infoiarna.org.gt/media/file/publicaciones/compartidas/geo2009/Capitulo1.pdf> (14 de junio de 2014).

## b. Pendientes

La pendiente es la relación que existe entre la distancia reducida recorrida y la altura ascendida al recorrerla. Puede ser expresada en grados. Existe una clasificación de pendientes basadas en el grado que poseen (Cuadro 2).

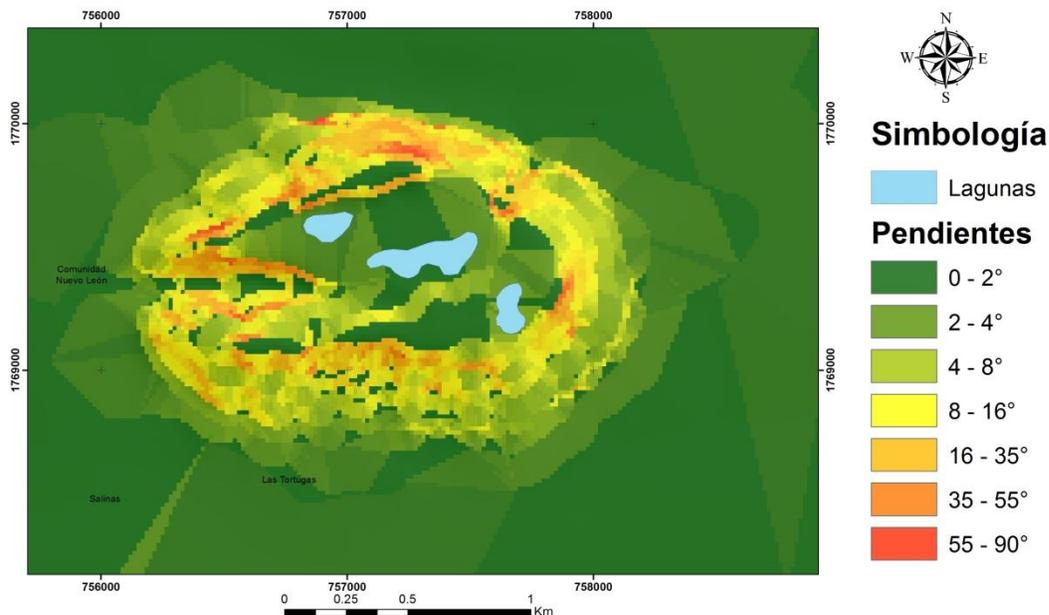
**CUADRO 2**  
**CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES**

| CLASIFICACIÓN            | GRADOS    |
|--------------------------|-----------|
| Plana o casi plana       | 0° - 2°   |
| Suavemente inclinada     | 2° - 4°   |
| Inclinada                | 4° - 8°   |
| Moderadamente pendiente  | 8° - 16°  |
| Pendiente                | 16° - 35° |
| Muy pendiente            | 35° - 55° |
| Extremadamente pendiente | > 55°     |

**FUENTE:** Corporación Suna Hisca, *Geomorfología tomo I*, departamento técnico administrativo del medio ambiente Colombia.

Basada en la clasificación anterior se elaboró un mapa de pendientes (Mapa 4), en donde se observa que la pendiente más elevada del área se encuentra en un rango de 16-35°, y el rango más bajo se encuentra entre 0-2°.

## MAPA 4 MAPA DE PENDIENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO



FUENTE: Investigación de campo. Año 2 014.

### 1.1.5 Hidrología

En Guatemala se pueden agrupar 3 vertientes hídricas, la que vierte las corrientes hacia el sur es llamada la Vertiente del Pacífico, la que vierte las corrientes hacia el este es llamada la Vertiente del Caribe y la que vierte las corrientes hacia el norte es llamada Vertiente del Golfo de México<sup>11</sup>.

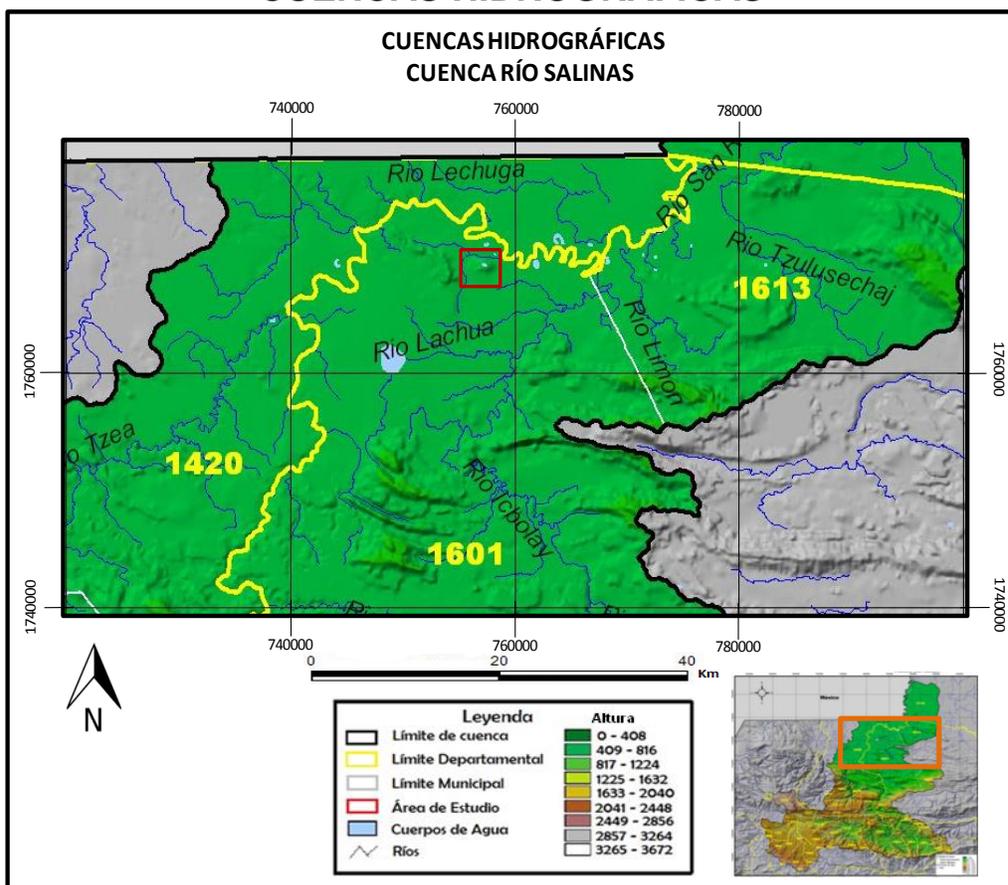
El área de estudio se puede ubicar en la Vertiente del Golfo de México, y El Insivumeh<sup>12</sup> describe que sus ríos poseen grandes longitudes, como el Usumacinta, Chixoy y La Pasión. Las crecidas son de larga duración, los causes relativamente estables y recorridos sinuosos ya que las pendientes son suaves a comparación con otras vertientes.

<sup>11</sup> MAGA. *Atlas temático de Guatemala*. maga/atlas\_tematico/hidricas\_pag01.htm (14 de julio de 2 014).

<sup>12</sup> *Ibíd.*

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca del Río Salinas, la cual a su vez está dentro de la Vertiente del Golfo de México (Mapa 5).

## MAPA 5 CUENCAS HIDROGRÁFICAS

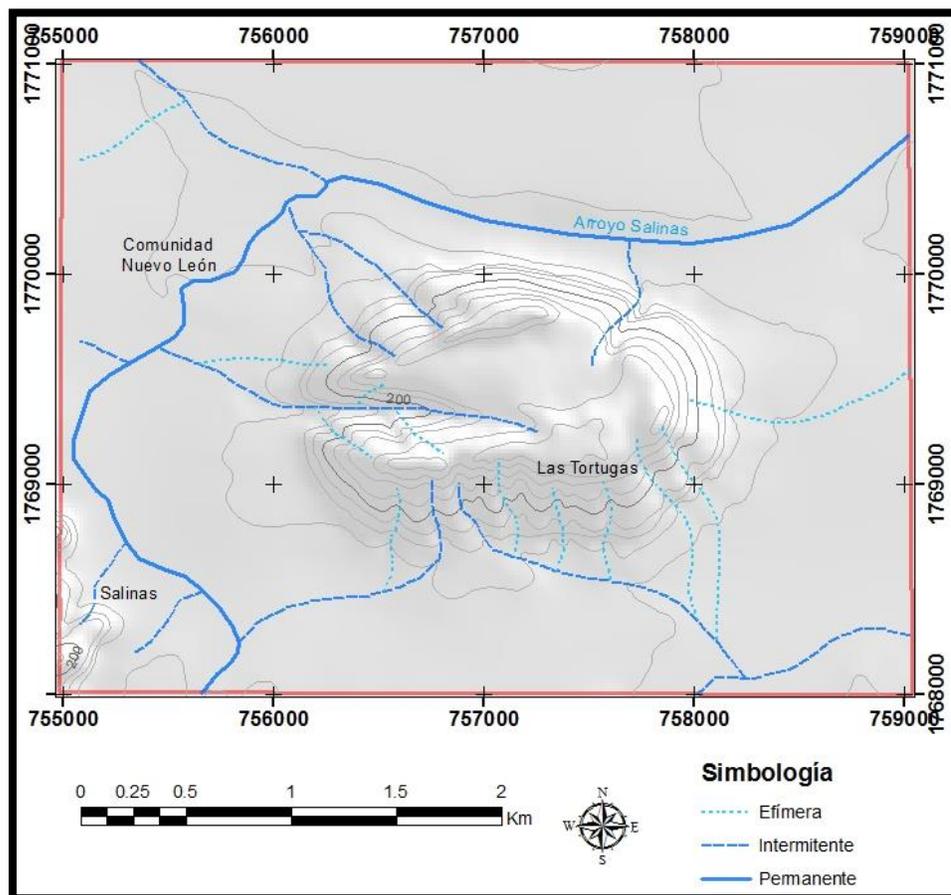


**FUENTE:** Tomado y modificado de maga/atlas\_tematico/temas/cuencas/map\_cuencas\_24\_salinas.jpg

### a. Red de drenaje

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte noroeste de la Cuenca del Río Salinas, dentro de la Sub-cuenca del río Lachúa. La red de drenaje presenta un patrón de tipo radial, el cual tiene su origen por levantamientos de tierra, haciendo que los arroyos se vayan desviando y juntando con otros de mayor grado. (Mapa 6).

## MAPA 6 DRENAJE DEL ÁREA DE ESTUDIO



FUENTE: Investigación de campo. Año 2 014.

Según la fisiografía<sup>13</sup> que corresponde a las Tierras Bajas Interiores de Petén, el drenaje está influenciado por los Ríos Salinas y La Pasión que llevan una corriente lenta y de recorrido serpenteado.

### 1.1.6 Suelo

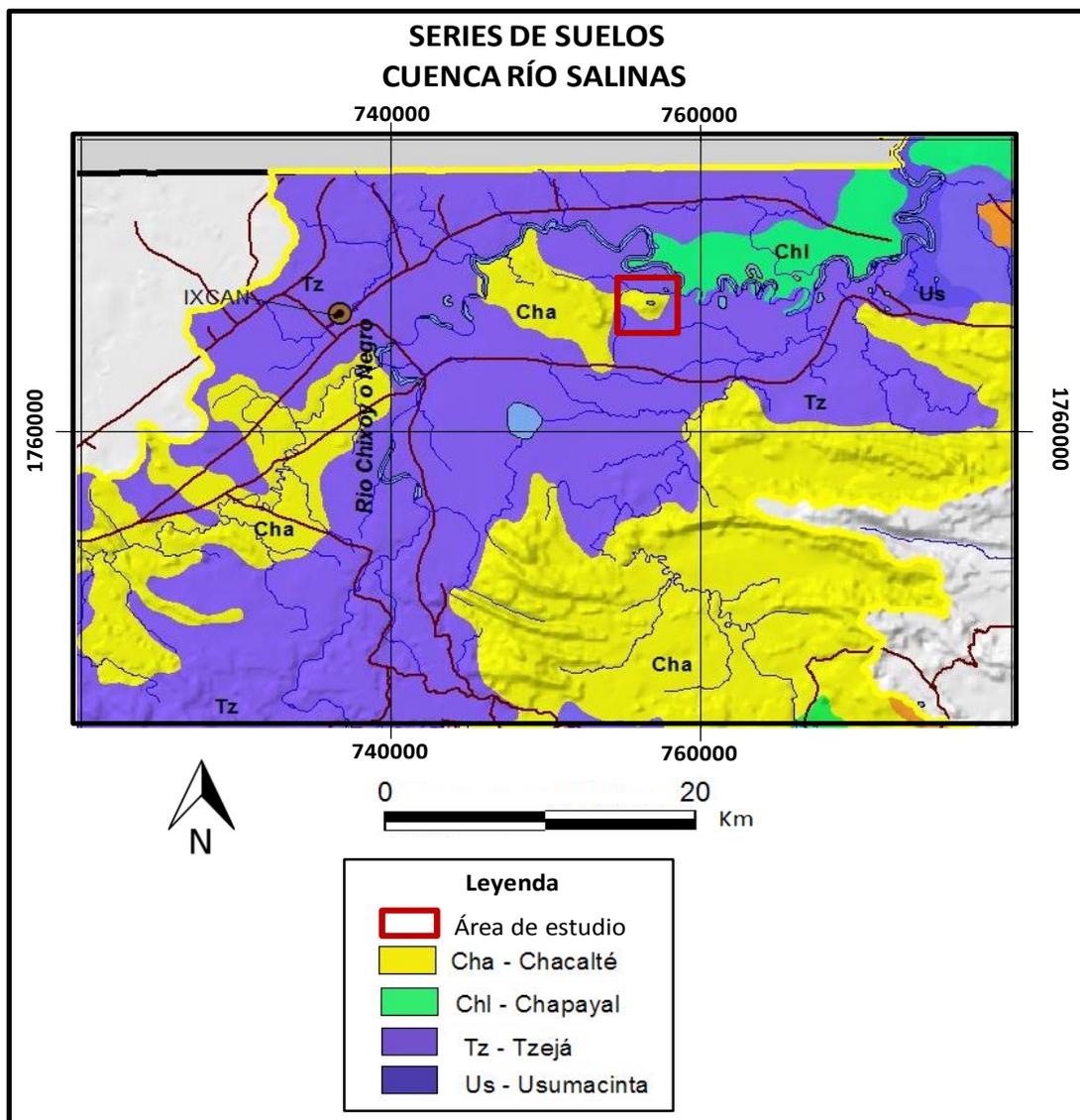
De acuerdo al mapa de series de suelos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)<sup>14</sup> se ha podido

<sup>13</sup> *Ibíd.*

<sup>14</sup> MAGA. *Atlas temático de Guatemala.*  
[maga/atlas\\_tematico/temas/series/map\\_series\\_123\\_salinas.jpg](http://maga/atlas_tematico/temas/series/map_series_123_salinas.jpg)

determinar que en el área de estudio se encuentran los suelos Chacalté (Mapa 7).

## MAPA 7 SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO



**FUENTE:** Tomado y modificado de [maga/atlas\\_tematico/temas/series/map\\_series\\_139\\_salinas.jpg](http://maga/atlas_tematico/temas/series/map_series_139_salinas.jpg)

Este tipo de suelo está definido según el MARN en el documento de Suelo y Uso de la Tierra<sup>15</sup> como poco profundos y bien drenados, que se han desarrollado sobre caliza dura y masiva en un

<sup>15</sup> MARN-AMPI. *Línea de Base Territorial.*  
<http://www.marn.gob.gt/documentos/AMPI/A/A7.doc> (07 de julio de 2 014).

clima cálido y húmedo. Ocupan relieves inclinados a altitudes bajas. Ocupan relieve kárstico inclinado, donde pendientes con inclinación mayor al 50% son comunes.

## 1.2 Revisión de literatura

A continuación se definen algunos de los términos relacionados al tema de investigación:

### 1.2.1 Geoquímica del agua:

La geoquímica del agua, abarca conocer los elementos bacteriológicos, físicos y químicos para realizar una caracterización apropiada. En la página *web Scribd* se define geoquímica como:

“La rama de la geología que estudia la composición y el comportamiento químico de la Tierra, determinando la abundancia absoluta y relativa de los elementos químicos, distribución y migración de los elementos entre las diferentes partes que conforman la Tierra (hidrosfera, atmósfera, biosfera y litosfera) utilizando como principales muestras minerales y rocas componentes de la corteza terrestre, intentando determinar las leyes o principios en las cuales se basa tal distribución y migración”.<sup>16</sup>

La composición química del agua aporta una valiosa información sobre el comportamiento hidrogeológico de alguna región en particular. Para ello se debe tener una idea de los procesos que inciden en la evolución química del agua.

La composición química del agua se logra definir a partir de los análisis de muestras recogidas adecuadamente, para luego ser

---

<sup>16</sup> María Del Carmen García Araiza. *Geoquímica de las aguas subterráneas*, 2 013. <http://es.scribd.com/doc/124575322/GEOQUIMICA-DE-LAS-AGUAS-SUBTERRANEAS-FINAL-doc> (16 de julio de 2 014).

cuantificadas por medio de la concentración de cada constituyente analizado.

### 1.2.2 Parámetros

Los parámetros a considerar en la evaluación de geoquímica del agua son los físicos y químicos.

#### a. Físicos

##### 1) Color:

Por lo general, el agua tiene la característica de ser incolora, inodora e insípida, pero cuando se trata de ríos, lagos, mares, etc., se puede apreciar algún color característico, el cual puede generarse por partículas inorgánicas en suspensión. El sitio *web* Instituto de Ciencias<sup>17</sup> menciona que existen partículas que le dan coloración marrón al agua, como por ejemplo las arcillas, o coloración gris, característica de sedimentos glaciares.

El crecimiento de microorganismos, algas o bacterias pueden dar coloraciones más llamativas. Estos organismos son capaces de alcanzar enormes concentraciones y pueden teñir el agua de color blanco, verde o rojo.<sup>18</sup>

El término color se usa para referirse al color real, es decir, el color de agua del que se ha retirado la turbiedad. El término color aparente incluye no solo color debido a sustancias

---

<sup>17</sup> Josep M. Gasol y Carlos Pedrós-Alió. *Los colores del agua*. <http://www.icm.csic.es/bio/ftp/2000-10.pdf> . (18 de marzo de 2 014).

<sup>18</sup> *Ibidem*.

en solución, sino también al color que se debe a materia en suspensión.<sup>19</sup>

## 2) Olor

Una de las características del agua, como se mencionó con anterioridad, es inodora. Cuando el agua tiene algún tipo de olor característico puede ser indicativo de contaminación de diversos tipos, como por ejemplo, en la página *web* Propiedades del Agua<sup>20</sup> se menciona que el olor del agua se puede dar por productos químicos, materia orgánica en descomposición, actinomicetos, bacterias, etc.

## 3) Turbiedad

La turbiedad es la falta de transparencia del agua que se da por la presencia de partículas en suspensión. En la página *web* Parámetros físico-químicos del agua, se menciona lo siguiente:

La turbidez es la dificultad del agua, para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales.<sup>21</sup>

## 4) Temperatura

La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. El sitio *web* Recinto Universitario de Mayagüez menciona que es un parámetro que nos revela que existe un

---

<sup>19</sup> Color del agua. <http://www.hannachile.com/productos/checker-hc/colorimetro-de-color-de-agua>. (18 de marzo de 2 014).

<sup>20</sup> Agua: olor, color y sabor. <https://sites.google.com/site/agualeslie/olor-sabor-y>. (6 de julio de 2 014).

<sup>21</sup> RWL Water. Unitek, Parámetros físico-químicos del agua. [http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id\\_lib\\_tecnica=6](http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id_lib_tecnica=6). (6 de julio de 2 014).

contraste o gradiente de energía que provoca el transferimiento de calor.<sup>22</sup>

## **b. Químicos**

### **1) Potencial de hidrógeno (pH)**

La escala del pH mide qué tan ácida o básica es una sustancia y varía de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro, si el pH es inferior a 7 es ácido y si es superior a 7 es básico. En el sitio *web* Agencia de protección del ambiente<sup>23</sup> se menciona que cada valor entero de pH por debajo de 7 es diez veces más ácido que el valor siguiente más alto. Lo mismo sucede con los valores de pH por encima de 7, cada uno de los cuales es diez veces más alcalino que el siguiente valor entero más bajo.

### **2) Conductividad eléctrica (CE)**

Es la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica. La página de internet de conductividad eléctrica<sup>24</sup> menciona que ésta depende de la estructura atómica y molecular del material. Los metales son buenos conductores debido a que poseen una estructura con muchos electrones y esto permite su movimiento. La conductividad también depende de otros factores físicos del propio material y de la temperatura.

### **3) Relación de absorción de sodio (RAS)**

Se le denomina relación de absorción de sodio al parámetro que muestra la influencia del ion sodio (Na+) en las

---

<sup>22</sup> Parámetros físicos-químicos: Temperatura: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf> (16 de octubre de 2 014).

<sup>23</sup> Environmental Protection Agency. *Que es el pH.* <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/measure/ph.html>. (27 de julio de 2 014).

<sup>24</sup> Conductividad eléctrica: [http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_el%C3%A9ctrica) (16 de octubre de 2 014).

propiedades del agua. Según la página web Relación de absorción de sodio<sup>25</sup> está basada en una fórmula que relaciona el contenido tanto de sodio como calcio y magnesio, la cual expresa el porcentaje de sodio de cambio en el agua en situación de equilibrio.

#### 4) Dureza del agua

Llamada también agua dura y es aquella que contiene altos niveles de minerales, principalmente calcio y magnesio. La dureza del agua se expresa normalmente como cantidad equivalente de carbonato de calcio y se calcula, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (en miligramos) por cada litro de agua.<sup>26</sup>

La dureza del agua se clasifica (cuadro 3) basada en la siguiente escala:<sup>27</sup>

**CUADRO 3**  
**CLASIFICACIÓN DE DUREZA DEL AGUA**

| Definición   | Concentración de carbonato de calcio (mg/L) |
|--------------|---|
| Agua suave   | 0-60  |
| Dureza media | 61-120                                      |
| Dura         | 121-180                                     |
| Muy dura     | >181  |

**FUENTE:** Disponible en: <http://tapintoquality.com/facts/TIQ-Dureza%20del%20Aqua.pdf> (08 de mayo de 2 014).

#### 5) Cloruro (Cl<sup>-</sup>)

Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje.

<sup>25</sup> Relación de absorción del sodio: <http://mie.esab.upc.es/arr/T24E.htm> 17/10/2 014

<sup>26</sup> Lenntech. Dureza y ablandamiento del agua, 2 014. <http://www.lenntech.es/procesos/ablandamiento/preguntas-mas-frecuentes/faq-ablandamiento-agua.htm>. (19 de marzo de 2 014).

<sup>27</sup> Dureza del agua: <http://tapintoquality.com/facts/TIQ-Dureza%20del%20Aqua.pdf> 16/10/2 014

Un alto contenido de cloruros en el agua para uso industrial, puede causar corrosión en las tuberías metálicas y en las estructuras. La máxima concentración permisible de cloruros en el agua potable es de 250 ppm, establecido más por razones de sabor, que por razones sanitarias.<sup>28</sup>

## 6) Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ )

El sulfato se encuentra en casi todas las aguas naturales. La mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia.<sup>29</sup>

El sitio *web*<sup>30</sup> de la Universidad de Carabobo, sobre hidrogeoquímica hace mención sobre las diferentes formas químicas en las que se presenta el azufre, siendo estas: sulfatos, sulfuros y sulfitos.

“La química del agua subterránea varía con la profundidad de las cuencas sedimentarias. En la parte alta, existen grandes movimientos de aguas que remueven sales minerales por la disolución de las rocas, provocando que existan pocos sólidos disueltos y sus contenidos sean altos en bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ). En la parte media, el movimiento es más lento, y el agua gana mayor cantidad de sólidos disueltos, y el ion sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ) es el dominante. En la parte baja, el movimiento es casi nulo, lo que hace que haya una remoción de

---

<sup>28</sup> Análisis y Parámetros Físicos–Químicos en el Tratamiento de Aguas Residuales y Potables realizado en el Centro de Investigaciones de Microbiología Aplicadas (CIMA). <http://portal.facyt.uc.edu.ve/pasantias/informes/P63170122.pdf>. 2 011. (17 de abril de 2 014).

<sup>29</sup> Lenntech. Sulfatos en el agua: <http://www.lenntech.es/sulfatos.htm>, 2 014. (17 de abril de 2 014).

<sup>30</sup> Leonardo David Donado Garzón. *Hidrogeoquímica* [http://www.docentes.unal.edu.co/lddonadog/docs/Presentations/Do-nado\\_1999a.pdf](http://www.docentes.unal.edu.co/lddonadog/docs/Presentations/Do-nado_1999a.pdf). (17 de abril de 2 014).

sales por disolución, además se incrementan los sólidos diluidos. El ion predominante es el ion cloruro (Cl<sup>-</sup>).<sup>31</sup>

## 7) Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Los compuestos derivados del nitrógeno son muy estudiados por ingenieros ambientales ya que es de gran importancia en los procesos vitales de las plantas y los animales. El nitrato es uno de los más frecuentes contaminantes de aguas subterráneas en áreas rurales.

Las formas de mayor interés del nitrógeno son: nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos, nitrógeno de nitratos y nitrógeno orgánico. La Metahemoglobinemia es una enfermedad provocada por el exceso de nitratos. Indican la posible presencia de otros contaminantes más peligrosos procedentes de las residencias o de la agricultura, tales como bacterias o pesticidas.<sup>32</sup>

## 8) Fósforo (P)

El fósforo puede ser encontrado en el ambiente más comúnmente como fosfato. El exceso de fosfato es perjudicial para la salud. La contaminación del agua por fosfatos se da principalmente por cultivos, debido a la adición de fertilizantes.

El sitio *web Lenntech*<sup>33</sup> menciona que el incremento de la concentración de fósforo en las aguas superficiales aumenta el crecimiento de organismos dependientes del fósforo, como son las algas, estos usan grandes cantidades de oxígeno y

---

<sup>31</sup> *Ibíd.*

<sup>32</sup> Lenntech. Nitratos, 2 014. <http://www.lenntech.es/nitratos.htm>. (04 de marzo de 2 014).

<sup>33</sup> Lenntech. Fósforo, 2 014. <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/p.htm>. (04 de marzo de 2 014).

previenen que los rayos de sol entren en el agua. Esto hace que el agua sea poco adecuada para la vida de otros organismos. Éste fenómeno es conocido como eutrofización.

## 9) Cobre (Cu)

De igual manera que el fósforo, el cobre es una sustancia muy común que ocurre naturalmente y se extiende en del ambiente a través de fenómenos naturales. Usualmente compuestos del cobre solubles en agua ocurren en el ambiente después de liberarse a través de aplicaciones en la agricultura.

Cuando el cobre termina en el suelo este es fuertemente atado a la materia orgánica y minerales. Como resultado este no viaja muy lejos antes de ser liberado y es difícil que entre en el agua subterránea. En el agua superficial el cobre puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres.<sup>34</sup>

## 10) Hierro (Fe)

El exceso de este elemento crea problemas en los suministros de agua y su aparición es muy común en el agua subterránea. Flor de María Solórzano menciona en su documento utilización de arena verde (Cullisorb) y Antracita en un filtro piloto para la remoción de hierro y manganeso<sup>35</sup> que los problemas con el hierro predominan cuando el carbonato ferroso está presente en el suelo como compuestos férricos insolubles.

---

<sup>34</sup> Lenntech. *Cobre*. 2 014. <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm>. (17 de agosto de 2 014)

<sup>35</sup> Flor de María Solórzano. *Utilización de arena verde (Cullisorb) y Antracita en un filtro piloto para la remoción de hierro y manganeso del agua del pozo "diamante dos" de la planta de bombeo "Ojo de Agua -Diamante", de la ciudad de Guatemala*. (Guatemala, 2 002). 26.

Las aguas subterráneas que contienen cantidades apreciables de hierro o manganeso carecen siempre de Oxígeno disuelto y poseen un alto contenido de CO<sub>2</sub>. El alto contenido de CO<sub>2</sub> indica que ha existido oxidación bacteriana de la materia orgánica; la ausencia de oxígeno disuelto indica que se han desarrollado condiciones anaeróbicas. A los pozos que producen agua de buena calidad, con bajo contenido de hierro y manganeso, se les deteriora la calidad del agua cuando se han descargado residuos orgánicos sobre el suelo alrededor del pozo y se generan condiciones anaeróbicas.<sup>36</sup>

### 11) Cinc (Zn)

El sitio *web Lenntech*<sup>37</sup> menciona que la solubilidad del cinc depende de la temperatura y del pH del agua en cuestión. Cuando el pH es casi neutro, el cinc es insoluble en el agua. La solubilidad del cinc en el agua aumenta con la acidez. Por encima del pH 11, la solubilidad también aumenta. La mayor parte del cinc presente en las aguas residuales no procede de fuentes puntuales, sino que procede principalmente de aguas superficiales ricas en cinc. Los minerales del cinc más significativos son la esfalerita (ZnS) y smithsonita (ZnCO<sub>3</sub>).

### 12) Boro (B)

El boro ocurre de forma natural en el medioambiente debido a que es liberado al aire, suelo y agua a través de los procesos de erosión. Este puede también aparecer en el agua subterránea en muy pequeñas cantidades.

---

<sup>36</sup> *Ibíd.*

<sup>37</sup> Lenntech. *Cinc (Zn) y agua.* 2 014.  
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm>. (17 de agosto de 2 014).

J. Martínez, D. Cervantes, E. Gonzales y A. Valverde mencionan en su documento titulado Estudio de la contaminación por boro:

“Las aguas superficiales rara vez contienen niveles tóxicos de boro, pero los brotes y las aguas de pozo pueden contener concentraciones tóxicas, principalmente en las cercanías de fallas sísmicas y áreas geotérmicas”.<sup>38</sup>

### **13) Demanda química de oxígeno – DQO**

La demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. En el cuadro 4 se muestra la escala de clasificación de la demanda química de oxígeno:

---

<sup>38</sup> José Martínez, Et. Al. *Estudio de la contaminación por Boro en los campos de Nijar, Dalas y de las cuencas bajas de los ríos Adra y Andarax*. (España, 1 988). 256.

### CUADRO 4 CLASIFICACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

| CRITERIO (mg/L) | CLASIFICACIÓN   | COLOR           |
|-----------------|---|-----------------|
| DQO ≤ 10        | <b>EXCELENTE</b><br>No contaminada  | <b>AZUL</b>     |
| 10 ≤ DQO ≤ 20   | <b>BUENA CALIDAD</b><br>Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable   | <b>VERDE</b>    |
| 20 ≤ DQO ≤ 40   | <b>ACEPTABLE</b><br>Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente | <b>AMARILLO</b> |
| 40 ≤ DQO ≤ 200  | <b>CONTAMINADA</b><br>Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal  | <b>NARANJA</b>  |
| DQO > 200       | <b>FUERTEMENTE CONTAMINADA</b><br>Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales                     | <b>ROJO</b>     |

**FUENTE:** Tomado y modificado de: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/contenido/documentos/DQO.pdf> (17 de agosto de 2 014).

En otras palabras, la demanda química de oxígeno es quién determina la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua<sup>39</sup>.

#### 14) Demanda bioquímica de oxígeno – DBO

Es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general, residuales<sup>40</sup>; su aplicación permite calcular los efectos

<sup>39</sup> Laboratorio de química ambiental. *Demanda química de oxígeno. 1 997.* [http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Determinacion\\_de\\_DQO.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DQO.htm). (17 de agosto de 2 014).

<sup>40</sup> Laboratorio de química ambiental. *Demanda bioquímica de oxígeno. 1 997.* [http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Determinacion\\_de\\_DBO5.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm). (17 de agosto de 2 014).

de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.

La diferencia principal entre la DBO y la DQO es que la DQO engloba la DBO, es decir, la DBO es parte de la DQO pero incluye más datos. DBO y DQO son dos conceptos relacionados. Los gramos o miligramos de oxígeno se refieren, en el caso de la DBO, a los requeridos por la degradación biológica de la materia orgánica; mientras que en el caso de la DQO representan los necesarios para la degradación química de la materia orgánica<sup>41</sup>. La clasificación general de la DBO se muestra en el cuadro 5.

---

<sup>41</sup> Agua y depuración. *¿Qué diferencia hay entre DBO y DQO?*. 2 013. <http://www.aguaydepuracion.com/que-diferencia-hay-entre-dbo-y-dqo/> (17 de agosto de 2 014).

### CUADRO 5 CLASIFICACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

| DBO (mg/L)     | CLASIFICACIÓN   | COLOR           |
|----------------|---|-----------------|
| DBO ≤ 3        | <b>EXCELENTE</b><br>No contaminada  | <b>AZUL</b>     |
| 3 ≤ DBO ≤ 6    | <b>BUENA CALIDAD</b><br>Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable  | <b>VERDE</b>    |
| 6 ≤ DBO ≤ 30   | <b>ACEPTABLE</b><br>Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente | <b>AMARILLO</b> |
| 30 ≤ DBO ≤ 120 | <b>CONTAMINADA</b><br>Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal  | <b>NARANJA</b>  |
| DBO > 120      | <b>FUERTEMENTE CONTAMINADA</b><br>Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales                     | <b>ROJO</b>     |

**FUENTE:** Tomado y modificado de:  
[http://books.google.com.gt/books?id=uWlrkIx-r3oC&dq=demanda+bioqu%C3%ADmica+de+oxigeno+tabla&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.com.gt/books?id=uWlrkIx-r3oC&dq=demanda+bioqu%C3%ADmica+de+oxigeno+tabla&hl=es&source=gbs_navlinks_s) (17 de agosto de 2014).

#### 15) Sólidos totales

Es la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables a través de una membrana con poros de 2.0 µm.

Las concentraciones de sólidos disueltos totales guardan una correlación positiva con la productividad en lagos. Al mismo tiempo los sólidos disueltos afectan la penetración de

luz en la columna de agua y la absorción selectiva de los diferentes largos de onda que integran el espectro visible.<sup>42</sup>

## 16) Sólidos totales sedimentables

Los sólidos sedimentables son los materiales que sedimentan de una suspensión en un período de tiempo definido. Según el sitio *web* Recinto Universitario de Mayagüez<sup>43</sup> estos sólidos son los causantes de que el tiempo de vida de los lagos y lagunas termine o sea más corto, ya que se van hacia el fondo de los cuerpos de agua y van reduciendo su altura o profundidad y por consecuencia la capacidad para almacenar agua.

### 1.2.3 Geología Regional

El estudio de impacto ambiental hecho por *Petro Latina Corporation*<sup>44</sup> menciona que el área de estudio se encuentra ubicada al suroeste de la subcuenca Petén Sur o Chapayal (Figura 4). En esta subcuenca la columna estratigráfica está formada por una gruesa secuencia de rocas de edades Jurásico, Cretácico y Terciario, esto de acuerdo al mapa geológico de la república de Guatemala, escala 1:50 0000.

Las rocas que afloran en el área están asignadas al Cretácico-Terciario (Kts). Las formaciones Sepur (Grupo Verapaz), Toledo, Reforma y Cambio (Grupo Petén), son asignadas al Terciario y consisten predominantemente en sedimentos clásticos marinos del Campaniano-Eoceno. Asignadas al Cretácico (Ksd) afloran las

---

<sup>42</sup> Parámetros físico-químicos: sólidos disueltos totales. <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-tds.pdf>. (17 de agosto de 2 014).

<sup>43</sup> Química ambiental. Determinación de sólidos. <http://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2013/08/practica-2-sc3b3lidos.pdf>. (17 de agosto de 2 014).

<sup>44</sup> Estudio de impacto ambiental – Petro Latina Corporations. Ixcan, Quiché - Cobán, Alta Verapaz, 2 005. 101.

Formaciones Cobán y Campur, que consiste en carbonatos, de edades Neocomiano-Campaniano.

El área de estudio se ubica en una zona plegada, cuyos ejes de estructuras antiformes y sinformes se orientan de manera general *NW-SE*, haciéndose *E-W* hacia la parte *S* y *SE* del área en estudio. Debido al tipo de tectónica compresiva se interpretan también fallas inversas paralelas a los ejes de plegamientos.

#### **a. Formación Cobán**

Está caracterizada por su edad Albiana-Cenomaniana y un espesor de 16,000 pies. Está compuesta de una secuencia carbonática y evaporítica depositada en un ambiente somero marino asociado con depósitos tipo *Sabkha*. Esta formación es considerada como el más importante objetivo para la industria petrolera debido a los depósitos de arrecifes que trabajan como reservorios de hidrocarburos<sup>45</sup>.

#### **b. Formación Campur**

Definida en afloramientos con un límite inferior transicional en la cuenca completa, con la excepción de las Montañas Maya donde la base es discordante. Esta consiste en calizas fosilíferas con unas cuantas pasadas dolomíticas. Tiene una sección característica compuesta de lutita, limolita, calizas brechosas o conglomerados. Un ambiente de ante arrecife ha sido sugerido para esta formación.<sup>46</sup>

#### **c. Formaciones Terciarias y Recientes**

Las Formaciones Terciarias se localizan en las zonas más planas dentro del área en estudio, casi no presentan afloramientos

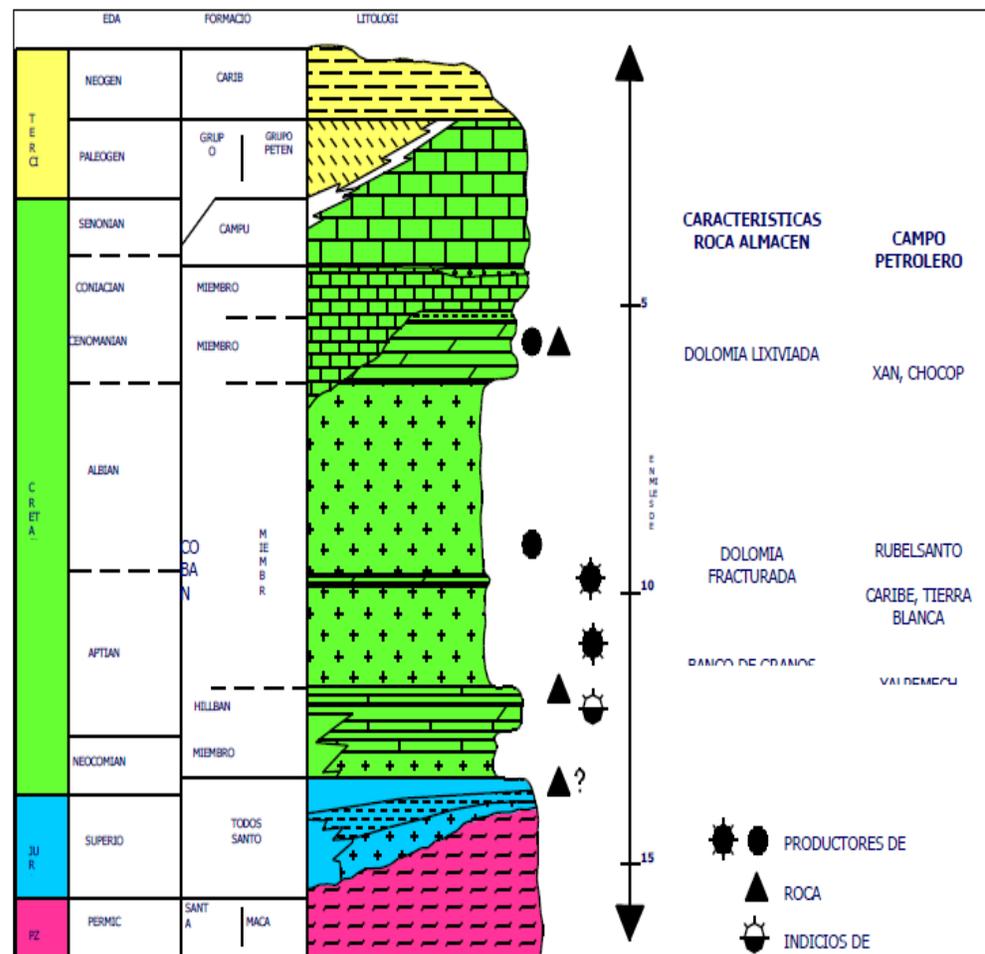
---

<sup>45</sup> *Ibíd.*

<sup>46</sup> *Ibíd.*

que sean fáciles de distinguir, sin embargo se reportan del Terciario superior predominantemente continentales del tipo conglomerados y areniscas de poco a muy consolidadas. También se reportan Sedimentos marinos del Paleoceno-Eoceno (Tpe). Los Aluviones Cuaternarios (Qa) en el área se distribuyen principalmente en las zonas de inundación de los ríos del área, principalmente el Chixoy.<sup>47</sup>

**FIGURA 4**  
**COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA PETÉN SUR**



FUENTE: *Petro Latina Corporation*. Estudio de impacto ambiental. 2 005.

<sup>47</sup> *Ibíd.*, 105.



## **CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA**

### **2.1 Introducción a la investigación**

La investigación se fundamenta en el análisis físico-químico de las tres lagunas localizadas sobre el Cerro Tortugas, dentro de la finca municipal de Salinas de los Nueve Cerros, del municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz.

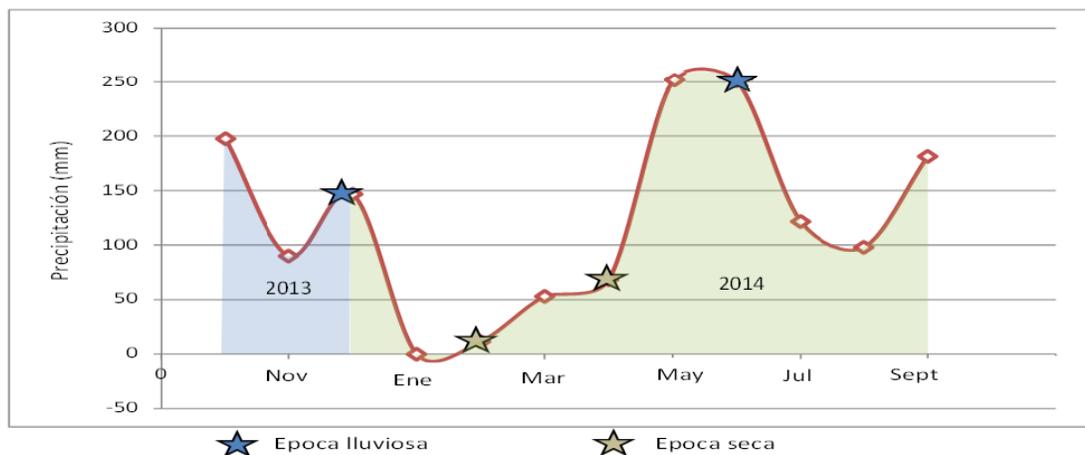
Se determinaron las características físicas y químicas de las lagunas y su evolución en el tiempo (8 meses). De igual manera, se realizó un cartografiado geológico en un área de 12 km<sup>2</sup>, a escala 1:10 000, para comprender la influencia que la litología tenga sobre la composición del agua, realizando un reconocimiento litológico de campo.

### **2.2 Aspectos metodológicos**

Para el monitoreo de las 3 lagunas, se definieron las épocas de muestreo, en base al gráfico de precipitación anual (figura 5) de la estación hidrométrica San Agustín Chixoy, ya que es la que se localiza más cerca del área de estudio, específicamente al norte. Las épocas de muestreo quedaron definidas como: época seca o de estiaje y época lluviosa, tomando 2 muestras para cada época, haciendo un total de 4 monitoreos.

Por medio de afloramientos, se definieron las características litológicas del área, representándolas en un mapa geológico (Anexo 1). Para el análisis de las muestras de agua se aplicaron los métodos cualitativos y cuantitativos (físico-químicos). En el primero se definieron las propiedades organolépticas, analizadas en campo como el color, el olor y turbiedad, las cuales fueron la base para el segundo método: los cuantitativos, que se realizaron con las mediciones y toma de datos tanto en campo como en laboratorio para determinar la geoquímica del agua.

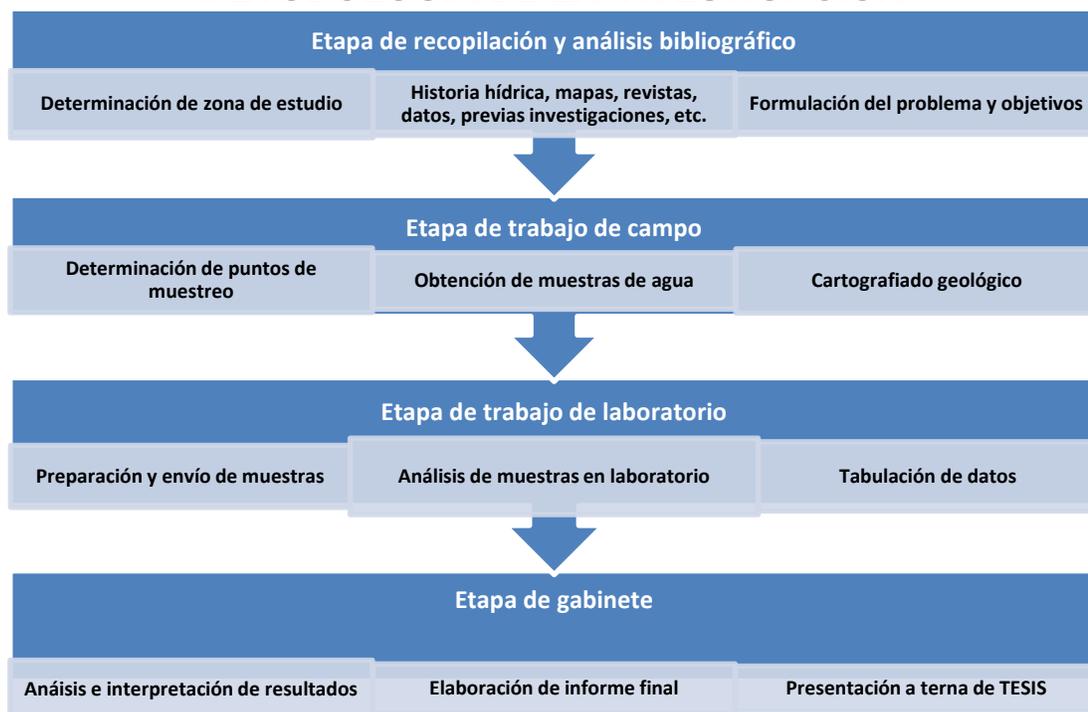
**FIGURA 5**  
**PRECIPITACIÓN (Estación San Agustín Chixoy)**



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

La metodología de la investigación queda definida en la figura 6 para una mejor interpretación.

## FIGURA 6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

### 2.2.1 Recopilación y análisis bibliográfico

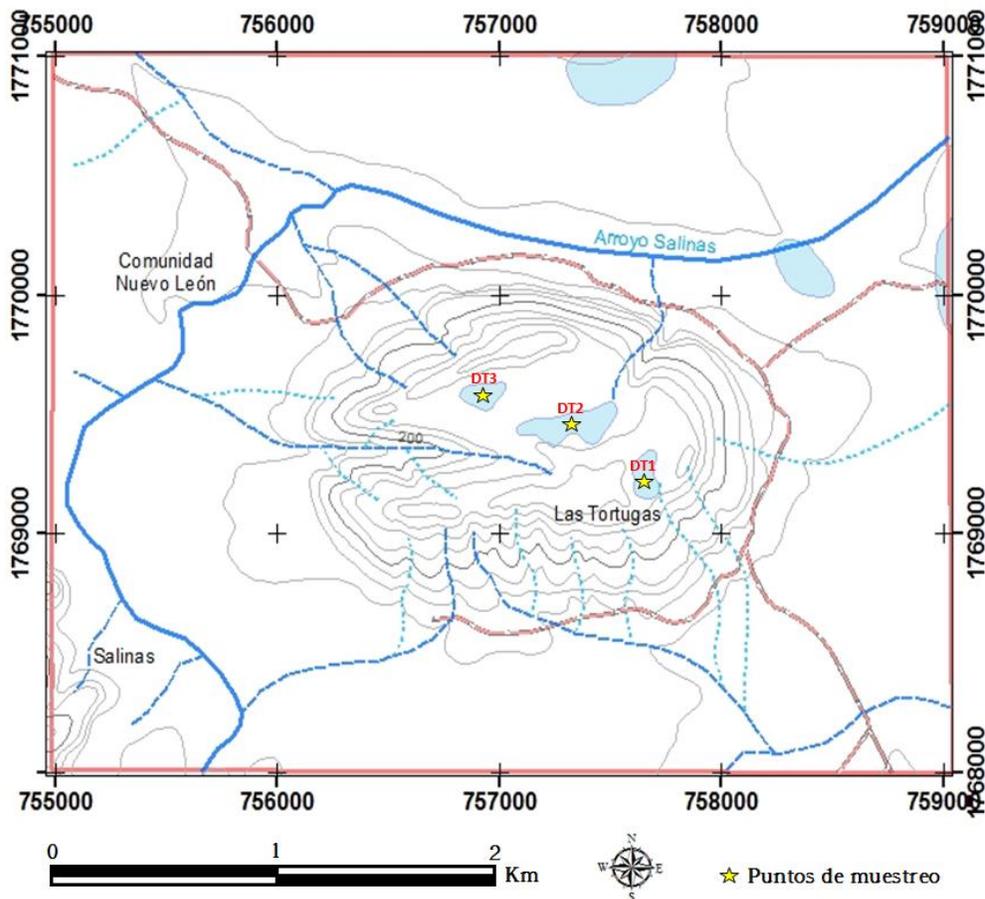
En esta etapa se llevó a cabo la recopilación de información referente al tema de estudio, incluyendo las investigaciones que se han hecho en el área, mapas topográficos, geológicos y fotos aéreas y otras fuentes bibliográficas relacionadas a los temas de hidrogeoquímica y geología. En esta etapa se realizó el mapa de lineamientos y el mapa base a escala 1:10 000 del área de estudio.

### 2.2.2 Trabajo de campo

En esta etapa se efectuaron las visitas al área, iniciando con un reconocimiento, utilizando el mapa base y *GPS*, localizando los puntos de muestreo en las 3 lagunas (DT1, DT2 y DT3, ver ubicación en Mapa 8), en donde se realizaron las pruebas de campo y se recolectaron las muestras para su análisis químico. Se tomó 1 litro de

agua por muestra (1 muestra por cada laguna), la cual se conservó a una temperatura menor de 4°C, para su traslado al laboratorio.

### MAPA 8 PUNTOS DE MUESTREO DEL ÁREA DE ESTUDIO



FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

Así mismo, se realizó el levantamiento geológico superficial del área de 12 km<sup>2</sup>, en base al método de afloramiento. Se realizó la medición de las estructuras geológicas utilizando el método de *Dip/Dir* (buzamiento o inclinación y dirección de inclinación) con herramientas como brújula, martillo y lupa. Al mismo tiempo se fueron reconociendo y delimitando las unidades litológicas, para ser representarlas en el mapa geológico local.

En el siguiente mapa se muestra el mapa de los puntos de muestreo para una mejor referencia.

### 2.2.3 Laboratorio

Los parámetros químicos analizados en el laboratorio fueron los siguientes:

✓ **Análisis químico:** pH, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, cobre, hierro, manganeso, zinc, boro, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, razón de adsorción de sodio, conductividad eléctrica, dureza y alcalinidad

Según el laboratorio en donde las muestras fueron analizadas, ANALAB, la metodología necesaria para el análisis químico se enlista en el cuadro 6.

**CUADRO 6  
METODOLOGÍA DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS  
QUÍMICO DEL AGUA (QUÍMICOS)**

| PARÁMETRO                 | METODOLOGÍA  |
|---------------------------|--|
| pH                        | Método potenciométrico.  |
| Elementos                 | Fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, cobre, hierro, manganeso, zinc, boro: método de digestión con microondas y lectura por espectrometría de emisión óptica con acoplamiento de plasma inductivo (ICP-OES). |
| Carbonatos y Bicarbonatos | Método por titulación de ácido base.   |
| Sulfatos                  | Método de determinación con kit en cubetas de Merck.   |
| Cloruros                  | Método de determinación por kit de Merck en celda.   |
| Nitratos                  | Método de determinación con kit en cubetas de Merck.   |
| Conductividad Eléctrica   | Método conductimétrico.  |
| Dureza                    | Método por titulación complejométrica.   |

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de Anacafé -ANALAB-

✓ **Análisis de aguas servidas:** Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.), Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.Q.O.<sub>5</sub>), Sólidos totales, Sólidos totales sedimentables.

Según el laboratorio en donde las muestras fueron analizadas, ANALAB, la metodología necesaria para el análisis químico se enlista en el cuadro 7.

**CUADRO 7**  
**METODOLOGÍA DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS**  
**QUÍMICO DEL AGUA (AGUAS SERVIDAS)**

| PARÁMETRO                                  | METODOLOGÍA                                 |
|--|---|
| <b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>    | Método de determinación con kit en cubetas. |
| <b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</b> | Método Respirométrico.                      |
| <b>Nitrógeno total</b>                     | Método de determinación con kit en cubetas. |
| <b>Fósforo total</b>                       | Método de determinación con kit en cubetas. |
| <b>Sólidos Totales (ST)</b>                | Método de diferencias de pesos.             |
| <b>Sólidos Sedimentables (SS)</b>          | Método volumétrico en cono Imhoff.          |
| <b>Sólidos Totales Disueltos (STD)</b>     | Método de diferencias de pesos.             |
| <b>Sólidos Totales en Suspensión (STS)</b> | Método de diferencias de pesos.             |

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de Anacafé -ANALAB-

#### 2.2.4 Gabinete

Esta es la etapa final y comprende la interpretación y discusión de los resultados obtenidos en las anteriores etapas, en donde se incluye la redacción de este informe final. Se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos, para luego relacionar e interpretar cada uno, según sea el caso.

También se analizaron e interpretaron los resultados del trabajo de campo y con herramientas como *Rockware*, *Arcgis 10,2*, entre otros, para generar una representación gráfica de dichos resultados.

## **CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1 Geología local**

#### **3.1.1 Generalidades**

Las unidades litológicas encontradas en el área de estudio, han sido clasificadas principalmente por su contenido mineralógico y también por sus propiedades físicas como textura, color y localización geográfica. Estas unidades se dividieron en: Unidad de caliza (Cal), Unidad de Aluvión (Al) y Unidad de Coluvión (Col).

La mayoría de unidades litológicas exhiben un grado de meteorización II y III, definidos como roca sana con juntas teñidas de óxido y roca moderadamente meteorizada, respectivamente (Cuadro 8).

## CUADRO 8 ESCALA DE METEORIZACIÓN

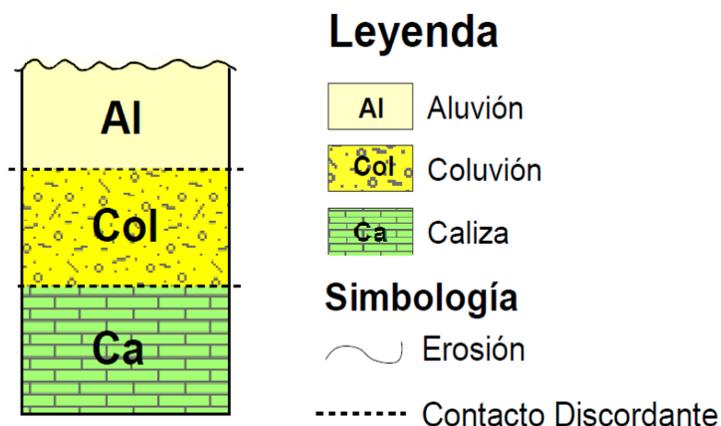
| Grado de Denominación | Criterios de Reconocimiento       | Meteorización  |
|-----------------------|-----------------------------------|--|
| I                     | Sana                              | Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa.  |
| II                    | Sana con juntas teñidas de óxidos | Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre ellas mantiene el color y el lustre de la roca sana.   |
| III                   | Moderadamente Meteorizada         | Claramente meteorizada a través de la petrofábrica reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variación de color en toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de fierro, la resistencia de la roca puede variar desde muy análoga a la roca grado II a bastante más baja, pero tal que trozos de 25 cm <sup>2</sup> de sección no pueden romperse a mano. |
| IV                    | Muy Meteorizada                   | Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse y romperse a mano, aunque sus elementos son perfectamente reconocibles.  |
| V                     | Completamente Meteorizada         | Material con aspecto de suelo, completamente descompuesto por meteorización "in-situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original. Los elementos constitutivos de la roca se encuentran diferenciados, aunque totalmente diferenciados.  |

**FUENTE:** Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia. UNASAM. Terzaghi, K., Peck, R. Disponible en: <http://www.unasam.edu.pe/facultades/minas/pdfs/8Trabajo.pdf> p 4.

### 3.1.2 Estratigrafía

Usando como base la estratigrafía, se elaboró una columna litoestratigráfica, representada en la figura 7, en la cual se muestran las relaciones deposicionales verticales existentes entre las unidades litológicas del área de estudio, siendo la base la unidad más antigua y el techo la unidad más reciente.

**FIGURA 7**  
**COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO**



**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

### 3.1.3 Unidades litológicas

Las unidades litológicas se han dividido en tres, las cuales se muestran a continuación, en orden de la más antigua a la más reciente. El mapa geológico se muestra en el anexo 1.

#### a. Unidad de Caliza (Ca)

Esta unidad está localizada al centro de la zona de estudio, con un área de 2 km<sup>2</sup>, que corresponde a un 16,7% del total. Se observa principalmente en las laderas del Cerro Tortugas y sus mejores exposiciones se encuentran en la parte norte y suroeste de dicho cerro (Fotografía 1). Se observaron bloques rodados en quebradas y pie de monte del cerro, de entre 0,3 m a 1 m, principalmente al norte y oeste.

# FOTOGRAFÍA 1 AFLORAMIENTO DE CALIZA AL NORTE DEL CERRO TORTUGAS

(UTM 15P 757310mE; 1770024 mN)



**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

En afloramiento la roca es de coloración gris amarillento y en muestra de mano se aprecia el color gris claro. Se observa de manera masiva y en algunos casos, fracturada, estratificada y fallada.

Macroscópicamente, la roca es dura al golpe de martillo, presenta una matriz clara, entre gris y beige y una textura *mudstone* (matriz fina, menos del 10% de granos).

## **b. Unidad de Aluvión (AI)**

Se determinaron unidades de aluvión o depósitos aluviales en las partes planas del área de estudio, ya que esta unidad se encuentra estrechamente relacionada con las zonas de inundación. Las principales exposiciones se observaron en las partes bajas, específicamente en la periferia del Cerro Tortugas (Fotografía 2).

Abarca un área de 9 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 75% del total del área de estudio. Los depósitos presentan un tamaño de grano de entre 0,5 mm a 10 cm, muy redondeados y altamente meteorizados.

Las quebradas no son de gran magnitud, catalogadas en su mayoría como efímeras (mapa 6). Esta unidad está compuesta principalmente por fragmentos líticos de Caliza y Yeso.

**FOTOGRAFÍA 2**  
**ALUVIÓN EN ARROYO SALINAS**  
(UTM 15P 756346mE; 1770413 mN)



**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

### **c. Unidad de Coluvión (Col)**

Unidad que se dispone espacialmente en el sector norte y oeste del área de estudio y abarca un área de 1 km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 8,3% del total del área de estudio.

La zona de coluvión se compone por bloques de distintos tamaños de caliza, los de mayor tamaño se encuentran en la parte norte del Cerro Tortugas. Son de sub-angulosos a redondeados y las dimensiones aproximadas de los bloques que componen dicha zona de coluvión varían desde cuerpos de entre 0,30 m a 2,0 m de diámetro y en su mayoría, se encuentran meteorizados (grado IV) y cubiertos de vegetación (Fotografía 3).

**FOTOGRAFÍA 3**  
**COLUVIÓN AL NORTE DEL CERRO TORTUGAS**  
(UTM 15P 757686 mE; 1770267 mN)



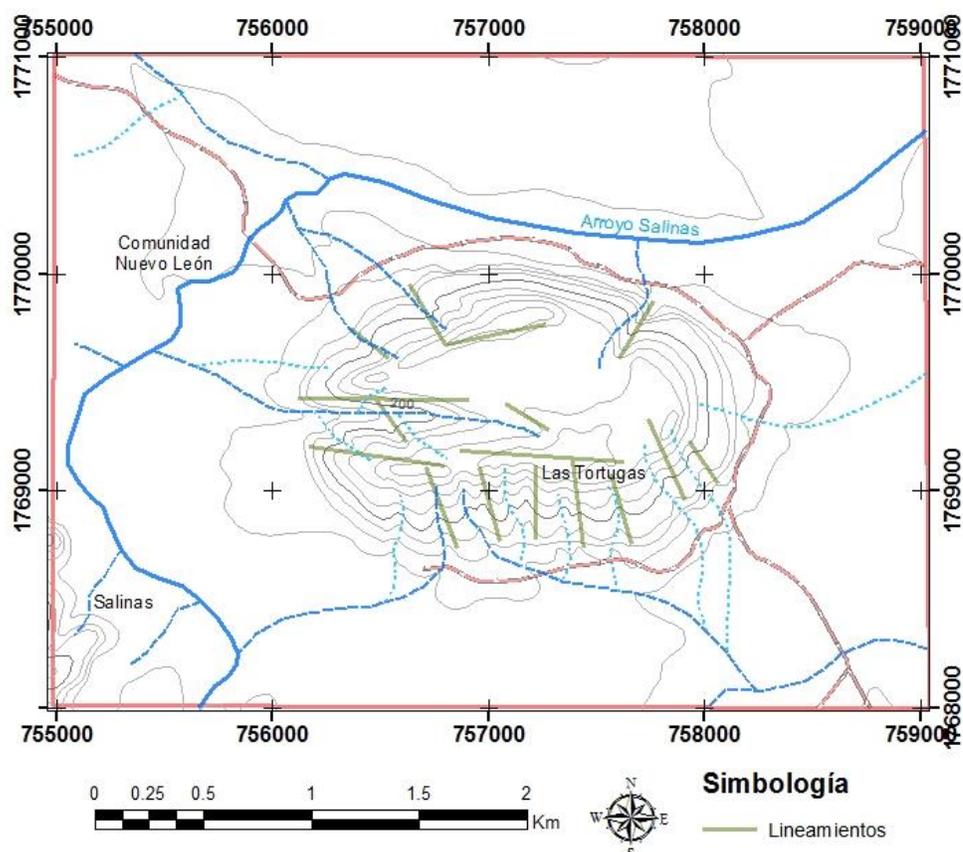
FUENTE: Investigación de campo. Año 2 014.

### **3.1.4 Geología estructural local**

#### **a. Lineamientos**

Fue necesario el análisis de fotografías aéreas, mapas topográficos y el mapa de relieve (Hill 50) de la república de Guatemala para realizar un mapa de lineamientos (Mapa 9), el cual permite definir el patrón preferencial a través de un diagrama de rosas.

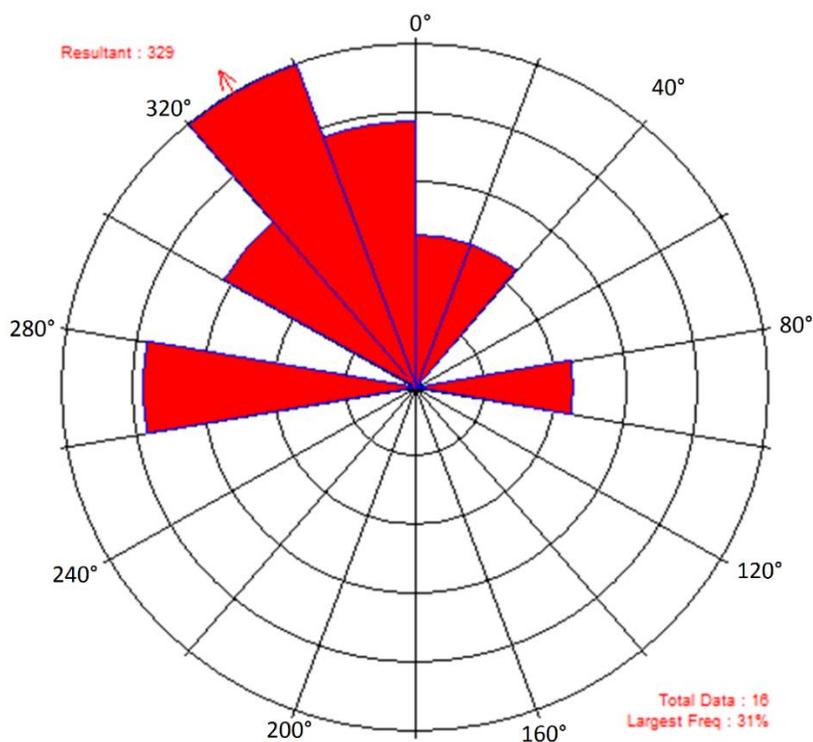
## MAPA 9 LINEAMIENTOS DEL ÁREA DE ESTUDIO



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

El mapa de lineamientos es utilizado principalmente para interpretar de manera regional la geología estructural del área. La relación sobre la orientación preferencial de estos lineamientos se representa en el siguiente diagrama de roseta (figura 8).

**FIGURA 8**  
**DIAGRAMA DE ROSAS DE LOS LINEAMIENTOS**



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

De acuerdo a la figura anterior, se observan dos direcciones preferenciales de los lineamientos, la primera tiene una dirección Noroeste (N329°) y la segunda presenta una orientación en dirección Oeste (N270°).

#### **b. Fracturas**

Este tipo de estructuras se lograron apreciar únicamente en la unidad de caliza (Fotografía 4), en su mayoría, en la parte norte del Cerro Tortugas. Para representar la disposición de dichas fracturas se presentan un diagrama de rosa (Figura 9).

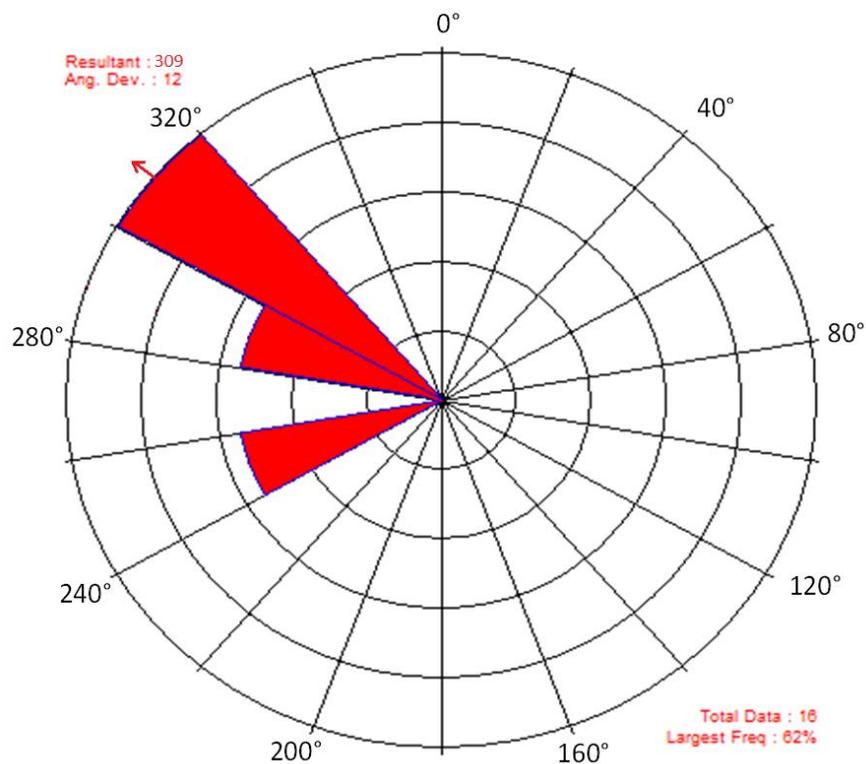
**FOTOGRAFÍA 4**  
**DISPOSICIÓN DE FRACTURAS EN AFLORAMIENTO**  
**DE CALIZA**

(UTM 15P 757310 mE; 1770024 mN)



**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

**FIGURA 9**  
**DIAGRAMA DE ROSAS PARA FRACTURAS**



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

La orientación preferencial de las fracturas de la figura anterior, se encuentra en dirección Noroeste (309°). Las fracturas guardan cierto grado de relación con la dirección de los lineamientos, pues en ambas se presenta una dirección preferencial hacia el Noroeste.

### c. Estratificación

La estratificación se observó en la unidad de caliza, específicamente en los dos afloramientos más grandes localizados al Norte y Sur del Cerro Tortugas (Fotografía 5).

**FOTOGRAFÍA 5**  
**ESTRATIFICACIÓN EN AFLORAMIENTO DE CALIZA**  
(UTM 15P 756832 mE; 1769918 mN)

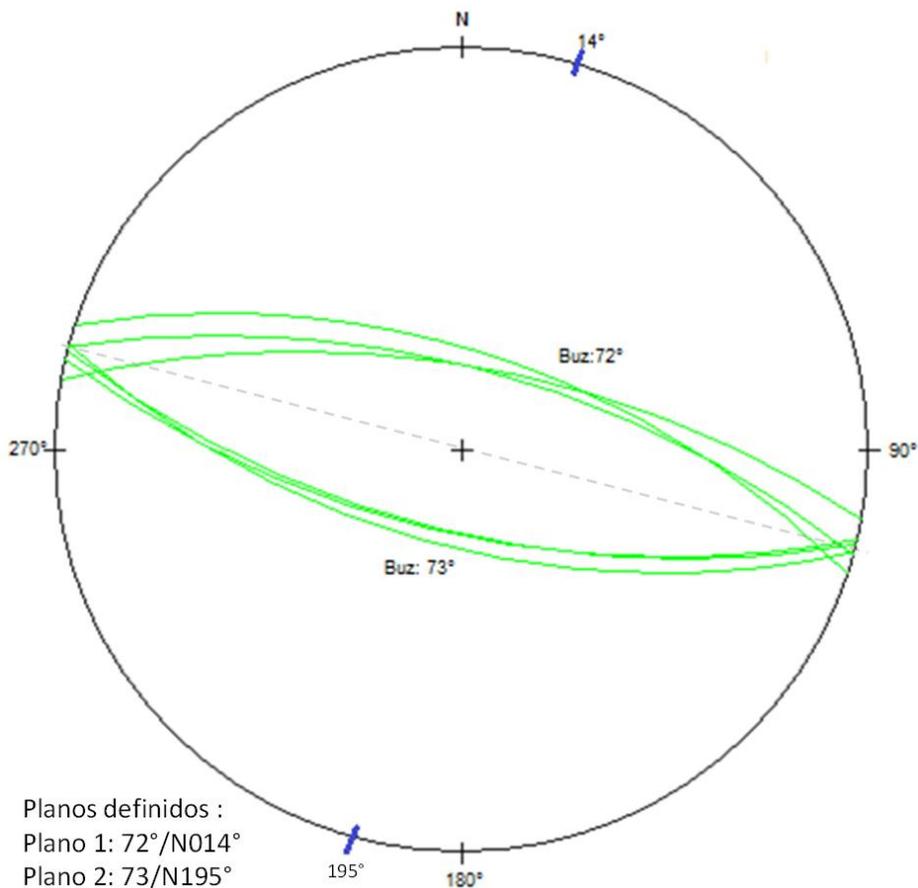


**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

Para la estratificación localizada en el afloramiento Norte se notó una dirección de inclinación promedio de  $N014^\circ$  y una inclinación de buzamiento promedio de  $72^\circ$ . En el afloramiento Sur del cerro, la estratificación evidencia una dirección de inclinación preferencial  $N195^\circ$  y el buzamiento promedio se encuentra en  $73^\circ$ .

En la figura 10 se muestra la representación gráfica de la estratificación en un estereograma, ubicando las dos direcciones de inclinación preferenciales ( $N014^\circ$  y  $N195^\circ$ ) y los ángulos de inclinación promedio para cada afloramiento ( $72^\circ$  y  $73^\circ$ ).

**FIGURA 10**  
**ESTEREOGRAMA PARA ESTRATIFICACIÓN**



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

### 3.2 Análisis físico-químico de las lagunas

El monitoreo de los análisis físico-químicos de las lagunas del Cerro Tortugas se realizó en los meses de diciembre 2 013 y febrero 2 014 (época lluviosa) y abril y junio de 2 014 (época seca), lo cual sirvió para contrastar y determinar las variaciones físicas y químicas de las aguas superficiales en estudio. Las lagunas fueron llamadas DT (por las siglas de Domo Tortugas) y enumeradas del 1 al 3 de la más cercana a la más lejana, del camino principal del cerro respectivamente (ver mapa 8 del capítulo anterior, página 36).

### 3.2.1 Resultados físicos

Durante la toma de muestras, se recolectaron datos *in situ* como el color, olor, turbiedad y temperatura de cada una de las lagunas en las cuatro fechas de muestreo. Los resultados físicos obtenidos en campo se detallan en el cuadro 9.

**CUADRO 9  
DATOS FÍSICOS**

| PARAMETRO               | DT1           |              |              |          | DT2      |             |              |                | DT3      |          |          |              |
|-------------------------|---------------|--------------|--------------|----------|----------|-------------|--------------|----------------|----------|----------|----------|--------------|
|                         | 2013          | 2014         |              |          | 2013     | 2014        |              |                | 2013     | 2014     |          |              |
|                         | Dic           | Feb          | Abr          | Jun      | Dic      | Feb         | Abr          | Jun            | Dic      | Feb      | Abr      | Jun          |
| <b>In Situ (Laguna)</b> |               |              |              |          |          |             |              |                |          |          |          |              |
| Temperatura (C°)        | 24.40         | 25.50        | 25.10        | 24.40    | 24.20    | 25.60       | 24.30        | 24.10          | 24.80    | 25.30    | 24.20    | 24.80        |
| Color                   | Salmón oscuro | Café verdosa | Verde oscuro | Verde    | Rosado   | Verde claro | Café verdosa | Verde amarille | Verde    | Café     | Café     | Verde oscuro |
| Olor                    | Azufre        | Inolora      | Inolora      | Inolora  | Azufre   | Azufre      | Azufre       | Inolora        | Inolora  | Inolora  | Inolora  | Inolora      |
| Turbiedad               | Media         | Alta         | Media        | Media    | Alta     | Alta        | Media        | Alta           | Alta     | Alta     | Media    | Media        |
| <b>Muestra</b>          |               |              |              |          |          |             |              |                |          |          |          |              |
| Color                   | Incolora      | Incolora     | Incolora     | Incolora | Incolora | Verdosa     | Incolora     | Incolora       | Incolora | Incolora | Incolora | Incolora     |
| Olor                    | Azufre        | Inolora      | Inolora      | Inolora  | Azufre   | Azufre      | Azufre       | Inolora        | Inolora  | Inolora  | Inolora  | Inolora      |
| Turbiedad               | Muy baja      | Baja         | Baja         | Baja     | Baja     | Media       | Baja         | Baja           | Baja     | Muy baja | Muy baja | Baja         |

**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

#### a. Color

Se observó una variación en la coloración de las lagunas, pasando desde café y verdes oscuros en época lluviosa, hasta verde claro y rosado en la época lluviosa (fotografía 6). La variación en color más notoria fue en la laguna DT2, principalmente en el monitoreo de diciembre 2 013 y febrero 2 014, pasando de color rosado a verde claro respectivamente (fotografía 7).

**FOTOGRAFÍA 6**  
**VARIACIÓN DE COLOR EN LAGUNA 1 (DT1)**  
(UTM 15P 757652 mE; 1769164 mN)



**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

En la fotografía anterior se observa la variación de la coloración de la laguna DT1 en los 4 períodos de monitoreo. La descripción de la coloración se realizó directamente a la laguna y el cambio de color se presentó de salmón oscuro, café verdoso, verde oscuro y verde, para diciembre 2 013, febrero, abril y junio 2 014 respectivamente. No se observó coloración al momento de tomar las muestras (incolora).

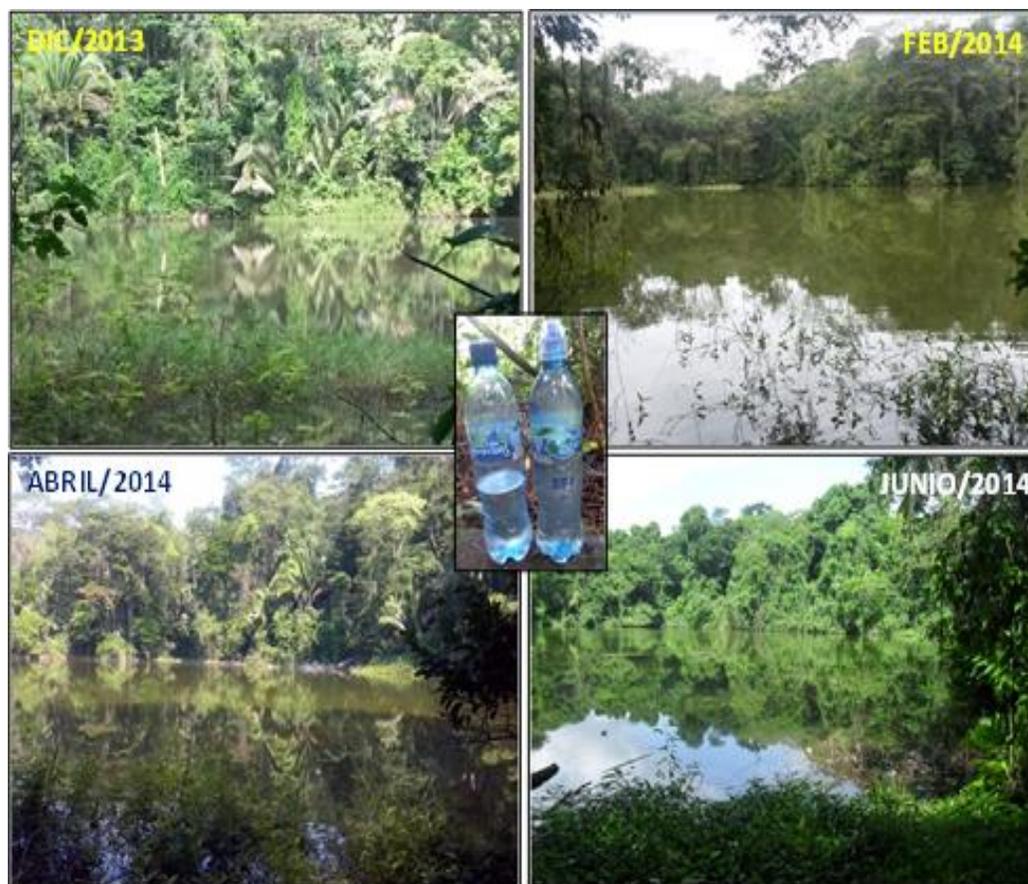
**FOTOGRAFÍA 7**  
**VARIACIÓN DE COLOR EN LAGUNA 2 (DT2)**  
(UTM 15P 757337 mE; 1769423 mN)



**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

La variación de la coloración de la laguna DT2 se muestra en la fotografía anterior en los 4 períodos de monitoreo. Esta laguna tuvo un cambio de coloración más evidente que las otras dos, principalmente entre el período de diciembre 2 013 y febrero 2 014. La coloración en laguna presentó una variación que va de rosado, verde claro, café verdosa y verde amarillento, para diciembre 2 013, febrero, abril y junio 2 014 respectivamente. No se observó coloración al momento de tomar las muestras (incolora).

**FOTOGRAFÍA 8**  
**VARIACIÓN DE COLOR EN LAGUNA 3 (DT3)**  
 (UTM 15P 756966 mE; 1769535 mN)



**FUENTE:** Investigación de campo. Año 2 014.

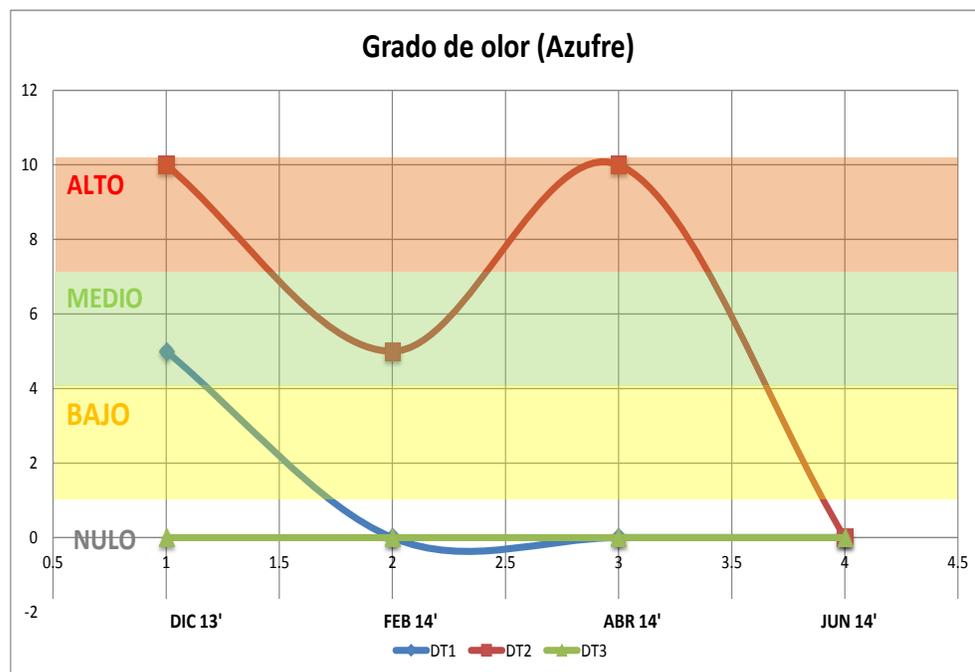
En la fotografía 8 se observa la variación de la coloración de la laguna DT3 en los 4 períodos de monitoreo. El cambio de color se presentó de verde, café, café y verde oscuro, para diciembre 2 013, febrero, abril y junio 2 014 respectivamente. No se observó coloración al momento de tomar las muestras (incolora).

**b. Olor**

Durante las etapas de muestreo, se identificó que el olor característico de las lagunas es a azufre (comúnmente relacionado al olor de huevo podrido). Para representar la escala de olor en la

figura 11, se tomó con valor de 10 la muestra con mayor grado de olor a azufre y con valor 0 la ausencia de olor a azufre.

**FIGURA 11**  
**VARIACIÓN DE OLOR EN LAS LAGUNAS**

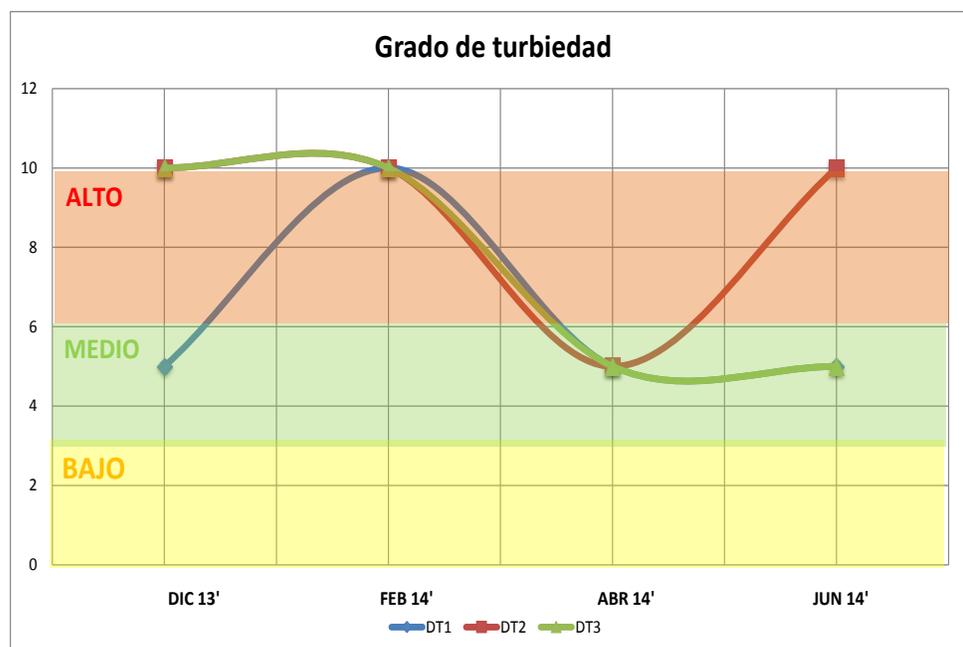


FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

### c. Turbiedad

La turbiedad fue un parámetro tomado en el campo, utilizando únicamente el medio visual. Para la determinación de los grados de turbiedad fue necesario sumergir una varilla de 1 m de largo. Si el extremo inferior de la varilla dejaba de ser visible en superficie a los 0,30 m de sumergido, la turbiedad se consideró como alta. Si el extremo inferior de la varilla dejaba de ser visible en superficie a los 0,60 m de sumergido, la turbiedad se consideró como media y si el extremo inferior de la varilla aún se veía en superficie al ser sumergido en su totalidad, la turbiedad se consideró como baja (Figura 12).

**FIGURA 12**  
**VARIACIÓN DE TURBIEDAD EN LAS LAGUNAS**



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

Es notorio el grado alto de turbiedad en las tres lagunas en el mes de febrero 2 014 y durante el muestreo de abril 2 014 presentaban un grado medio de turbiedad.

#### **d. Temperatura**

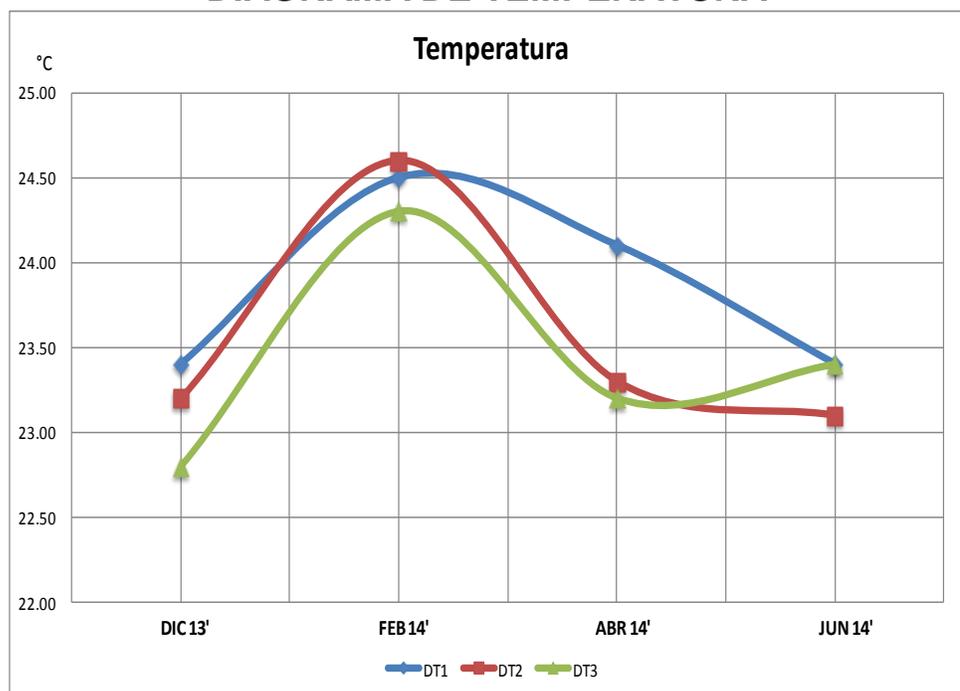
La toma de datos de temperatura se realizó con un termómetro mercurial de columna simple. En la figura 13 se observa que las mayores temperaturas se registraron en el mes de febrero 2014 en las tres lagunas con valores promedio de 25,5°C. Los valores de temperatura para cada laguna en sus diferentes etapas de muestreo se muestran en el cuadro 10.

**CUADRO 10  
TEMPERATURA**

| PARAMETRO        | DT1   |       |       |      | DT2   |       |       |       | DT3   |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 2013  |       | 2014  |      | 2013  |       | 2014  |       | 2013  |       | 2014  |       |
|                  | Dic   | Feb   | Abr   | Jun  | Dic   | Feb   | Abr   | Jun   | Dic   | Feb   | Abr   | Jun   |
| Temperatura (°C) | 24,40 | 25,50 | 25,10 | 24,4 | 24,20 | 25,60 | 24,30 | 24,10 | 24,80 | 25,30 | 24,20 | 24,80 |

FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

**FIGURA 13  
DIAGRAMA DE TEMPERATURA**



FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

### 3.2.2 Resultados químicos

Los datos de laboratorio se muestran en el cuadro 11.

## CUADRO 11 DATOS DE LABORATORIO

| PARAMETRO         | DT1                      |         |         |         | DT2     |         |         |         | DT3     |         |         |         |        |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|                   | Dic 13'                  | Feb 14' | Abr 14' | Jun 14' | Dic 13' | Feb 14' | Abr 14' | Jun 14' | Dic 13' | Feb 14' | Abr 14' | Jun 14' |        |
| pH                | 7,79                     | 8,29    | 7,92    | 7,87    | 8,12    | 8,21    | 7,9     | 8,02    | 7,86    | 8,35    | 7,8     | 7,36    |        |
| Alcalinidad (ppm) | 140,36                   | 166,25  | 145,00  | 72,5    | 127,5   | 120,00  | 173,13  | 45,00   | 336,25  | 130,00  | 151,88  | 66,25   |        |
| Dureza (ppm)      | 510,80                   | 620,00  | 636,80  | 317,60  | 400,40  | 398,00  | 943,60  | 215,80  | 676,00  | 568,00  | 508,80  | 201,60  |        |
| C.E. (dS/m)       | 0,92                     | 1,03    | 1,04    | 0,55    | 0,92    | 0,73    | 0,00    | 0,47    | 2,13    | 1,07    | 0,81    | 0,39    |        |
| RAS               | 0,15                     | 0,42    | 0,03    | 0,19    | 0,44    | 0,40    | 0,53    | 0,55    | 0,18    | 0,65    | 0,02    | 0,13    |        |
| Cation            | Ca (ppm)                 | 231,60  | 250,70  | 96,92   | 189,00  | 6,31    | 170,40  | 135,00  | 151,80  | 4,38    | 219,4   | 73,49   | 180,10 |
|                   | Mg (ppm)                 | 10,85   | 0,10    | 6,7     | 13,93   | 262,2   | 0,10    | 10,92   | 12,63   | 646,6   | 0,10    | 3,64    | 9,52   |
|                   | K (ppm)                  | 8,31    | 10,31   | 2,26    | 4,15    | 19,95   | 10,94   | 2,31    | 3,00    | 31,66   | 11,97   | 1,98    | 3,84   |
|                   | Na (ppm)                 | 8,79    | 24,06   | 1,30    | 9,93    | 33,20   | 19,16   | 24,04   | 26,24   | 20,86   | 34,87   | 0,68    | 6,44   |
| Anion             | CO <sub>3</sub> (ppm)    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | ND      | 0,00    | 0,00    | 0,00    | ND      | 0,00    | 0,00    | 0,00    | ND     |
|                   | HCO <sub>3</sub> (ppm)   | 172,33  | 204,35  | 175,38  | 89,98   | 155,55  | 146,40  | 213,50  | 54,90   | 411,75  | 158,60  | 184,53  | 80,83  |
|                   | Cl <sup>-</sup> (ppm)    | 1,90    | 3,30    | 5,20    | 1,20    | 28,15   | 3,90    | 64,70   | 16,30   | 17,70   | 33,70   | 7,50    | 1,60   |
|                   | SO <sub>4</sub> -2 (ppm) | 351,00  | 402,00  | 398,00  | 229,00  | 305,00  | 264,00  | 634,00  | 160,00  | 965,00  | 341,00  | 335,00  | 128,00 |
|                   | NO <sub>3</sub> - (ppm)  | 0,00    | 0,10    | ND      | 0,20    | 0,00    | 0,00    | ND      | 0,20    | 41,00   | 0,00    | ND      | 0,30   |
| Elemento          | P (ppm)                  | 2,9     | 0,10    | 0,10    | 2,48    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 1,11    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 1,07   |
|                   | Cu (ppm)                 | 0,40    | 0,40    | 0,10    | 0,02    | 0,40    | 0,40    | 0,10    | 0,02    | 0,40    | 0,40    | 0,10    | 0,02   |
|                   | Fe (ppm)                 | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,06    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,06    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,06   |
|                   | Mn (ppm)                 | 0,14    | 0,10    | 0,10    | 0,02    | 0,27    | 0,10    | 0,10    | 0,01    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,01   |
|                   | Zn (ppm)                 | 0,20    | 0,20    | 0,10    | 0,02    | 0,20    | 0,20    | 0,10    | 0,02    | 0,20    | 0,20    | 0,10    | 0,02   |
|                   | B (ppm)                  | 1,00    | 1,00    | 0,61    | 0,09    | 1,00    | 1,00    | 0,66    | 0,09    | 1,00    | 1,00    | 0,68    | 0,09   |
| pH                | 7,14                     | 8,36    | 7,94    | 7,89    | 7,21    | 7,91    | 7,93    | 8,02    | 6,95    | 8,45    | 7,81    | 7,36    |        |
| DQO (mg/L)        | 18,30                    | 85,00   | 34,10   | 28,00   | 40,30   | 110,00  | 35,10   | 22,20   | 2,80    | 90,00   | 31,90   | 24,90   |        |
| DBO5 (mg/L)       | 1,00                     | 20,00   | 7,00    | 4,00    | 6,00    | 30,00   | 8,00    | 5,00    | ND      | 25,00   | 4,00    | 1,00    |        |
| ST (mg/L)         | 1006,00                  | 892,00  | 903,00  | 831,00  | 1043,00 | 590,00  | 868,00  | 574,00  | 1914,00 | 888,00  | 973,00  | 412,00  |        |
| STS (mg/L)        | 113,00                   | 26,70   | 35,00   | 120,00  | 87,00   | 13,00   | 40,00   | ND      | 20,00   | 47,00   | 35,00   | ND      |        |
| N total (mg/L)    | 1,00                     | ND      | 1,20    | 0,70    | 2,20    | ND      | 1,50    | 0,70    | ND      | 2,00    | 0,90    | 0,50    |        |
| P total (mg/L)    | 0,10                     | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,10    | 0,10    |        |

ND: No detectable

**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

### 3.2.3 Clasificación de las lagunas

#### a. Potencial de Hidrógeno (pH)

El agua al entrar al contacto con la zona del suelo, donde es abundante el  $\text{CO}_2$ , adquiere un pH relativamente bajo, del orden de 4,5. Luego por interacción con las rocas carbonatadas éste tiende a elevarse hasta cerca de 7. Cuando esta interacción se produce durante un tiempo prolongado el agua incrementa su contenido de iones  $\text{HCO}_3^-$ , adquiriendo además iones  $\text{CO}_3^{2-}$ . En esas condiciones el pH puede alcanzar un valor cercano a 8,4.

Por lo general, en los arroyos y ríos de las regiones húmedas no kársticas el pH varía entre 5 y 6,5, mientras que en las regiones kársticas húmedas este valor suele estar comprendido entre 7 y 8. Las aguas marinas tienden a poseer un pH cercano a 8<sup>1</sup>. Basado en lo anterior, se muestrearon las lagunas durante la época lluviosa y seca, en las cuales se obtuvieron diversos datos de pH como se muestran en el cuadro 12.

**CUADRO 12**  
**DATOS OBTENIDOS DE pH**

| <b>FECHA</b>   | <b>DT1</b> | <b>DT2</b> | <b>DT3</b> |
|----------------|------------|------------|------------|
| <b>Dic 13'</b> | 7,79       | 8,12       | 7,86       |
| <b>Feb 14'</b> | 8,29       | 8,21       | 8,35       |
| <b>Abr 14'</b> | 7,92       | 7,90       | 7,80       |
| <b>Jun 14'</b> | 7,87       | 8,02       | 7,36       |

**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

En general el pH del agua se mantiene entre 7,36 - 8,35 en las tres lagunas, pero es notorio que en la laguna 1 (DT1) varía de 7,79 a 8,29, las muestras más ácidas se obtuvieron en el mes de

---

<sup>1</sup> Juan Reynerio Fagundo Castillo, Patricia Gonzales Hernández. Hidrogeoquímica. <http://www.fagundojr.com/documentos/Hidrogeoquimica.pdf>. La Habana, 2 005 (16 diciembre de 2 014).

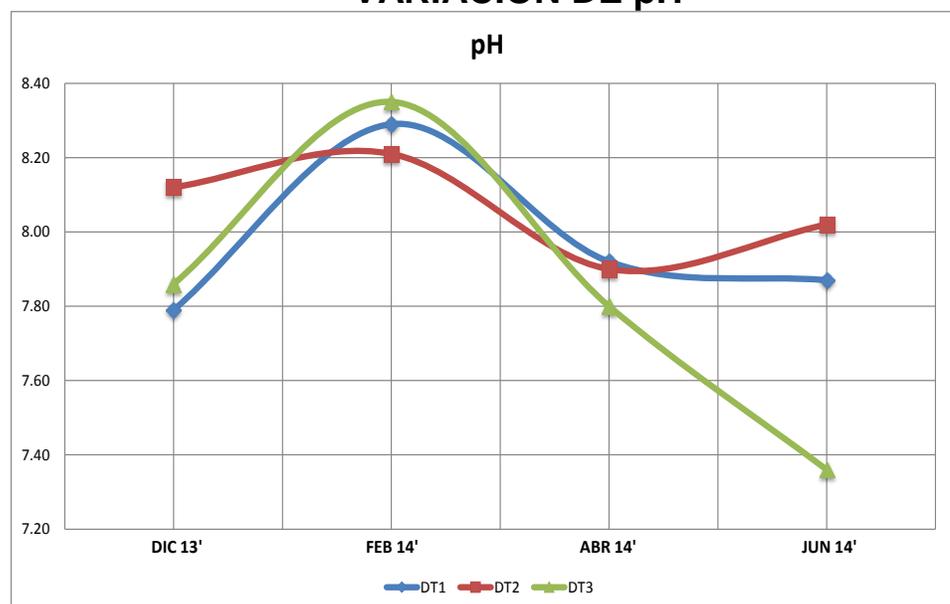
febrero con una variación de 0,5 en las épocas secas (abril y junio 2 014).

Las lagunas 2 (DT2) y laguna 3 (DT3) presentan una variación similar a la laguna 1 (DT1), ya que la laguna 2 posee un pH de 7,90 a 8,21 con una variación menor de 0,31 con respecto a la primera laguna.

En la muestra DT3, correspondiente a la laguna 3, se observa una variación de pH que va desde 7,36 (en época seca) a 8,35 (en época lluviosa) teniendo una variación mayor a las dos lagunas anteriores siendo esta de 0,99. (Mapa 10)

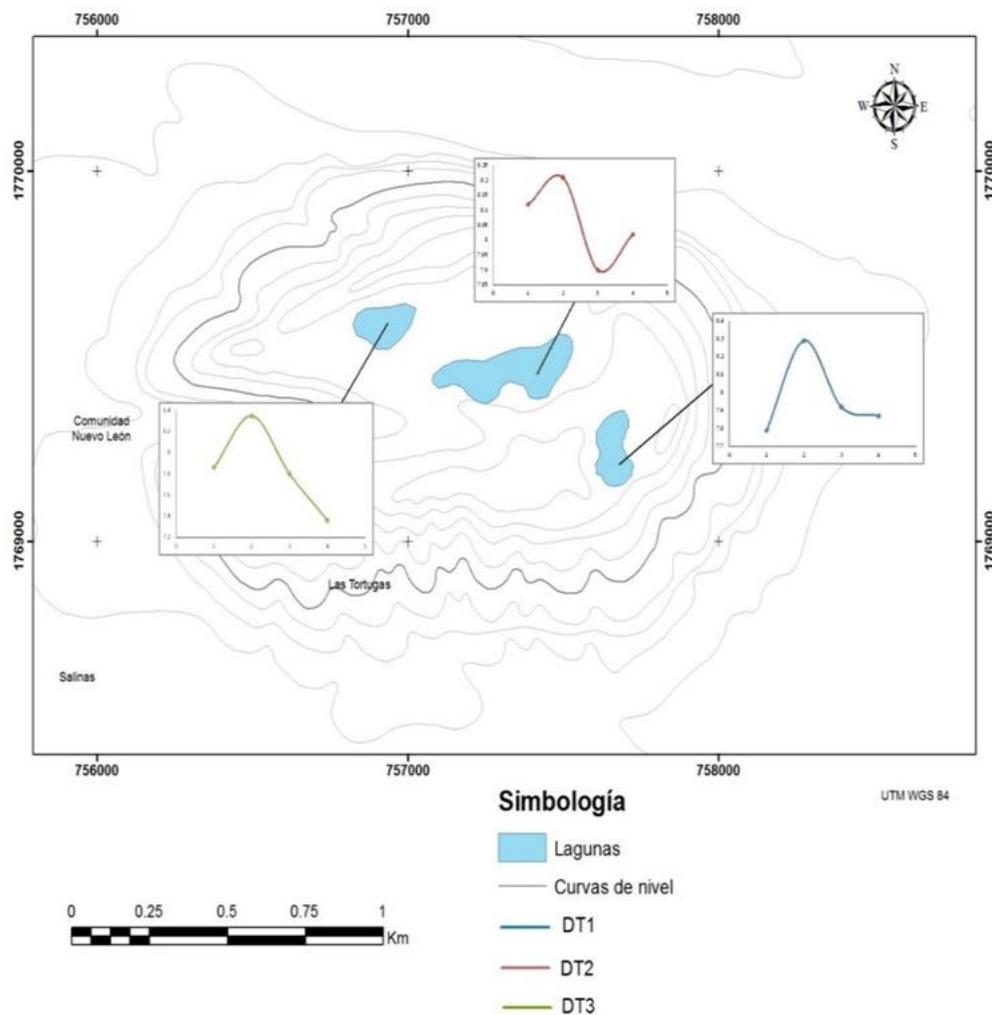
En la figura 14 se observa la variación del pH de las diferentes lagunas, en donde la época lluviosa (diciembre 2 013 – febrero 2 014) existe un aumento de pH para las tres lagunas, pero para la laguna 3 (DT3) durante la época seca existe una disminución de pH, mayor que de las otras lagunas (0,43).

**FIGURA 14**  
**VARIACIÓN DE pH**



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

## MAPA 10 POTENCIAL DE HIDRÓGENO



FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

### b. Alcalinidad

Las muestras tomadas de las lagunas fueron analizadas y se determinó su alcalinidad, obteniendo variaciones significativas entre cada una de las lagunas, siendo el valor más pequeño 45 ppm y el más alto 336,25 ppm (Cuadro 13).

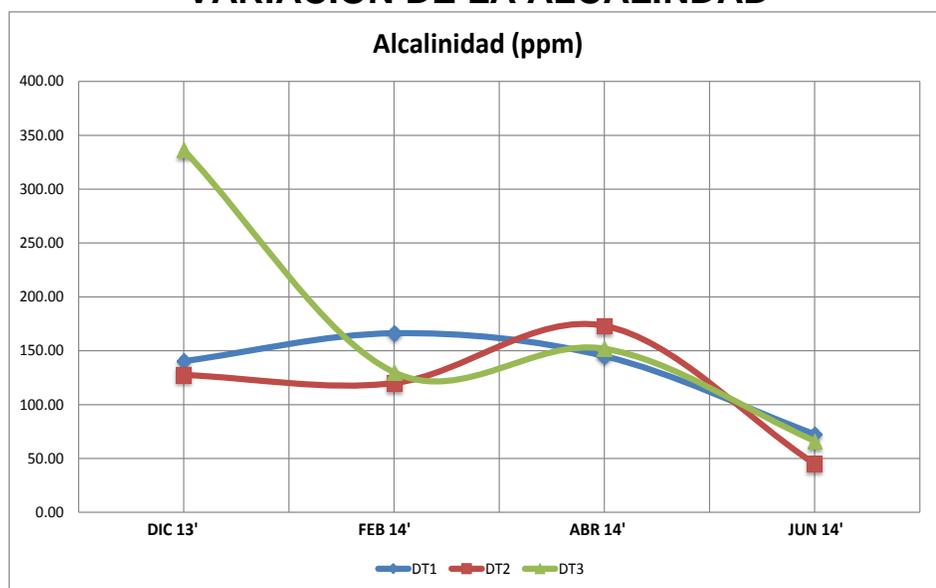
**CUADRO 13  
DATOS DE ALCALINIDAD (ppm)**

| FECHA   | DT1    | DT2    | DT3    |
|---------|--------|--------|--------|
| Dic 13' | 140,36 | 127,50 | 336,25 |
| Feb 14' | 166,25 | 120,00 | 130,00 |
| Abr 14' | 145,00 | 173,13 | 151,88 |
| Jun 14' | 72,50  | 45,00  | 66,25  |

FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

En la laguna 1 (DT1) se observa que durante la época lluviosa la alcalinidad llego a un máximo de 166,25 ppm y durante la época seca disminuyo su alcalinidad en un 56% llegando a 72,50 ppm, según el cuadro 13 es notorio que, cuando llueve la alcalinidad es alta y durante la época seca la alcalinidad es media (Figura 15).

**FIGURA 15  
VARIACIÓN DE LA ALCALINIDAD**



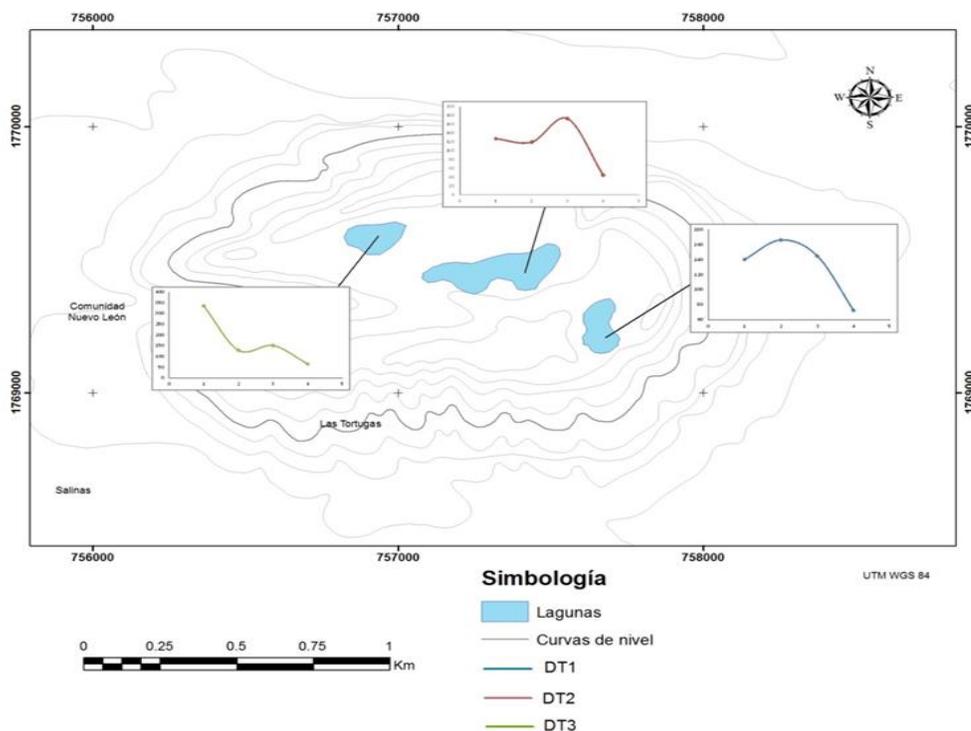
FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

La laguna 2 (DT2) en época seca adquiere una alcalinidad de 45 ppm y su valor máximo de 173,13 ppm se registró en la época lluviosa (abril 2 014), se observa que tanto la laguna 1 y 2,

poseen un aumento de su alcalinidad en época lluviosa, esto también se ve reflejado en la laguna 3 (DT3), con un valor máximo de 336,25 ppm y mínimo de 66,25 ppm (Mapa 11). Es necesario tomar en cuenta que cuando la alcalinidad de un cuerpo de agua es alta proporciona una barrera de amortiguamiento en caso de cambios súbitos de pH, ayudando a hacer el ambiente más estable para la vida acuática.

La principal fuente natural de alcalinidad es la roca caliza<sup>2</sup>, debido a esto es que durante las épocas lluviosas la roca caliza se disuelve con el agua, aumentando el ion carbonato que es lo que da como resultado una alta valoración de alcalinidad.

## MAPA 11 ALCALINIDAD



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014

<sup>2</sup> Global Water Watch. Oxígeno disuelto. <http://www.globalwaterwatch.org/MEX/MXesp/MXInfoBasicaParametrosSp.aspx> (22 de diciembre de 2014).

### c. Dureza

Las aguas que poseen alta dureza se debe principalmente al elevado contenido de calcio y magnesio. El análisis de éste parámetro se llevó acabo en el laboratorio de Analab, obteniendo los resultados que se presentan a continuación (cuadro 14).

**CUADRO 14**  
**DATOS DE DUREZA (mg/L)**

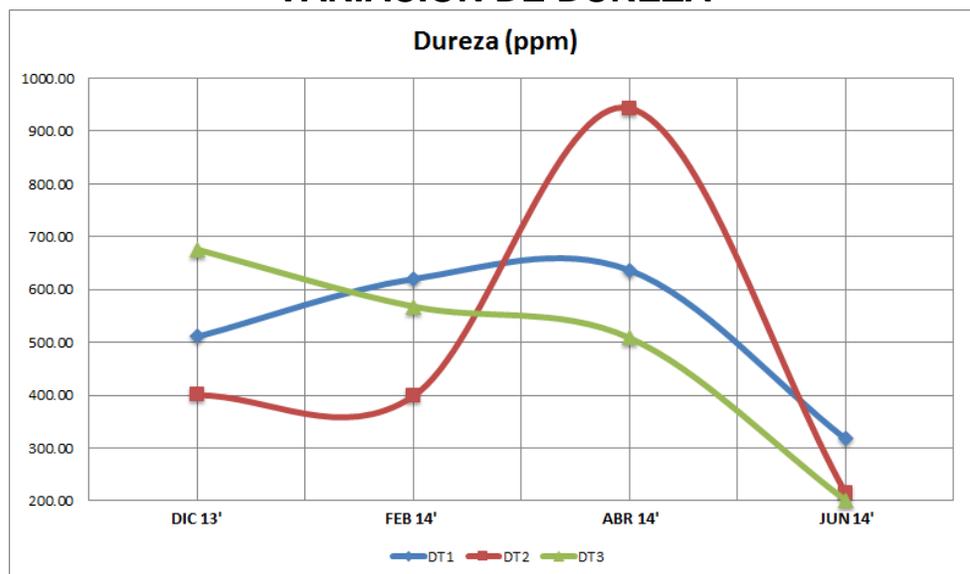
| <b>FECHA</b>   | <b>DT1</b> | <b>DT2</b> | <b>DT3</b> |
|----------------|------------|------------|------------|
| <b>Dic 13'</b> | 510,80     | 400,40     | 676,00     |
| <b>Feb 14'</b> | 620,00     | 398,00     | 568,00     |
| <b>Abr 14'</b> | 636,80     | 943,60     | 508,80     |
| <b>Jun 14'</b> | 317,60     | 215,60     | 201,60     |

**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

En el cuadro anterior se observa que la dureza en las tres lagunas aumenta significativamente en los meses de febrero y abril, cuando las lluvias van cesando y dan paso a la época seca. En la muestra DT1 se observa que los datos más altos se obtuvieron en el mes de abril (636,80 mg/L).

La muestra DT2 se observa que existe una disminución de la dureza durante el mes de junio, llegando a 215,60 mg/L disminuyendo un 77% a diferencia de la muestra obtenida durante el mes de abril (943,60 mg/L) siendo este el dato más alto obtenido. (Figura 16).

**FIGURA 16**  
**VARIACIÓN DE DUREZA**



**Fuente:** Investigación de campo, 2 014.

También se observa el comportamiento de la muestra DT3, en donde los valores máximos se presentan en la época lluviosa en los meses de febrero y diciembre, y no en la época seca como se observó en el muestreo de las lagunas 1 y 2.

Según la Organización Mundial de la salud (OMS)<sup>3</sup>, la clasificación de la dureza del agua se determina por el contenido de mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , por consiguiente en el cuadro 15 se puede ver la clasificación del agua según su dureza.

**CUADRO 15**  
**CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA**

| Dureza (mg/l $\text{CaCO}_3$ ) | Tipo de agua   |
|--------------------------------|----------------|
| 0-75                           | Agua blanda    |
| 76-150                         | Agua semi-dura |
| 150-300                        | Agua dura      |
| >300                           | Agua muy dura  |

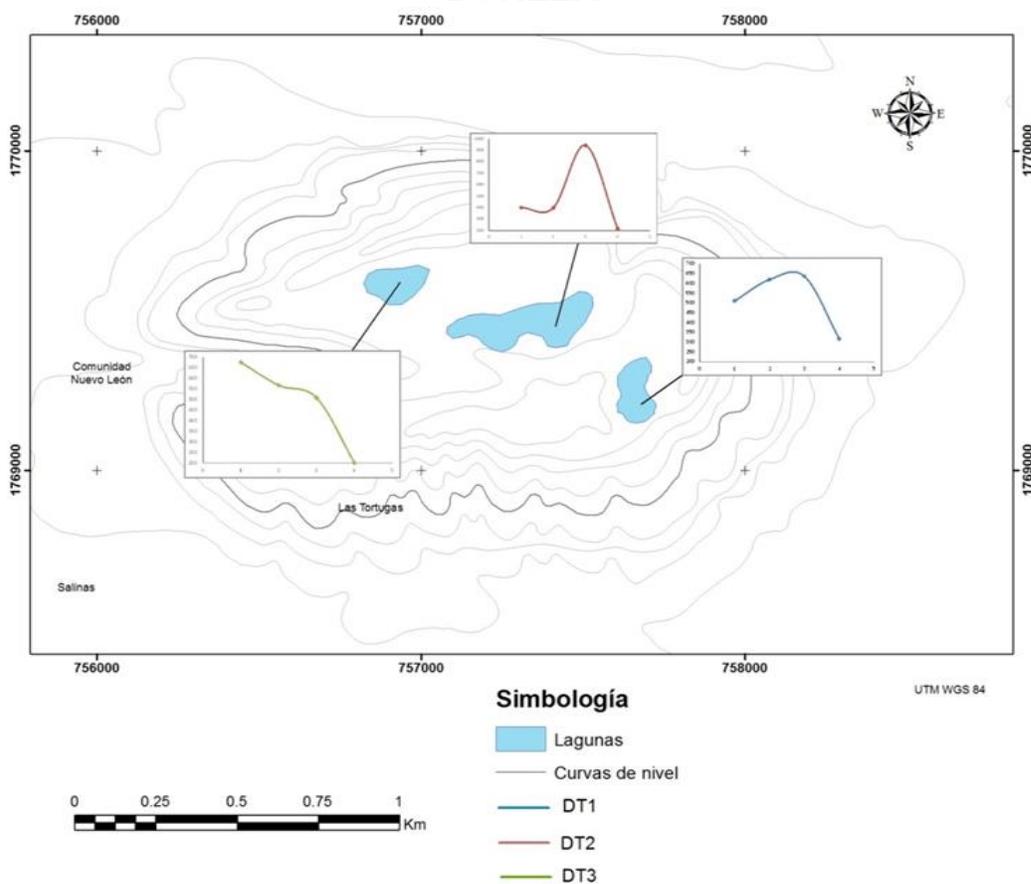
**Fuente:** Investigación de campo, 2 014

<sup>3</sup> Roberto Rodríguez. La dureza del agua [http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza\\_agua.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf). Argentina, 2 010. (25 enero de 2 015).

Basada en esta clasificación, la laguna DT1 tiene aguas muy duras tanto en época lluviosa como en época seca, esto debido a que posee una dureza mayor a 300 ppm, esto se debe a que el aporte de  $\text{CaCO}_3$  para esta zona es continuo.

Las lagunas DT2 y DT3, al igual que DT1, poseen aguas muy duras (<300) durante la época lluviosa, pero existe una variación durante la época más seca (Junio), ya que las aguas disminuyen su dureza, estando en el rango de 150 mg/L a 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , pasando de aguas muy duras a aguas duras, esto se deba posiblemente a que la contribución de carbonatos disminuye (mapa 12).

## MAPA 12 DUREZA



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

#### d. Conductividad Eléctrica (CE)

Para el análisis de este parámetro se han considerado los datos obtenidos en el laboratorio mostrados en el cuadro 16, los cuales están expresados en decisiemens por metro (dS/m).

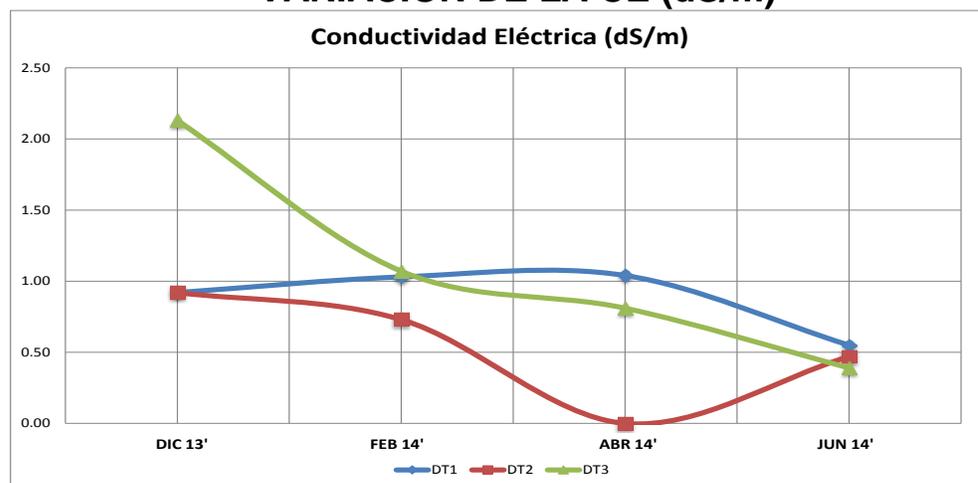
**CUADRO 16**  
**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS/m)**

| FECHA   | DT1  | DT2  | DT3  |
|---------|------|------|------|
| Dic 13' | 0,92 | 0,92 | 2,13 |
| Feb 14' | 1,03 | 0,73 | 1,07 |
| Abr 14' | 1,04 | 0,00 | 0,81 |
| Jun 14' | 0,55 | 0,47 | 0,39 |

Fuente: Investigación de campo, 2 014.

La conductividad para la laguna DT1 varía entre 0,55 dS/m y 1,04 dS/m, y los valores más altos corresponden a la finalización de la época lluviosa y comienzo de la época seca. A diferencia de la laguna DT2, que se encuentra en un rango de 0 dS/m - 0,92 dS/m, pero en esta laguna la conductividad aumenta en la época lluviosa y llegando a ser nula en la época seca (figura 17).

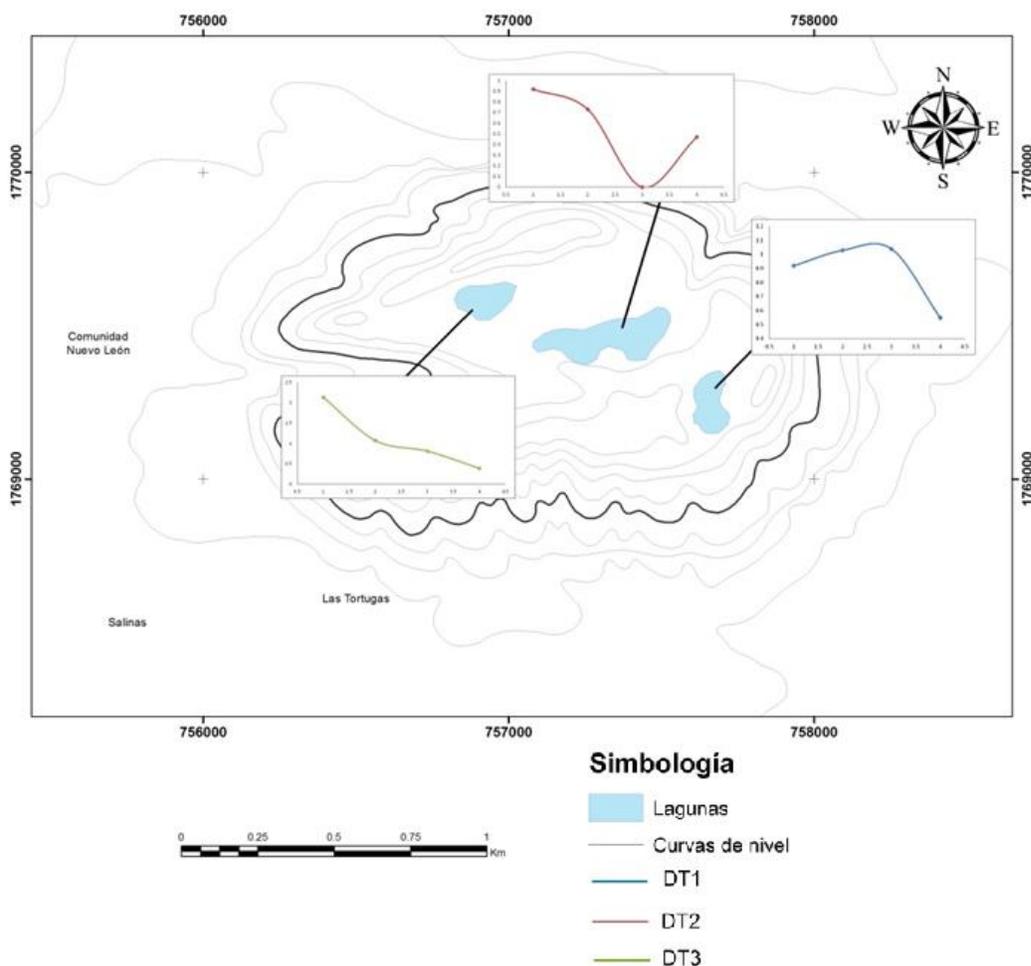
**FIGURA 17**  
**VARIACIÓN DE LA CE (dS/m)**



FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

Para las muestras DT3 se observa que la conductividad varía entre los 0,39 dS/m y 2,13 dS/m, comportándose de manera diferente a las otras dos lagunas, esta posee decaimiento casi gradual, en la conductividad eléctrica, obteniendo el valor más alto durante la época lluviosa y disminuyendo aproximadamente un 80% (Mapa 13).

### MAPA 13 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

### e. Razón de Absorción de Sodio (RAS)

Las muestras obtenidas de las lagunas (DT1, DT2 y DT3), se analizaron y se obtuvieron los datos que se encuentran en el cuadro 17, los cuales están representados en miliequivalentes por litro (meq/l).

**CUADRO 17**  
**RAZÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO (meq/l)**

| FECHA   | DT1  | DT2  | DT3  |
|---------|------|------|------|
| Dic 13' | 0,15 | 0,44 | 0,18 |
| Feb 14' | 0,42 | 0,40 | 0,65 |
| Abr 14' | 0,03 | 0,53 | 0,02 |
| Jun 14' | 0,19 | 0,55 | 0,13 |

**Fuente:** Investigación de campo 2014.

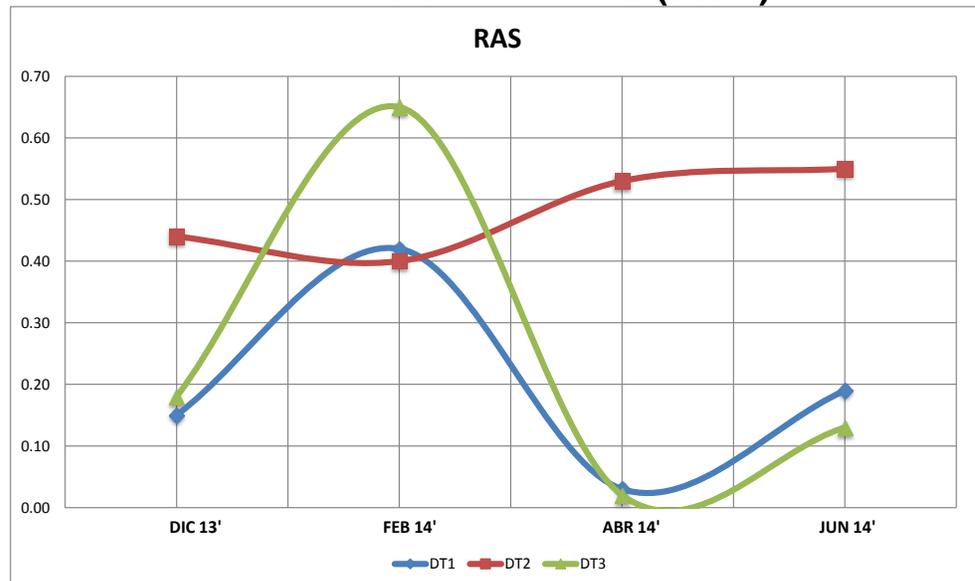
Las muestras obtenidas de la laguna DT1 varían de 0,03 meq/l a 0,42 meq/l, obteniendo los resultados más altos durante la finalización de la época lluviosa, pero existe una mínima variación durante los meses de junio 2 014 y diciembre 2 013, siendo esta un 10% aproximadamente (de 15 meq/l a 19 meq/l), así mismo la diferencia entre el mes de diciembre 2 013 y febrero 2 014 es de aproximadamente 67%.

A diferencia de la laguna DT1 las variaciones de la laguna DT2 no son tan abruptas, ya que los resultados se encuentran en un rango que va de 0,40 meq/l a 0,55 meq/l, con solo 0,5 meq/l de diferencia, obteniendo una media aproximada de 0,48 meq/l.

En la figura 18 se observa el comportamiento de la razón de absorción de sodio de las lagunas, en donde la laguna DT3 posee valores altos y bajos muy marcados, siendo el valor más alto 0,64 meq/l y el más bajo 0,02 meq/l, el valor medio o punto de inflexión

podría presentarse entre los meses de febrero y abril 2 014, con un valor de RAS de aproximadamente 0.35 meq/l.

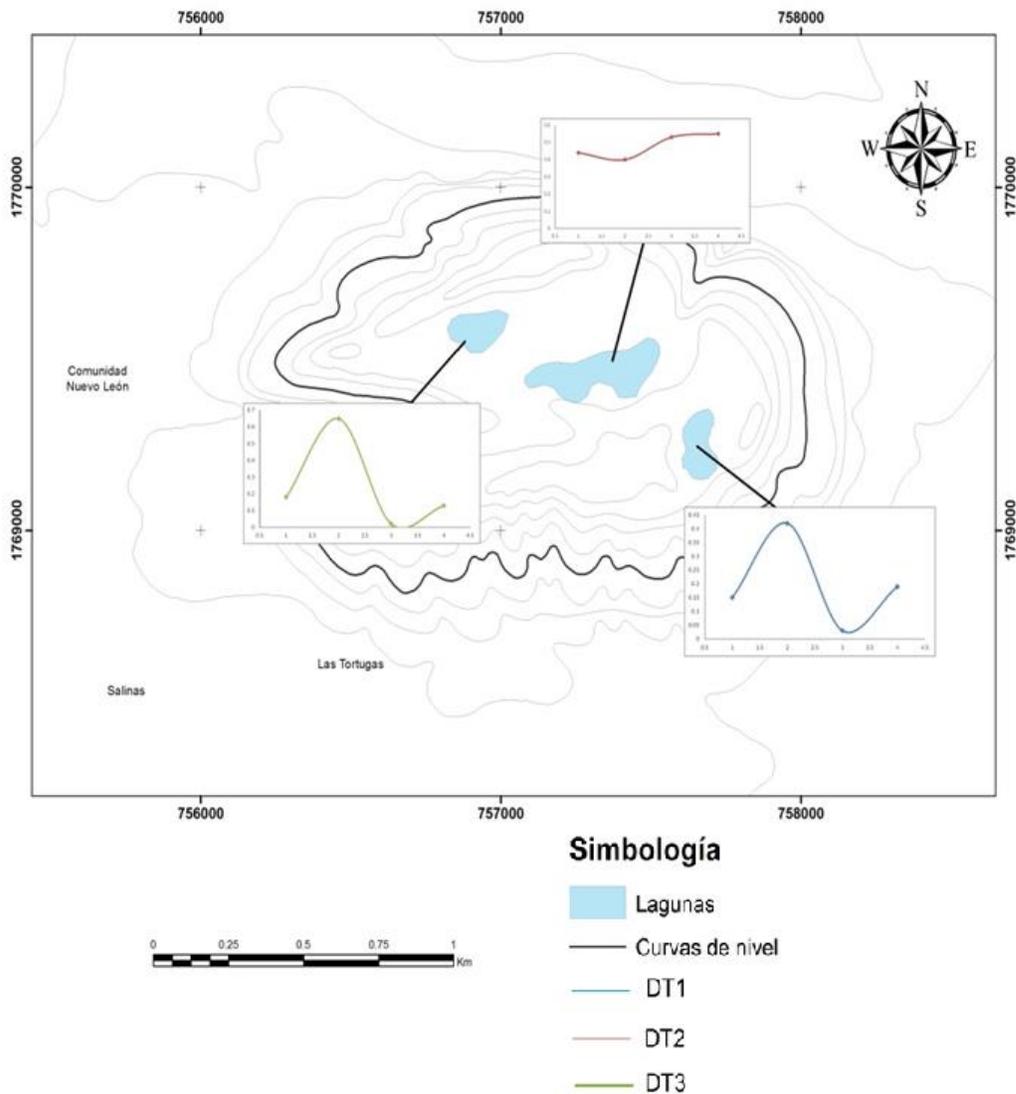
**FIGURA 18**  
**VARIACIÓN DEL RAS (dS/m)**



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

En general la razón de absorción de sodio es poco variable entre las lagunas DT1 y DT3, sin embargo existe una leve variación entre ambas, a diferencia de la laguna DT2 que si varia significativamente con respecto a las otras dos lagunas esto se observa en el mapa 14.

## MAPA 14 RAZÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

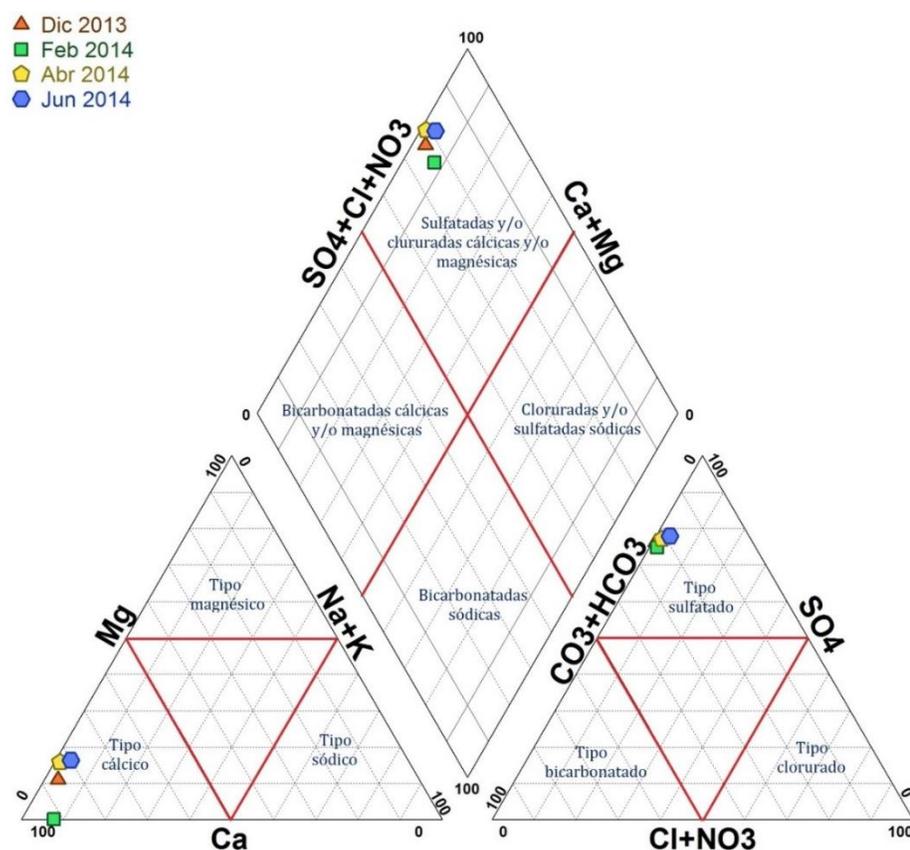
### f. Según clasificación geoquímica

Para la clasificación geoquímica de las 3 lagunas, fue necesario utilizar una serie de representaciones gráficas como los son los Diagramas de *Stiff* (en meq/L) y los diagramas de *Pipper* (en %). Se utilizó como base, los datos obtenidos en el laboratorio de los muestreos de cada laguna, específicamente con el contenido de los iones: Mg, Ca, Na, K, Cl, NO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub> y HCO<sub>3</sub>.

## 1) Laguna 1 (DT1)

El diagrama de *Piper* fue empleado para la clasificación de la laguna 1 llamada DT1 (Figura 19), es evidente que la clasificación para esta laguna en los cuatro monitoreos, se encuentra dentro de las aguas sulfatadas cálcica.

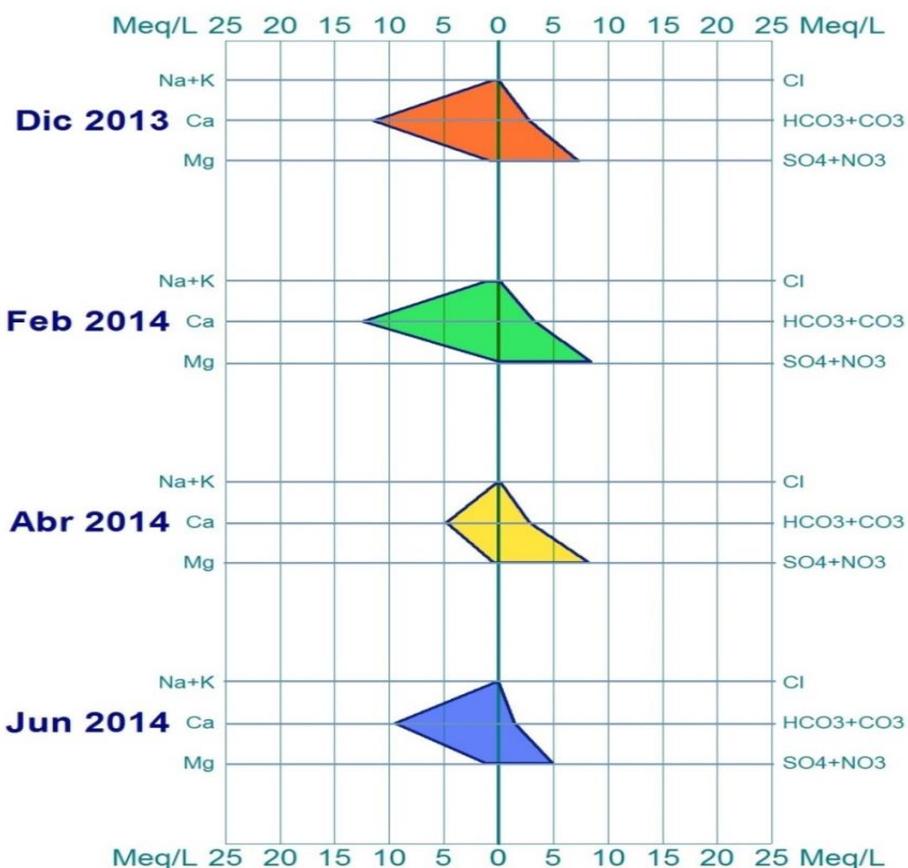
**FIGURA 19**  
**DIAGRAMA DE PIPER PARA LAGUNA “DT1”**



FUENTE: Investigación de campo, 2014.

La clasificación anterior puede ser claramente contrastada con el diagrama de *Stiff* (Figura 20), siendo este ligeramente más detallado que el anterior y los datos confirman la clasificación del agua, como sulfatadas cálcicas para los cuatro monitoreos realizados.

**FIGURA 20**  
**DIAGRAMA DE STIFF PARA LAGUNA “DT1”**

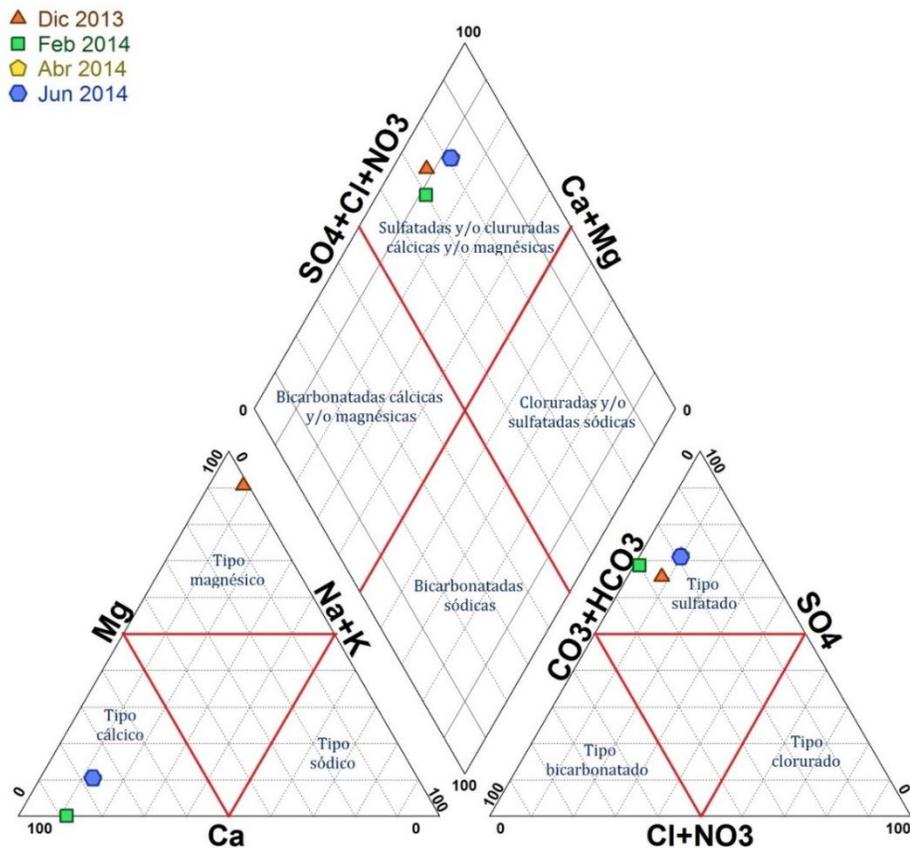


FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

## 2) Laguna 2 (DT2)

Para la segunda laguna, llamada DT2, la clasificación según el diagrama de *Piper* se encuentra dentro de las aguas sulfatadas cálcicas (Figura 21). Existió una pequeña variación en la concentración del mes de diciembre 2 013, ya que registró una mayor concentración de magnesio, a diferencia de los meses siguientes, por lo que para este período puede catalogarse entre las aguas sulfatadas cálcicas y magnésicas.

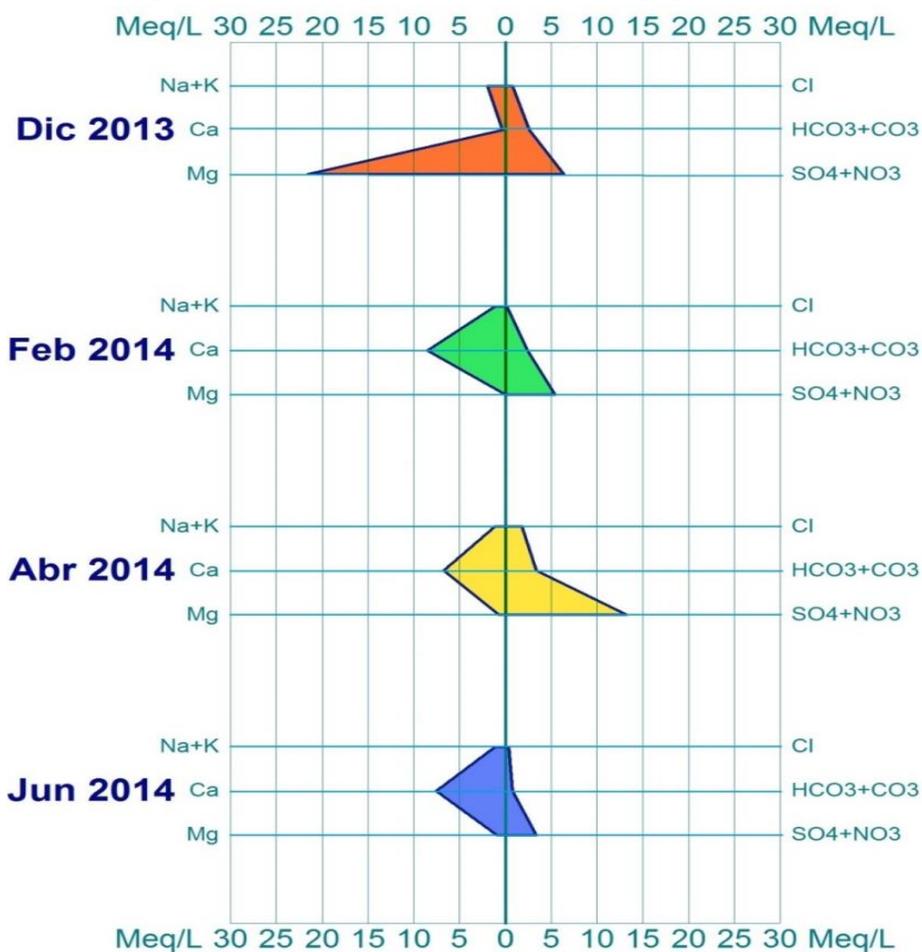
**FIGURA 21**  
**DIAGRAMA DE PIPER PARA LAGUNA “DT2”**



FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

En la figura 22 se observa el contenido de la laguna con el diagrama de *Stiff* por período muestreado, en donde es claro el mayor contenido de magnesio durante diciembre 2 013, clasificándola para este período como sulfatada magnésica, a diferencia de los siguientes tres monitoreos, los cuales se encuentran en la clasificación de aguas sulfatadas cálcicas.

**FIGURA 22**  
**DIAGRAMA DE STIFF PARA LAGUNA “DT2”**

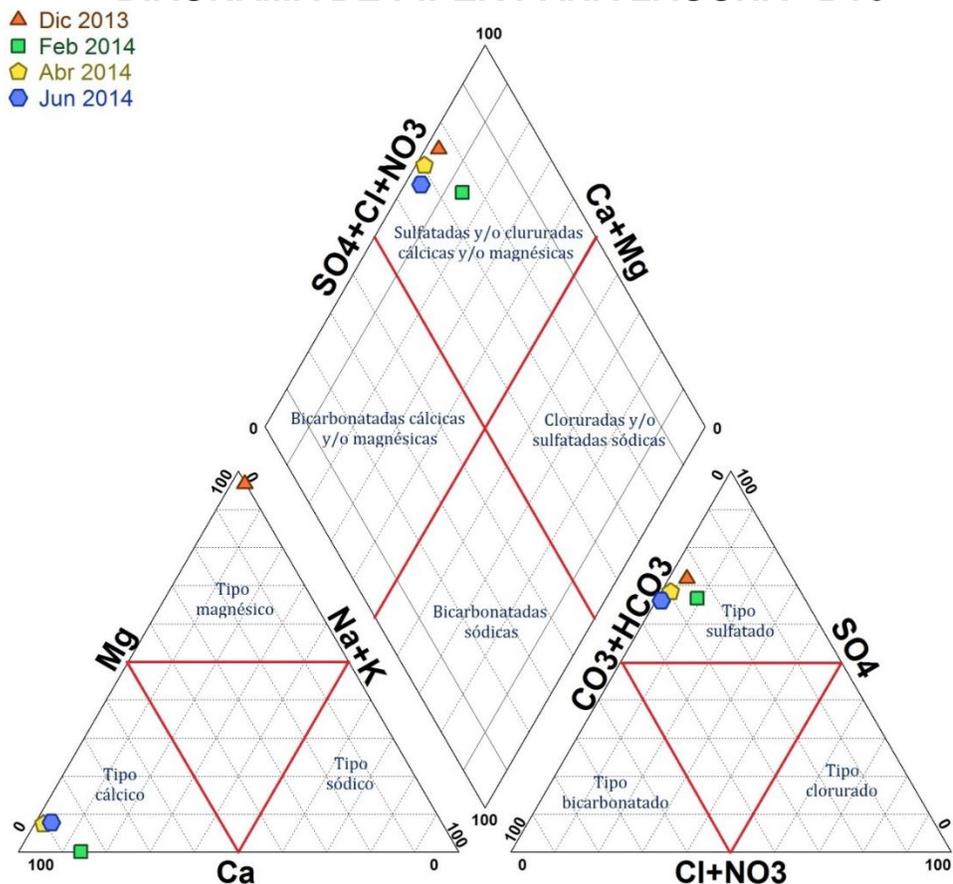


FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

### 3) Laguna 3 (DT3)

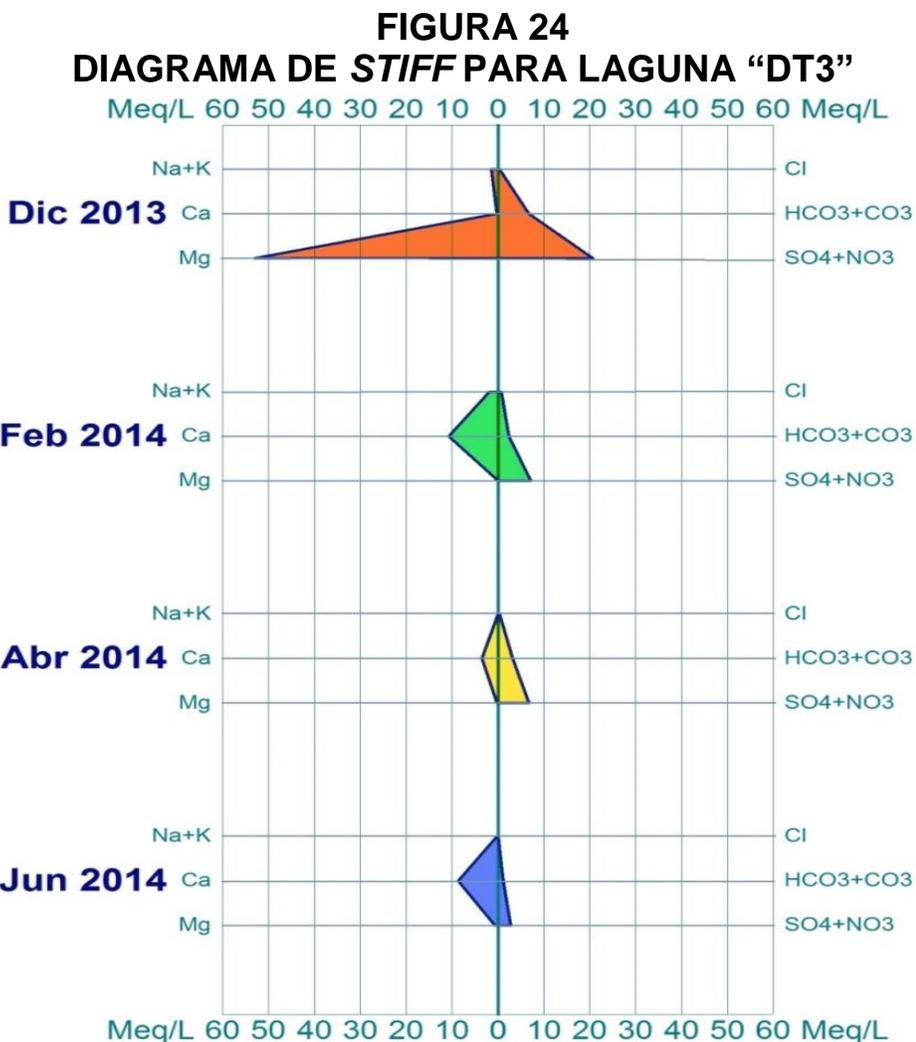
Por último, para la laguna 3 llamada DT3, la clasificación según el diagrama de *Piper* al igual que la laguna DT2, se encontró dentro de las aguas sulfatadas cálcicas, teniendo una variación en diciembre 2 013, en donde el contenido de magnesio fue mayor, por lo tanto se puede clasificar para esa fecha como aguas sulfatadas cálcicas y magnésicas (Figura 23).

**FIGURA 23**  
**DIAGRAMA DE PIPER PARA LAGUNA “DT3”**



FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

El diagrama de *Stiff* (Figura 24) muestra que el mayor contenido de magnesio en diciembre 2 013 permite clasificarla de igual manera como agua sulfatada magnésica. En esta laguna puede apreciarse un menor contenido de aniones y cationes que las dos anteriores en los meses de febrero, abril y junio de 2 014.



FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

#### g. Según metales pesados (mp)

Un metal pesado se refiere a elementos metálicos que poseen una densidad alta y que sea tóxico o venenosos en bajas concentraciones. En el muestreo se encontró la presencia de cinco metales pesados siendo estos cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn) y boro (B), los resultados están representados en el cuadro 18.

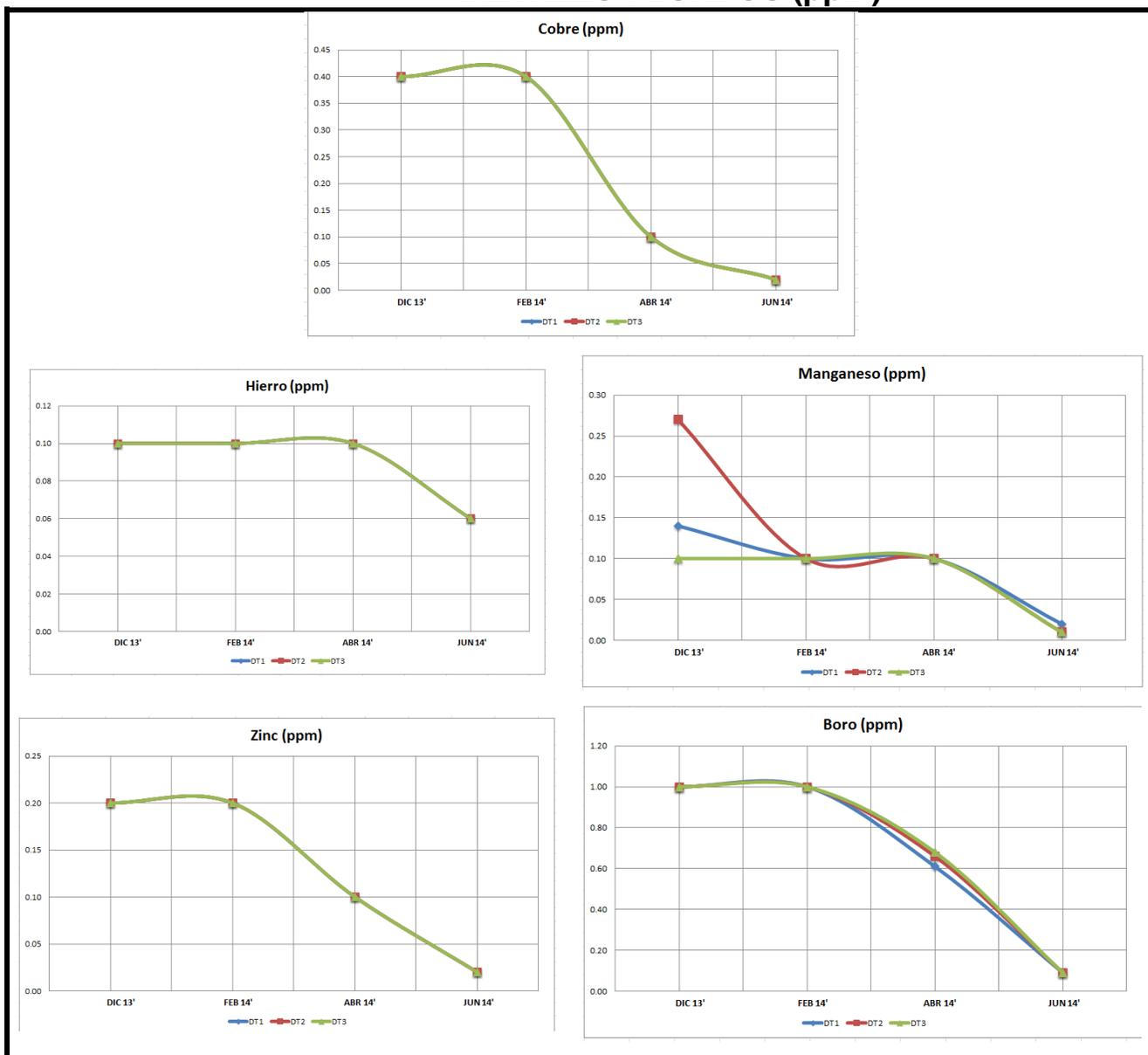
**CUADRO 18**  
**METALES PESADOS (ppm)**

| Mp | FECHA   | DT1 (ppm) | DT2 (ppm) | DT3 (ppm) |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|
| Cu | Dic 13' | 0,40      | 0,40      | 0,40      |
|    | Feb 14' | 0,40      | 0,40      | 0,40      |
|    | Abr 14' | 0,10      | 0,10      | 0,10      |
|    | Jun 14' | 0,02      | 0,02      | 0,02      |
| Fe | Dic 13' | 0,10      | 0,10      | 0,10      |
|    | Feb 14' | 0,10      | 0,10      | 0,10      |
|    | Abr 14' | 0,10      | 0,10      | 0,10      |
|    | Jun 14' | 0,06      | 0,06      | 0,06      |
| Mn | Dic 13' | 0,14      | 0,27      | 0,10      |
|    | Feb 14' | 0,10      | 0,10      | 0,10      |
|    | Abr 14' | 0,10      | 0,10      | 0,10      |
|    | Jun 14' | 0,02      | 0,01      | 0,01      |
| Zn | Dic 13' | 0,20      | 0,20      | 0,20      |
|    | Feb 14' | 0,20      | 0,20      | 0,20      |
|    | Abr 14' | 0,10      | 0,10      | 0,10      |
|    | Jun 14' | 0,02      | 0,02      | 0,02      |
| B  | Dic 13' | 1,00      | 1,00      | 1,00      |
|    | Feb 14' | 1,00      | 1,00      | 1,00      |
|    | Abr 14' | 0,61      | 0,66      | 0,68      |
|    | Jun 14' | 0,09      | 0,09      | 0,09      |

FUENTE: Investigación de campo, 2 014

El manganeso en la laguna DT2 posee mayor concentración que las otras dos lagunas durante la época lluviosa y disminuye en la época seca. (Figura 25). Los elementos cobre, hierro y cinc poseen la misma concentración en las tres lagunas, obteniendo un aumento en la época lluviosa y disminuyendo en época seca.

**FIGURA 25**  
**METALES PESADOS (ppm)**



FUENTE: Investigación de campo, 2 014

## h. Según análisis de agua residual

### 1) Demanda química de oxígeno (DQO)

Para la determinación de la demanda química de oxígeno se tomaron muestras de las lagunas, y se enviaron para su

análisis, obteniendo los datos que se presentan en el cuadro 19, los cuales están representados en miligramos por litro (mg/l).

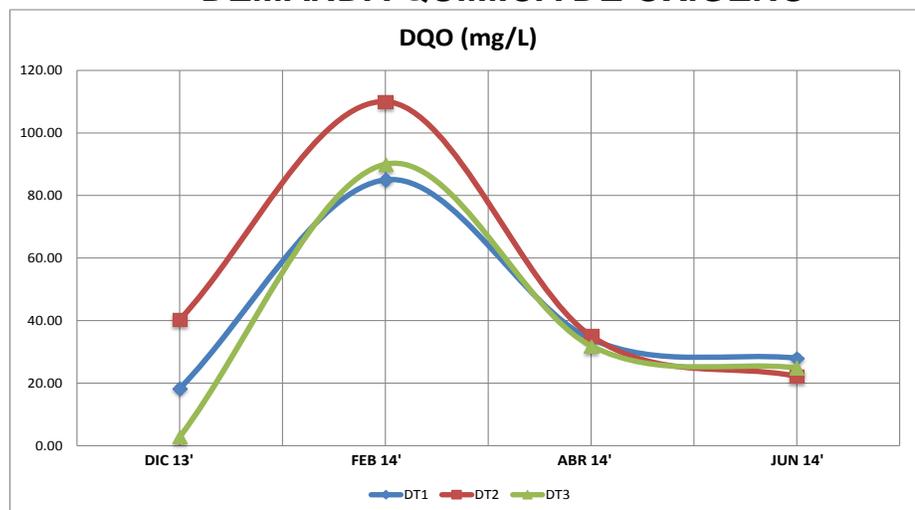
**CUADRO 19**  
**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)**

| FECHA   | DT1   | DT2    | DT3   |
|---------|-------|--------|-------|
| Dic 13' | 18,30 | 40,30  | 2,80  |
| Feb 14' | 85,00 | 110,00 | 90,00 |
| Abr 14' | 34,10 | 35,10  | 31,90 |
| Jun 14' | 28,00 | 22,20  | 24,90 |

Fuente: Investigación de campo 2014.

La laguna DT1 posee un rango que va de 18,30 mg/l a 85,00 mg/l, la laguna DT2 la variación es de 35,10 mg/l a 110,00 mg/l y en la laguna DT3 el valor mínimo corresponde a 2,80 mg/l y el valor máximo de 90,00 mg/l. (Figura 26).

**FIGURA 26**  
**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

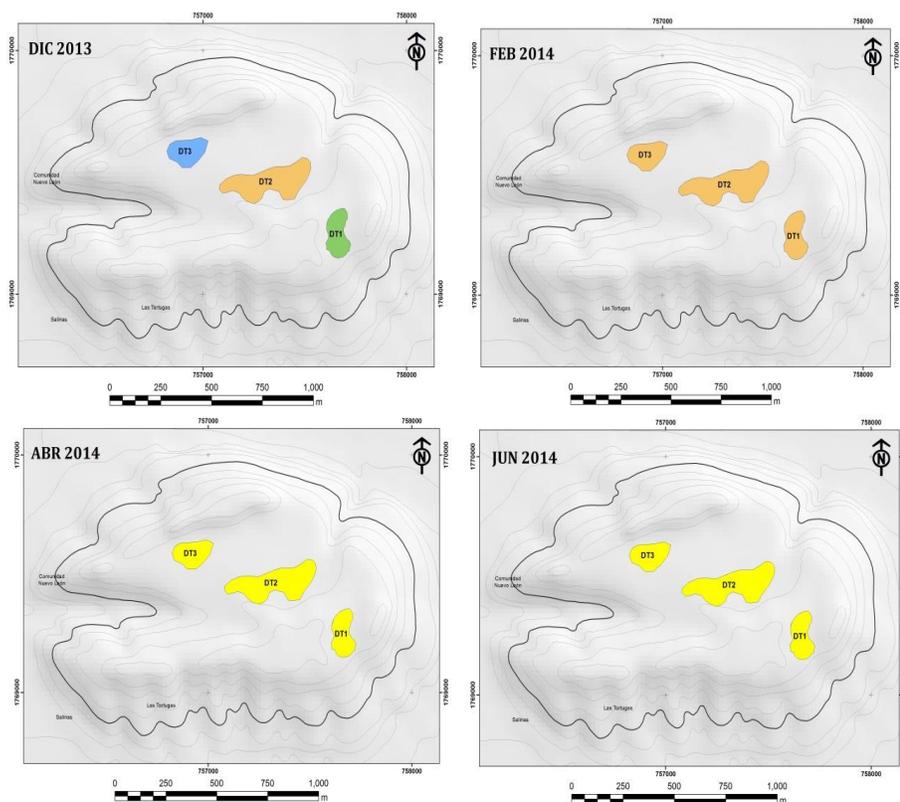


FUENTE: Investigación de campo, 2014.

La variación de DQO entre las lagunas es relativa, ya que en las tres lagunas durante la época de lluvia (febrero) obtuvieron los valores altos y en época seca se encuentran los datos mínimos.

En relación a la clasificación de calidad de agua que se definió en el cuadro 4 (pagina 27) del capítulo 1 de este informe, se clasificaron las lagunas (Figura 27).

### FIGURA 27 CLASIFICACIÓN DE LAS LAGUNAS EN BASE A DQO



FUENTE: Investigación de campo, 2 014.

En base a la figura anterior, se estableció que durante el mes de diciembre la calidad del agua de la laguna DT3 es excelente, o sea que no existe contaminación, en la laguna DT2 se observa que durante esta época se encontraba contaminada y en la laguna DT1 la contaminación disminuye y llega a ser un agua de buena calidad.

Para el mes de febrero todas las lagunas presentan contaminación por posibles elementos contaminantes propios del ambiente geológico.

En los meses de abril y junio las lagunas permanecen con las mismas características, y el agua es aceptable, con indicios de contaminación con capacidad de autodepuración.

## 2) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

En el laboratorio, la muestra debe permanecer cinco días a 20°C en la obscuridad, luego de esto se procede a realizar el análisis para obtener los valores de DBO (Cuadro 20).

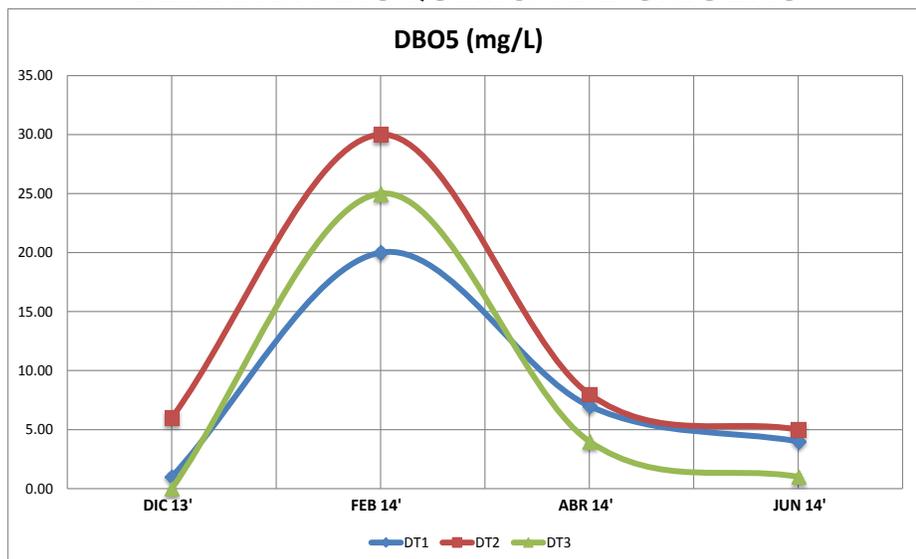
**CUADRO 20**  
**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)**

| FECHA   | DT1   | DT2   | DT3           |
|---------|-------|-------|---------------|
| Dic 13' | 1,00  | 6,00  | No Detectable |
| Feb 14' | 20,00 | 30,00 | 25,00         |
| Abr 14' | 7,00  | 8,00  | 4,00          |
| Jun 14' | 4,00  | 5,00  | 1,00          |

Fuente: Investigación de campo, 2 014.

La laguna DT1 posee un rango que va de 1,00 mg/l a 25,00 mg/l, la laguna DT2 la variación es de 5,00 mg/l a 30,00 mg/l y en la laguna DT3 el valor mínimo corresponde a 1,00 mg/l y el valor máximo de 25,00 mg/l. (Figura 28)

**FIGURA 28**  
**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

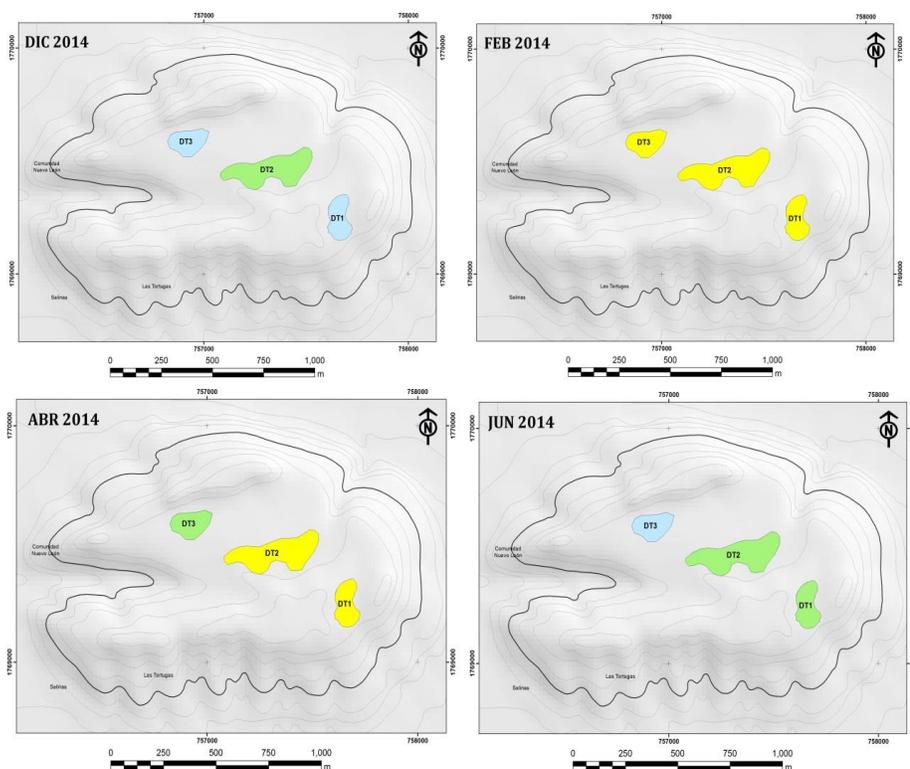


**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014

Al igual que la demanda química de oxígeno la variación de DBO entre las lagunas es relativa, ya que las tres lagunas presentan un aumento en DBO durante la época lluviosa (febrero) que fueron disminuyendo en los meses de abril y junio.

Dado a que existe una clasificación de agua basada en la demanda bioquímica de oxígeno, que fueron explicados en el cuadro 5 del capítulo 1 (página 29), en la figura 29 se representa la DBO de las lagunas en los periodos de tomas de muestras.

## FIGURA 29 CLASIFICACIÓN DE LAS LAGUNAS EN BASE A DBO



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014.

En diciembre la laguna DT1 y DT3 no presentan contaminación, por lo que el agua en esa época posee una calidad excelente. Para la laguna DT2 posee una buena calidad, ya que solo presenta bajo contenido de materia orgánica que es biodegradable.

Para el mes de febrero todas las lagunas experimentan cierta contaminación, pero la calidad del agua sigue siendo aceptable, debido a que comienzan a haber indicios de contaminación pero son capaces de autodepurarse.

Para el mes de abril las lagunas DT1 y DT2 siguen teniendo las mismas propiedades que en el mes de febrero, pero

la laguna DT3, posiblemente por su capacidad de autodepuración, empieza a recuperar sus propiedades y llega a ser un agua de buena calidad con presencia de restos orgánicos.

Para el mes de junio la laguna DT3 ya posee una excelente calidad y las lagunas DT2 y DT1 empiezan a depurarse y recuperar sus propiedades, hasta alcanzar una buena calidad de agua con bajo contenido orgánico biodegradable.

#### **i. Sólidos totales y sólidos totales en suspensión**

Los sólidos en suspensión son partículas que dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaeróbicas. Los sólidos totales son el resultado de la sumatoria de los sólidos disueltos y sólidos en suspensión.

En función de los sólidos totales y los sólidos en suspensión se clasificó el agua residual en base a su concentración (débil, media y fuerte). Las concentraciones de estos constituyentes del agua residual presentan variaciones en función del día, hora, mes, año y otras condiciones locales, por lo que los datos representados en el cuadro 21 pretenden solo servir de guía y no como base de esta investigación.

**CUADRO 21**  
**CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (ppm)**

| Sólidos totales |               | Sólidos totales en suspensión |               |
|-----------------|---------------|-------------------------------|---------------|
| Concentración   | Clasificación | Concentración                 | Clasificación |
| <b>0-350</b>    | Débil         | 0-100                         | Débil         |
| <b>350-720</b>  | Media         | 100-220                       | Media         |
| <b>720-1200</b> | Fuerte        | 220-350                       | Fuerte        |

**Fuente:** Modificado de: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 1996

De las muestras obtenidas de las lagunas, se determinaron las concentraciones, en miligramos por litro, de los sólidos totales en suspensión los cuales se representan en el cuadro 22.

**CUADRO 22**  
**SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (mg/l)**

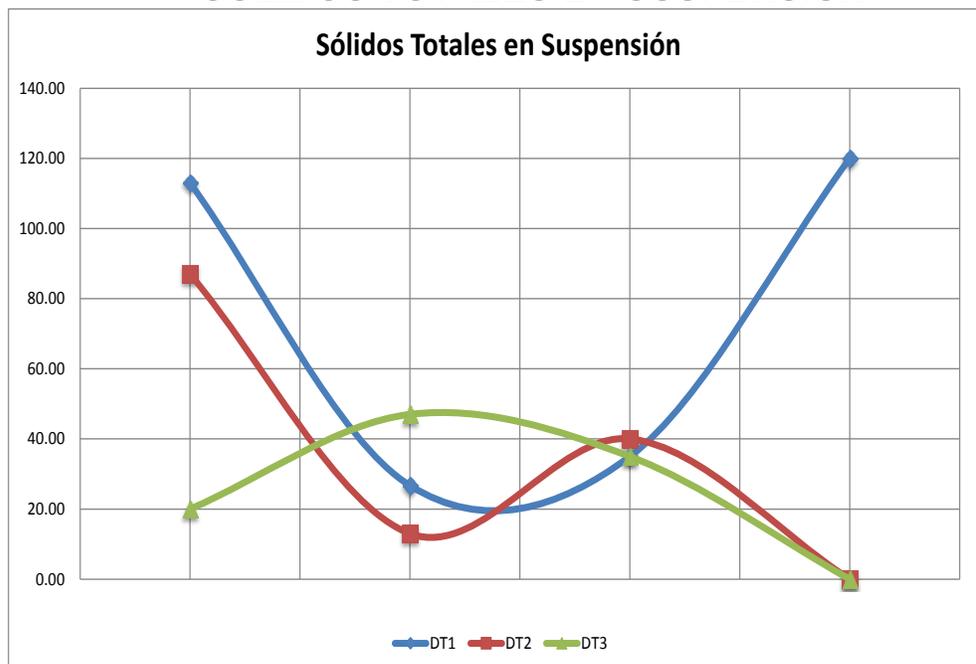
| <b>FECHA</b>   | <b>DT1</b> | <b>DT2</b>    | <b>DT3</b>    |
|----------------|------------|---------------|---------------|
| <b>Dic 13'</b> | 113,00     | 87,00         | 20,00         |
| <b>Feb 14'</b> | 26,70      | 13,00         | 47,00         |
| <b>Abr 14'</b> | 35,00      | 40,00         | 35,00         |
| <b>Jun 14'</b> | 120,00     | No Detectable | No Detectable |

**Fuente:** Investigación de campo 2 014

Durante los meses de diciembre 2 013 y junio 2 014, la laguna DT1, la concentración de sólidos totales en suspensión (STS) obtienen su valor más elevado, en un rango de 113 mg/L a 120 mg/L y la concentración más baja es de 26,70 mg/l observada durante el mes de febrero.

Para la laguna DT2 y DT3 presentan menos concentración de STS que la laguna DT1, en estas, durante el mes de febrero, no fueron detectados sólidos totales en suspensión, los rangos de las dos lagunas se encuentran entre 0 mg/l y 87 mg/l. (Figura 30)

**FIGURA 30**  
**SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN**



**FUENTE:** Investigación de campo, 2 014

Se calcularon los datos para los sólidos totales, estos datos están representados en el cuadro 23, se obtuvieron del análisis de laboratorio realizado para cada una de las lagunas.

**CUADRO 23**  
**SÓLIDOS TOTALES (mg/l)**

| <b>FECHA</b>   | <b>DT1</b> | <b>DT2</b> | <b>DT3</b> |
|----------------|------------|------------|------------|
| <b>Dic 13'</b> | 1006,00    | 1043,00    | 1914,00    |
| <b>Feb 14'</b> | 892,00     | 590,00     | 888,00     |
| <b>Abr 14'</b> | 903,00     | 868,00     | 973,00     |
| <b>Jun 14'</b> | 831,00     | 574,00     | 412,00     |

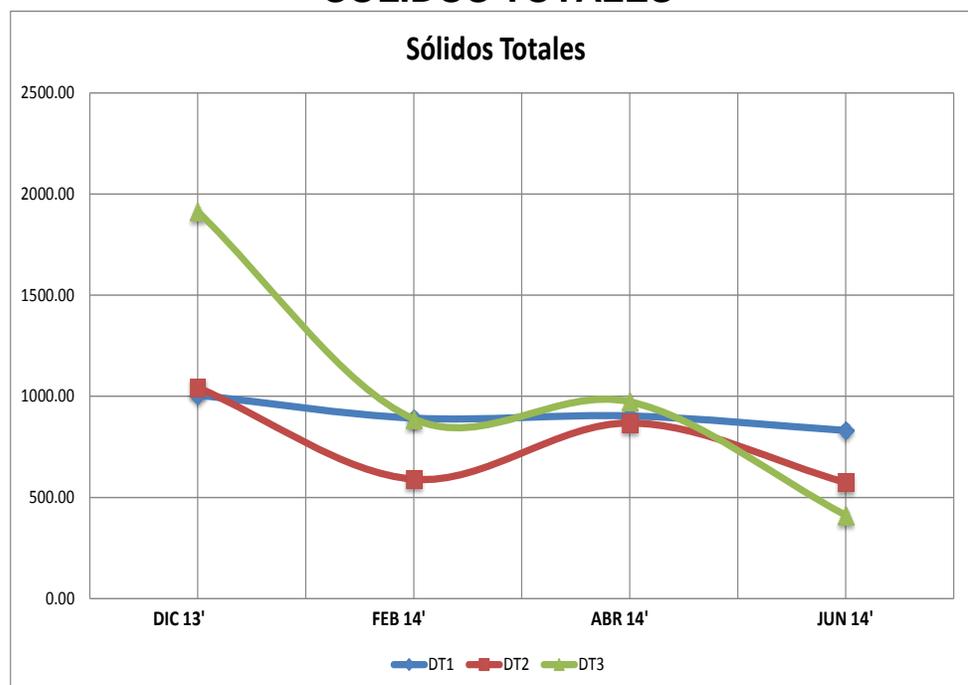
**Fuente:** Investigación de campo 2 014

En el mes de diciembre se obtuvieron los datos más elevados de sólidos totales para las tres lagunas, y durante el mes de junio se obtuvieron los resultados más bajos.

En la figura 31 se observa que las lagunas DT2 y DT3 presentan un aumento de concentración de sólidos totales en suspensión durante el mes de diciembre, disminuyendo durante el mes de febrero, con un leve aumento durante el mes de abril, los cuales vuelven a disminuir durante el mes de junio llegando a tener concentraciones de sólidos totales en suspensión similares o menores que el mes de febrero.

Para la laguna DT1 la disminución de sólidos totales es gradual, perdiendo la misma cantidad de sólidos durante el periodo de muestreo, pero no es pérdida alta ya que solo disminuye 175mg/l, a diferencia de la laguna DT2 que de diciembre a junio pierde un poco menos de la mitad (469 mg/l) y la laguna DT3 es la que más contenido de sólidos pierde (1 502 mg/l).

**FIGURA 31**  
**SÓLIDOS TOTALES**



FUENTE: Investigación de campo, 2 014

Ya con los datos obtenidos del laboratorio, se procedió a clasificar las lagunas en base a la concentración de sólidos totales y sólidos totales suspendidos (cuadro 24).

**CUADRO 24  
CLASIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN SEGÚN  
SÓLIDOS**

| <b>Sólidos totales en suspensión</b> |                |                |                |                |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Laguna</b>                        | <b>Dic 13'</b> | <b>Feb 14'</b> | <b>Abr 14'</b> | <b>Jun 14'</b> |
| <b>DT1</b>                           | Media          | Débil          | Débil          | Media          |
| <b>DT2</b>                           | Débil          | Débil          | Débil          | Débil          |
| <b>DT3</b>                           | Débil          | Débil          | Débil          | Débil          |
| <b>Sólidos totales</b>               |                |                |                |                |
| <b>Lagua</b>                         | <b>Dic 13'</b> | <b>Feb 14'</b> | <b>Abr 14'</b> | <b>Jun 14'</b> |
| <b>DT1</b>                           | Media          | Media          | Media          | Media          |
| <b>DT2</b>                           | Media          | Media          | Media          | Media          |
| <b>DT3</b>                           | Media          | Media          | Media          | Fuerte         |

**Fuente:** Investigación de campo 2 014

Es evidente que durante el mes de diciembre y junio, para la laguna DT1 la concentración de aguas residuales es media, disminuyendo durante la época seca, dando como resultado una concentración de aguas residuales débil, todo esto basado en la concentración de sólidos totales en suspensión. Para la laguna DT2 y DT3 no existe variación, la concentración de aguas residuales para estas lagunas es débil.

Basados en los sólidos totales se observa que las lagunas DT1 y DT2 poseen una concentración de aguas residuales, al igual que la laguna DT3, con la diferencia de que en el mes de junio (época seca) la concentración aumenta, llegando a tener fuerte concentración de aguas residuales.

### 3.3 Conclusiones y recomendaciones

#### 3.3.1 Conclusiones

##### a. Conclusión general

Los parámetros físicos mostraron una variación muy evidente durante el período de diciembre 2 013 a febrero 2 014 en cuanto a la coloración, turbiedad y temperatura registrada en este monitoreo. La clasificación geoquímica utilizada determinó que, la composición de las 3 lagunas es en su mayoría sulfatada cálcica, según los diagramas de *Piper y Stiff*.

La presencia de la sal sulfato de calcio o magnesio indica que existe una pequeña relación entre la intrusión salina del cerro y las lagunas localizadas en la cima. De la misma manera, los datos de laboratorio indicaron que existe una relación entre la variación de los parámetros físicos y la demanda química y bioquímica de oxígeno, ya que la variación de la coloración se encuentra mayormente asociada a los componentes orgánicos que químicos.

Fueron establecidas tres unidades litológicas, siendo estas en orden de antigüedad: Unidad de Caliza, Unidad de Coluvión y Unidad de Aluvión. La estratificación del área presenta una inclinación promedio de 70° con orientaciones preferenciales hacia el norte y sur, específicamente N 013° y N 190° respectivamente.

La roca predominante en el área de estudio es la caliza, por lo que esta es la principal fuente natural de alcalinidad, debido a que durante las épocas lluviosas la roca caliza se disuelve con el agua, aumentando el ion carbonato que es lo que da como resultado una alta alcalinidad. Esto hace también que la clasificación de las aguas de acuerdo a la dureza se encuentre entre aguas duras y muy duras, debido a la composición litológica del domo anteriormente mencionada.

## b. Específicos

Durante los 4 períodos de muestreo 2 en época lluviosa (diciembre 2 013 y junio 2 014) y 2 en época seca (febrero y abril 2 014), las 3 lagunas presentaron un comportamiento muy similar. En los parámetros físicos se evidenció una variación muy notoria entre el período de diciembre 2 013 a febrero 2 014 en la coloración de las lagunas, específicamente en la laguna DT2. La turbiedad en este período también se muestra en mayor proporción que en los diferentes monitoreos. De la misma manera, la temperatura tomada in situ en las lagunas presentó los mayores valores en febrero 2 014 (promedio de 25,5 °C).

En cuanto a los parámetros químicos, los diagramas de *Piper* y *Stiff* utilizados para la clasificación de las aguas determinó que las 3 lagunas presentan una composición sulfatada cálcica para los 4 monitoreos realizados, a excepción de las lagunas DT2 y DT3 durante diciembre 2 013 que presentan una composición sulfatada magnésica.

Las lagunas del cerro se encuentran ligeramente relacionadas a la intrusión salina ya que el sulfato de calcio y/o magnesio es una sal que resulta de la combinación del ácido sulfúrico con el hidróxido de calcio. Debido a que el cerro está formado de roca Caliza, el mayor aporte de calcio y magnesio en las lagunas es posible que provenga de esta formación rocosa.

La variación de los parámetros físicos en las lagunas se encuentra mayormente relacionada a la demanda química y bioquímica de oxígeno que con los componentes químicos. La variación física más evidente es el color, por lo que los valores altos de la demanda química y bioquímica de oxígeno durante febrero 2 014 pueden ser los que ocasionen esta diversidad visual ya que existe una alta cantidad alta concentración de materia orgánica.

### **3.3.2 Recomendaciones**

Realizar un muestreo y análisis bacteriológico para determinar si existe algún microorganismo o sustancia orgánica, que contribuya a la variación de los efectos fisiológicos y físicos de las lagunas.

Elaborar un mapa geológico a nivel regional en esta zona de estudio, a escala 1:25 000, pues este tipo de información es muy escasa y es de gran importancia para la realización de futuros proyectos e investigaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

- Agua y depuración. ¿Qué diferencia hay entre DBO y DQO?*. 2 013. <http://www.aguaydepuracion.com/que-diferencia-hay-entre-dbo-y-dqo/> (17 de agosto de 2 014).
- Agua: Olor, color y sabor*. <https://sites.google.com/site/agualeslie/olor-sabor-y> (6 de julio de 2 014).
- Amaíz, Luis. *Análisis y parámetros físicos–químicos en el tratamiento de aguas residuales y potables*. Centro de Investigaciones de Microbiología Aplicadas CIMA. <http://portal.facyt.uc.edu.ve/pasantias/informes/P63170122.pdf> (17 de abril de 2 014).
- Cinc (Zn) y agua*. <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm> (17 de agosto de 2 014).
- Color del agua*. <http://www.hannachile.com/productos/checker-hc/colorimetro-de-color-de-agua> (18 de marzo de 2 014).
- Descripción general de Guatemala. Informe ambiental del Estado de Guatemala*. <http://www.infoiarna.org.gt/media/file/publicaciones/compartidas/geo2009/Capitulo1.pdf> (14 de junio de 2 014).
- Donado Garzón, Leonardo David. *Hidrogeoquímica*. [http://www.docentes.unal.edu.co/lddonadog/docs/Presentations/Donado\\_1999a.pdf](http://www.docentes.unal.edu.co/lddonadog/docs/Presentations/Donado_1999a.pdf) (17 de abril de 2 014).
- Dureza del agua*. <http://tapintoquality.com/facts/TIQ-Dureza%20del%20Agua.pdf> (16 de octubre de 2 014).
- Dureza y ablandamiento del agua*. <http://www.lenntech.es/procesos/ablandamiento/preguntas-mas-frecuentes/faq-ablandamiento-agua.htm> (19 de marzo de 2 014).
- Environmental Protection Agency. Que es el pH*. <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/measure/ph.html> (27 de julio de 2 014).

- Fagundo Castillo, Juan Reynerio y Patricia Gonzales Hernández. *Hidrogeoquímica*. <http://www.fagundojr.com/documentos/Hidrogeoquimica.pdf> (16 de diciembre de 2 014).
- García Araiza, María del Carmen. *Geoquímica de las aguas subterráneas*. <http://es.scribd.com/doc/124575322/GEOQUIMICA-DE-LAS-AGUAS-SUBTERRANEAS-FINAL-doc> (16 de julio de 2 014).
- Garrido López, José Luis. *Grupos Arquitectónicos Asociados a Salinas de los Nueve Cerros, 2 009*. <http://www.mesoweb.com/es/articulos/Garrido.pdf> (16 de junio de 2 014).
- Gasol, Josep y Carlos Pedrós-Alió. *Los colores del agua*. <http://www.icm.csic.es/bio/ftp/2000-10.pdf> (18 de marzo de 2 014).
- Global Water Watch*. *Oxígeno disuelto*. <http://www.globalwaterwatch.org/MEX/MXesp/MXInfoBasicaParametrosSp.aspx> (22 de diciembre de 2 014).
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH-. *Datos de precipitación pluvial. Estación San Agustín Chixoy*. <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/ALTA%20VERAPAZ/SAN%20AGUSTIN%20CHIXOY%20PARAMETROS.htm> (03 de marzo de 2 014).
- . *Zonas climáticas de Guatemala*. <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/zonas%20climaticas.htm> (14 de junio de 2 014).
- Laboratorio de química ambiental. Demanda bioquímica de oxígeno*. [http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Determinacion\\_de\\_DB05.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DB05.htm) (17 de agosto de 2 014).
- Laboratorio de química ambiental. Demanda química de oxígeno*. [http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Determinacion\\_de\\_DQO.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DQO.htm) (17 de agosto de 2 014).
- Martínez, José, Et. Al. *Estudio de la contaminación por Boro en los campos de Nijar, Dalas y de las cuencas bajas de los ríos Adra y Andarax*. España, snt, 1 988.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA–. *Atlas temático de Guatemala*. [maga/atlas\\_tematico/hidricas\\_pag01.htm](http://maga/atlas_tematico/hidricas_pag01.htm) (14 de julio de 2 014).

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN–. *Línea de Base Territorial*. <http://www.marn.gob.gt/documentos/AMPI/A/A7.doc> (07 de julio de 2 014).
- Nitratos*. <http://www.lenntech.es/nitratos.htm> (04 de marzo de 2.014).
- Paiz Scwartz, Gerardo. *Degradación ambiental y desastres en Guatemala*. Guatemala: 2 007.
- Parámetros físico-químicos del agua*. [http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id\\_lib\\_tecnica=6](http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id_lib_tecnica=6) (6 de julio de 2 014).
- Parámetros físico-químicos: sólidos disueltos totales*. <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-tds.pdf> (17 de agosto de 2 014).
- Parámetros físicos-químicos: Temperatura*. <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf> (16 de octubre de 2 014).
- Petro Latina Corporations. *Estudio de impacto ambiental*. Ixcan, Quiché, Guatemala: Petro Latina Corporations, 2 005.
- Propiedades del Cobre*. <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm> (17 de agosto de 2 014).
- Propiedades químicas del fósforo*. <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/p.htm> (04 de marzo de 2 014).
- Química ambiental: Determinación de sólidos*. <http://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2013/08/practica-2-sc3b3lidos.pdf> (17 de agosto de 2 014).
- Relación de absorción del sodio*. <http://mie.esab.upc.es/arr/T24E.htm> (17 de octubre de 2 014).
- Rodríguez, Roberto. *La dureza del agua*. [http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza\\_agua.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf) (25 de enero de 2 015).
- Solórzano, Flor de María. *Utilización de arena verde (Cullisorb) y antracita en un filtro piloto para la remoción de hierro y manganeso del agua del pozo diamante dos de la planta de bombeo Ojo de Agua -Diamante, de la ciudad de Guatemala*. Guatemala: snT., 2 002.
- Sulfatos en el agua*. <http://www.lenntech.es/sulfatos.htm> (17 de abril de 2 014).

Woodfill, Brent, Et. Al. *Salinas de los nueve cerros: Nuevos aportes de una ciudad maya industrial entre el altiplano y las tierras bajas:*  
[http://nuevecerros.org/web\\_imágenes/woodfill\\_et\\_al\\_simposio\\_2011.pdf](http://nuevecerros.org/web_imágenes/woodfill_et_al_simposio_2011.pdf)  
(17 de abril de 2 014).

Zonas de vida de Holdridge. <http://www.nalsite.com/Servicios/Mapas/MuestraMapa.asp?id=1211> (07 de julio de 2 014).

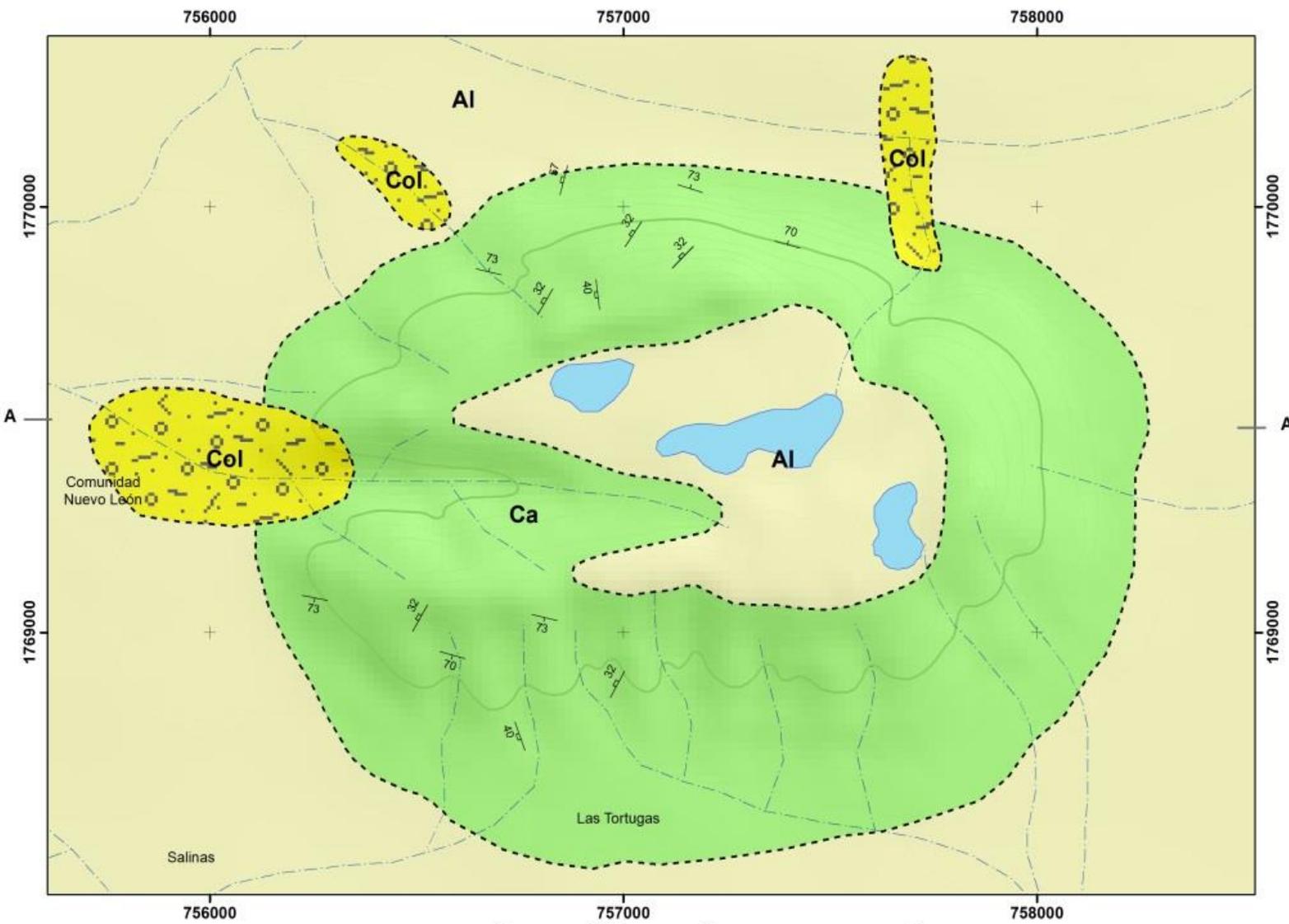


V.º B.º  
*[Handwritten signature]*

**Adán García Véliz**  
**Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa**  
**Bibliotecario**



ANEXO I  
Mapa Geológico

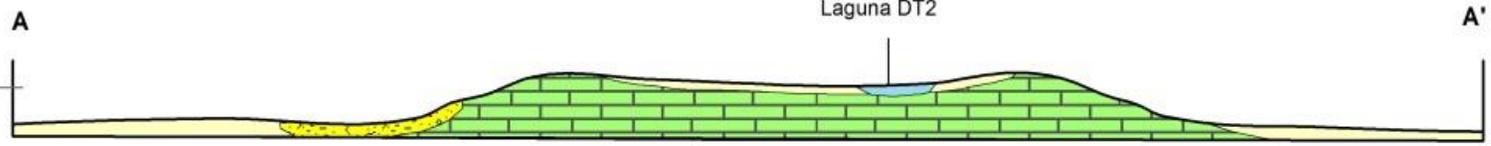
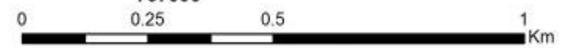


**Simbología**

- +— Fracturas
- +— Estratificaciones
- - - Contacto Discordante
- - - Quebradas
- Lagunas
- Curvas de nivel

**Leyenda**

- Litología**
- AI Aluvi3n
  - Col Coluvi3n
  - Ca Caliza



|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
|                                   | Universidad de San Carlos de Guatemala<br>Centro Universitario del Norte -CUNOR-<br>Ingeniero Ge3logo                        |
|                                   | An3lisis hidrogeoqu3mico de las lagunas del Cerro Tortugas, en el 3rea arqueol3gica Salinas de los Nueve Cerros, Cob3n, A.V. |
| M3nica Ordoñez Lemus<br>200740118 | <b>MAPA Y PERFIL<br/>GEOL3GICO</b>   |
| UTM WGS 84 ZONA 15N               |  |
| 1/1                               |  |

ANEXO II  
Resultados de laboratorio



51a. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

|          |                |
|----------|----------------|
| ORDEN:   | 21-762         |
| FINCA:   | MONICA ORDOÑEZ |
| CLIENTE: | OTROS SECTORES |

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| LOCALIZACIÓN:   | Cobán, ALTA VERAPAZ |
| IDENTIFICACIÓN: | DT 1                |
| No. DE LAB:     | 2701                |

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       | dS/m          |                                |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 7.79      | 140.63                  | 510.80                      |                       |               | 0.92                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.15               |                      |                     |                    |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 231.60                  | 10.85    | 8.31    | 8.79   | 0.00       | 172.33       | 1.90     | 351.00   | 0.00     |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 2.90                    | 0.40    | 0.10   | 0.14      | 0.20    | 1.00    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : Jueves, 26 de diciembre de 2013

Fecha Entrega : Lunes, 13 de enero de 2014

Guatemala jueves 09 de enero de 2014

Humberto Jiménez G.  
 Coordinador de ANALAB



51a. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

ORDEN: 21-762  
 FINCA: MONICA ORDOÑEZ  
 CLIENTE: OTROS SECTORES

LOCALIZACIÓN: Cobán, ALTA VERAPAZ  
 IDENTIFICACIÓN: DT 2  
 No. DE LAB: 2702

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       |               | dS/m                           |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 8.12      | 127.50                  | 400.40                      |                       |               | 0.92                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.44               |                      |                     |                    |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 6.31                    | 262.20   | 19.95   | 33.20  | 0.00       | 155.55       | 28.16    | 305.00   | 0.00     |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 0.10                    | 0.40    | 0.10   | 0.27      | 0.20    | 1.00    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : jueves, 26 de diciembre de 2013

Fecha Entrega : lunes, 13 de enero de 2014

Guatemala jueves 09 de enero de 2014

Ing. Humberto Jiménez G.  
 Jefe del Laboratorio Analab



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

ORDEN: 21-762  
 FINCA: MONICA ORDOÑEZ  
 CLIENTE: OTROS SECTORES

LOCALIZACIÓN: Cobán, ALTA VERAPAZ  
 IDENTIFICACIÓN: DT 3  
 No. DE LAB: 2703

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       | dS/m          |                                |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 7.86      | 336.25                  | 676.00                      |                       |               | 2.13                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.18               |                      |                     |                    |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 4.38                    | 646.60   | 31.66   | 20.86  | 0.00       | 411.75       | 17.70    | 965.00   | 41.00    |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 0.10                    | 0.40    | 0.10   | 0.10      | 0.20    | 1.00    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le da a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso: jueves, 26 de diciembre de 2013

Fecha Entrega: lunes, 13 de enero de 2014

Guatemala jueves 09 de enero de 2014

Ing. Humberto Jiménez G.  
 Jefe del Laboratorio Analab

Orden: 21-762  
 Finca: MONICA ORDOÑEZ  
 Cliente: OTROS SECTORES  
 Localización: Cobán, ALTA VERAPAZ

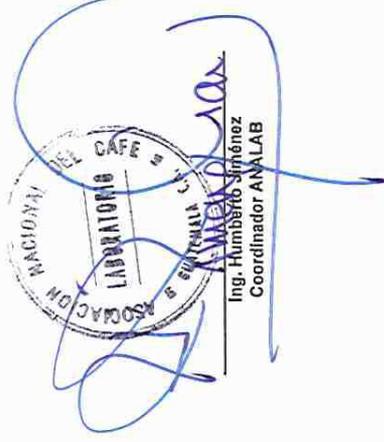


| No.   | Identificación | mg/L |        |                     | mg/L  |          |         | mg/L    |  |
|-------|----------------|------|--------|---------------------|-------|----------|---------|---------|--|
|       |                | pH   | D.Q.O. | D.B.O. <sub>5</sub> | S.T.  | S. T. S. | N total | P total |  |
| 2,701 | DT 1           | 7.14 | 18.3   | 1                   | 1,006 | 113      | 1       | 0.1     |  |
| 2,702 | DT 2           | 7.21 | 40.3   | 6                   | 1,043 | 87       | 2.2     | 0.1     |  |
| 2,703 | DT 3           | 6.95 | 2.8    | ND                  | 1,914 | 20       | ND      | 0.1     |  |

D.B.O.<sub>5</sub>: Demanda Biológica de Oxígeno  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 mg/L: miligramo/litro  
 N total: Nitrógeno Total  
 ND: No detectable  
 P total: Fósforo Total  
 pH: Potencial de Hidrógeno  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión

Fecha de Ingreso: jueves, 26 de diciembre de 2013

Fecha de Reporte: martes, 14 de enero de 2014



Ing. Humberto Simónez  
 Coordinador ANALAB

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Orden: 21-1358  
 Finca: MONICA ORDOÑEZ  
 Cliente: MONICA ORDOÑEZ  
 Localización: Cobán, ALTA VERAPAZ



| No.   | Identificación | mg/L |        | mg/L                |      | mg/L      |         |         |
|-------|----------------|------|--------|---------------------|------|-----------|---------|---------|
|       |                | pH   | D.Q.O. | D.B.O. <sub>5</sub> | S.T. | \$. T. S. | N total | P total |
| 5,906 | DT1            | 8.36 | 85     | 20                  | 892  | 26.7      | ND      | 0.1     |
| 5,907 | DT2            | 7.91 | 110    | 30                  | 590  | 13        | ND      | 0.1     |
| 5,908 | DT3            | 8.45 | 90     | 25                  | 888  | 47        | 2       | 0.1     |

D.B.O.<sub>5</sub>: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 mg/L: miligramo/litro  
 N total: Nitrogeno Total  
 ND: No detectable  
 P total: Fósforo Total  
 pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión

Fecha de Ingreso: martes, 11 de febrero de 2014

Fecha de Reporte: lunes, 24 de febrero de 2014

Ing. Humberto Jiménez  
 Coordinador ANALAB



Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de ANACAFE  
 5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

ORDEN: 21-1358  
 FINCA: MONICA ORDOÑEZ  
 CLIENTE: MONICA ORDOÑEZ

LOCALIZACIÓN: Cobán, ALTA VERAPAZ  
 IDENTIFICACIÓN: DT1  
 No. DE LAB: 5906

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       | dS/m          |                                |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 8.29      | 166.25                  | 620.00                      |                       |               | 1.03                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.42               |                      |                     |                    |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 250.70                  | 0.10     | 10.31   | 24.06  | 0.00       | 204.35       | 3.30     | 402.00   | 0.10     |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 0.10                    | 0.40    | 0.10   | 0.10      | 0.20    | 1.00    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : martes, 11 de febrero de 2014

Fecha Entrega : lunes, 24 de febrero de 2014

Guatemala martes 18 de febrero de 2014

Ing. Humberto Jiménez G.  
 Coordinador de ANALAB



Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de ANACAFE  
 5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

ORDEN: 21-1358  
 FINCA: MONICA ORDOÑEZ  
 CLIENTE: MONICA ORDOÑEZ

LOCALIZACIÓN: Cobán, ALTA VERAPAZ  
 IDENTIFICACIÓN: DT2  
 No. DE LAB: 5907

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       | dS/m          |                                |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 8.21      | 120.00                  | 398.00                      |                       |               | 0.73                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.40               |                      |                     |                    |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 170.40                  | 0.10     | 10.94   | 19.16  | 0.00       | 146.40       | 3.90     | 264.00   | 0.00     |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 0.10                    | 0.40    | 0.10   | 0.10      | 0.20    | 1.00    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : martes, 11 de febrero de 2014

Fecha Entrega : lunes, 24 de febrero de 2014

Guatemala martes 18 de febrero de 2014

Ing. Humberto Jiménez G.  
 Jefe del Laboratorio Analab



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

ORDEN: 21-1358  
 FINCA: MONICA ORDOÑEZ  
 CLIENTE: MONICA ORDOÑEZ

LOCALIZACIÓN: Cobán, ALTA VERAPAZ  
 IDENTIFICACIÓN: DT3  
 No. DE LAB: 5908

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       | dS/m          |                                |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 8.35      | 130.00                  | 568.00                      |                       |               | 1.07                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.65               |                      |                     |                    |                  |                              |

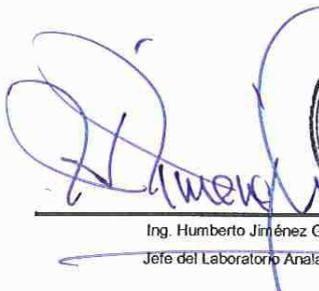
| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 219.40                  | 0.10     | 11.97   | 34.87  | 0.00       | 158.60       | 33.70    | 341.00   | 0.00     |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 0.10                    | 0.40    | 0.10   | 0.10      | 0.20    | 1.00    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le da a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : martes, 11 de febrero de 2014  
 Fecha Entrega : lunes, 24 de febrero de 2014

Guatemala martes 18 de febrero de 2014

  
  
 Ing. Humberto Jiménez G.  
 Jefe del Laboratorio Analab



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

|          |                |
|----------|----------------|
| ORDEN:   | 21-2887        |
| FINCA:   | MONICA ORDOÑEZ |
| CLIENTE: | MONICA ORDOÑEZ |

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| LOCALIZACIÓN:   | Cobán, ALTA VERAPAZ |
| IDENTIFICACIÓN: | 1                   |
| No. DE LAB:     | 13062               |

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       |               | dS/m                           |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 7.92      | 145.00                  | 636.80                      |                       |               | 1.04                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.03               |                      |                     |                    |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 96.92                   | 6.70     | 2.26    | 1.30   | 0.00       | 175.38       | 5.20     | 398.00   | ND       |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 0.10                    | 0.10    | 0.10   | 0.10      | 0.10    | 0.61    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : martes, 29 de abril de 2014  
 Fecha Entrega : viernes, 09 de mayo de 2014

Guatemala martes 06 de mayo de 2014

  
  
 Ing. Humberto Jiménez G.  
 Coordinador de ANALAB



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

|          |                |
|----------|----------------|
| ORDEN:   | 21-2887        |
| FINCA:   | MONICA ORDOÑEZ |
| CLIENTE: | MONICA ORDOÑEZ |

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| LOCALIZACIÓN:   | Cobán, ALTA VERAPAZ |
| IDENTIFICACIÓN: | 2                   |
| No. DE LAB:     | 13063               |

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       | dS/m          |                                |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Electrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 7.90      | 173.13                  | 943.60                      |                       |               | 0.00                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.53               |                      |                     |                    |                  |                              |

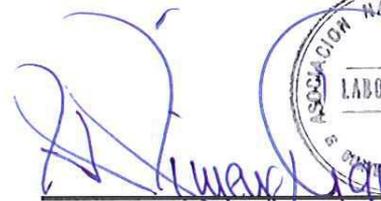
| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potaslo | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 135.00                  | 10.92    | 2.31    | 24.04  | 0.00       | 213.50       | 64.70    | 634.00   | ND       |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 0.10                    | 0.10    | 0.10   | 0.10      | 0.10    | 0.66    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : martes, 29 de abril de 2014  
 Fecha Entrega : viernes, 09 de mayo de 2014

Guatemala martes 06 de mayo de 2014

  
  
 Ing. Humberto Jiménez G.  
 Jefe del Laboratorio Analab



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUAS

|          |                |
|----------|----------------|
| ORDEN:   | 21-2887        |
| FINCA:   | MONICA ORDOÑEZ |
| CLIENTE: | MONICA ORDOÑEZ |

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| LOCALIZACIÓN:   | Cobán, ALTA VERAPAZ |
| IDENTIFICACIÓN: | 3                   |
| No. DE LAB:     | 13064               |

| PARAMETRO |                         |                             |                       |                                |                      |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       | dS/m                           |                      |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       | Conductividad Electrica (C.E.) |                      |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150                  | Excelente<br>< 0.250 | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 7.80      | 151.88                  | 508.80                      |                       |                                | 0.81                 |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     | Fertirriego        |                  |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.02               |                      |                     |                    |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 73.49                   | 3.64     | 1.98    | 0.68   | 0.00       | 184.53       | 7.50     | 335.00   | ND       |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 0.10                    | 0.10    | 0.10   | 0.10      | 0.10    | 0.68    |

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : martes, 29 de abril de 2014

Fecha Entrega : viernes, 09 de mayo de 2014

Guatemala martes 06 de mayo de 2014

  
  
 Ing. Humberto Jiménez G.  
 Jefe del Laboratorio Analab

Orden: 21-2887  
 Finca: MONICA ORDOÑEZ  
 Cliente: MONICA ORDOÑEZ  
 Localización: Cobán, ALTA VERAPAZ



| No.    | Identificación | mg/L |        |                     |      |          | mg/L    |         | mg/L |  |
|--------|----------------|------|--------|---------------------|------|----------|---------|---------|------|--|
|        |                | pH   | D.Q.O. | D.B.O. <sub>5</sub> | S.T. | S. T. S. | N total | P total |      |  |
| 13,062 | 1              | 7.94 | 34.1   | 7                   | 903  | 35.0     | 1.2     | 0.1     |      |  |
| 13,063 | 2              | 7.93 | 35.1   | 8                   | 868  | 40       | 1.5     | 0.1     |      |  |
| 13,064 | 3              | 7.81 | 31.9   | 4                   | 973  | 35       | 0.9     | 0.1     |      |  |

D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 mg/L: miligramo/litro  
 N total: Nitrogeno Total  
 ND: No detectable  
 P total: Fósforo Total  
 pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión

Fecha de Ingreso: martes, 29 de abril de 2014  
 Fecha de Reporte: viernes, 09 de mayo de 2014

Ing. Humberto Jiménez  
 Coordinador ANALAB

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUA PARA FINES DE RIEGO

ORDEN: 21-3668  
 FINCA: MONICA ORDOÑEZ  
 CLIENTE: OTROS SECTORES

LOCALIZACIÓN: Alta Verapaz, COBÁN  
 IDENTIFICACIÓN: DT3  
 No. DE LAB: 16267

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       |               | dS/m                           |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 7.36      | 66.25                   | 201.60                      |                       |               | 0.39                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.13               |                      |                     |                    |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 180.10                  | 9.52     | 3.84    | 6.44   | ND         | 80.83        | 1.60     | 128.00   | 0.30     |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 1.07                    | <0.02   | <0.06  | <0.01     | <0.02   | <0.09   |

ND: No detectable

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

Análisis de elementos: Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio, Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc, Boro. Espectrometría de emisión de plasma- ICP por subcontratación

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : viernes, 27 de junio de 2014

Fecha Entrega : lunes, 21 de julio de 2014

Guatemala viernes 04 de julio de 2014



Ing. Humberto Jiménez  
 Coordinador de ANALAB



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUA PARA FINES DE RIEGO

|          |                |
|----------|----------------|
| ORDEN:   | 21-3668        |
| FINCA:   | MONICA ORDOÑEZ |
| CLIENTE: | OTROS SECTORES |

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| LOCALIZACIÓN:   | Alta Verapaz, COBÁN |
| IDENTIFICACIÓN: | DT2                 |
| No. DE LAB:     | 16266               |

| PARAMETRO |                         |                             |                       |                                |                      |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       | dS/m                           |                      |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                      |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150                  | Excelente<br>< 0.250 | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 8.02      | 45.00                   | 215.80                      |                       | 0.47                           |                      |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |  |                  |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--|------------------|------------------------------|
| RAS                |                      |                     |                    |  |                  |                              |
| Riego              |                      |                     | Fertirriego        |  |                  |                              |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 |  | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |
| 0.55               |                      |                     |                    |  |                  |                              |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 151.80                  | 12.63    | <3.00   | 26.24  | ND         | 54.90        | 16.30    | 160.00   | 0.20     |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 1.11                    | <0.02   | <0.06  | 0.01      | <0.02   | <0.09   |

ND: No detectable

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

Análisis de elementos: Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio, Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc, Boro. Espectrometría de emisión de plasma- ICP por subcontratación

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : viernes, 27 de junio de 2014

Fecha Entrega : lunes, 21 de julio de 2014

Guatemala viernes 04 de julio de 2014

Ing. Humberto Jiménez G.  
Coordinador de ANALAB



5ta. Calle 0-50, Zona 14 Edificio de ANACAFE  
 Teléfono: 2311-1969 Exts. 1132, 1133 y 1135  
 E-mail: [analab@anacafe.org](mailto:analab@anacafe.org)  
[www.laboratorioanalab.com](http://www.laboratorioanalab.com)

## ANALISIS DE AGUA PARA FINES DE RIEGO

ORDEN: 21-3668  
 FINCA: MONICA ORDOÑEZ  
 CLIENTE: OTROS SECTORES

LOCALIZACIÓN: Alta Verapaz, COBÁN  
 IDENTIFICACIÓN: DT1  
 No. DE LAB: 16265

| PARAMETRO |                         |                             |                       |               |                                |                        |                            |                       |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| pH        | Partes por millón (ppm) |                             |                       |               | dS/m                           |                        |                            |                       |
|           | Alcalinidad             | Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) |                       |               | Conductividad Eléctrica (C.E.) |                        |                            |                       |
| 5.5 - 7.0 | < 100                   | Suave<br>0 - 100            | Moderada<br>100 - 150 | Dura<br>> 150 | Excelente<br>< 0.250           | Buena<br>0.250 - 0.750 | Permisible<br>0.750 - 2.00 | Inapropiada<br>> 2.00 |
| 7.87      | 72.50                   | 317.60                      |                       |               | 0.55                           |                        |                            |                       |

| PARAMETRO          |                      |                     |                    |                  |                              |  |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------|--|
| RAS                |                      |                     |                    |                  |                              |  |
| Riego              |                      |                     |                    | Fertirriego      |                              |  |
| Bajo<br>0.1 - 0.25 | Medio<br>0.25 - 0.75 | Alto<br>0.75 - 2.25 | Muy Alto<br>> 2.25 | Pilones<br>< 2.0 | Cultivos en General<br>< 4.0 |  |
| 0.19               |                      |                     |                    |                  |                              |  |

| partes por millón (ppm) |          |         |        |            |              |          |          |          |
|-------------------------|----------|---------|--------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| CATIONES                |          |         |        | ANIONES    |              |          |          |          |
| Calcio                  | Magnesio | Potasio | Sodio  | Carbonatos | Bicarbonatos | Cloruros | Sulfatos | Nitratos |
| 0 - 120                 | 0 - 25   | 0 - 70  | 0 - 60 | 0 - 5      | 0 - 40       | 0 - 70   | 0 - 900  | 0 - 20   |
| 189.00                  | 13.93    | 4.15    | 9.93   | ND         | 89.98        | 1.20     | 229.00   | 0.20     |

| Partes por millón (ppm) |         |        |           |         |         |
|-------------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|
| ELEMENTOS               |         |        |           |         |         |
| Fósforo                 | Cobre   | Hierro | Manganeso | Zinc    | Boro    |
| 0 - 5                   | 0 - 0.2 | 0 - 5  | 0 - 0.2   | 0 - 0.5 | 0 - 0.5 |
| 2.48                    | <0.02   | <0.06  | 0.02      | <0.02   | <0.09   |

ND: No detectable

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.

Análisis de elementos: Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio, Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc, Boro. Espectrometría de emisión de plasma- ICP por subcontratación

El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha Ingreso : viernes, 27 de junio de 2014

Fecha Entrega : lunes, 21 de julio de 2014

Guatemala viernes 04 de julio de 2014

Ing. Humberto Jiménez G.  
 Coordinador de ANALAB



Orden: 21-3668  
 Finca: MONICA ORDOÑEZ  
 Cliente: OTROS SECTORES  
 Localización: Alta Verapaz, COBÁN

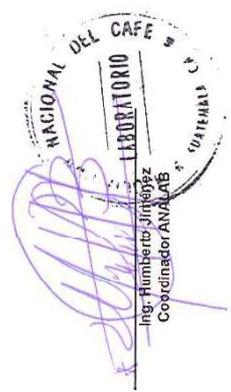


INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

| No.    | Identificación | mg/L |        |                     |      |          |         |         |  |  |  |
|--------|----------------|------|--------|---------------------|------|----------|---------|---------|--|--|--|
|        |                | pH   | D.Q.O. | D.B.O. <sub>5</sub> | S.T. | S. T. S. | N total | P total |  |  |  |
| 16,265 | DT1            | 7.89 | 28     | 4                   | 831  | 120.0    | 0.7     | 0.1     |  |  |  |
| 16,266 | DT2            | 8.02 | 22.2   | 5                   | 574  | ND       | 0.7     | 0.1     |  |  |  |
| 16,267 | DT3            | 7.36 | 24.9   | 1                   | 412  | ND       | 0.5     | 0.1     |  |  |  |

D.B.O.<sub>5</sub>: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 mg/L: miligramo/litro  
 N total: Nitrogeno Total  
 ND: No detectable  
 P total: Fósforo Total  
 pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión

Fecha de Ingreso: viernes, 27 de junio de 2014  
 Fecha de Reporte: lunes, 21 de julio de 2014



Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



# CUNOR

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala



15264

El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos, luego de conocer el dictamen de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

## Geología

Al trabajo titulado:

**"Análisis Hidrogeoquímico de las Lagunas del Cerro Tortugas, en el Área Arqueológica Salinas de los Nueve Cerros, Cobán, A.V."**

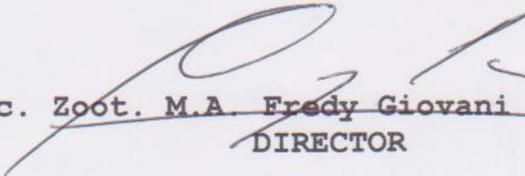
Presentado por el (la) estudiante:

**Mónica Carolina Ordóñez Lemus**

Autoriza el

# IMPRIMASE

*"Id y enseñad a todos"*

  
Lic. Zoot. M.A. ~~Fredy Giovanni Macz Choc~~  
DIRECTOR



Cobán, Alta Verapaz noviembre del 2015