

**DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ÁCIDO EN LAS
PRECIPITACIONES DEL PARQUE NATURAL CHICAQUE Y SU POSIBLE
AFECTACIÓN A LA VEGETACIÓN**

MARÍA CAMILA ÁNGEL MARTINEZ

MARÍA PAULA APARICIO ESPITIA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

BOGOTÁ

2015

**DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ÁCIDO EN LAS
PRECIPITACIONES DEL PARQUE NATURAL CHICAQUE Y SU POSIBLE
AFECTACIÓN A LA VEGETACIÓN**

MARÍA CAMILA ÁNGEL MARTINEZ

MARÍA PAULA APARICIO ESPITIA

Tesis de grado

Ing. Johan Alexander Álvarez Berrío

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

BOGOTÁ

2015

Primero agradecer a Dios, gracias a Él pude llevar a cabo y culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida. A mi familia por brindarme la oportunidad realizar esta etapa académica. A mis amigos y demás personas que me acompañaron durante este proceso, por su continuo apoyo y colaboración.

MARÍA CAMILA ÁNGEL MARTÍNEZ

A Dios, a mi familia, amigos y a todas esas personas que no perdieron nunca la fe en mí y me alentaron para seguir adelante, a todos ustedes les dedico este éxito.

MARÍA PAULA APARICIO ESPITIA

AGRADECIMIENTOS

Al Parque Natural Chicaque por permitirnos llevar a cabo este estudio y por todo el apoyo logístico y presencial a lo largo del proceso.

Al Ingeniero Johan Alexander Alvares Berrio, profesor de la Universidad Santo Tomás y director de esta tesis por su orientación, asesoría y constante apoyo durante la ejecución de este proyecto.

Al Ingeniero Duván Javier Mesa Fernández por ser el apoyo y la representación de la facultad en el desarrollo del trabajo.

A la profesora Liliana Salazar López y su colega Iván López Gonzales por sus asesorías, acompañamiento y aporte de sus conocimientos.

Por último, agradecemos a nuestras familias y amigos por ser ese apoyo incondicional y compañía durante todo este tiempo porque sin ellos esto no sería posible.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1 Antecedentes del Problema.....	15
Lluvia Ácida	15
Parque Natural Chicaque (PNCH)	17
Líquenes como Bioindicadores	17
1.2 Descripción.....	18
2. JUSTIFICACIÓN	20
3. OBJETIVOS	22
3.1 Objetivo General.....	22
3.2 Objetivos Específicos	22
4. MARCO REFERENCIAL	23
4.1 Contextual	23
4.1.1 Microcontexto	23
Descripción PNCH.....	23
4.2 Marco Teórico.....	29
Lluvia Ácida	29
Origen de la Lluvia Ácida.....	30
Fuentes Precursoras de la Lluvia Ácida.....	30
<i>Daños al Ambiente</i>	32
4.3 Conceptual	33
4.3.1 Bioindicador.....	33
4.3.2 Líquenes.....	33
4.3.3 Índice de Diversidad Liquélica (LDV).....	39
4.3.4 Índice de Pureza Atmosférica (IPA o IAP)	40
4.4 Legal	40
5. DESARROLLO CENTRAL.....	42

5.1	Diseño Metodológico	42
5.1.1	Inventario (Recolección de la Información Preliminar)	42
5.1.2	Diagnóstico (Recolección de la Información Primaria)	42
5.1.3	Muestras de Referencia.....	42
5.1.4	Descripción fuentes contaminación cercanas al PNCH	44
5.1.5	Selección de los Puntos para la Instalación de las Estaciones y Objetos de Muestreo	47
5.1.6	Elaboración, Preparación e Instalación de los Instrumentos de Recolección de las Muestras de Precipitación	50
5.1.7	Conteo y Recolección de Líquenes	50
5.1.8	Muestreo y Obtención de los Datos	53
5.1.9	Análisis Fisicoquímico	53
5.1.10	Procesamiento de la Información	54
5.1.11	Elaboración de Cartografía	54
6.	Resultados y Discusión	56
6.1.	Precipitación	56
6.2.	Conducta del pH	56
	<i>Comportamiento del pH durante el Tiempo</i>	56
6.3.	Conductividad Específica	70
	<i>Comportamiento de la Conductividad Específica durante el Tiempo</i>	70
7.	Muestreo de Líquenes.....	87
7.1.	Índice de Diversidad Liquélica.....	94
7.2	Índice de Pureza Atmosférico	95
7.3.	Relación entre las variables de pH, Conductividad Específica, LDV e IPA	98
8.	Limitaciones.....	99
9.	Conclusiones	101
10.	Recomendaciones	104
11.	Bibliografía	108

TABLA DE IMÁGENES

IMAGEN 1. CARTOGRAFÍA PNCH.....	24
IMAGEN 2. CICLO DE LA LLUVIA ÁCIDA.....	29
IMAGEN 3. LIQUEN GELATINOSO.....	34
IMAGEN 4. LIQUEN CRUSTÁCEO	35
IMAGEN 5. LIQUEN ESCAMOSO.....	35
IMAGEN 6. LIQUEN FOLIOSO.....	36
IMAGEN 7. LIQUEN FRUTICOLOSO.....	36
IMAGEN 8. LIQUEN FILAMENTOSO	37
IMAGEN 9. LIQUEN COMPUESTO	37
IMAGEN 10. ESTRUCTURA ANATÓMICA HETERÓMERA DE UN TALO.	38
IMAGEN 11. UBICACIÓN PUNTOS DE MUESTREO EN EL PNCH.....	48

TABLA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. COMPORTAMIENTO PH DURANTE EL TIEMPO DE MUESTREO	58
GRÁFICO 2 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO PARA LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO DE PH DURANTE LAS 8 SEMANAS DE ESTUDIO.	60
GRÁFICO 3. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS 8 SEMANAS DE ESTUDIO EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO DE PH.	61
GRÁFICO 4. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE PH PARA EL PRIMER MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	62
GRÁFICO 5. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE PH PARA EL SEGUNDO MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	64
GRÁFICO 6. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE PH PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA EL PRIMER MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	65
GRÁFICO 7. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE PH PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA EL SEGUNDO MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	66
GRÁFICO 8. MEDIA MENSUAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE PH PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA LOS DOS MESES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	68
GRÁFICO 9. COMPORTAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA DURANTE LAS 8 SEMANAS DE MUESTREO EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	71
GRÁFICO 10. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO PARA LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA DURANTE LAS 8 SEMANAS DE ESTUDIO.	73
GRÁFICO 11. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS 8 SEMANAS DE ESTUDIO EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA.	74
GRÁFICO 12. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA EL PRIMER MES EN LOS 7 PUNTOS DE MONITOREO.	76
GRÁFICO 13. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA EL SEGUNDO MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	77
GRÁFICO 14. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA EL PRIMER MES.	78
GRÁFICO 15. MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA EL SEGUNDO MES.	80
GRÁFICO 16. MEDIA MENSUAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA LOS DOS MESES.	81
GRÁFICO 17. COMPARACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO CON LOS VALORES MÁXIMOS (7) VS EL PUNTO DE MUESTREO CON LOS VALORES MÍNIMOS (7) DE PH	84
GRÁFICO 18. COMPARACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO CON LOS VALORES MÁXIMOS (7) VS EL PUNTO DE MUESTREO CON LOS VALORES MÍNIMOS (7) DE PH	86
GRÁFICO 19. NÚMERO DE COMUNIDADES LIQUÉNICAS POR ESPECIE ENCONTRADAS.	91
GRÁFICO 20. FRECUENCIA DE INDIVIDUOS POR ESTACIÓN	92
GRÁFICO 21. TOTAL INDIVIDUOS PRESENTES EN EL ÁREA DE MUESTREO GENERAL	93

GRÁFICO 22. TOTAL INDIVIDUOS PRESENTES EN CADA ESTACIÓN.....	93
GRÁFICO 23. VALORES IPA PARA CADA ESTACIÓN	97

TABLA DE CUADROS

CUADRO 1. AVES PRESENTES EN EL PNCH.....	26
CUADRO 2. MAMÍFEROS PRESENTES EN EL PNCH	27
CUADRO 3. REPTILES PRESENTES EN EL PNCH	27
CUADRO 4. ESPECIES DE FLORA PRESENTES EN EL PNCH	28
CUADRO 5. NORMATIVA APLICABLE AL PROYECTO	40
CUADRO 6. RESUMEN DE MUESTRAS DE REFERENCIA.....	44
CUADRO 7 DISTRIBUCIÓN PUNTOS DE MUESTREO.....	48
CUADRO 8. MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	53
CUADRO 9. CARACTERÍSTICAS Sonda MULTIPARAMÉTRICA.....	54
CUADRO 10. CONCEPTO A TENER EN CUENTA.....	56
CUADRO 11. DESCRIPCIÓN ESPECIES DE LÍQUENES DE REFERENCIA.....	87

TABLA DE TABLAS

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN ÁRBOLES PARA EL CONTEO DE ESPECIES LIQUÉNICAS.....	51
TABLA 2: RANGO DE IPA.....	52
TABLA 3. MEDIA SEMANAL, MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	59
TABLA 4 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE pH PARA EL PRIMER MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	62
TABLA 5 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE pH PARA EL SEGUNDO MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.....	63
TABLA 6 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE pH PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA EL PRIMER MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	65
TABLA 7 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE pH PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA EL SEGUNDO MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	66
TABLA 8 COMPORTAMIENTO FINAL DE pH PARA CADA PUNTO DE MUESTRO.....	67
TABLA 9: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA MEDIA MENSUAL ARITMÉTICA DE LOS DOS MESES.	68
TABLA 10. MEDIA SEMANAL, MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO PARA LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA DURANTE LAS 8 SEMANAS DE ESTUDIO.	72
TABLA 11 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA EL PRIMER MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.	75
TABLA 12 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA EL SEGUNDO MES EN LOS 7 PUNTOS DE MUESTREO.....	77
TABLA 13 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA EL PRIMER MES.	78
TABLA 14 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA EL SEGUNDO MES.	79
TABLA 15 MEDIA SEMANAL DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA PARA CADA PUNTO DE MUESTREO PARA LOS DOS MESES.	81

TABLA 16. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA MEDIA MENSUAL ARITMÉTICA DE LOS DOS MESES.	81
TABLA 17. MEDIA MENSUAL, MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA Y PH EN CADA PUNTO DE MUESTREO DURANTE LOS 2 MESES DE ESTUDIO.	82
TABLA 18. MEDIA MENSUAL, MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS TOMADAS DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA Y PH DURANTE LOS 2 MESES DE ESTUDIO EN CADA PUNTO DE MUESTREO.	83
TABLA 19. COMPARACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO 1 VS EL PUNTO DE MUESTREO CON LOS 7 DE PH.	84
TABLA 20. COMPARACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO 1 VS EL PUNTO DE MUESTREO CON LOS 7 DE CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA	85
TABLA 21. VALORES LDV	94
TABLA 22. RESUMEN FRECUENCIA DE ESPECIE POR ESTACIÓN	95
TABLA 23. VALORES IPA OBTENIDOS POR ESTACIÓN.	96

RESUMEN

La finalidad de este estudio fue determinar la presencia de precipitaciones ácidas en el Parque Natural Chicaque (PNCH) a través del análisis físico-químico del pH y la conductividad específica y si existe alguna afectación a la vegetación por medio de bioindicadores, para este caso líquenes, teniendo en cuenta la cercanía del Parque con el municipio de Soacha y algunas industrias que pueden estar afectando las condiciones ambientales de la zona.

El periodo de estudio se llevó a cabo desde la segunda semana del mes de Noviembre del año 2014 hasta la segunda semana del mes de Enero del año 2015. Las estaciones elegidos para la obtención de las muestras fueron distribuidos verticalmente a lo largo del Parque desde los 2.700 m.s.n.m. a los 2.000 m.s.n.m. teniendo en cuenta la topografía del Parque, ubicando cada uno de los puntos de muestreo en un rango de 100 m. Las muestras de precipitación fueron recolectadas dos veces al día, dos veces por semana y fueron analizadas In Vitro utilizando una sonda multiparamétrica Hach; en el caso de los líquenes se utilizaron las metodologías del Índice de Diversidad Liquéncia (LDV) y la del Índice de Pureza Atmosférica (IPA).

Teniendo en cuenta los niveles de referencia establecidos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM se pudo determinar que los niveles de pH y conductividad de las muestras pueden no indicar la presencia de precipitación ácida, sin embargo las metodologías para el conteo de poblaciones líquénicas indican que tanto la cobertura como la frecuencia de especies presentes en el Parque es mínima y esto se puede deber a que las condiciones ambientales (Humedad, Temperatura y Radiación) están afectando el crecimiento de estas comunidades.

INTRODUCCIÓN

El PNCH se encuentra ubicado en el borde sur-occidental de la Sabana de Bogotá, en el Municipio de San Antonio del Tequendama, este Parque funciona como un área de recreación eco – turística que presta servicios ambientales, entre ellos permite la regulación de los caudales de algunas quebradas e intercepta la neblina para producir agua, permite controlar los procesos erosivos del suelo y la fijación de CO₂, es un santuario de fauna y flora silvestre y permite asegurar la reforestación y el enriquecimiento del bosque de robles.

En municipios como Soacha la actividad industrial se ha incrementado considerablemente en los últimos años, generando una serie de cambios en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) afectando sectores vecinos al PNCH con la instalación de nuevas áreas industriales. Así mismo, actualmente se cuenta con estudios en donde, a través de mapas, se puede exponer la vulnerabilidad de esta reserva a causa de la dirección de los vientos predominantes en Bogotá D.C. ya que al representar esta variable meteorológica se logra observar que tienen incidencia sobre el Parque. [18]

El objetivo de la presente investigación fue determinar si existe la presencia de alguna conducta de acidez en la precipitación en el PNCH, evaluando a través de la metodología establecida los siguientes parámetros fisicoquímicos: Conductividad específica y acidez. Así mismo, a través de líquenes usados como bioindicadores bajo las metodologías del Índice de Diversidad Liquéncia (LDV) e Índice de Pureza Atmosférica (IPA o IAP) poder identificar el grado de afección a la vegetación de la reserva, teniendo en consideración las actividades industriales de las zonas aledañas.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes del Problema

Lluvia Ácida

El fenómeno de la lluvia ácida se remonta al periodo de la revolución industrial, finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, fue inicialmente denunciado por el químico Agnus Smith que evaluó los efectos que este fenómeno ocasionaba para ese entonces en la Inglaterra de la época “El fenómeno de la lluvia ácida fue descubierto por Agnus Smith en Gran Bretaña a mediados de la década de los 1850, si bien fue olvidado hasta mediados de los 1950. Este fenómeno se refiere a la precipitación que es significativamente más ácida que la lluvia “natural” (es decir, no contaminada), la cual a su vez es algo ácida, debido a la presencia en ella de dióxido de carbono atmosférico” [6]. Para 1872 Smith publicó un informe en el que exponía las características ácidas presentes en la lluvia de la ciudad de Manchester y sus cercanías, al mismo tiempo explicaba los efectos que el ácido sulfúrico presente en el aire ocasionaba sobre los textiles y los metales.

Para la década de 1950, el Doctor Eville Graham realizó una investigación en donde documentaba como los suelos y los lagos podrían ser acidificados por la lluvia ácida y puso como ejemplo a los lagos de Inglaterra que fueron acidificados producto de la actividad industrial del país en esa época. Así mismo para el año de 1950 en países como Estados Unidos, Inglaterra y Suecia, los meteorólogos realizaron estudios con el fin de comprobar la acidez en la atmósfera y años más tarde en 1984, Hans Egner conformó la primera red de estudio de la calidad de la precipitación y la nieve en Europa.

En relación con lo anterior, para 1972 en la cumbre de las Naciones Unidas en Estocolmo, Suecia, se planteó a la lluvia ácida como un problema para el medio ambiente, después de evidenciar el grave impacto a los lagos y sus ecosistemas circundantes producto de la fuerte actividad industrial derivada de la parte occidental de Europa. [19]

Waldsterben, “Muerte del Bosques”, así recibió en Alemania el nombre del

fenómeno que se descubrió en la década de los 80's en este país, al comprobarse que la mitad de los bosques alemanes se encontraban perjudicados y/o afectados en mayor o menor grado, en gran medida por acción de varios contaminantes producto de la actividad industrial del país.

Recientemente, en países como China en donde se observa un alto grado de impacto a causa de la lluvia ácida, se han realizado estudios como el de *“Deposición Atmosférica y Cambio de Pabellón de Aniones y Cationes en dos Bosques de Plantación Bajo Influencia Ácida de Lluvias”* en el 2012, donde se estudió la deposición ácida en las plantaciones de bosques. [20]

Para el caso de Colombia, se cuenta con un estudio en el 2004 *“Estimativo de Precusores y Comportamiento de la Precipitación Ácida -Húmeda y Seca- en el Norte de Bogotá, D.C* que consistió en la elaboración de un estimativo de los episodios de lluvia ácida en diferentes puntos de la ciudad de Bogotá D.C con base en la medición de pH en estaciones manuales para la recolección de la precipitación húmeda [21]. Al mismo tiempo, se desarrolló un el estudio denominado *“Diagnóstico de Lluvia Ácida en el Sector Histórico de la Candelaria-Bogotá D.C. y sus Efectos Sobre la Fachada de la Catedral Primada de Colombia”* en el que se buscaba determinar el comportamiento ácido de la precipitación en el sector histórico de la Candelaria-Bogotá D.C. y sus posibles efectos sobre la fachada de la Catedral Primada de Colombia, con base en el diseño de una red de muestreo de la precipitación para esta zona y un análisis físico-químico de la misma [17].

Adicionalmente, se llevó a cabo estudio en el año 2012 *“Dinámica del Material Particulado y la Lluvia Acida en una Ciudad Andina Intermedia” (Manizales)* en donde se estudió el fenómeno de la lluvia ácida para esta ciudad a través de la asociación de las emisiones de óxidos de azufre derivado de las emisiones vehiculares, industriales y el gas de azufre del volcán del Nevado del Ruiz y la concentración de iones de sulfato en la lluvia; se concluyó que el fenómeno de precipitación ácida observado en Manizales tenía en promedio un pH de 4.9, teniendo valores de sulfato más altos que cualquier otro ion; también se observó que la intensidad de la precipitación es un factor decisivo, ya que a mayor intensidad, mayor solubilidad de los iones de sulfato. [22].

El IDEAM ha realizado diversos estudios sobre conductas ácidas en la precipitación durante los años del 2001 al 2006, centrándose en los parámetros de conductividad, pH, contenido de sulfatos y nitratos. Estos se han realizado en las

principales ciudades del país teniendo como principal objetivo identificar el proceso químico de las precipitaciones. [23]

Parque Natural Chicaque (PNCH)

Colombia es uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial, buena parte de la cual está concentrada en los biomas de montaña [24]. El PNCH, es un bosque de niebla andino que fue formado debido al choque de la corriente fría de la Sabana y caliente del Valle del Magdalena, este tipo de ecosistemas es de los más biodiversos del mundo, además conserva uno de los últimos bosques de robles; Colombia es el único país de América del Sur donde existe este árbol, cercanos a Bogotá con ejemplares de hasta 400 años de antigüedad que pueden llegar a medir 30 metros de alto. Por la amplia gama de servicios como la recreación, zonas de camping, senderos ecológicos, entre otros y sumado a esto, su cercanía con Bogotá D.C es uno de los destino turístico que atrae a muchos visitantes anualmente. [25]

En este Parque solo se han realizado estudios como *“Guía Ecológica Parque Natural Chicaque”* que hace referencia estudios de caracterización de la flora [25], estrategias y programas para llevar a cabo acciones de conservación sobre la vegetación natural del Parque. Si bien se cuentan con documentos como el anteriormente mencionado, no se dispone de estudios centrados en la posible presencia de precipitación acida, ya que estos podrían determinar o ayudar a establecer si existe afectación o el grado de impacto que el desarrollo de la actividad industrial circundante está causando sobre este ecosistema.

Líquenes como Bioindicadores

En cuanto a la utilización de líquenes, fueron reconocidos como bioindicadores de la contaminación atmosférica en 1886 [26] y se cuentan con estudios como el que se desarrolló en el año 2008 titulado *“Uso de Líquenes como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica en la Ciudad de San Luis, Argentina”* [27] y otro en el año 2006 titulado *“Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia”* [28] en los cuales, a través de las comunidades de líquenes como bioindicadores se evaluó el efecto de la calidad del aire y su relación directa con la disminución progresiva de la población de líquenes

determinando los niveles de contaminación haciendo uso del Índice IAP y evaluando el impacto de la reducción de la población dentro del ecosistema.

Por su parte, en Colombia se cuenta con un estudio desarrollado en el 2006 *“Delimitación de Áreas de Isocontaminación Atmosférica en el Campus de la Universidad Nacional de Colombia Mediante el Análisis de Bioindicadores (Líquenes Epífitos)”* en el que haciendo uso de los líquenes como bioindicadores detectaron cambios en la calidad del aire determinando 4 zonas de contaminación dentro del perímetro establecido con base en la metodología IAP, del que resultó la elaboración de un mapa de áreas de isocontaminación, demostrando que dentro de esas zonas la población de líquenes disminuyó y la dinámica del ecosistema se vio alterada. [29]

Así mismo, para Bogotá se elaboró un estudio en el año 2004 *“Mapa de Estrés Atmosférico de Cedritos (Bogotá) a Partir de Diversidad Liquélica”* en donde se buscaba evaluar la viabilidad de los líquenes como indicadores de la calidad del aire a partir de metodologías extranjeras y de este modo poder calcular el IPA de la zona de estudio y así poder identificar los sitios de mayor contaminación. [30]

1.2 Descripción

En Colombia se ha expresado la preocupación por los efectos nocivos a la población y al medio ambiente producto de la contaminación que se deriva del sector industrial y de transporte en pro del crecimiento económico del país. Es por esto que a través de los años se ha buscado regular a través de la normativa, todo aquello que pueda causar alguna alteración y/o afectación al medio ambiente, los recursos naturales y la salud pública. Para el caso del recurso aire se busca, en primer lugar analizar el estado actual en el que se encuentra, las causas de su contaminación y/o deterioro y las posibles consecuencias producto de esta alteración. Seguido a esto es cuando se precisa la creación de mecanismos para el estudio y análisis del comportamiento, seguimiento y control de su estado y elementos de regulación como lo es la legislación de todas aquellas causas que puedan estar produciendo alguna alteración a la calidad del aire.

“El fenómeno contemporáneo conocido como Lluvia Ácida está provocado por el aumento en la atmosfera de especies oxidadas de azufre y nitrógeno debido a

efectos antropogénicos” [31], su formación es el resultado de la interacción entre la emisión de procesos antrópicos de combustión que alteran la dinámica generando transformaciones en las características químicas de las aguas lluvia, para este caso específico, cambios en su pH (Potencial de hidrogeno).

Para el caso del PNCH, a causa de los cambios en el uso del suelo, en los municipios que colindan con él, Soacha y San Antonio del Tequendama; por otro lado, se ha visto un incremento de industrias en las zonas aledañas de Sibate y Soacha, este último cuenta con 83 establecimientos industriales registrados en la Cámara de Comercio; adicionalmente la localidad de Bosa aporta con un 10,2 % de la contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá D.C, lo que implica una concentración mayor de contaminación. [9]

El ecosistema que predomina dentro del Parque es Bosque de Niebla e incluye vegetación arbustiva (matorrales) y vegetación forestal (selva nublada, bosques secundarios mixtos y bosques de robles –*Quercus humboldtii* sp y de gaques – *Clusia Multiflora* sp) y a causa de la lluvia ácida se puede presentar dentro del ecosistema pérdida de follaje y a largo plazo observarse consecuencias producto del deterioro del suelo a causa de este fenómeno.

2. JUSTIFICACIÓN

“A pesar de que en Colombia no se han evidenciado científicamente efectos importantes relacionados con la lluvia ácida sobre los ecosistemas, se han venido desarrollando actividades por parte del el IDEAM, relacionadas con el monitoreo del comportamiento químico del agua lluvia en diferentes ciudades del país. Es así como el IDEAM, como representante de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en Colombia, se ha encargado desde el año 1998 de operar el programa de monitoreo del agua lluvia en el país. A lo largo de la puesta en marcha del programa se han intentado seguir las consideraciones de la Organización Meteorológica Mundial - OMM, enfrentando limitaciones financieras y logísticas para conseguirlo. A pesar de estas limitaciones, el monitoreo del agua lluvia ha sido utilizado como un indicador de la incidencia de actividades antrópicas sobre la calidad del aire”. [23]

El PNCH “Es una reserva Natural emanada por el Ministerio del Medio Ambiente. Sus finalidades son las de conservación, investigación, educación, ecoturismo y recreación; enmarcadas en un ecosistema de flora y fauna característico de los contrafuertes cordilleranos.” [32] El área es un bosque de sucesión secundaria derivada de un proceso de restauración ecológica desde hace aproximadamente 25 años, según información suministrada por la administración del Parque, esto se da principalmente por las perturbaciones a las que ha sido expuesto a raíz del incremento de la actividad industrial cercana a esta reserva que ha transformado la zona debido al gran aporte que realiza a los niveles de contaminación a la atmósfera, en donde para este caso se destacan los precursores de la lluvia ácida (óxidos de azufre SO_x y óxidos de nitrógeno NO_x).

Al mismo tiempo, con base en las características propias del ecosistema él Bosque nublado es sensible a cambios en su ciclo normal y en sus componentes (cambios en el agua, en la vegetación, en la topografía, entre otros) generando un daño ambiental que pueda alterar de manera significativa el ecosistema. Como bien se sabe esta reserva tiene un potencial ecológico considerable en cuanto a productividad ecológica (Velocidad a la que es almacenada la energía a través de la fotosíntesis), así mismo, representa para la población un bien ambiental básico no solo su subsistencia sino también para su desarrollo. [32]

Es así como se crea una gran preocupación acerca de los posibles efectos a los que el PNCH pudiese estar expuesto si se determinará algún tipo de comportamiento ácido en la precipitación de la zona, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de este ecosistema y los esfuerzos que se han hecho en pro de su restauración y conservación.

En los últimos años se han utilizado bioindicadores en distintos estudios, para este caso se emplearan los líquenes ya que son sensibles a la contaminación atmosférica, esta sensibilidad está relacionada con su biología, al existir alteración alguna entre el fotobionte (Organismo fotosintético – alga) y el micobionte (Componente fúngico) se puede evidenciar progresivamente una ruptura de la asociación líquénica, por lo tanto, funcionan como una alarma de prevención ya que al ser un indicador biológico de los efectos de la contaminación del aire son capaces de ofrecer información sobre los riesgos para otros organismos, ecosistemas y el hombre. [13] Dadas las condiciones del lugar, en este caso un bosque nublado, se espera poder determinar el efecto de la lluvia ácida en estos organismos.

Actualmente, no se tiene un documento técnico en donde se contemple un estudio referente a la determinación de la precipitación ácida en este lugar y si en esta reserva hay algún tipo de afección como resultado de este fenómeno, razón por la cual es necesario realizar investigaciones que permitan la conservación de este ecosistema. Es por esto que al determinar si existen precipitaciones ácidas en el PNCH y si, estas se encuentran vinculadas con la calidad del aire de los sectores aledaños con actividad industrial creciente que allí se desarrolla, permitirá establecer algún tipo de afectación a la vegetación de la reserva bajo la influencia de la contaminación atmosférica.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar la presencia de precipitaciones ácidas en el PNCH y su posible afectación al ecosistema, utilizando líquenes como bioindicadores.

3.2 Objetivos Específicos

- Establecer la distribución de las fuentes de emisión cercanas al PNCH.
- Estimar los indicadores fisicoquímicos (conductividad específica y pH) de la precipitación ácida más elementales en las muestras obtenidas en campo.
- Estudiar la distribución de la lluvia ácida en el PNCH con base a la metodología propuesta.
- Identificar el grado de afección de la lluvia ácida en la comunidad líquénica del PNCH.
- Determinar el efecto de la lluvia ácida en la morfofisiología de los líquenes.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Contextual

4.1.1 Microcontexto

Descripción PNCH

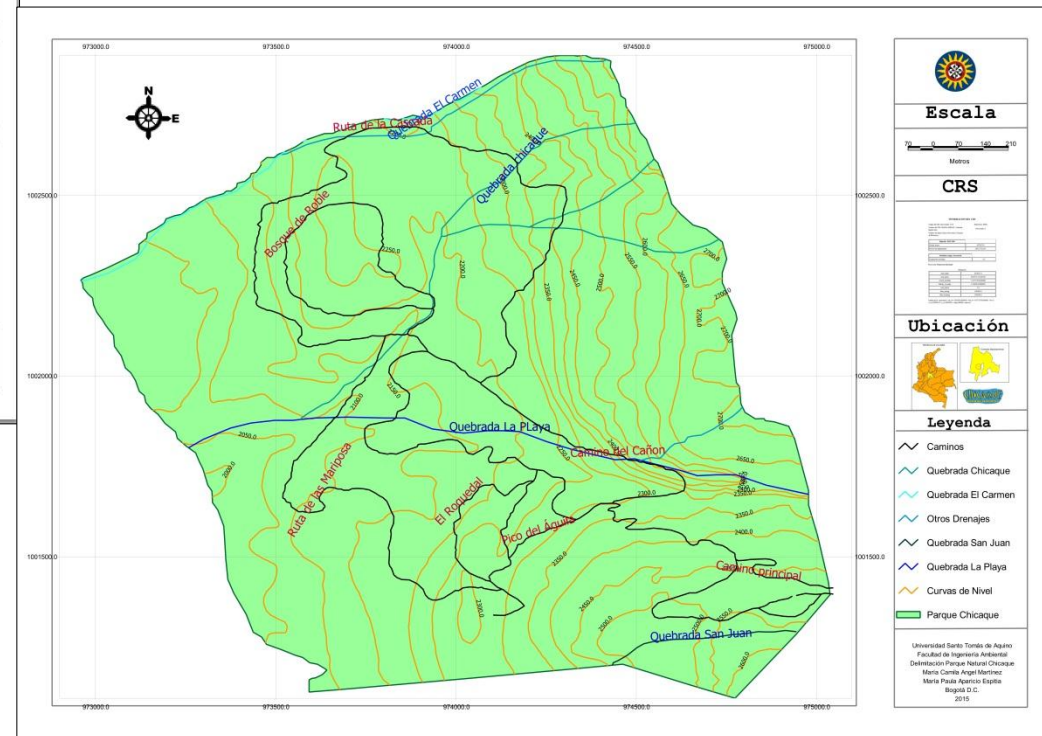
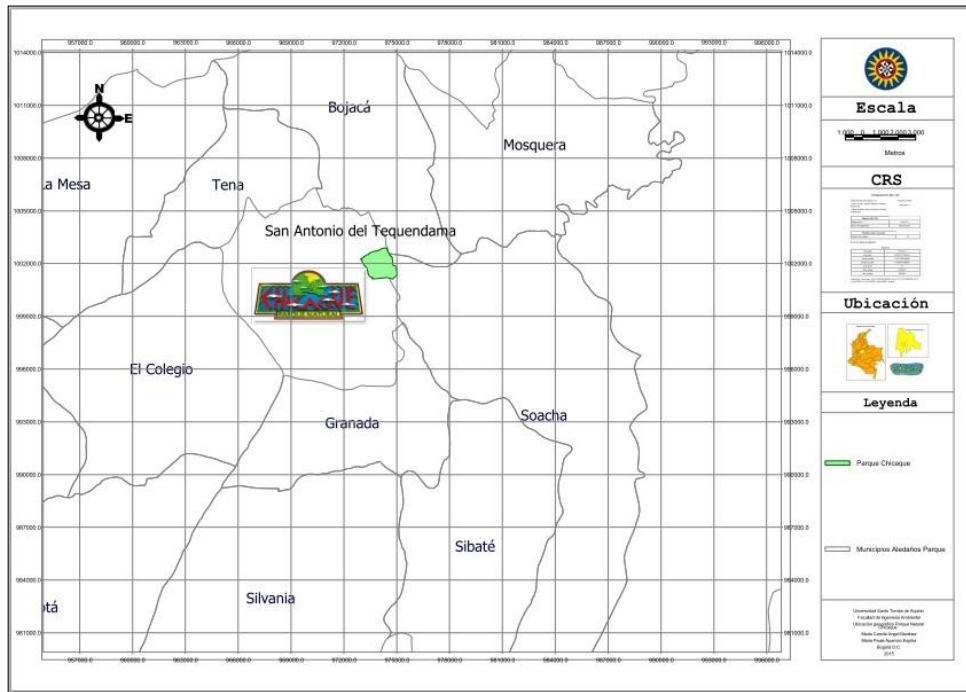
Se presenta una descripción del PNCH, lugar donde se llevará a cabo el estudio, en donde se tienen en cuenta los siguientes componentes:

Localización

El PNCH se encuentra ubicado en el costado sur-occidental de la sabana de Bogotá, en la vertiente occidental de la cordillera oriental y conforma la Microcuenca alta de la quebrada la playa, dentro de la cuenca media del Río Bogotá, entre las coordenadas geográficas $74^{\circ}18'25.109''$ y $74^{\circ}19'25.187''$ de Longitud oeste de greenwich y $4^{\circ}36'21.215''$ a $4^{\circ}37'42.907''$ de Latitud Norte. [33]

Limita al norte con el Municipio de San Antonio del Tequendama, corregimiento de Santandercito y las localidades de Bosa, Sumapaz y Ciudad Bolívar; limita al sur con los municipios de Sibate y Silvania, al este limita con las localidades de Bosa y Ciudad Bolívar y al oeste limita con los municipios de Viotá y Mesitas del Colegio [34]. Abarca un área de 300 hectáreas con más de 20 kilómetros de senderos ecológicos a un rango de altitud entre los 2.100 y 2.700 m.s.n.m. [32]

Imagen 1. Cartografía PNCH.



Fuente: Las autoras

Características Biofísicas

Componente Atmosférico

- **Climatología:** Entre sus características climatológicas se encuentra entre una región subxerofítico frío y una zona de clima templado húmedo, debido a su gradiente altitudinal (de 2.000 a 2.710 m.s.n.m.). Se encuentra en una provincia climática fría húmeda colindando en su cota inferior con un clima Medio Húmedo. [33]

Con base en resultados realizados para el cálculo de la temperatura en el PNCH en el estudio “*Estudio y Conservación de Coeligena en Zonas Altoandina de Cundinamarca*”, basándose en relaciones de altitud, se encontró que en la parte baja del Parque (2.000 m.s.n.m.) la temperatura es de 17.0 °C y de 12.5 °C en la parte alta (2.720 m.s.n.m.). [33]

Por otro lado se registra en el PNCH una humedad relativa entre 75 - 86% [35] y con 2.000 mm de precipitación con una tendencia bimodal comprendida entre los meses de marzo, abril y mayo y otro pico de lluvia entre octubre y noviembre; su comportamiento depende de las masas de aire húmedo ascendentes del Valle del Magdalena, las cuales forman grandes bancos de neblina a la altura del Parque. [25]

Componente Geosférico

- **Geomorfología y Topografía:** La formación geológica dominante en el PNCH corresponde a la formación Guadalupe: Areniscas compactas y friables con intercalaciones de limolitas y arcillolitas/lutilas. Su origen fue de ambiente marino; con un espesor total de 750 m y de edad Cretáceo Superior.

Los suelos son predominantemente de carácter franco arcillosos en la cota superior del Parque. En el límite inferior a 2.100 m de altitud se presentan suelos superficiales, predominantemente arcillosos y franco arenosos, pedregosos y bloques rocosos dispersos de origen coluvio aluvial. [25]

Este tipo de estructura presenta en su composición suelos derivados de ceniza volcánica y minerales, tienen una alta capacidad para retener agua y son susceptibles a deslizamientos ya que actúan como una “esponja” reteniendo el agua hasta llegar a su punto de saturación y aún más si se encuentran en zonas de pendiente

- **Usos del Suelo:** Actualmente el uso del suelo del PNCH es netamente de recreación y turismo; no se realizan actividades agrícolas dentro del Parque, sin embargo zonas que colindan han cultivado Eucalipto para fines madereros y posterior producción de papel. [32]

Componente Biótico

- **Fauna:** Algunos reptiles incluyen iguanas y serpientes, adicional existe gran variedad de anfibios, artrópodos y distintas especies de insectos. [25]

Aves

Se caracteriza por tener gran diversidad de aves, algunas de las más representativas de la zona son:

Cuadro 1. Aves presentes en el PNCH

Nombre Común	Nombre Científico
Tucán	<i>Aulacorhynchus prasinus sp.</i>
Pava	<i>Penelope montagnii sp.</i>
Tinamú	<i>Nothocercus julius sp.</i>
Paloma	<i>Claravis mondetoura sp.</i>
Cotinga	<i>Pachyramphus versicolor sp.</i>
Colibrí	<i>Coeligena prunellei sp.</i>

Fuente: ColParques; 2015. [36]

Mamíferos

Se tienen registradas alrededor de 20 especies de mamíferos donde se destacan:

Cuadro 2. Mamíferos presentes en el PNCH

Nombre Común	Nombre Científico
Oso de anteojos	<i>Tremarctos ornatus sp.</i>
Venado	<i>Mazama americana sp.</i>
Gatos de Monte	<i>Felis yaguarondi sp.</i>
Comadreja	<i>Mustela sp.</i>
Zarigüeya	<i>Didelphis albiventris sp.</i>
Mico Nocturno	<i>Aotus lemurinus sp.</i>
Oso Perezoso de dos Dedos	<i>Choloepus hoffmanni sp.</i>
Ardilla	<i>Sciurus granatensis sp.</i>
Conejo	<i>Sylvilagus sp.</i>

Fuente: ColParques; 2015. [36]

Reptiles

Cuadro 3. Reptiles presentes en el PNCH

Género	Descripción
<i>Anadia sp.</i>	Lagartos Pequeños (Lagartijas doradas)
<i>Anolis sp.</i>	Lagartos
<i>Iguana sp.</i>	Reptiles Escamosos
<i>Proctoporus sp.</i>	Lagartos
<i>Stenocercus sp.</i>	Lagartos
<i>Phenacosaurus sp.</i>	Lagartos
<i>Atractus sp</i>	Serpiente rastrera
<i>Liophys sp</i>	Culebra
<i>Chironius monticola sp.</i>	Serpiente
<i>Lampropeltis triangulum sp.</i>	Coral Ratonera
<i>Micrurus mipartirus sp.</i>	Coral Venenosa

Fuente: ColParques; 2015. [36]

Anfíbios

Se encuentran presentes los géneros *hyla eleutherodactylus sp.* (Rana arbórea) y *bufo sp.* (Sapo común). Algunos especialistas afirman que gran porcentaje de las especies presentes en esta zona son endémicas y requieren mayor atención. [36]

Artrópodos

En cuanto a estos, se han realizados estudios de carácter sinecológico (Estudio de las relaciones entre distintas especies de una comunidad) y se han tenido en cuenta especies de escarabajos coprófagos (Que se alimenta de excrementos). [36]

- **Flora:** Hasta el momento se han determinado en el Parque alrededor de 630 especies, 121 familias y 275 géneros (467 dicotiledóneas, 82 monocotiledóneas, 77 helechos y 9 gimnospermas). Algunas especies representativas de la zona son:

Cuadro 4. Especies de flora presentes en el PNCH

Especie	Nombre Científico
Encenillo	<i>Weinmannia sp.</i>
Gaques	<i>Clusia sp.</i>
Lauráceas	<i>Lauraceae sp.</i>
Candelero Real	<i>Cortón af. Cupreatus sp.</i>
Arboloco	<i>Montanoa sp.</i>
Yarumo	<i>Crecopia. sp.</i>
Tuno	<i>Meriania peltata sp.</i>
Higuerones	<i>Ficu. sp.</i>
Roble	<i>Quercus Humboldtii sp.</i>
Laurel de Mayo	<i>Myrica parvifolia sp.</i>
Moras silvestres	<i>Rubus bogotensis sp.</i>
Quicuyo	<i>Pennisetum clandestinum sp.</i>

Fuente: ColParques; 2015. [36]

Las orquídeas representan uno de los grupos de plantas con mayor diversidad, algunas de estas solo se localizan en los límites del Parque y se encuentran en peligro de extinción.

Gran parte de los troncos de especies como el Gaque (*Clusia sp.*), el roble (*Quercus Humboldtii sp.*), el encenillo (*Weinmannia sp.*), entre otros, presentan gran cobertura de líquenes distribuidos a lo largo del PNCH.

Características Socioeconómicas

- **Población:** La población presente en la zona es en su gran mayoría

flotante debido a que nadie vive en el Parque, pero se debe tener en cuenta a las personas que trabajan y los visitantes que diariamente recibe.

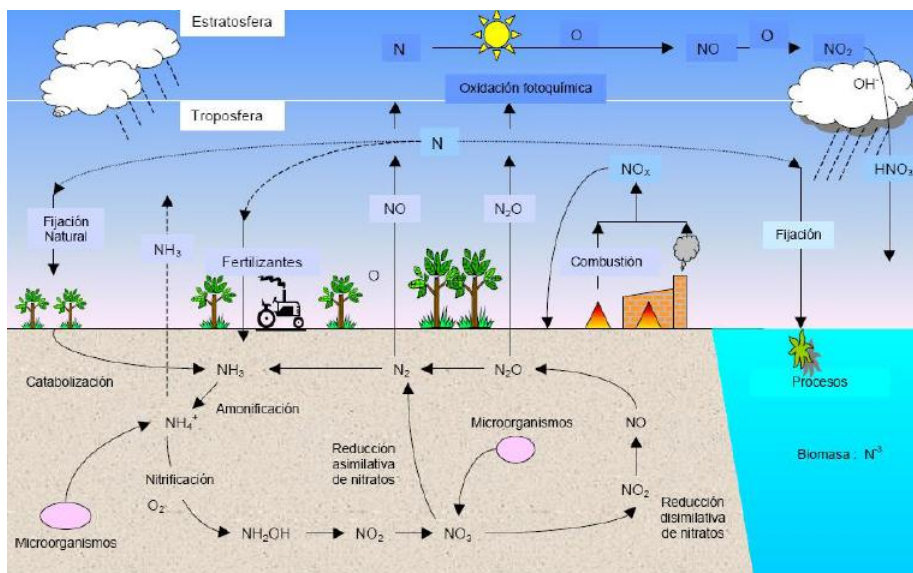
- **Actividad Económica:** Esta Reserva Natural tiene como actividad económica el ecoturismo y la educación ambiental. [32]

4.2 Marco Teórico

Lluvia Ácida

El término “Lluvia ácida” fue acuñado hace 120 por el químico británico Angus Smith con base en sus estudios sobre el aire en Manchester, Inglaterra, es una problemática ambiental y se conoce como un fenómeno troposférico que se describe normalmente como la sedimentación ácida tanto húmeda como seca y surge como consecuencia de la contaminación atmosférica, ya que sobre la lluvia han actuado agentes contaminantes dominantes como lo son los óxidos de azufre (SO_x) y nitrógeno (NO_x). “En general, la lluvia ácida precipita lejos de la fuente de los contaminantes primarios, al saber, dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Estos ácidos se producen durante el transporte de las masas de aire que contiene los contaminantes primarios” [6]. Los compuestos ácidos dependen en gran medida de factores meteorológicos y químicos.

Imagen 2. Ciclo de la Lluvia Ácida



Fuente: Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Medio Ambiente, 1999. [31]

La lluvia ácida puede ser identificada mediante la concentración de iones de hidrógeno presentes en el medio (pH), cuanto mayor es la concentración, menor es el valor del pH y mayor su acidez; para el caso de la lluvia ácida su pH se encuentra alrededor de 5,6. [23]. Para el análisis de la acidificación de la lluvia a partir de toma de muestras in situ por medio de instrumentos como los colectores automáticos se evalúan los siguientes parámetros: “Conductividad específica, sulfatos, (SO_4), nitratos (NO_3), calcio (Ca), potasio (K) y magnesio (Mg), ya que son los que tienen mayor representatividad en la química del agua de lluvia y que son vigilados alrededor del mundo por las diferentes redes de monitoreo de lluvia ácida: NADP (Programa Nacional de Depósito Atmosférico, EUA), JARMN (Red de Monitoreo de Lluvia Ácida del Japón, Japón), CCPMN (Red de Monitoreo de la Precipitación ColesonCove, Canadá), ENBPMN (Red de Monitoreo de Precipitación de New Brunswick, Canadá), CAPMoN (Red de Precipitación y Aire Canadiense, Canadá) y ADMNEA (Red de Monitoreo de Depósito Ácido en el Este de Asia, Asia).” [31]

Origen de la Lluvia Ácida

La lluvia ácida se produce (Siguiendo la dirección del viento) en áreas de importantes emisiones industriales de dióxido de azufre (SO_2) y de óxidos de nitrógeno (NO_x). Después de que el SO_2 y los NO_x se depositan en la atmósfera se transforman en partículas de sustrato o nitrato, y más tarde se combinan con vapor de agua en ácidos sulfúrico o nítrico diluidos. Estos ácidos retornan más tarde al suelo en forma de rocío, llovizna, lluvia, niebla, nieve. [31]

Fuentes Precursoras de la Lluvia Ácida

Como es sabido los principales precursores de la lluvia ácida son los óxidos de azufre y de nitrógeno que se emiten a la atmósfera a través de diferentes fuentes, clasificadas como se observa a continuación:

Fuentes Naturales

Las principales fuentes naturales contaminantes son los volcanes, los incendios forestales y la actividad microbiana; específicamente para el caso de las especies de azufre las emisiones se derivan de actividades naturales volcánicas que emiten

SO₂ y en pequeñas proporciones H₂S. En el caso de la depositación de aerosoles en aguas marinas y litorales, aunque el ion sulfato es el más abundante, su depositación en tierra no alcanza a ser del 10% respecto a la producción en forma de aerosol en los mares, por lo tanto en las zona marinas es en donde se registra el mayor aporte de sulfato marino. [31]

Para el caso de las especies de nitrógeno los procesos responsables de la generación de NO_x, son la actividad microbiana del suelo, la oxidación fotoquímica en la estratósfera de N₂O y NO₂ y oxidación atmosférica de amoníaco. [31]

Fuente Antropogénicas

Hace referencia a todas aquellas actividades y procesos que emiten algún tipo de contaminante al aire llevados a cabo por los seres humanos. Se clasifican de la siguiente manera:

- **Fuentes Móviles:** Es la contaminación producida por los automóviles en el proceso de combustión incompleta (Aportan el 70% de las emisiones de un vehículo), de las emisiones evaporativas y de las pérdidas durante los procesos de llenado. Para el caso específico de las especies de azufre, la combustión incompleta aporta el 70% de las emisiones en un vehículo y están constituidas por: Hidrocarburos, óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂).

Por otra parte, los óxidos de nitrógeno se generan debido a las condiciones de alta presión y temperatura que se presentan en el motor de un automóvil, los átomos de oxígeno y nitrógeno reaccionan para formar óxidos de nitrógeno. [31]

- **Fuentes Fijas:** Son las fuentes de contaminación atmosférica proveniente de la actividad industrial. Es importante tener en cuenta que el tipo de contaminante que se producirá por esta fuente de contaminación dependerá del proceso de producción empleado, de la tecnología utilizada y de las materias primas usadas.

Para el caso específico de las especies de azufre, es el que acompaña al

combustible fósil y es quemado produciendo dióxido azufre (SO_2) y trióxido de azufre (SO_3); la mayoría de azufre es convertido a SO_2 y sólo un 1% es emitido como SO_3 .

En cuanto a las especies de nitrógeno se generan durante la producción de energía (Reacción en elevadas temperaturas entre el nitrógeno atmosférico y el oxígeno), la quema de biomasa como fuente de energía o para acondicionar suelos para fines agrícolas, entre otros. [31]

Daños al Ambiente

A continuación se enunciarán los principales efectos de la lluvia ácida en los diferentes ecosistemas:

- **Ecosistemas Acuáticos:** El efecto más importante sobre este sistema es el descenso de las poblaciones que habitan en los cuerpos de agua debido a cambio en las condiciones, los principales organismos afectados son peces, ranas, sapos, salamandras, entre otros. Así mismo, se evidencian una reducción y alteraciones morfológicas de ciertos grupos de zooplancton (Algas y plantas acuáticas), biotas (Moluscos, crustáceos) que potencialmente puede causar desequilibrios ecológicos.
- **Ecosistemas Terrestres:** Se ha demostrado que la lluvia moderadamente ácida (pH de 4,6) afecta las plantas recién nacidas y se evidencia un aumento de la vulnerabilidad de los árboles ante enfermedades e insectos, no obstante, no se observa un daño directo a su follaje pero si la muerte y el marchitamiento de los árboles en algunos bosques de Europa.

La acidificación del terreno y el desvale de nutrientes del mismo, en especial de calcio, magnesio y otras bases, son procesos normales de los suelos y por consiguiente las plantas se han adaptado al suelo ácido pero debido a los aumentos de acidez no se sabe con seguridad si se podrán adaptar fisiológicamente. [16]

Del mismo modo, se puede perder la productividad de las cosechas y bosques debido a la desmineralización por la lixiviación de nutrientes del suelo. [37]

Daños a la Vegetación

La presencia de precipitaciones ácidas en árboles y plantas causa que las hojas se debiliten, limita la presencia de nutrientes y los expone a sustancias tóxicas que afectan su ciclo normal de crecimiento. Los científicos consideran que las hojas ante la presencia de niebla ácida, se disuelven los nutrientes y esto eventualmente disminuye la resistencia de los árboles a los daños producidos por otros factores ambientales, particularmente el frío de las épocas más frías. [38]

4.3 Conceptual

4.3.1 Bioindicador

De acuerdo con el biólogo David Leslie Hawksworth se define como bioindicador a aquellos organismos que manifiestan síntomas particulares en respuesta a cambios medioambientales, generalmente de manera cuantitativa [26]. No obstante, la Doctora Alcira Pignata define a los bioindicadores como organismos o comunidades de ellos que pueden responder a la contaminación ambiental mediante alteraciones en su fisiología o a través de su capacidad para acumular polutantes. Así mismo, miden los efectos de la contaminación en seres vivos, por lo tanto ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, ecosistemas y el hombre [39].

Teniendo como referencia las Leyes de tolerancia de Shelford y la del mínimo de Liebig para referirse a las condiciones de especificidad y sensibilidad, la primera enfatiza que un mismo organismo tiene un margen de tolerancia para determinados factores, cuando este margen es amplio el organismo tiene mayor distribución, por el contrario cuando las condiciones no son óptimas, los límites de tolerancia se reducen con respecto a otros factores ecológicos. La ley del mínimo de Liebig afirma que el crecimiento de determinado organismo depende de los nutrientes disponibles en cantidades mínimas. [40]

4.3.2 Líquenes

Los líquenes son organismos fotosintéticos poiquilohídricos (Incapaces de

mantener su contenido de agua constante y dependen de la humedad del ambiente) que resultan de la asociación simbiótica entre un hongo (micobionte) y uno o más organismos autótrofos (microalgas) fotosintéticos (fotobionte). Tienen la capacidad de colonizar varios sustratos y de acuerdo a esto se clasifican en saxícolas (sobre rocas), terrícolas (sobre suelo), muscícolas (sobre briofitos) y epífitos (sobre plantas vasculares). Dentro de estos últimos se destacan los cortícolas por su abundancia en el trópico cuyo sustrato son las cortezas de los árboles e incluyen líquenes foliosos, fruticosos y crustáceos [41].

Morfología

La morfología externa depende estrictamente del hongo, y las variadas formas biológicas existentes de líquenes dependen de la simbiosis y la respuesta al medio en que se desarrollan. La clasificación de los líquenes depende del sustrato que colonizan:

- Saxícolas (Rocas)
- Cortícolas (Cortezas de árbol)
- Lignícolas (Maderas muertas)
- Terrícolas (Tierra)
- Humícolas (Humus) [42]

Adicional a esta clasificación, se diferencian los siguientes biotipos:

- Gelatinoso – Talo de aspecto blando en estado húmedo.

Imagen 3. Liquen gelatinoso



Fuente: Hongos liquenizados; 2002 [13]

- Crustáceo – De crecimiento lento ya que se encuentran ligados al sustrato.

Imagen 4. Liquen crustáceo



Fuente: Hongos liquenizados; 2002 [13]

- Escuamuloso – Formado por pequeñas escamas unidas al sustrato, excepto por el borde.

Imagen 5. Liquen escamoso



Fuente: Hongos liquenizados; 2002 [13]

- Folioso – Talo aplanado de margen lobulado.

Imagen 6. Liquen folioso



Fuente: Hongos liquenizados; 2002 [13]

- Fruticuloso – Talos unidos al sustrato y se ramifican similar a un arbusto.

Imagen 7. Liquen fruticoloso



Fuente: Hongos liquenizados; 2002 [13]

- Filamentoso – Filamentos finos de aspecto lanoso. [43]

Imagen 8. Liquen filamentoso



Fuente: Hongos liquenizados; 2002 [13]

- Compuesto o mixto – Se pueden encontrar talos primarios y secundarios de diferentes biotipos. [43]

Imagen 9. Liquen compuesto



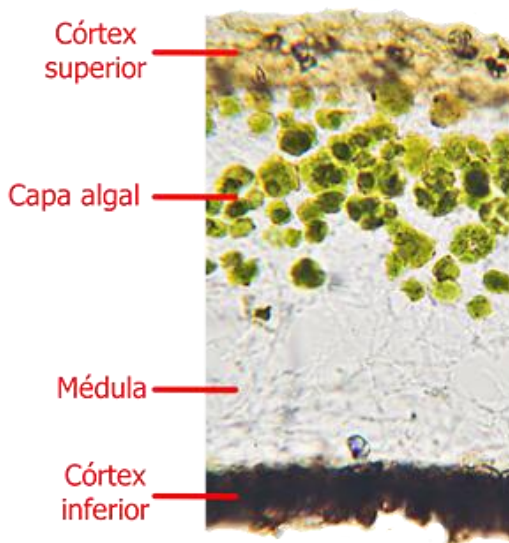
Fuente: Hongos liquenizados; 2002 [13]

Estructura Anatómica del Talo

Se puede presentar en dos tipos básicos de estructura dependiendo la distribución del fotobionte:

- **Homómera:** Talos gelatinosos, caracterizados por la ausencia de estratificación en los elementos que constituyen el talo y en el área de crecimiento del micobionte se desarrolla una matriz gelatinosa.
- **Heterómera:** El fotobionte queda restringido a una capa muy limitada y las capas se suceden de manera horizontal, Córtex superior, Capa algal, Médula y Córtex inferior. [42]

Imagen 10. Estructura anatómica heterómera de un talo.



Fuente: Chiloé Turberas; 2013 [42]

Debido a la topografía colombiana y las condiciones climáticas, existe una gran variedad de biotipos para los líquenes; Colombia es uno de los países que posee gran riqueza de líquenes, se conocen aproximadamente 1.520 especies que pertenecen a 70 familias, 220 géneros y 15 órdenes de grupos de líquenes tanto foliosos como fruticosos, sin embargo se estima que existen muchas más ya que

la exploración botánica es aún muy baja y gran cantidad de información y material no han sido clasificados [13].

Entre las distintas especies vegetales empleadas como bioindicadores, los líquenes son de esencial interés por su uso en la evaluación de la contaminación atmosférica. Su sensibilidad a la presencia de compuestos tóxicos en la atmósfera, como dióxido de azufre (SO_2) y ácido clorhídrico (HCl), por ejemplo, se manifiesta por alteraciones morfológicas y fisiológicas evidentes. El principal efecto morfológico es que se inhibe el crecimiento y el desarrollo de los talos, se desarrollan anormalidades, incluyendo que se blanquea la clorofila y se generan áreas pardas en los cloroplastos. [13]

Muchas especies de líquenes pueden presentar una gran capacidad de acumulación de contaminantes tales como azufre, plomo y flúor, que toman de la atmósfera, que es su única fuente de nutrición, obteniendo una enorme resistencia a condiciones adversas que, junto a su crecimiento lento, les proporciona una elevada longevidad. La causa de la resistencia o tolerancia de los líquenes hacia los distintos contaminantes depende fundamentalmente de la resistencia del protoplasma de la célula del alga, de la fase metabólica y de la vitalidad y capacidad de inhibición de los efectos. En este sentido, la madurez del talo, es una de las razones primordiales del descenso en la diversidad y biomasa de líquenes en zonas contaminadas, porque simplemente no se pueden reproducir o los tallos más jóvenes dejan de progresar [28].

4.3.3 Índice de Diversidad Liquélica (LDV)

Este índice funciona como un estimado estadístico de las condiciones ambientales de cada unidad de muestreo. Es un método estándar desarrollado en la “European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress” que explica los lineamientos a seguir para calcular este valor que relaciona al igual que el IPA diversidad, frecuencia y cobertura de líquenes de una forma fácil y rápida.

El LDV sólo puede compararse con valores de LDV y es aplicable a zonas de similar diversidad líquénica; los valores numéricos son positivos y permiten obtener una relación entre la calidad del aire y la contaminación. [30]

4.3.4 Índice de Pureza Atmosférica (IPA o IAP)

El Índice de Pureza Atmosférica es una bioindicación que ofrece un valor numérico del nivel de contaminación atmosférica en función del número de especies y de su frecuencia en el área muestreada. [12] Este método está basado en el análisis de las alteraciones o efectos sobre las comunidades de líquenes en determinada área, debido a la presencia de contaminación atmosférica.

4.4 Legal

La normativa aplicable para el estudio desarrollado está basada en las normas de calidad del aire, ya que la lluvia ácida es un fenómeno del componente atmosférico

Cuadro 5. Normativa Aplicable al Proyecto

LEY	RESUMEN
Decreto - Ley 2811/1974	Código nacional de los recursos naturales renovables y no renovables y de protección al medio ambiente. El ambiente es patrimonio común, el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo. Regula el manejo de los recursos naturales renovables, la defensa del ambiente y sus elementos. [44]
Decreto 1608/1978	Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre. [45]
Decreto 02/1982	Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas. Derogado por el art. 138, Decreto Nacional 948 de 1995. [46]
Res. 1969/1992	Se reglamentan los niveles de emisión permisibles de contaminación producidos por las fuentes móviles con motor a diesel. [47]
Ley 99/1993	Establece los principios fundamentales de prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorgó las facultades

	al presidente de la república para expedir el código de los recursos naturales. [48]
Decreto 948/1995	Prevención de la Contaminación atmosférica. Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. [49]
Decreto 979/2006	Por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. [50]
Decreto 2107/1995	Modifica parcialmente el decreto 948 de 1995 Arts. 25, 30, 38, 75, 86, 92, 97, 98, 99, 100 y 118. Que contienen el reglamento de protección y control de la calidad del aire Modifica parcialmente el decreto 948 de 1995 Arts. 25, 30, 38, 75, 86, 92, 97, 98, 99, 100 y 118. Que contienen el reglamento de protección y control de la calidad del aire. [51]
Resolución 1351/1995	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire. [52]
Resolución 601/2006	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. [53]
Resolución 909/2008	Por la cual se establecen las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas, adopta los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias para la ciudad de Bogotá. [11]
Resolución 610/2010	Por la cual se modifica la resolución 601 del 2006 en donde se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. [54]

5. DESARROLLO CENTRAL

5.1 Diseño Metodológico

La determinación del comportamiento ácido en la precipitación del PNCH y la identificación de afección de la lluvia ácida en su vegetación se llevó a cabo en las fases que se describen a continuación:

5.1.1 Inventario (Recolección de la Información Preliminar)

Para el desarrollo de este estudio se tuvo como primera etapa la recopilación de la información preliminar constituida por la identificación de las actividades industriales aledañas al PNCH; esta identificación se realizó, a través de la revisión bibliográfica de la zona, documentos técnicos y estudios previos, donde se buscó determinar los tipos de procesos industriales existen. Posteriormente se procedió a la recolección de la información meteorológica más relevante proveniente de datos de estaciones cercanas a la zona de estudio, las variables más representativas como la dirección y velocidad del viento, humedad relativa, precipitación, brillo solar y temperatura. Este inventario también contempló la recolección de la información cartográfica necesaria e información sobre la cobertura y frecuencia liquénica en el área. Esta información no se obtuvo completamente dado que no se contó con fuentes que la proporcionaran, por esta razón se tuvo en cuenta información de zonas aledañas al PNCH.

5.1.2 Diagnóstico (Recolección de la Información Primaria)

Para esta segunda fase, se realizó un diagnóstico inicial teniendo en cuenta los datos que se obtuvieron derivados de la identificación del ecosistema, en donde se destacó la identificación de los tipos de comunidades liquenianas y vegetación presentes en el Parque todo esto a través de salidas de campo de reconocimiento.

5.1.3 Muestras de Referencia

Teniendo en cuenta las condiciones del PNCH (Bosque de niebla), paralelo al proceso de muestreo, se recogieron líquenes como muestras de referencia de zonas con las mismas características, en este caso zonas aledañas a la Laguna

de Pedro Palo y el Municipio de Tabio. Estas muestras se utilizaron como blancos para la comparación de la morfofisiología y estado de los líquenes recogidos en el PNCH.

Elección zonas de referencia

Para tener idea de las características de una población liquénica y teniendo en cuenta las condiciones climáticas, la altura y las especies de árboles presentes en el PNCH, se tuvieron en cuenta dos ecosistemas que comparten características similares.

- **Municipio de Tabio**

Se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, limita al norte con el municipio de Zipaquirá, al oriente con el municipio de Cajicá, al occidente con el municipio de Subachoque y al sur con el municipio de Tenjo. Se encuentra entre los 2.500 m.s.n.m. y los 3.200 m.s.n.m. Predomina el clima frío y húmedo; con precipitaciones que varían entre los 800 y 1.000 mm anuales promedio.

Cuenta con dos zonas bioclimáticas el Bosque Alto Andino y Bosque Húmedo, al igual que el PNCH, las especies de árboles predominantes son el Encenillo (*Weinmania tomentosa sp*), el Gaque (*Clusia multiflora sp*), el Pegamoscos (*Befaria sp*), Canelo (*Drimys sp*), el Arrayán (*Eugenia rohpaloides sp*), entre otros. [55]

- **Laguna de Pedro Palo – Bosque SubAndino**

Se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca con un total de 94.13 Ha. distribuidas en diversas reservas, tiene una temperatura promedio de 16°C y en un rango altitudinal entre los 2.000 m.s.n.m. y los 2.300 m.s.n.m.

El ecosistema predominante es el Bosque Subandino donde se identifican diversos tipos de vegetación en donde se destaca el Bosque de Roble (*Quercus humboldtii sp*), el Cedro (*Cedrela montana sp*), el Amarillo (*Nectandra sp Ocotea sp*), el Encenillo (*Weinmannia tomentosa sp*), el Yarumo (*Cecropia sp*), entre otros. [56]

Recolección e identificación Líquenes Blanco

Se encontraron 13 morfologías diferentes de líquenes en total distribuidas así:

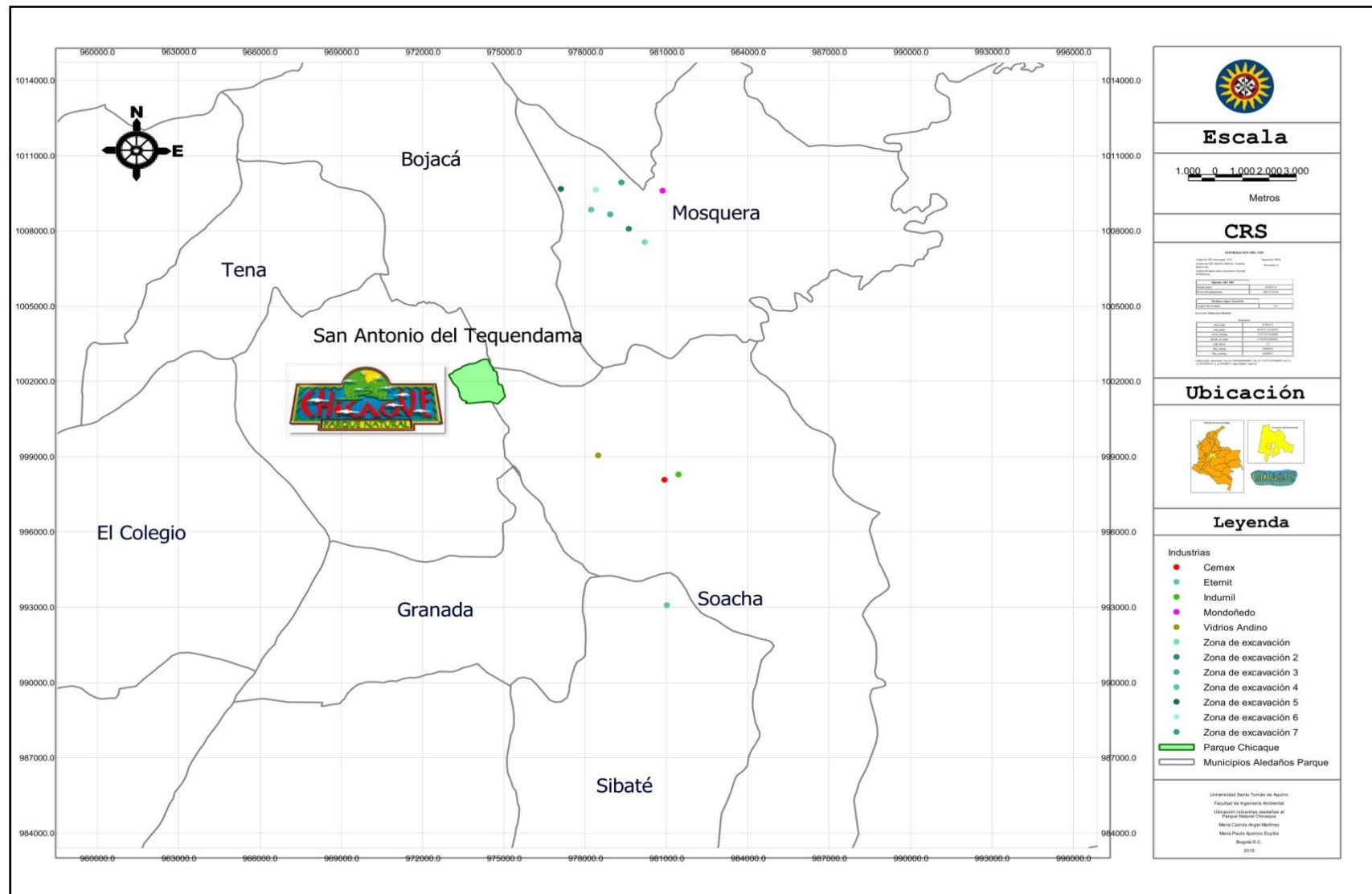
Cuadro 6. Resumen de muestras de referencia

Sitio de Muestreo	No. de especies	Especies Encontradas
Laguna de Pedro Palo	3 Especies	<i>Parmotrema sp</i> <i>Flavopunctelia sp</i> <i>Crocynia sp</i>
Tabio Área 1	4 Especies	<i>Everniastrum sp</i> <i>Parmotrema sp</i> <i>Ramalina sp</i>
Tabio Área 2	6 Especies	<i>Everniastrum sp</i> <i>Parmotrema sp</i> <i>Ramalina sp</i> <i>Dirinaria sp</i> <i>Phyllopsora sp</i>

Fuente: Las autoras

5.1.4 Descripción fuentes contaminación cercanas al PNCH

Con base en la recolección de la información preliminar en el siguiente mapa se muestra una breve descripción y la ubicación de las que se consideran las industrias que mayor influencia tienen sobre el PNCH debido la proximidad que tienen con el mismo y a las actividades que desarrollan alterando las condiciones ambientales del Parque.



- **Cemex** - Su razón social es la fabricación, importación y exportación de productos de construcción. En el proceso productivo durante la explotación de materias primas (Extraer la caliza y la arcilla a través de barrenación y detonación con explosivos) y la calcinación (Se emplean grandes hornos rotatorios, a 1400°C, para transformar la harina en clinker) es donde se generan la mayor cantidad de emisiones, material particulado. Es importante tener en cuenta que, a pesar de que el material particulado no es precursor de la lluvia ácida, la cercanía que esta industria tiene el PNCH tiene la capacidad de afectar las condiciones ambientales del mismo. [57]

- **Indumil** - Se dedica a la elaboración de armas, municiones, explosivos, equipos y elementos complementarios a las Fuerzas Militares, a la Policía Nacional y a otros organismos estatales. Durante su fabricación se generan misiones con trazas de metales pesados. [58]

- **Vidrios Andino** - Es una industria dedicada a la producción, importación y comercialización dentro y fuera del territorio nacional de vidrio y cristales de toda clase incluida la transformación de los vidrios). Durante la preparación de materias primas se producen emisiones de material particulado, ocasionadas por manipulación de materias primas de origen mineral finamente molidas. [59]

Durante la operación de fusión de las materias primas es cuando se produce la mayor cantidad de emisiones atmosféricas, estas consisten tanto en material particulado, como de gases, las cuales están asociadas al funcionamiento de los hornos de fundido.

Los gases emitidos consisten principalmente de óxidos de nitrógeno (NOX), los que se forman debido a las altas temperaturas alcanzadas en el horno y a la presencia de nitrógeno tanto en el aire de combustión como en las materias primas en fusión. También son emitidos óxidos de sulfuro (SOX), formado principalmente a partir del azufre contenido el combustible, y en menor medida en las materias primas. Como regla general se puede suponer que todo el nitrógeno y azufre contenido tanto en las materias primas como en el combustible, es emitido en la forma de NOX y SOX.

Por último, durante las operaciones de formado de envases y los procesos de pintado, se producen emisiones de COV y material particulado, producto de la descomposición del lubricante del molde al entrar éste en contacto con la gota de vidrio fundido. [49]

- **Eternit** - Ubicada en el municipio de Sibaté cercano a Soacha y es una industria fabricante de tejas de fibrocemento, placas para sistemas de construcción liviana, tanques de polietileno, pinturas, tejas translúcidas y vivienda industrializada. [50]

La emisión más importante se genera durante la fabricación de pinturas, existe presencia de polvo en suspensión en los sectores de trabajo con pigmentos, en las zonas de preparación de bases, empastes, almacenaje, etc., debido principalmente a que el manejo de la carga es manual. Así mismo, la generación de vapores de solventes, en algunos casos tóxicos, es considerable y se produce en casi toda la fabricación de las pinturas. [60]

- **Áreas de excavación en Mondoñedo** - Se encuentran ubicadas al norte del PNCH en el municipio de Mosquera, son concesiones para la excavación y explotación de minerales teniendo en cuenta la composición de los suelos. Estos procesos de excavación producen gran cantidad de material particulado que se volatiliza fácilmente, estas partículas pueden estar presentes en los vientos que alcanzan el área baja del PNCH y de ahí puede derivarse la presencia de sedimentos en la vegetación. [61]

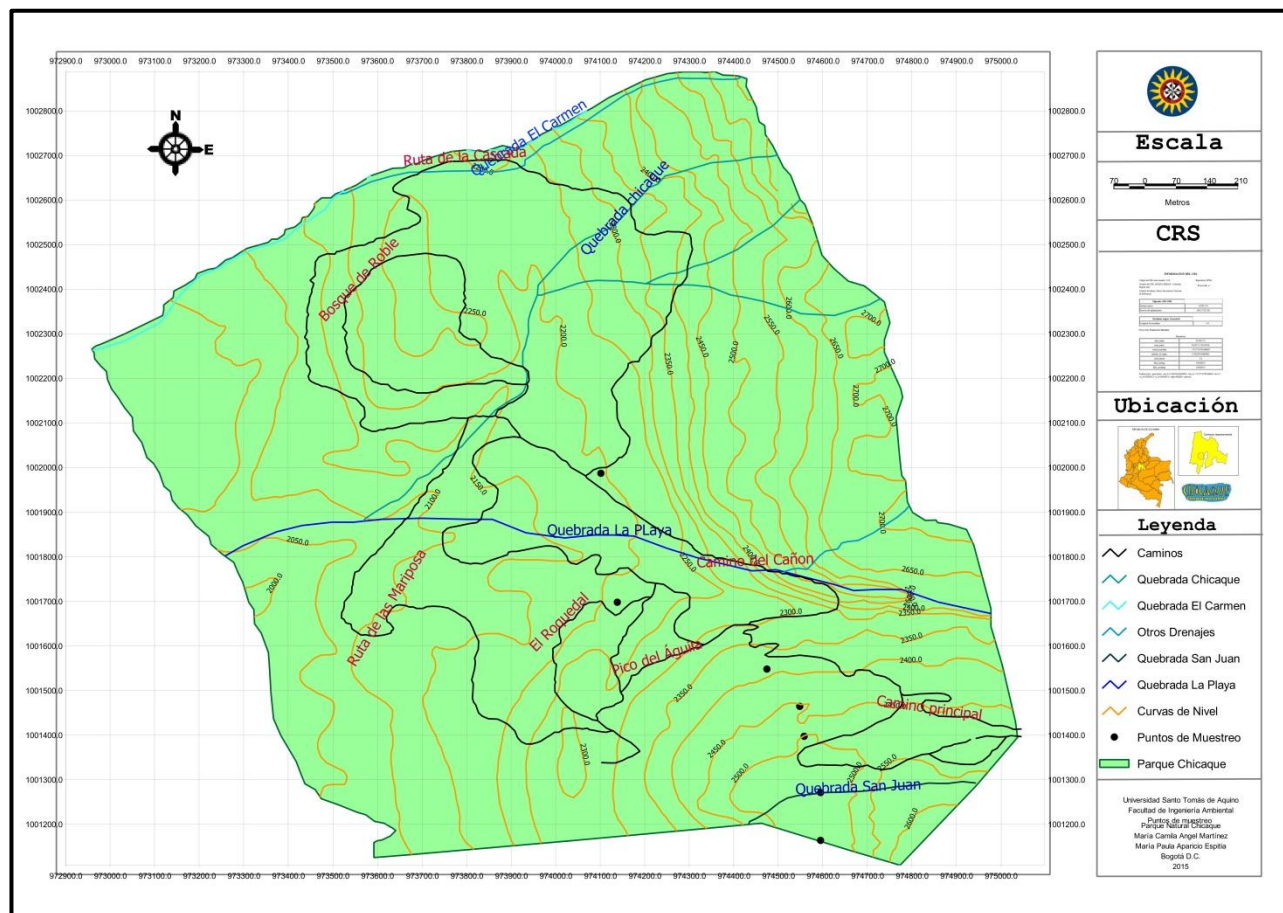
Es importante tener en cuenta que, a pesar de que algunas emisiones generadas de las industrias anteriormente mencionadas no tienen entre sus componentes agentes precursores de la lluvia ácida, la cercanía que estas industrias tienen al PNCH poseen la capacidad de afectar las condiciones ambientales del mismo ya que pueden estar presentes en los vientos que alcanzan el área del Parque y de ahí puede derivarse la presencia de sedimentos en la vegetación.

5.1.5 Selección de los Puntos para la Instalación de las Estaciones y Objetos de Muestreo

Con base en la información cartográfica y los rangos de altitud a los que se encuentra el PNCH, se realizó un corte cada 100 m con una mínima diferencia de longitud en ciertos puntos teniendo en cuenta la topografía de ciertas zonas. En total se seleccionaron 7 sectores, las estaciones se ubicaron aproximadamente

cada 100 m de la anterior obteniendo la representatividad suficiente del área de estudio y asegurando la obtención de datos significativos. (Anexo A.1)

Imagen 11. Ubicación puntos de muestreo en el PNCH



Fuente: Las autoras.

Cuadro 7 Distribución puntos de muestreo

Estación	Altura
1	2.700 m.s.n.m.
2	2.660 m.s.n.m.
3	2.540 m.s.n.m.
4	2.410 m.s.n.m.
5	2.300 m.s.n.m.
6	2.250 m.s.n.m.
7	2.100 m.s.n.m.

Fuente: Las autoras.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los puntos de muestreo:

- **Estación 1**
Se ubicó en la entrada principal del Parque en el área del parqueadero; es el punto que recibe emisiones provenientes de vehículos que ingresan y los que transitan por la carretera que conduce al PNCH. Es el punto de mayor altura y la estación se encuentra ubicada en un claro. Su vegetación se compone en gran parte por especies arbustivas lo que permite que el punto reciba precipitación directa de la atmósfera.
- **Estación 2**
Se ubicó en un claro cerca al inicio de la carretera principal del Parque la cual se utiliza para transportar visitantes y el movimiento de carga necesaria para el refugio o zonas bajas del parque. La vegetación es abundante y de altura mediana.
- **Estación 3**
Este punto de muestreo se ubicó cerca de un sendero ecológico, se colocó bajo la corteza de un roble (*Quercus Humboldtii* sp) en una zona con follaje abundante y cercano a un precipicio, se observa evidencia de deslizamientos y algunas ocasiones se encontraba el recipiente sin agua.
- **Estación 4**
Este punto se ubicó a 200 m del puesto de primeros auxilios ubicado en la carretera principal del Parque, es un área de follaje denso y árboles de gran altura. Las muestras recogidas generalmente eran turbias y con gran cantidad de sedimentos.
- **Estación 5**
Se ubica en un área cercana a la carretera principal con gran cantidad de árboles de mediana altura y follaje considerable, el recipiente se ubicó en un semiclaro.
- **Estación 6**
Se ubicó en el área conocida como la Gruta en un semiclaro rodeado por árboles de mediana altura y poco follaje. Cerca se encuentra una carretera que conduce al área administrativa del parque y se tiene contacto con fuentes móviles de contaminación.
- **Estación 7**
Es la estación que se ubica en la parte más baja del Parque, se ubicó el recipiente en un área cercana al refugio que funciona como restaurante y hotel y a la carretera principal que llega hasta ahí; es un área de follaje denso y árboles de gran altura.

Se utilizó el Estándar VDI-3799 y la Guía Italiana, que resumen la medición de los efectos de las inmisiones en la población de líquenes de determinada área. Para aplicar estos Estándares, se han desarrollado diversas guías que proponen métodos para determinar la diversidad de líquenes en las cortezas de los árboles, estos resultados se muestran en mapas que indican las zonas con mayor diversidad.

En estos puntos establecidos, a través de la observación (Método visual) se seleccionaron entre 3 y 4 árboles cercanos a las estaciones de muestreo para realizar el conteo de líquenes. Es importante resaltar que en la selección de los puntos de muestreo también se buscó que estos lugares fueran de fácil acceso, la topografía adecuada (Preferiblemente plano o moderadamente ondulado), la disponibilidad del espacio que fuera necesaria para poder instalar los instrumentos de muestreo, estar libre de obstáculos por lo menos a 1 metro, que los visitantes no tuvieran fácil acceso, seguridad para los equipos y elementos utilizados en el muestreo, entre otros.

5.1.6 Elaboración, Preparación e Instalación de los Instrumentos de Recolección de las Muestras de Precipitación

En esta etapa se fijaron los aspectos a tener en cuenta para recolectar las muestras de precipitación a través de los instrumentos requeridos (Elaboración propia) de la siguiente manera:

Inicialmente este instrumento se diseñó buscando simular a un embudo, estaba conformado por 4 varas de madera de 1 m de alto, un plástico de 1 m de alto por 1 m ancho, un embudo plástico debajo del cual se encontraba un recipiente colector de agua con un diámetro de aproximadamente 20 cm. Sin embargo, se tomó la decisión de utilizar únicamente un recipiente recolector de agua cubierto con angeo para filtrar el agua lluvia. (Anexo A.2)

5.1.7 Conteo y Recolección de Líquenes

Con base en los puntos de muestreo previamente determinados se realizó el análisis de los cambios que pudieron presentar estos bioindicadores frente a la contaminación. Se aplicó la metodología de la cartografía de líquenes con base en la norma VDI-3799 y el cálculo del IAP propuesto por Le Blanc y Sloover en 1970 de la siguiente manera:

Inicialmente se realizó la selección de los árboles a muestrear, para esto se buscó que se encontraran dentro del punto de muestreo establecido a pocos metros de la estación; estos debían tener un diámetro mayor a 40 cm y encontrarse en buenas condiciones. En total se eligieron 28 árboles, estos pertenecen a las siguientes especies y se encuentran en la siguiente distribución:

Tabla 1. Distribución árboles para el conteo de especies líquénicas

Punto de muestreo/ Especie	1	2	3	4	5	6	7
Encenillo (<i>Weinmannia</i> <i>sp</i>)	2	2	1	1	-	-	-
Gaque (<i>Clusia</i> <i>sp</i>)	1	1	2	2	2	2	1
Roble (<i>Quercus</i> <i>Humboldtii</i> <i>sp</i>)	1	1	1	1	2	2	3

Fuente: Las autoras.

Una vez identificados los árboles a muestrear se procedió a desarrollar la primera metodología; para esto se utilizó una rejilla (Anexo B.2), para poder contar la cantidad de líquenes presentes en cada una de las cortezas de los árboles, de 1/10 m² en cada árbol, consiguiendo así una superficie de 1 m² estudiada en cada punto de muestreo.

Un Punto de muestreo de monitoreo consistió en 4 cuadrantes independientes con 5 segmentos de 10 x 10 cm cuadrados cada uno. Este cuadrante es atado verticalmente en el tronco para que el borde inferior de cada segmento esté a 1 m sobre el punto más alto del suelo. Cada uno de los 4 cuadrantes debe posicionarse según la dirección del tronco (NSEW). Todas las especies de líquenes presentes en cada segmento son registradas así como la frecuencia de ocurrencia de cada una en los 5 cuadrados de cada cuadrante.

Dado que se espera que existan algunas diferencias substanciales en el crecimiento en diferentes lados del tronco, las frecuencias se suman separadamente por cada punto cardinal, así por cada árbol se realizan 4 sumas (SFiN, SFiE, SFiS, SFiW). Para cada punto cardinal la suma de las frecuencias por cada unidad de muestreo es calculado.

Se realizó una tabla para cada árbol muestreado (Anexo B.3), las especies encontradas y la posición en la que se encontraron. Se llevó a cabo la suma de las frecuencias por posición y se obtuvo el total de frecuencias en el área de muestreo.

Una vez obtenido este valor por cada estación se procedió a calcular el IPA haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$IPA_j = \sum \frac{1}{10} (Q_{ix} f_i)$$

Donde:

IPA_j: Índice de pureza atmosférica de la estación (j).

F_i: Valor total de: Grado de frecuencia de la presencia (Frecuencia) más grado de cobertura, más el número de los árboles examinados cubiertos por la especie en cuestión. El valor F se modifica de acuerdo a cada estación.

Q_i: Factor de tolerancia de la especie (i), se determina comprobando la cantidad promedio de líquenes asociados a la especie (i) en cada lugar de muestreo. El valor Q resulta ser una constante para cada especie, en el área de investigación, siendo indirectamente proporcional a la contaminación.

Con la siguiente relación fue determinado:

$$Q_i = \sum_j \frac{(A_j - 1)}{N_j}$$

Donde:

Q_i: Factor de resistencia de la especie (i) (Cortejo medio específico).

A_j: Número de especies presentes en cada estación de muestreo (j)

N_j: Número de estaciones (j) donde se encuentra la especie (i).

Con los valores de IPA que se obtuvieron, se utilizó la siguiente tabla con los rangos para determinar de manera general la calidad del aire en cada punto de muestreo. (Anexo B.4)

Tabla 2: Rango de IPA

	Valor	Nombre
	Menor a 1	Ausencia Total
	Entre 1 y 12,7	Pobre
	Entre 12,8 y 24,3	Justo
	Entre 24,4 y 36	Bueno
	Entre 36,1 y 47,7	Muy Bueno

Fuente: J., García; 2004 [30]

5.1.8 Muestreo y Obtención de los Datos

En esta fase se realizó la recolección de las muestras en donde se obtuvieron los datos necesarios para análisis del comportamiento de la precipitación ácida en el PNCH. Este proceso de toma y recolección de las muestras se desarrolló en el periodo de tiempo comprendido entre los meses de Noviembre a Enero dos veces a la semana en dos momentos del día (El primero entre las 10 y 11 de la mañana y el segundo entre las 2 y 3 de la tarde.); así mismo, la recolección de la muestra se hizo dependiendo de la frecuencia con la que llovía siempre buscando tener un mismo intervalo de tiempo.

Se siguió el protocolo para la cadena de custodia y así asegurar la veracidad de los datos. (Anexo A.3)

5.1.9 Análisis Fisicoquímico

Una vez se recolectaron las muestras, fueron trasladadas al laboratorio según un protocolo previamente establecido (Anexo A.4) para realizar el análisis in vitro, teniendo en cuenta los siguientes parámetros químicos:

Cuadro 8. Medición de Parámetros Fisicoquímicos

Parámetros	Métodos	Equipos	Lugar de Medición
Conductividad específica	Método inductivo, sensor de conductividad	Sonda multiparamétrica	In Vitro
Acidez	Medición de pH	Sonda multiparamétrica	In Vitro

Fuente: Las autoras.

- **Conductividad Específica:** Para la medición de la conductividad específica en la Sonda multiparamétrica se utilizó el electrodo de conductividad y la configuración de tipo in vitro para análisis y procesamiento de los datos.
- **Acidez:** Para la medición de acidez en la Sonda multiparamétrica se utilizó el electrodo de pH y la configuración de tipo in vitro para análisis y procesamiento de los datos.

La calibración del equipo se realizó previamente por parte del laboratorio donde se analizaron las muestras. Las especificaciones de la Sonda multiparamétrica se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 9. Características Sonda Multiparamétrica

Marca	Hach
Calibración	Estándares predefinidos
Dimensiones	197 mm x 95 mm x 36 mm
Estándares de Calibración	Definidos por el usuario
Entradas Electrodo Digitales	2
Exactitud Conductividad	± 0.5 " ($1 \mu\text{S/cm}$ - 200 mS/cm) de % de rango desde ($1 \mu\text{S/cm}$ - 200 mS/cm)
Humedad Relativa	90%
Medición Conductividad	5 modos de estabilidad diferentes
Medición de pH con lectura estable	5 ajustes de estabilización
Peso	0,335 kg
Precisión	$\pm 0,1$
Rango de medición de la Conductividad	$0.01 \mu\text{S/cm}$ - 200.0 mS/cm
Resolución	0.1/ 0.01/ 0.001
Temperatura	0 - 60°C
Tipo de Sonda	Standard



Fuente: Hach México; 2015 [62]

5.1.10 Procesamiento de la Información

Con base la información obtenida en la fase anterior se realizó el procesamiento de los datos recopilados para obtención de resultados y conclusiones de la siguiente manera:

- Determinación del comportamiento ácido: Conductividad específica y acidez en cada punto de muestreo.
- Número de árboles analizados en cada punto de muestreo y la frecuencia y cobertura de líquenes.
- Relación entre los niveles de pH en los puntos de muestreo y la cantidad de líquenes presentes allí.
- Relación y valores promedio de la metodología alemana y su relación con el IAP

5.1.11 Elaboración de Cartografía

Una vez obtenidos los datos de pH, Conductividad e IPA, se procedió a realizar la cartografía del Parque. Las actividades desarrolladas fueron las siguientes:

- I. Recolección de información primaria sobre el área del Parque y su extensión, coordenadas y municipios aledaños.
- II. Reconocimiento del terreno.

- III. Con base en cartografía escala 1:25.000 y 1:10.000, al tener las coordenadas del Parque, se ubicó el Parque en las planchas cartográficas No. 227-III-D-4, 227-IV-C-3, 246-I-B-2 y 246-II-A-1 entre los municipios de San Antonio del Tequendama y Soacha.
- IV. Levantamiento de la malla de puntos de muestreo con apoyo de un GPS.
- V. Con el apoyo de la herramienta de sistemas gvSIG a través de gestor de procesos cartográficos, recorte y superposición de mapas temáticos se realizó la digitalización de las curvas de nivel y se llevó a cabo la revisión por categoría de elementos (Hidrografía, Planimetría).
- VI. Se realizó la ubicación de los puntos de muestreo en el mapa.
- VII. Se ubicaron las principales industrias cercanas al Parque.
- VIII. Se realizó un mapa que representa respectivamente los valores de pH, conductividad e IAP en las diferentes estaciones de muestreo.
- IX. Se obtuvieron 5 mapas cartográficos con la información obtenida y la metodología anteriormente expuesta. (Anexo C)

6. Resultados y Discusión

El análisis y evaluación se hizo con base en los datos obtenidos durante el periodo de muestreo comprendido entre la segunda semana de Noviembre y la segunda semana de Enero en el PNCH, para un total de 172 muestras obtenidas de precipitación y 348 muestras de líquenes.

A continuación se muestran los datos y análisis más relevantes para este estudio.

6.1. Precipitación

En las siguientes tablas se pueden evidenciar los datos obtenidos del análisis in Vitro de pH y conductividad específica de las muestras de precipitación, recogidas en los 7 puntos de muestreo a lo largo de todo el estudio; en las Tablas VI y XXIII, Anexos A.6 y Tablas VI y XXIII, Anexos A.7. se presentan los resultados que sirvieron de base para el análisis de la información.

Antes de realizar el análisis estadístico descriptivo del comportamiento de los datos obtenidos en campo y de los parámetros analizados in vitro, se debe tener en cuenta el siguiente concepto:

Cuadro 10. Concepto a tener en cuenta

Concepto	Descripción
Valor de referencia de pH	La acidez de la lluvia se clasifica: - Lluvia no ácida: $\text{pH} > 5.6$ - Lluvia ligeramente ácida: $4.7 < \text{pH} \leq 5.6$ - Lluvia medianamente ácida: $4.3 < \text{pH} \leq 4.7$ - Lluvia fuertemente ácida: $\text{pH} \leq 4.3$ IDEAM.

Fuente: IDEAM; 2010 [16].

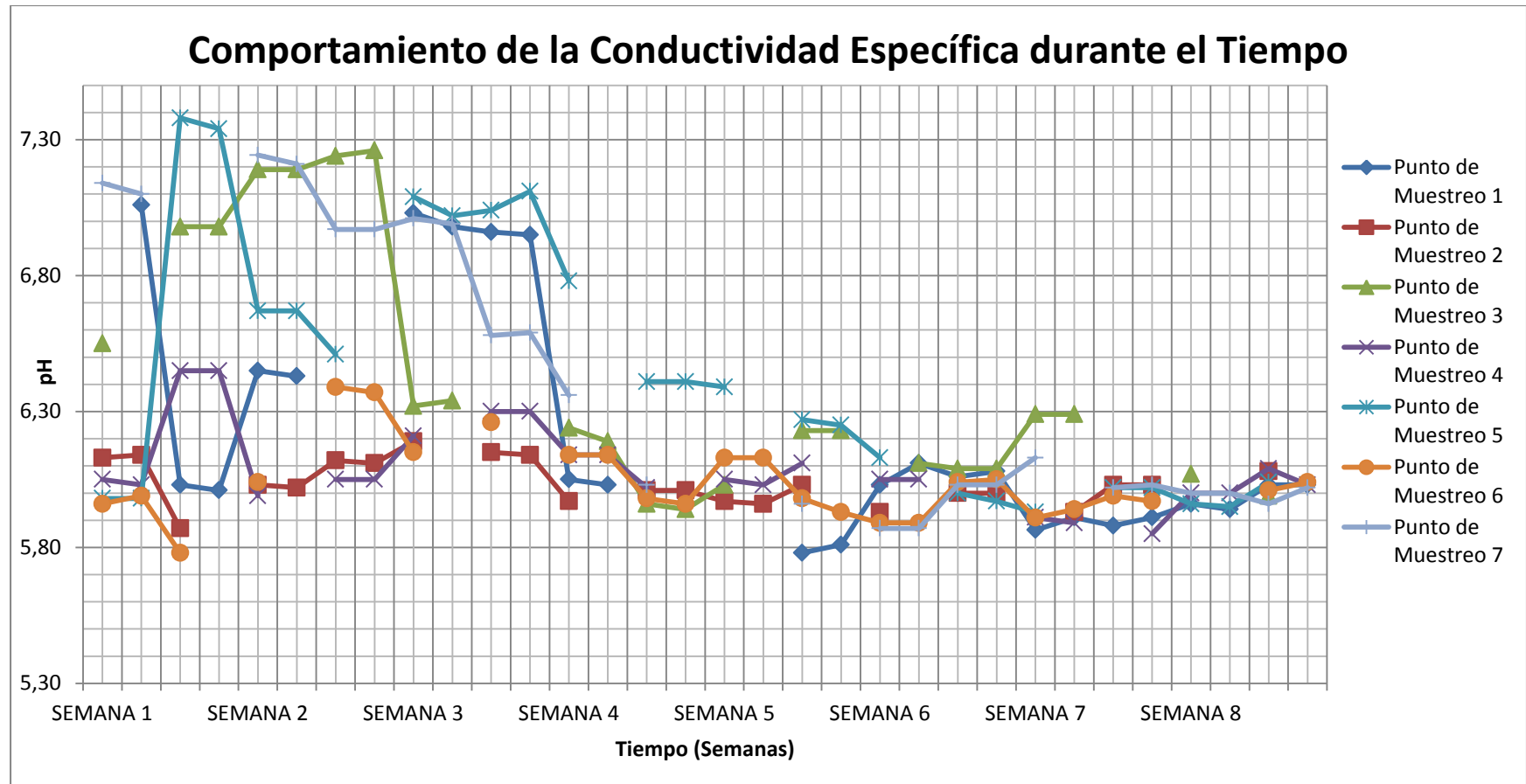
6.2. Conducta del pH

Comportamiento del pH durante el Tiempo

El análisis y evaluación se hizo con base en los datos obtenidos durante el periodo de muestreo comprendido entre la segunda semana de Noviembre del 2014 y la segunda semana de Enero del 2015 en el PNCH, para un total de 172 muestras

obtenidas de precipitación. En las Tablas VI y XXII (Anexo A.6) se presentan todos los datos obtenidos a lo largo del estudio.

Gráfico 1. Comportamiento pH durante el tiempo de muestreo



En el gráfico 1 se da a conocer el comportamiento que cada punto de muestreo tuvo durante las 8 semanas de muestreo para la variable de pH. El pico máximo que se dio fue registrado en el punto de muestreo 5 con un valor de 7,38 y los valores mínimos registrados se dieron en la semana 1 y 5 con un valor de 5,78.

Lo primero que se puede observar es que los datos no se encuentran dispersos dentro de un rango extenso, por el contrario estos no presentan grandes variaciones, es decir que no se encuentran dispersos y su comportamiento no varía significativamente durante el tiempo. Teniendo en cuenta el comportamiento bimodal en las precipitaciones del Parque, la segunda época de lluvia abarca las primeras 4 semanas de estudio (Noviembre – Diciembre), en esta temporada se observan los valores más altos de pH en todos los puntos de muestreo y a medida que la época seca entra en vigencia (Diciembre – Enero), se ve como los datos obtenidos en campo van disminuyendo, esto apunta a que la frecuencia con la que se presenten eventos de precipitación de una u otra manera es una variable importante en la determinación de eventos de lluvia ácida.

Comportamiento del pH de cada Punto de Muestreo con respecto al Tiempo y Viceversa.

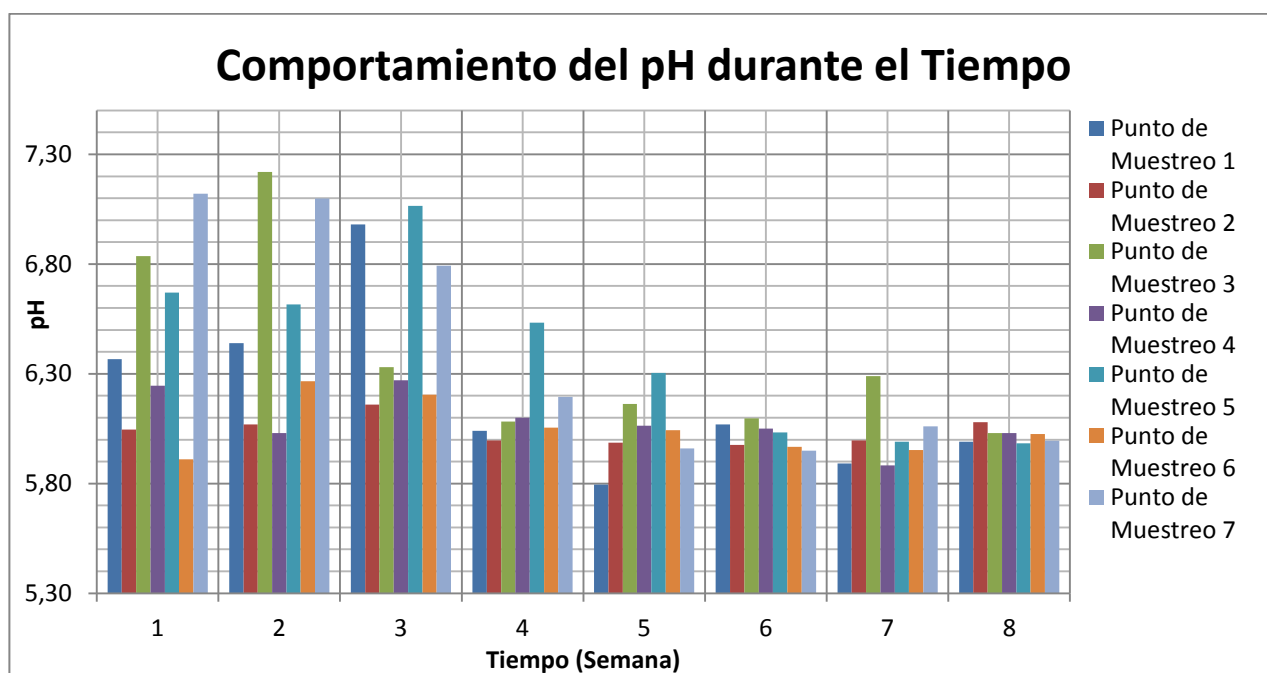
En la Tabla 3 se da a conocer la media de los datos obtenidos de la variable pH para cada punto de muestreo durante las 8 semanas de estudio y de los datos recogidos por los 7 puntos de muestreo durante cada semana. Al mismo tiempo, se presenta la media, el valor máximo y mínimo de los datos obtenidos para cada punto de muestreo durante los 2 meses de muestreo y de los datos recogidos por los 7 puntos de muestreo durante cada semana.

Tabla 3. Media semanal, máximo y mínimo de los datos obtenidos

Punto de Muestreo	pH										
	Tiempo (Semanas)								Promedio	Máximo	Mínimo
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	6,37	6,44	6,98	6,04	5,80	6,07	5,89	5,99	6,20	6,98	5,80
2	6,05	6,07	6,16	6,00	5,99	5,98	6,00	6,08	6,04	6,16	5,98
3	6,84	7,22	6,33	6,08	6,16	6,10	6,29	6,03	6,38	7,22	6,03
4	6,25	6,03	6,27	6,10	6,06	6,05	5,88	6,03	6,08	6,27	5,88
5	6,67	6,62	7,07	6,53	6,30	6,03	5,99	5,98	6,40	7,07	5,98
6	5,91	6,27	6,21	6,06	6,04	5,97	5,95	6,03	6,05	6,27	5,91

7	7,12	7,10	6,79	6,20	5,96	5,95	6,06	6,00	6,40	7,12	5,95
Promedio	6,46	6,53	6,54	6,14	6,04	6,02	6,01	6,02			
Máximo	7,12	7,22	7,07	6,53	6,30	6,10	6,29	6,08			
Mínimo	5,91	6,03	6,16	6,00	5,80	5,95	5,88	5,98			

Gráfico 2 Media semanal de los datos obtenidos en campo para los 7 puntos de muestreo de pH durante las 8 semanas de estudio.

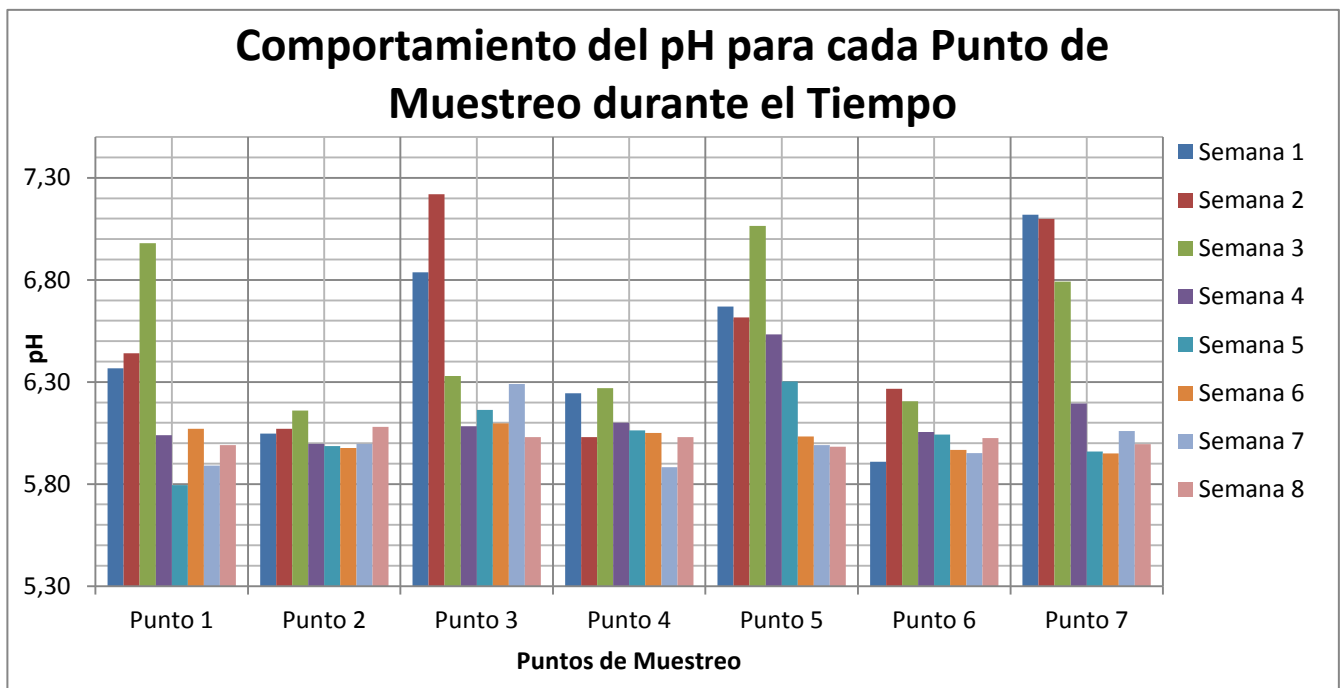


Con base en los datos de la tabla 3, representados en el gráfico 2 para cada punto de muestreo durante las 8 semanas de estudio, se analizó el comportamiento de los datos obtenidos por cada punto de muestreo. El valor promedio más bajo se encontró el punto de muestreo 2, sin embargo, el mínimo valor fue de 5,80 y se ubicó en el punto de muestreo 1. Por otro lado, los puntos de muestreo 5 y 7 presentaron algunos de los valores promedio más altos durante todo el estudio, para el caso del punto de muestreo 7 el valor máximo inicial fue pH, 7,12, y se observa una disminución progresiva a través del tiempo.

En resumen, los puntos de muestreo ubicados en la parte baja del Parque son los que presentan los valores más altos de pH, que a lo largo del muestreo exhiben una leve disminución, lo cual se puede deber a que la época seca inicia; por el

contrario la mayoría de los valores mínimos se presentan en la parte alta del PNCH. Se debe tener en cuenta que la diferencia entre los datos de pH encontrados en estos puntos de muestreo no es muy grande, es decir, no están dispersos entre un gran rango de datos lo que indica que la altura puede llegar a influir pero no es un factor determinante para la presencia de algún tipo de comportamiento ácido en la precipitación.

Gráfico 3. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las 8 semanas de estudio en los 7 puntos de muestreo de pH.



Para el caso del gráfico 3, hecha con base en los datos en la Tabla 3 recogidos por los 7 puntos de muestreo durante cada semana de estudio, no se observa ningún valor atípico o comportamiento diferente a la media general, por el contrario, los datos se ubican en un rango pequeño lo que indica que no existe dispersión.

Al mismo tiempo, durante la época seca (Últimas 4 semanas de estudio) se observan valores que podrían en el futuro tener tendencia a un comportamiento

ácido, la disminución en la frecuencia de precipitación es una variable importante que se debe considerar a la hora de determinar algún episodio de lluvia ácida.

Comportamiento del pH durante el Tiempo (Época Lluviosa y Seca)

Se realizó un análisis por cada mes de muestreo debido a que el periodo en donde se presentaron más precipitaciones fue en el primer mes, mientras que en el segundo mes la época fue más seca. Así mismo, es importante mencionar que el valor de pH más alto obtenido a lo largo del estudio fue en el primer mes, en el punto de muestreo 5 durante la semana 1 de 7,38 y el valor más bajo que se encontró fue en el segundo mes, en el punto de muestreo 1 en la semana 1 de 5,78; estos valores se encuentran entre los rangos normales de la precipitación según la clasificación propuesta por el IDEAM. Se puede inferir que aunque las precipitaciones disminuyeron durante el segundo mes de muestreo, no se presentó un cambio significativo en los valores de pH obtenidos.

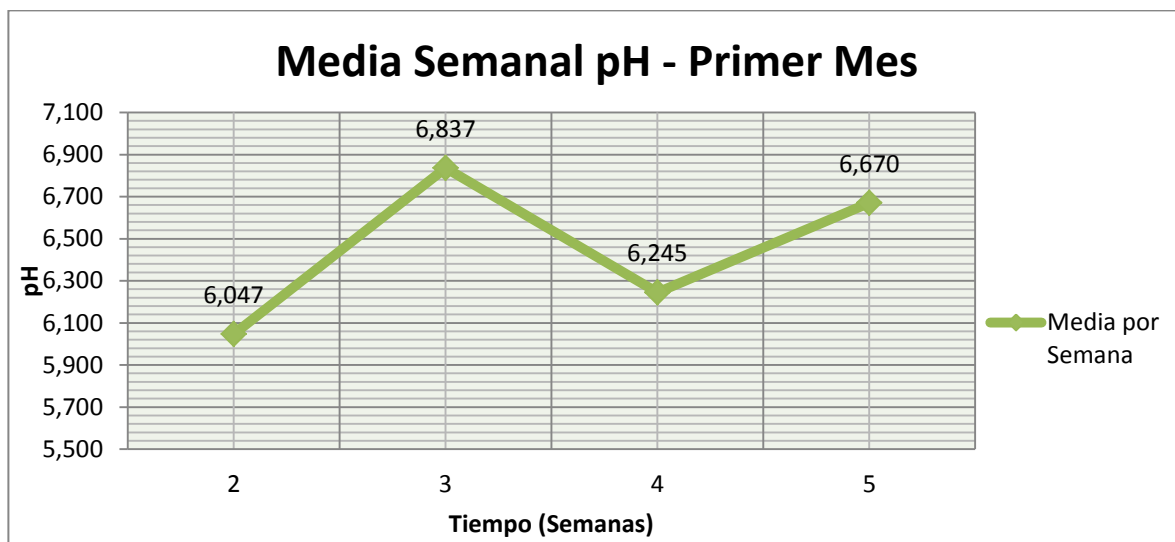
El primer análisis que se realizó de precipitación fue el del comportamiento del pH durante cada semana para los dos meses de muestreo, teniendo en cuenta los valores que los puntos de muestreo arrojaron.

Para el caso del primer mes de muestreo se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 4 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para el primer mes en los 7 puntos de muestreo.

MEDIA SEMANAL PRIMER MES	
Semana	pH
1	6,44
2	6,58
3	6,64
4	6,12

Gráfico 4. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para el primer mes en los 7 puntos de muestreo.



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la toma y análisis de las muestras de precipitación durante el primer mes de muestreo, se determinó que el valor máximo fue de 6,64 y se presentó en la semana 3 y el valor mínimo fue de 6,12 en la semana 4 (Tabla 4); los resultados no muestran ningún tipo de comportamiento ácido significativo lo que indica que no se presentaron episodios de lluvia ácida durante ese intervalo de tiempo. Grafico 4.

Al mismo tiempo la Tabla I, Anexo A.6 muestra que la gráfica 4 tiene un comportamiento simétrico ya que la media y la mediana no están muy alejadas la una de la otra, lo que indica que esta variable tiene un comportamiento lineal con poca dispersión en los datos al no tener cambios significativos durante este tiempo. Por último, al observar la variable pH de la gráfica 4 durante el tiempo de muestreo, se observa que el coeficiente de asimetría indica que los datos no tienen gran dispersión.

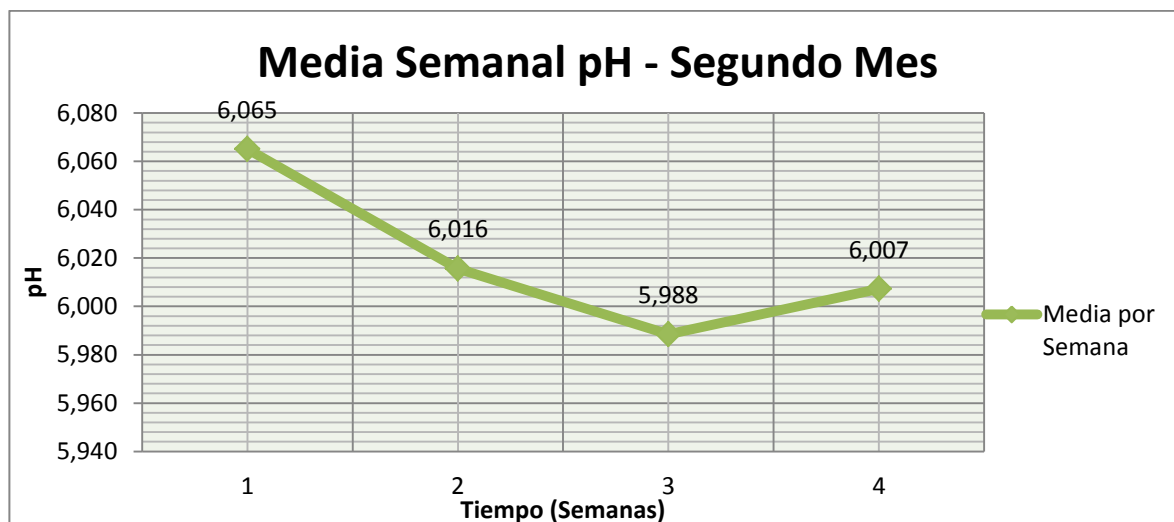
En el segundo mes de muestreo se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 5 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para el segundo mes en los 7 puntos de muestreo.

MEDIA SEMANAL SEGUNDO MES	
Semana	pH
1	6,06
2	6,01

3	5,98
4	6,00

Gráfico 5. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para el segundo mes en los 7 puntos de muestreo.



Para el caso del segundo mes se encontró como valor máximo 6,06 en la semana 1 y mínimo 5,98 en la semana 3, esto quiere decir que el rango en el que se mueve el pH es mínimo y sin ningún tipo de conducta ácida.

Con respecto al gráfico 5 en la Tabla III, Anexo A.6 la variable pH no presenta un coeficiente de asimetría significativo, es decir, la dispersión de los datos no refleja algún dato atípico importante mostrando un comportamiento simétrico, lineal, debido a que no hay cambios significativos a lo largo del tiempo.

Comportamiento del pH de cada Punto de Muestreo durante el Tiempo

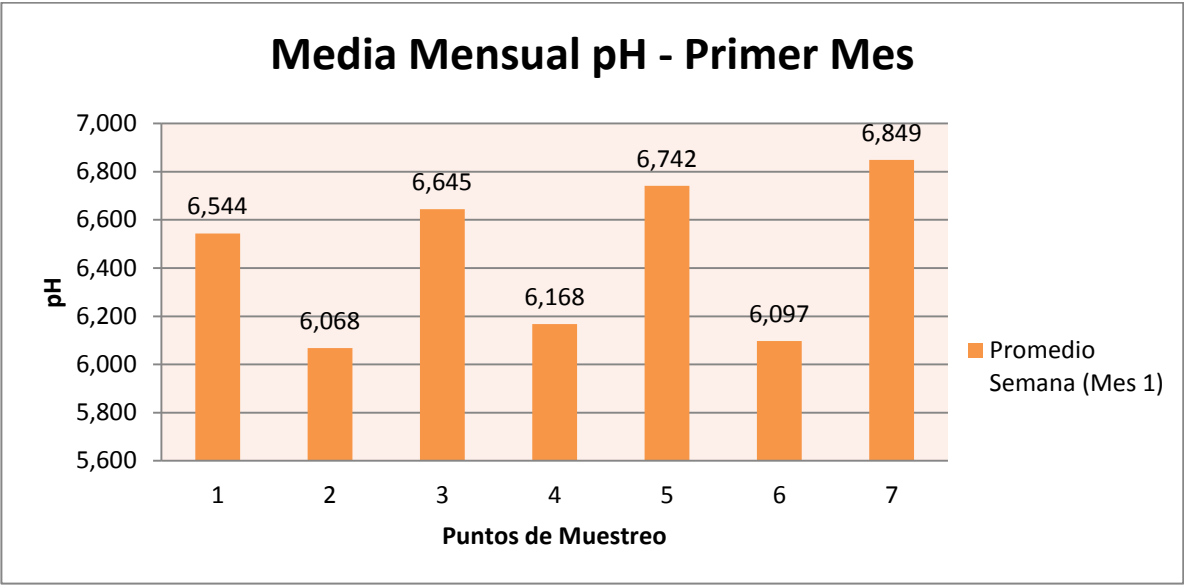
Para poder analizar el comportamiento de la variable pH de cada punto de muestreo se estimó la media aritmética de los datos registrados durante el primer mes de muestreo.

Para el caso del primer mes se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 6 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para cada punto de muestreo para el primer mes en los 7 puntos de muestreo.

MEDIA MENSUAL PRIMER MES	
Mes	Promedio (Semanas)
Punto de Muestreo 1	6,54
Punto de Muestreo 2	6,06
Punto de Muestreo 3	6,64
Punto de Muestreo 4	6,16
Punto de Muestreo 5	6,74
Punto de Muestreo 6	6,09
Punto de Muestreo 7	6,84

Gráfico 6. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para cada punto de muestreo para el primer mes en los 7 puntos de muestreo.



Con base en los datos obtenidos de las muestras de agua durante el primer mes de estudio para cada punto de muestreo se determinó que (Tabla 6): El valor máximo se presentó en el punto 7 que se encuentra ubicado en la parte más baja del Parque (2.100 m.s.n.m. Aproximadamente) con un valor de 6,84, mientras que el punto 2 ubicado a 2.600 m.s.n.m. aproximadamente, fue el que tuvo el valor mínimo de pH (6,06). Las precipitaciones durante este intervalo de tiempo no

presentaron ningún tipo de comportamiento ácido. De igual manera, la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de pH encontrado en estas dos estaciones no es significativa dentro del rango de pH ni representa algún cambio importante en el comportamiento de los datos, de lo cual se deduce que la altura no influye de manera directa en esta variable. Grafico 6.

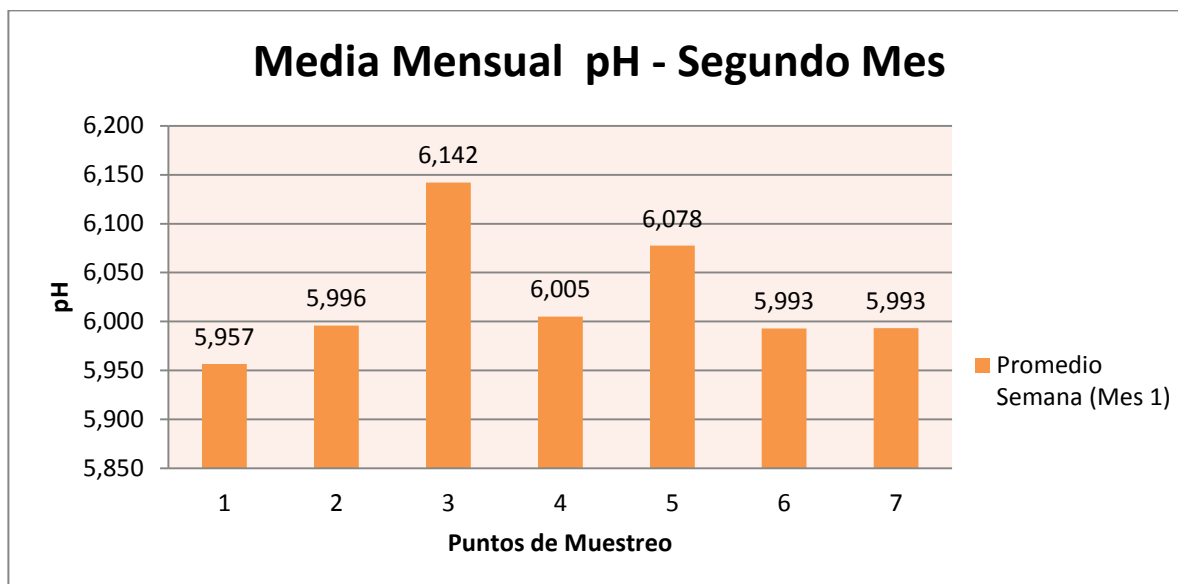
Al observar los valores de pH en la Tabla II, Anexo A.6 durante el tiempo se observa que los datos no se encuentran dispersos de la media, esto quiere decir que los valores entre cada punto no son muy lejanos el uno del otro mostrando un comportamiento lineal.

En cuanto al segundo mes de muestreo se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 7 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para cada punto de muestreo para el segundo mes en los 7 puntos de muestreo.

MEDIA MENSUAL SEGUNDO MES	
Mes	Promedio (Semanas)
Punto de Muestreo 1	5,95
Punto de Muestreo 2	5,99
Punto de Muestreo 3	6,14
Punto de Muestreo 4	6,00
Punto de Muestreo 5	6,07
Punto de Muestreo 6	5,99
Punto de Muestreo 7	5,99

Gráfico 7. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para cada punto de muestreo para el segundo mes en los 7 puntos de muestreo.



Según los datos obtenidos para el pH del segundo mes de acuerdo a la Tabla IV, Anexo A.6, estos no se encuentran dispersos de la media y se mueven dentro de los niveles neutros de pH, teniendo en cuenta los datos, el valor más bajo fue 5,95 y se encontró en el punto de muestreo 1, el de mayor altura (2.700 m.s.n.m. Aproximadamente) a diferencia del punto de muestreo 3 (2.500 m.s.n.m. Aproximadamente) en el que se encontró un valor de 6,14, el nivel más alto de esta variable no representan un cambio importante.

Comportamiento del pH Final para cada Punto de Muestro.

Para poder analizar el comportamiento final del pH de cada punto de muestreo se calculó la media aritmética de los datos que se registraron a lo largo de los 2 meses de muestreo.

Tabla 8 Comportamiento final de pH para cada punto de muestro.

MEDIA MENSUAL	
Punto de Muestreo	Promedio Mensual
1	6,21
2	6,03
3	6,42
4	6,09

5	6,43
6	6,04
7	6,42

Gráfico 8. Media mensual de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de pH para cada punto de muestreo para los dos meses en los 7 puntos de muestreo.

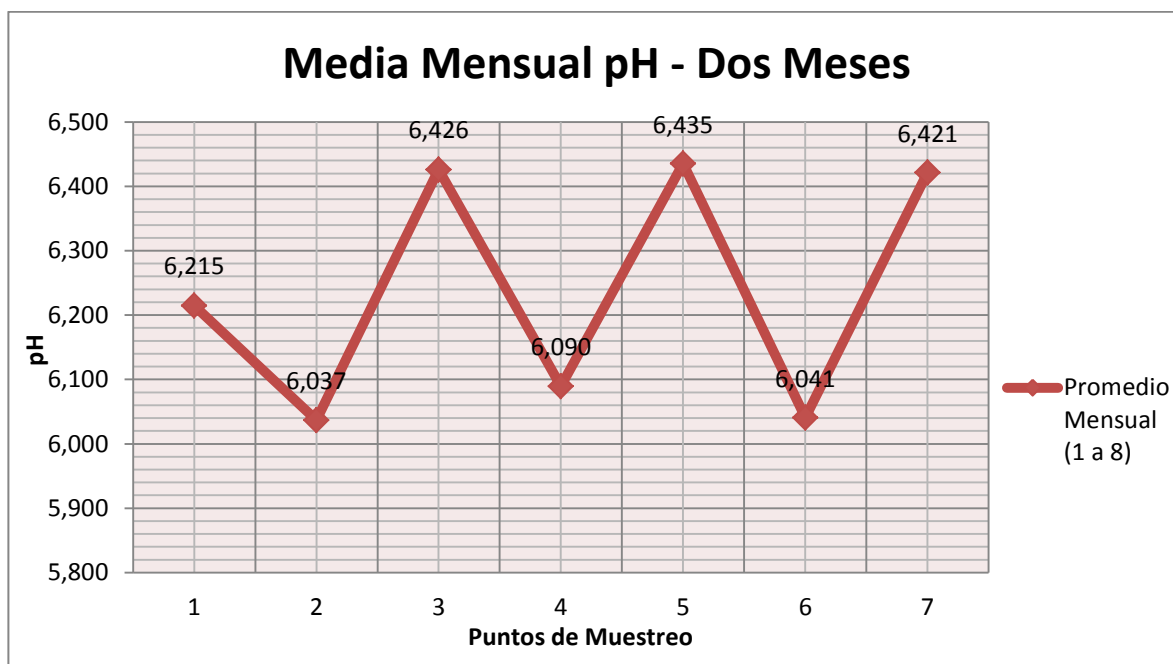


Tabla 9: Estadística Descriptiva de la media mensual aritmética de los dos meses.

Estadística Descriptiva	
Media	6,21
Mediana	6,22
Desviación estándar	0,16
Varianza de la muestra	0,02
Coficiente de asimetría	-0,02
Mínimo	6,03
Máximo	6,40

Con base en los datos finales obtenidos para cada punto de muestreo durante los dos meses de estudio se determinó que las estaciones 3, 5 y 7 ubicadas a 2.500

m.s.n.m., 2.300 m.s.n.m. y 2.100 m.s.n.m. respectivamente son las que presentan los valores más altos de pH y las estaciones 2, 4 y 6 ubicadas a 2.600 m.s.n.m., 2.400 m.s.n.m. y 2.200 m.s.n.m. aproximadamente tienen los valores más bajos relativamente.

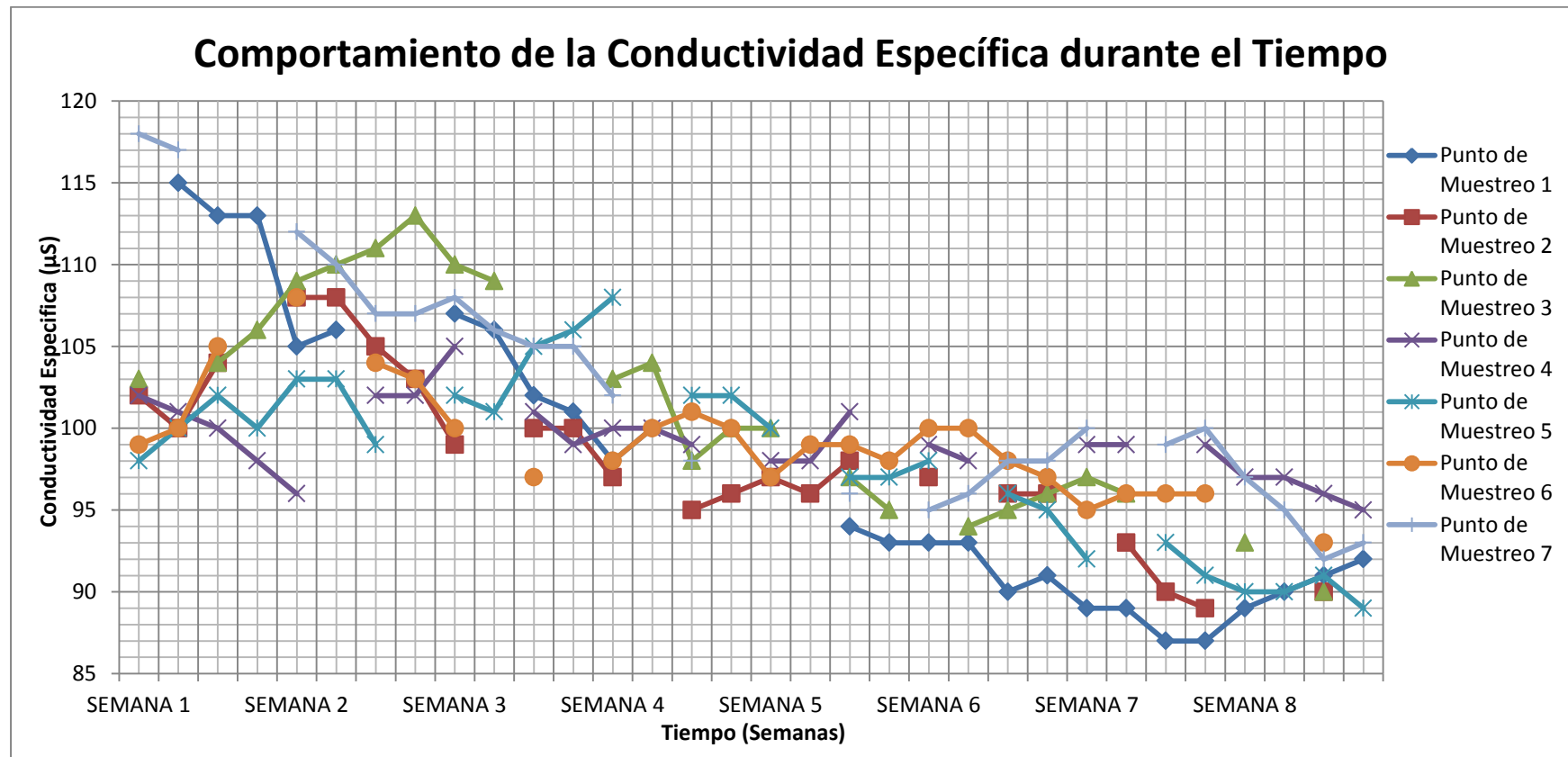
Teniendo en cuenta la Tabla 9, la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de pH, que son los rangos en los que se mueven los valores de las precipitaciones durante este intervalo de tiempo, no presentan ningún tipo de conducta ácida y no son muy lejanos el uno del otro mostrando un comportamiento lineal del que se deduce que la altura no influye de manera directa en esta variable debido a que no representa un cambio importante en los datos de lo cual se deduce que la altura no juega un papel muy importante en la medición de esta variable. Grafico 8.

6.3. Conductividad Específica

Comportamiento de la Conductividad Específica durante el Tiempo

El análisis y evaluación se hizo con base en los datos obtenidos durante el periodo de muestreo comprendido entre la segunda semana de Noviembre del 2014 y la segunda semana de Enero del 2015 en el PNCH, para un total de 172 muestras obtenidas de precipitación. En las Tablas VI y XXII (Anexo A.7) se presentan todos los datos obtenidos a lo largo del estudio.

Gráfico 9. Comportamiento de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica durante las 8 semanas de muestreo en los 7 puntos de muestreo.



En el gráfico 9 se muestra el comportamiento que cada punto de muestreo tuvo durante las 8 semanas de muestreo para la variable de conductividad específica. El comportamiento de los datos no varía significativamente durante el tiempo, ya que no se presentan grandes variaciones, es decir, no se mueven dentro de un rango muy grande y no se distingue dispersión.

El pico máximo que se dio fue registrado en el punto de muestreo 7 con un valor de 118 μ S y los valores mínimos registrados se dieron en la semana 1 con un valor de 87 μ S.

Debido al comportamiento bimodal en las precipitaciones del Parque, las últimas 4 semanas de estudio pertenecían a la temporada seca y es en época cuando se observan los valores más bajos de conductividad específica en los 7 puntos de muestreo. Se puede observar que durante la época de lluvia los valores de conductividad específica presentan sus picos más altos y a medida que la época seca va llegando, se distingue una disminución en el valor de los datos obtenidos en campo. Teniendo esto presente, es importante recalcar que la disminución en la frecuencia con la que se presenten eventos de precipitación representa una variable importante en la determinación de lluvia ácida.

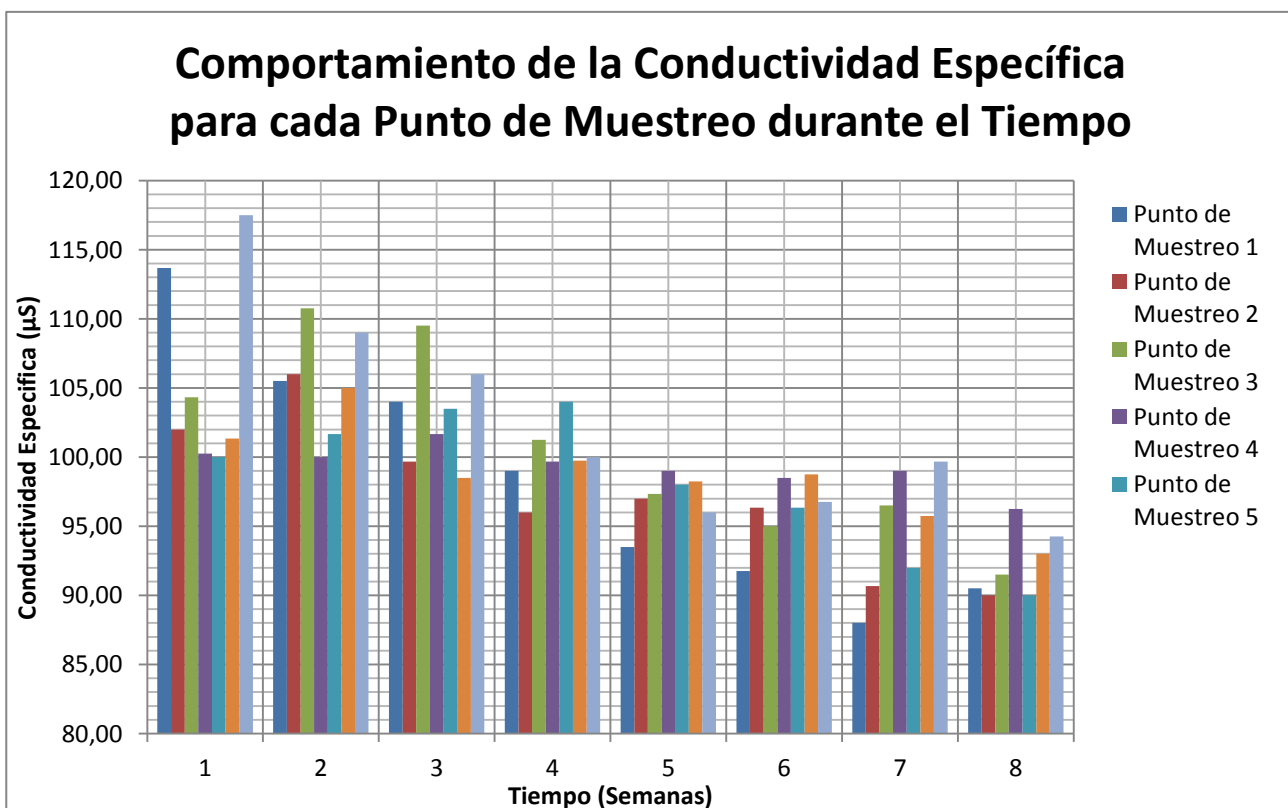
Comportamiento de la Conductividad Específica de cada Punto de Muestreo con respecto al Tiempo y Viceversa.

Tabla 10. Media semanal, máximo y mínimo de los datos obtenidos en campo para los 7 puntos de muestreo de conductividad específica durante las 8 semanas de estudio.

Punto de Muestreo	Semana								Promedio	Máx	Mín
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	113,67	105,50	104,00	99,00	93,50	91,75	88,00	90,50	98,24	113,67	88,00
2	102,00	106,00	99,67	96,00	97,00	96,33	90,67	90,00	97,21	106,00	90,00
3	104,33	110,75	109,50	101,25	97,33	95,00	96,50	91,50	100,77	110,75	91,50
4	100,25	100,00	101,67	99,67	99,00	98,50	99,00	96,25	99,29	101,67	96,25
5	100,00	101,67	103,50	104,00	98,00	96,33	92,00	90,00	98,19	104,00	90,00
6	101,33	105,00	98,50	99,75	98,25	98,75	95,75	93,00	98,79	105,00	93,00
7	117,50	109,00	106,00	100,00	96,00	96,75	99,67	94,25	102,40	117,50	94,25
Promedio	105,58	105,42	103,26	99,95	97,01	96,20	94,51	92,21			
Máximo	117,50	110,75	109,50	104,00	99,00	98,75	99,67	96,25			

Mínimo	100,00	100,00	98,50	96,00	93,50	91,75	88,00	90,00
--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Gráfico 10. Media semanal de los datos obtenidos en campo para los 7 puntos de muestreo de conductividad específica durante las 8 semanas de estudio.

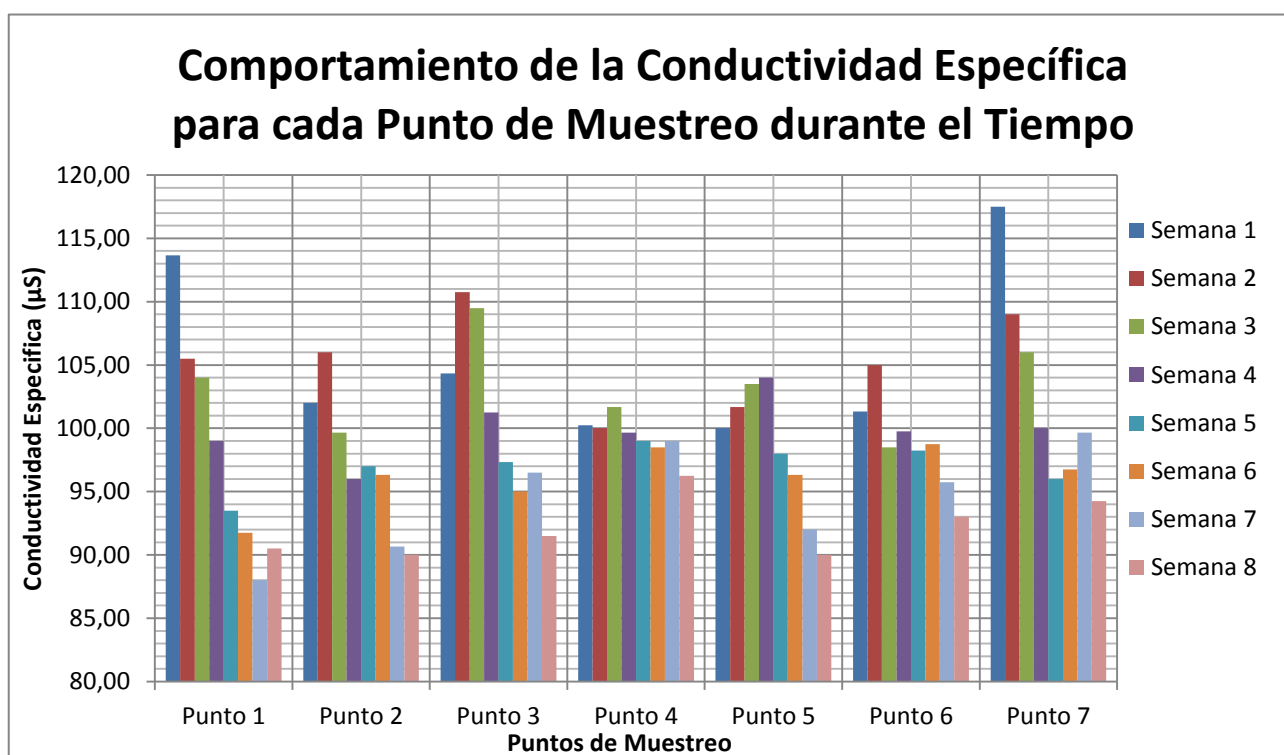


Con base en los datos de la (Tabla 10) representados en el gráfico 10, para cada punto de muestreo durante las 8 semanas de estudio se analizó el comportamiento de los datos obtenidos por cada punto. Los puntos de muestreo 3 y 7 contienen los valores promedio más altos presentados durante todo el estudio, sin embargo, el valor más alto es de 117 μS a los 2.100 m.s.n.m. aproximadamente y va disminuyendo con el tiempo. Los valores promedio más bajos se encuentran en el punto de muestreo 1 con un valor de 88 μS y el cual está ubicado a los 2.700 m.s.n.m. aproximadamente.

En resumen, la mayoría de los valores mínimos se presentan en la parte alta del PNCH y los puntos de muestreo ubicados en la parte baja del Parque, son los que presentan los valores más altos de conductividad específica que van

disminuyendo con el tiempo a medida que se acerca la época seca. Es importante tener en cuenta que la diferencia entre los datos de conductividad específica encontrados en estos puntos de muestreo no es muy grande, es decir, no están dispersos entre un gran rango de datos lo que indica que la altura puede llegar a influir, pero no es un factor determinante para la presencia de algún tipo de comportamiento ácido en la precipitación.

Gráfico 11. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las 8 semanas de estudio en los 7 puntos de muestreo de conductividad específica.



Para el gráfico 11, basado en la Tabla 10 recogidos en los 7 puntos de muestreo durante cada semana de estudio, no se observa ningún valor atípico o comportamiento diferente a la media general, por el contrario, los datos se ubican en un rango pequeño lo que indica que no están muy dispersos los unos de los otros.

Al mismo tiempo, durante la época seca (Últimas 4 semanas de estudio) se encuentran el rango de valores que podrían en el futuro estar más cercanos a

algún tipo de comportamiento ácido, lo que significa que una disminución en la frecuencia de precipitación es una variable importante que se debe considerar a la hora de determinar algún episodio de lluvia ácida.

Comportamiento de la Conductividad Específica durante el Tiempo (Época Lluviosa y Seca)

Para poder realizar un minucioso análisis de los datos de conductividad específica obtenidos, se dividió el análisis como se observa a continuación, teniendo en cuenta que para cada mes se hizo un análisis por separado debido a que el periodo en donde se presentaron más precipitaciones fue en el primer mes y en el segundo mes fue la época más seca. Así mismo, es importante mencionar que el valor de conductividad específica más alto que se encontró a lo largo del estudio fue en el primer mes, en el punto de muestreo 7 durante la semana 1 con un valor de 118 μS y el valor más bajo que se encontró fue en el segundo mes, en el punto de muestreo 1 en la semana 3 con un valor de 87 μS . Todo esto confirma que las precipitaciones disminuyeron durante el segundo mes de muestreo, lo cual representó una baja en los valores de conductividad específica muestreados.

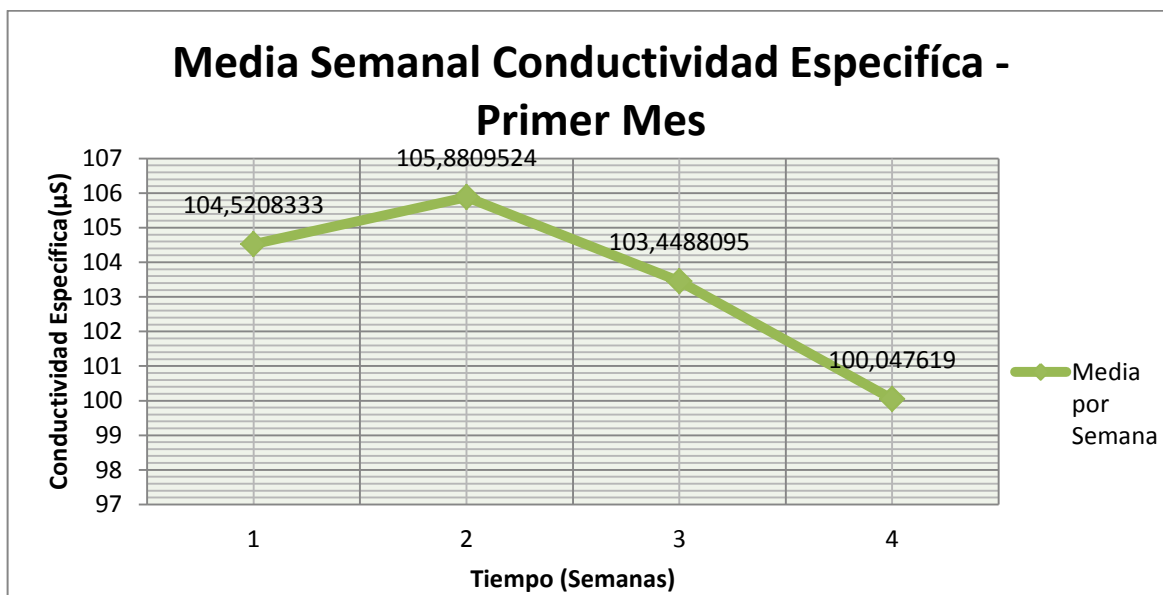
El primer análisis que se realizó de precipitación fue el comportamiento de la conductividad específica durante cada semana para los dos meses de muestreo.

Para el primer mes de muestreo se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 11 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para el primer mes en los 7 puntos de muestreo.

MEDIA SEMANAL PRIMER MES	
Semana	Conductividad Específica (μS)
1	104,52
2	105,88
3	103,44
4	100,04

Gráfico 12. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para el primer mes en los 7 puntos de monitoreo.



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la toma y análisis de las muestras de agua durante el primer mes de muestreo se determinó que (Tabla 11) el valor máximo fue de 105,88 μS y se presentó en la semana 2, el valor mínimo fue de 100,4 μS en la semana 4, esto puede implicar que no existió gran cantidad de iones de nitrato, sulfato o fosfato que son precursores de la lluvia ácida.

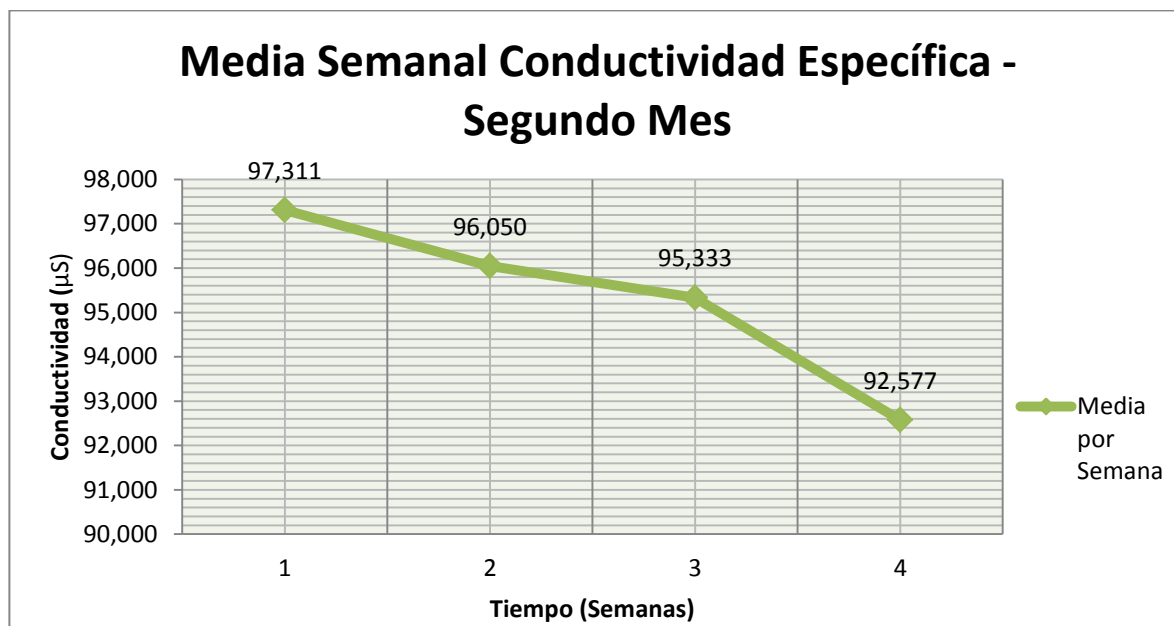
Al observar el comportamiento de la variable de conductividad específica durante el primer mes en el gráfico 12, se puede corroborar gracias al coeficiente de asimetría en la Tabla I, Anexo A.7, que se presentó un comportamiento simétrico ya que los datos no tienen gran dispersión y la media y la mediana no se encuentran muy distantes mostrando que no se presentaron cambios significativos durante este tiempo.

En cuanto al segundo mes de muestreo se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 12 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para el segundo mes en los 7 puntos de muestreo.

MEDIA SEMANAL SEGUNDO MES	
Semana	Conductividad Específica (μS)
1	97,28
2	96,05
3	95,33
4	92,57

Gráfico 13. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para el segundo mes en los 7 puntos de muestreo.



Para el segundo mes (Tabla 12) se encontró como valor máximo 97,28 μS en la semana 1 y minino de 92,57 μS en la semana 4, esto puede deberse a que la salinidad en las muestras de agua es baja. Grafico 13.

Con respecto al gráfico 7 en la Tabla III, Anexo A.7, la variable conductividad específica no presenta un coeficiente de asimetría significativo, es decir, la dispersión de los datos no refleja algún dato atípico importante mostrando un

comportamiento simétrico, lineal, debido a que no hay alteraciones a lo largo del tiempo.

Comportamiento de la Conductividad Específica de cada Punto de Muestreo durante el Tiempo

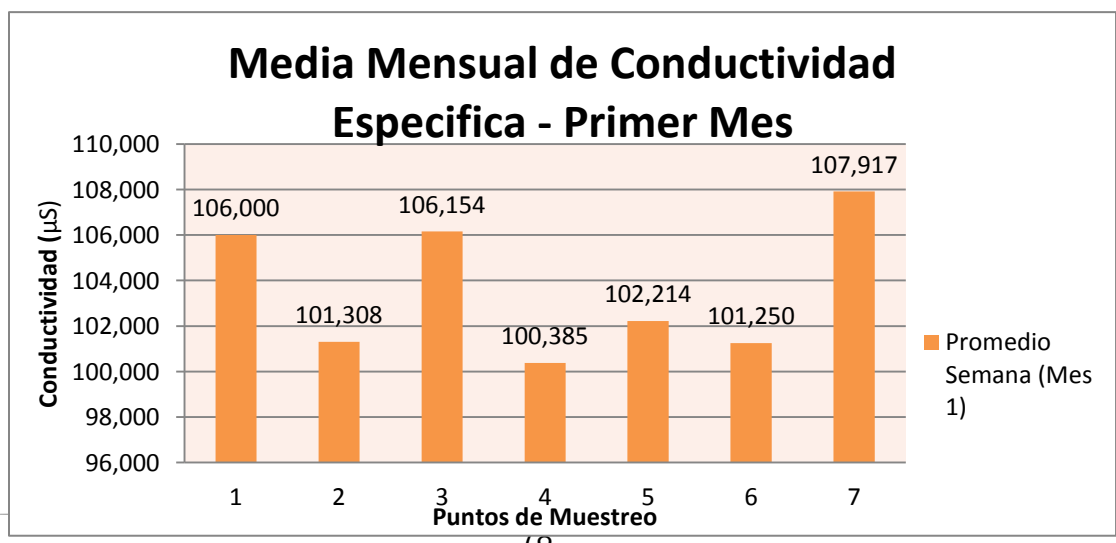
Para poder analizar el comportamiento de la variable conductividad específica de cada punto de muestreo se calculó la media aritmética de los datos que se registraron durante el primer mes de muestreo.

Para el primer mes de muestreo se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 13 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para cada punto de muestreo para el primer mes.

MEDIA MENSUAL PRIMER MES	
Mes	Promedio (Semanas) (μS)
Punto de Muestreo 1	106,00
Punto de Muestreo 2	101,30
Punto de Muestreo 3	106,15
Punto de Muestreo 4	100,38
Punto de Muestreo 5	102,21
Punto de Muestreo 6	101,25
Punto de Muestreo 7	107,91

Gráfico 14. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para cada punto de muestreo para el primer mes.



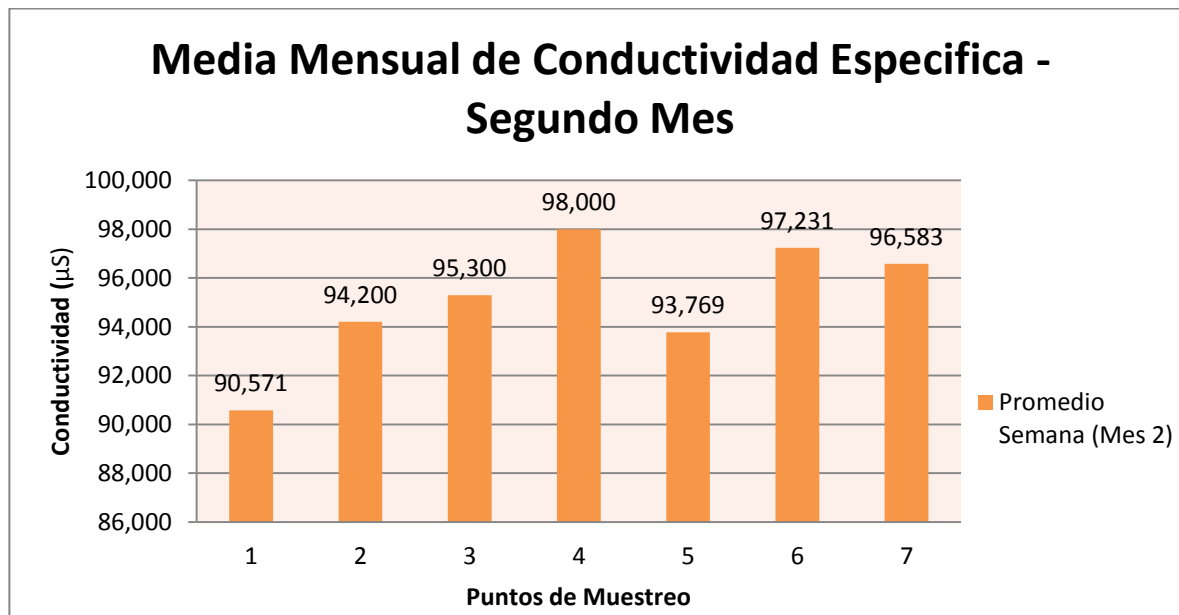
Con base en los datos obtenidos de las muestras de agua durante el primer mes de estudio para cada punto de muestreo, se determinó que (Tabla 13) el valor máximo se presentó en el punto 7 que se encuentra ubicado en la parte más baja del Parque (2.100 m.s.n.m.) con un valor 107,91 μS , mientras que la estación ubicada en el punto 4 (2.400 m.s.n.m.) obtuvo el valor mínimo de conductividad específica de 100,38 μS . Se puede inferir que posiblemente las precipitaciones durante este intervalo de tiempo no estuvieron afectadas por algún tipo de sales presentes en la atmosfera. De igual manera, se deduce que la altura no influye de manera directa en esta variable debido a que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de conductividad específica encontrado en estas dos estaciones no es significativo ni representa algún cambio importante en el comportamiento de los datos. Gráfico 14.

Al observar las variables del gráfico 14 y la Tabla II, Anexo A.7 para los valores de conductividad específica durante el tiempo de muestreo, se puede observar que los datos no se encuentran muy alejados de la media, esto quiere decir que los valores entre cada punto no son muy lejanos el uno del otro mostrando un comportamiento lineal.

Tabla 14 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para cada punto de muestreo para el segundo mes.

MEDIA MENSUAL SEGUNDO MES	
Mes	Promedio (Semanas) (μS)
Punto de Muestreo 1	90,57
Punto de Muestreo 2	94,20
Punto de Muestreo 3	95,30
Punto de Muestreo 4	98,00
Punto de Muestreo 5	93,76
Punto de Muestreo 6	97,23
Punto de Muestreo 7	96,58

Gráfico 15. Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para cada punto de muestreo para el segundo mes.



Según los datos obtenidos para la conductividad específica del segundo mes (Tabla 14), estos no se encuentran alejados de la media y se mueven dentro de los niveles propios de conductividad para este tipo de aguas lluvia. Según la Tabla IV, Anexo A.7, el valor más bajo fue 90,57 μS y se encontró en el punto de muestreo 1, el de mayor altura (2.700 m.s.n.m.) a diferencia del punto de muestreo 4 (2.400 m.s.n.m.) en el que se encontró un valor de 98,00 μS , el nivel más alto de esta variable para este periodo.

Comportamiento de la Conductividad Específica Final para cada Punto de Muestreo.

Para poder analizar el comportamiento final de la conductividad específica de cada punto de muestreo, se calculó la media aritmética de los datos que se registraron a lo largo de los 2 meses de muestreo.

Tabla 15 Media semanal de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para cada punto de muestreo para los dos meses.

MEDIA MENSUAL	
Punto de Muestreo	Promedio Mensual (μS)
1	97,36
2	98,21
3	101,43
4	99,24
5	98,14
6	99,16
7	102,25

Gráfico 16. Media mensual de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica para cada punto de muestreo para los dos meses.

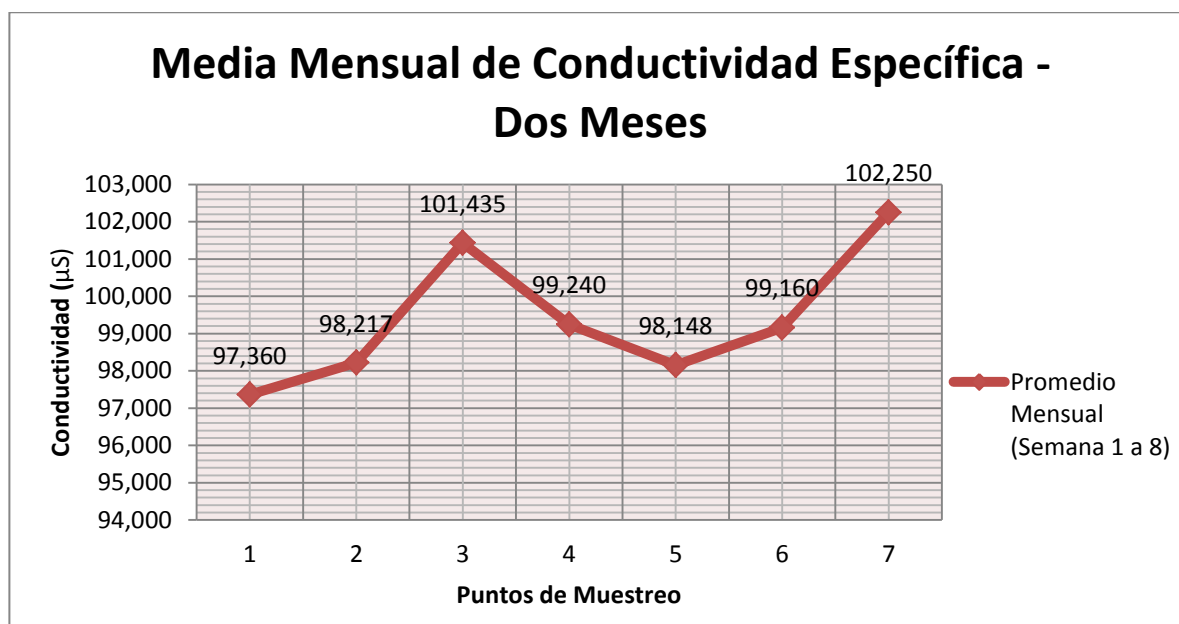


Tabla 16. Estadística Descriptiva de la media mensual aritmética de los dos meses.

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	99,32
Mediana	98,93
Desviación estándar	1,59
Varianza de la muestra	2,53

Coefficiente de asimetría	0,75
Mínimo	97,21
Máximo	102,12

Con base en los datos finales obtenidos para cada punto de muestreo durante los dos meses de estudio se determinó que todos los puntos excepto el 3 y 7 ubicados a 2.500 y 2.100 m.s.n.m. aproximadamente presentan niveles bajos de conductividad específica.

Teniendo en cuenta los rangos en los que se mueven los valores de conductividad se deduce que posiblemente no hay algún tipo de sal (Agentes como nitratos y sulfatos) en la precipitación (Tabla 16). Así mismo, se deduce que la altura no influye de manera directa en esta variable debido a que no representa un cambio importante en los datos. Gráfico 16.

6.4. Correlación y Comparación pH vs Conductividad Específica

Correlación y Comparación entre los valores obtenidos de Conductividad Específica y pH de los 7 Puntos de Muestreo para las 8 Semanas de Estudio

Para poder establecer la relación y comparar los valores de conductividad específica y pH durante las 8 semanas de estudio, se calculó la media aritmética de los datos registrados en los 7 puntos de muestreo para cada semana.

Tabla 17. Media mensual, máximo y mínimo de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica y pH en cada punto de muestreo durante los 2 meses de estudio.

Tiempo	pH	Conductividad Específica (μ S)
Semana	Promedio	Promedio
1	6,46	105,58
2	6,53	105,42
3	6,54	103,26
4	6,14	99,95
5	6,04	97,01
6	6,02	96,2
7	6,01	94,51
8	6,02	92,21

Promedio	6,19	98,37
Máximo	6,54	105,42
Mínimo	6,01	92,21

Como se mencionaba anteriormente la tendencia a deslizamientos por el tipo de suelo del PNCH, podría tener relación con la alteración de la muestra debido a la presencia de algún tipo de material de arrastre en la muestra, es decir que a mayor precipitación mayor probabilidad de deslizamientos y de ahí se deriva la probabilidad de que exista mayor cantidad de material de arrastre en la muestra.

Correlación y Comparación entre los valores de Conductividad Específica y pH para los 7 Puntos de Muestreo durante las 8 Semanas de Estudio

Para poder establecer la relación y comparar los valores de conductividad específica y pH para los 7 puntos de muestreo, se calculó la media aritmética de los datos registrados durante las 8 semanas de estudio

Tabla 18. Media mensual, máximo y mínimo de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas de conductividad específica y pH durante los 2 meses de estudio en cada punto de muestreo.

Punto de Muestreo	pH	Conductividad Específica (µS)
	Promedio	Promedio
1	6,2	105,58
2	6,04	105,42
3	6,38	103,26
4	6,08	99,95
5	6,4	97,01
6	6,05	96,2
7	6,40	94,51
Promedio	6,22	100,28
Máximo	6,40	105,58

Mínimo	6,04	94,51
---------------	------	-------

En la Tabla 18, muestra que los dos poseen la misma tendencia, es decir, que los datos de las estaciones que se encuentran en las partes más bajas del Parque son los que presentan los valores más altos de estas variables. Esto se puede deber a que posiblemente como el PNCH es susceptible a deslizamientos, los puntos que están abajo son los más propensos a recibir la influencia de algún tipo de material de arrastre, significando un cambio en la composición de la muestra, adicional a esto la altura puede no ser un factor determinante para la presencia de algún tipo de comportamiento ácido en la precipitación del Parque.

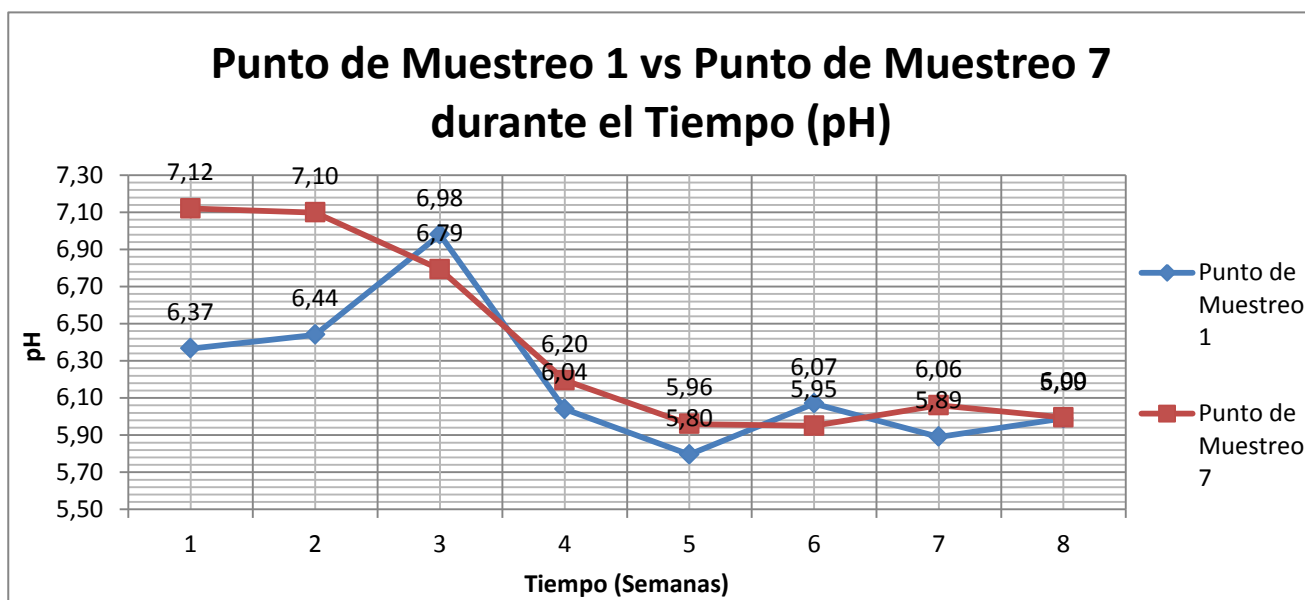
Comparación del Punto de Muestreo 1 vs el Punto de Muestreo 7 para pH y Conductividad Específica

Se estableció una comparación entre los valores medios semanales del punto de muestreo 1 y el 7, ya que cada uno representa los valores máximos y mínimos encontrados durante el estudio y se encuentran ubicados en las alturas extremas del Parque (2.700 y 2.100 m.s.n.m.).

Tabla 19. Comparación del Punto de Muestreo 1 vs el Punto de Muestreo con los 7 de pH

Punto de Muestreo	pH							
	Semana							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	6,37	6,44	6,98	6,04	5,80	6,07	5,89	5,99
7	7,12	7,10	6,79	6,20	5,96	5,95	6,06	6,00
Promedio	Máx	Mín						
6,20	6,98	5,80						
6,40	7,12	5,95						

Gráfico 17. Comparación del Punto de Muestreo con los Valores Máximos (7) vs el Punto de Muestreo con los Valores Mínimos (7) de pH



Con base en el gráfico 17, que representa los valores de la Tabla 19, se puede observar que a pesar de que existe una diferencia entre los valores obtenidos para el punto de muestreo 1 y el 7, no es algo significativo ni representa un cambio importante en el comportamiento normal de las precipitaciones del PNCH. Es decir, que a pesar de que el punto de muestreo 1 se encuentra en la parte más alta del Parque y es el que se encuentra expuesto a la contaminación de fuentes móviles (Entrada del Parque), se pensaría que tendría los valores más altos de pH sin embargo si se tiene en cuenta el efecto Föhn, anteriormente mencionado, puede que para este punto las corrientes de aire vayan en sentido contrario, y esto puede explicar los valores bajos de pH que allí se observan.

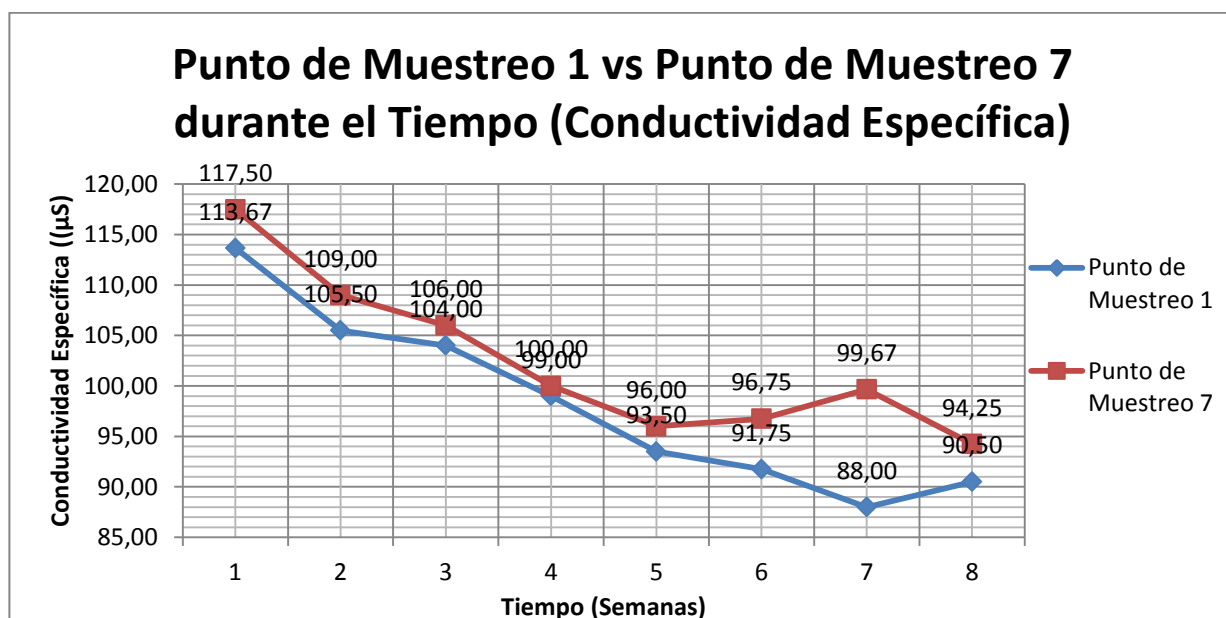
Para el punto de muestreo 7, ubicado Aproximadamente en los 2.100 m.s.n.m., es el que recibe directamente vientos provenientes de las zonas bajas que colindan con el Parque y por esto los valores de pH son más altos; esto se debe a que es más susceptible de recibir material de arrastre como resultado del tipo de suelo del Parque.

Tabla 20. Comparación del Punto de Muestreo 1 vs el Punto de Muestreo con los 7 de Conductividad Específica

Conductividad Específica (µS)	
Punto de	Semana

Muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8
1	113,67	105,50	104,00	99,00	93,50	91,75	88,00	90,50
7	117,50	109,00	106,00	100,00	96,00	96,75	99,67	94,25
Promedio	Máy	Mín						
98,24	113,67	88,00						
102,40	117,50	94,25						

Gráfico 18. Comparación del Punto de Muestreo con los Valores Máximos (7) vs el Punto de Muestreo con los Valores Mínimos (7) de pH



Con base en el gráfico 18, que representa los valores de la Tabla 20 se puede observar que a pesar de que existe una diferencia entre los valores obtenidos para el punto de muestreo 1 y el 7 no es algo significativo ni representa un cambio importante en el comportamiento normal de las precipitaciones del PNCH. Debido a que el punto de muestreo 7, es el que recoge los valores en general más altos de conductividad específica se podría pensar que esto se debe a que es más susceptible de recibir material de arrastre como resultado del tipo de suelo del Parque. A pesar de que el punto de muestreo 1 se encuentra en la parte más alta del Parque y es el que se encuentra expuesto a contaminación por fuentes móviles, se pensaría que tendría los valores más altos de conductividad.

7. Muestreo de Líquenes

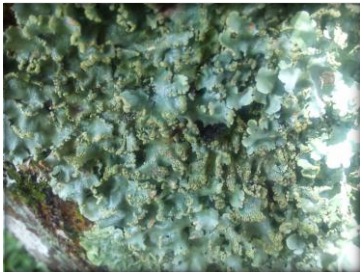
El número total de Unidades Liguénicas muestreadas durante el estudio fue de 348 ejemplares. La cantidad de especies encontradas fueron 8 en total identificadas a nivel de género, las especificaciones de estas se encuentran en el cuadro 11:

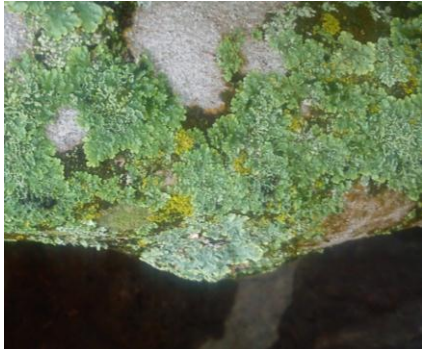
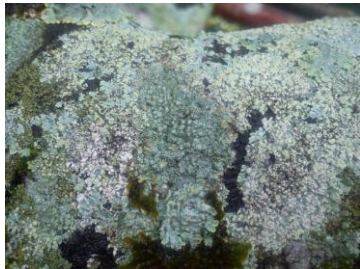
- *Everniastrum sp*
- *Dirinaria sp*
- *Flavopunctelia sp*
- *Parmotrema sp*
- *Chrysothrix sp*
- *Crocynia sp*
- *Ramalina sp*
- *Cryptothecia sp*

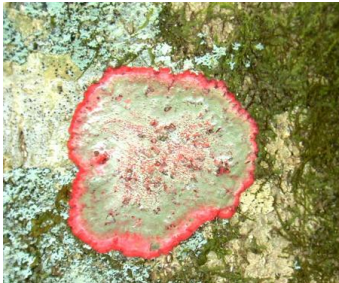
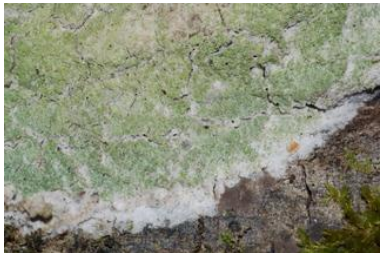
Durante el desarrollo del estudio, fue importante tener presente el efecto que los contaminantes presentes en la atmosfera producen en la morfosiología de los líquenes. Los principales efectos visibles son la pérdida del color en los individuos, la aparición de manchas color café o amarillo, la reducción de las poblaciones y la desaparición completa de estos en los troncos dejando manchas blancas.

La metodología del índice de Diversidad Liguénica nos permite determinar la frecuencia de individuos en las cortezas de los árboles a través de un proceso de cualitativo y cuantitativo y así mismo permite observar la calidad morfofisiológica de las comunidades.

Cuadro 11. Descripción especies de líquenes de referencia

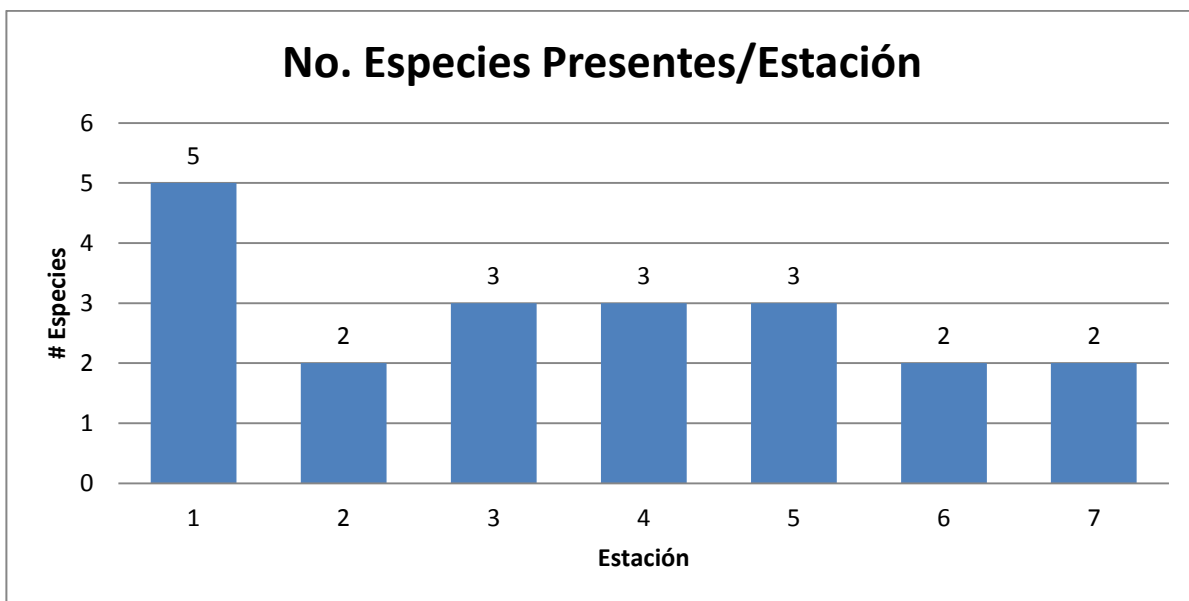
# Especie	Nombre / Imagen	Observaciones	Lugar de Muestreo
1	Everniastrum	Descripción: Talo fruticuloso (a folioso), reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+); ramas dorsiventrales (superficie inferior oscura), dicotómicamente ramificadas, con cilios negros. Soralios e isidios frecuentes. Fotobionte: clorofíceas. Apotecios lecanorinos, con disco cóncavo, pardo. Ascosporas simples, hialinas. Hábitat: Crece sobre corteza; en micrositios abiertos a semiabiertos (dosel, orillas de caminos y senderos, vegetación secundaria y el páramo). Distribución: En vegetación húmeda a muy húmeda de elevaciones medias a altas. Distribución Mundial: Pantropical.	Tabio, Cundinamarca
	 Fuente: INBio © Derechos reservados		
2	Dirinaria	Descripción: Talo folioso, gris, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+); lóbulos pequeños, confluentes, sin cilios; superficie inferior sin rizinas; médula blanca, reacciona ante la luz ultravioleta tornándose azul (UV+). Fotobionte: clorofíceas. Apotecios lecanorinos, con disco pardo a negro. Ascosporas con un septo, pardas. Hábitat: Crece generalmente sobre corteza; en micrositios abiertos a semiabiertos (vegetación secundaria, plantaciones, orillas de caminos y áreas de pastoreo). Distribución: En vegetación húmeda a seca de elevaciones bajas a medias. Distribución Mundial: Pantropical, extendiéndose a zonas tropicales.	Laguna Pedro Palo
	 Fuente: INBio © Derechos reservados		
3	Flavopunctelia	Descripción: Talo folioso, verde amarillento; lóbulos medianos a grandes, con pseudocífelas dispersas, sin cilios; superficie inferior con rizinas simples a bifurcadas. Soralios frecuentes. Fotobionte: clorofíceas. Apotecios lecanorinos, con disco pardo. Ascosporas simples, hialinas. Hábitat: Crece generalmente sobre corteza y madera; en micrositios abiertos (bosques de robles, vegetación secundaria, áreas de pastoreo y el dosel). Distribución: En vegetación húmeda de elevaciones medias. Distribución Mundial: Cosmopolita.	Laguna Pedro Palo
	 Fuente: INBio © Derechos reservados		

4	Parmotrema	Descripción: Talo folioso, gris a verde amarillento; lóbulos medianos a grandes, frecuentemente con cilios negros; superficie inferior con rizinas en el centro y una extensa área marginal parda y desnuda. Soralios e isidios frecuentes. Fotobionte: clorofíceas. Apotecios lecanorinos, con disco pardo. Ascosporas simples, hialinas. Hábitat: Crece generalmente sobre corteza, madera y rocas; en micrositios abiertos a semiabiertos (bosque nuboso, vegetación secundaria, áreas de pastoreo, orillas de caminos y senderos). Distribución : En vegetación húmeda a seca de elevaciones medias. Distribución Mundial: Cosmopolita	Laguna Pedro Palo
			
5	Chrysothrix	Descripción: Talo farinoso, amarillo brillante. Fotobionte: clorofíceas. Apotecios biatorinos, amarillos, frecuentemente ausentes. Ascosporas septadas, hialinas. Hábitat: Crece sobre corteza y rocas; en micrositios abiertos a semiabiertos (bosque tropical lluvioso, vegetación secundaria, áreas de pastoreo y plantaciones). Distribución: En vegetación húmeda de elevaciones bajas a altas. Distribución Mundial: Cosmopolita.	Laguna Pedro Palo
			
6	Crocynia	Descripción: Talo crustáceo, bisoide, gris a verde. Isidios a veces presentes. Fotobionte: clorofíceas. Apotecios biatorinos o lecanorinos, con disco pardo oscuro y margen gris o pardo, frecuentemente ausentes. Ascosporas simples, hialinas. Hábitat: Crece sobre corteza; en micrositios sombreados a semiabiertos (bosques tropicales lluviosos de zonas bajas, orillas de senderos, vegetación secundaria y bosques primarios). Distribución: En vegetación húmeda de elevaciones bajas a medias. Distribución Mundial: Pantropical.	
			

7	Ramalina	Descripción: Talo fruticuloso, verde amarillento; ramas angulares a aplanadas. Soralios y pseudocifelas frecuentes. Fotobionte: clorofíceas. Apotecios lecanorinos, con disco verde pálido. Ascosporas con un septo, hialinas. Hábitat: Crece generalmente sobre corteza y rocas; en micrositios abiertos a semiabiertos (orillas de caminos, vegetación secundaria y el páramo). Distribución: En vegetación muy húmeda de elevaciones medias. Distribución Mundial: Cosmopolita. Observaciones: Usado para producir perfumes, también por aves para construir sus nidos.	Laguna Pedro Palo
			
8	Cryptothecia	Descripción: Talo crustáceo, efuso, blanco, verde, amarillo o rojo. Isidios frecuentes. Fotobionte: clorofíceas. Apotecios sin margen a efusos. Ascosporas muriformes, hialinas. Hábitat: Crece sobre corteza; en micrositios sombreados a semiabiertos (bosques tropicales lluviosos de zonas bajas, orillas de senderos, áreas cultivadas, vegetación secundaria, bosques primarios y en zonas urbanas). Distribución: En vegetación húmeda de elevaciones bajas a medias. Distribución Mundial: Pantropical	NO
			
9	Phyllopsora (Roca)	Descripción: Talo escuamuloso, verde; lóbulos elongados, con corteza inferior ausente; con protalo tomentoso, pardo a blanco. Fotobionte: clorofíceas. Apotecios biatorinos, pardo rojizos. Ascosporas simples o con un septo, hialinas. Hábitat: Crece sobre corteza; en micrositios sombreados a semiabiertos (bosques tropicales lluviosos, vegetación secundaria y plantaciones). Distribución: En vegetación húmeda de elevaciones bajas a medias. Distribución Mundial: Pantropical.	Laguna Pedro Palo
			

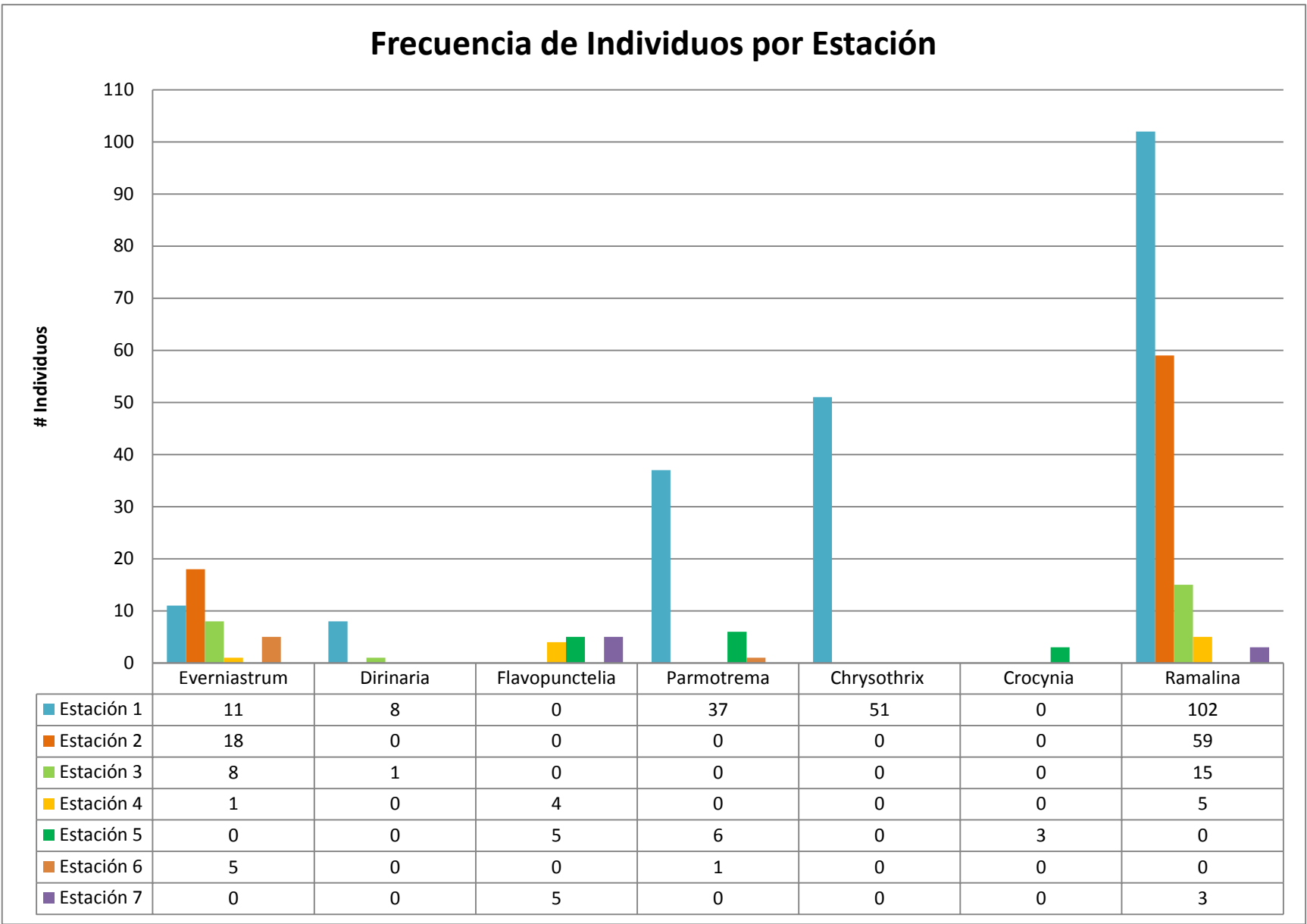
Los siguientes gráficos muestran el número total de comunidades liquénicas por especie encontradas en el área de muestreo y la frecuencia de individuos por estación.

Gráfico 19. Número de comunidades liquénicas por especie encontradas



Se puede observar que la mayor diversidad de líquenes se encuentra en la estación 1 a la entrada del PNCH, lugar de alto tránsito dado que recibe los vehículos que ingresan al Parque y es el área que recibe los vientos producidos por el efecto Föhn en el que las corrientes de aire provenientes de las áreas bajas aledañas al Parque suben desde los 2.000 m.s.n.m. a los 2.700 m.s.n.m. perdiendo toda la humedad en el recorrido. Por otro lado las estaciones 2, 6 y 7 presentan una menor diversidad; la estación 2 se encuentra ubicada aproximadamente a los 2.600 m.s.n.m. cerca de la carretera por donde transitan los vehículos utilizados en el recorrido del Parque, la estación 6 se encuentra ubicada en el área del refugio aproximadamente a los 2.200 m.s.n.m., esta área recibe las corrientes provenientes de los municipios aledaños que limitan con el Parque; la estación 7 por otro lado se encuentra ubicada aproximadamente a los 2.100 m.s.n.m. cerca de la carretera del Parque.

Gráfico 20. Frecuencia de individuos por estación



A continuación se presentan dos gráficos, el primero muestra la cantidad de individuos liquénicos por cada especie y el segundo el total de individuos presentes por estación.

Gráfico 211. Total individuos presentes en el área de muestreo general

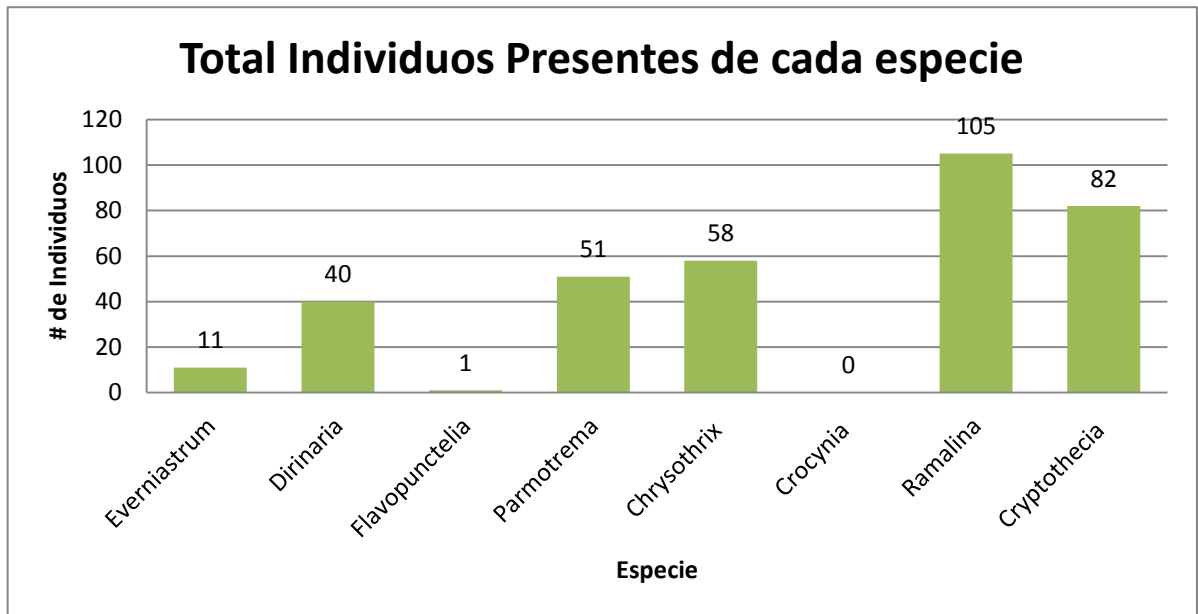
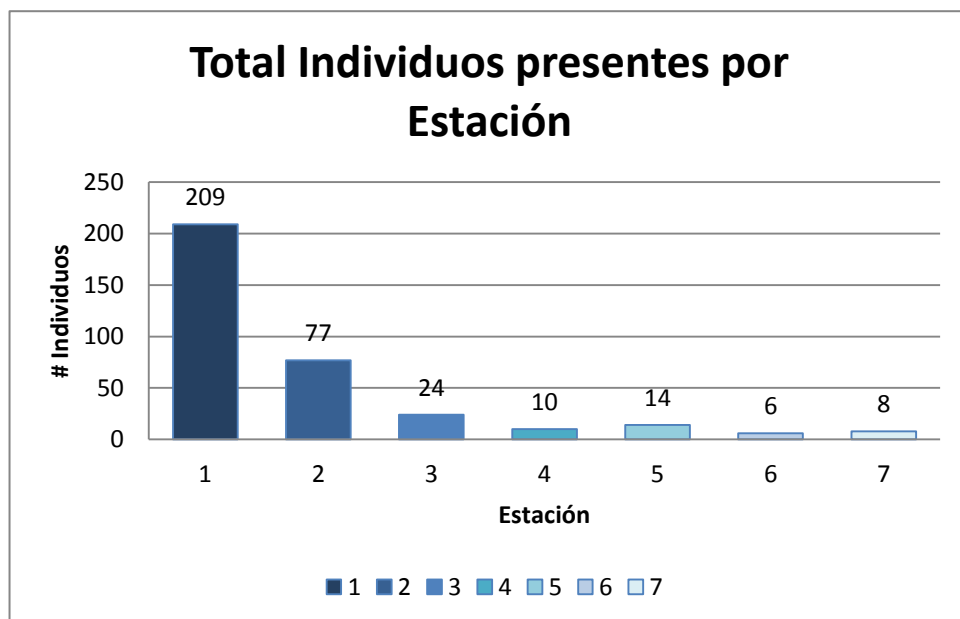


Gráfico 222. Total individuos presentes en cada estación



A nivel general se observa que la especie *Ramalina sp* es la de mayor frecuencia, esta especie crece generalmente sobre corteza y rocas en micrositios abiertos a semiabiertos (Orillas de caminos, vegetación secundaria y páramos), seguida por la especie *Cryptothecia sp*, esta especie crece sobre corteza en micrositios sombreados a semiabiertos (Orillas de senderos); La especie *Flavopunctelia sp* presenta la menor frecuencia dentro del área de muestreo estando ubicada en la estación 3, esta especie crece generalmente sobre corteza y madera en micrositios abiertos (Bosques de robles, vegetación secundaria y áreas de pastoreo); por otro lado, no existe la presencia de la especie *Crocynia sp*, esta especie crece sobre corteza en micrositios sombreados a semiabiertos, en vegetación húmeda de elevaciones bajas a medias, este fue encontrada en el área cercana a la Laguna de Pedro Palo. [63]

7.1. Índice de Diversidad Liquéfica

Los valores LDV iniciales se tomaron a mediados del mes de Noviembre del 2014y los valores LDV Finales se tomaron a mediados del mes de Enero del 2015; Como ya se explicó anteriormente, estos valores se calcularon al obtener la sumatoria de las frecuencias en cada uno de los puntos cardinales (Norte, Sur, Oriente, Occidente) de cada uno de los arboles elegidos para el muestreo, este se realizó para cada estación. A continuación la Tabla 21 muestra la comparación de los datos obtenidos.

Tabla 21. Valores LDV

Punto de muestreo	LDV Inicial	LDV Final
1	49,75	52,25
2	19,25	19,25
3	6,00	6,00
4	2,00	2,5
5	3,50	3,5
6	1,50	1,5
7	2,00	2,00

Fuente: Las autoras

El Punto de muestreo 1 presenta el mayor índice, es decir que los arboles muestreados presentan una mayor cobertura y frecuencia que otros puntos de muestreo; esto se puede deber a que la ubicación de estos puntos se dio en lugares abiertos, con buenas condiciones de humedad y suficientes niveles de radiación que permiten el crecimiento de las comunidades líquénicas.

Las estaciones ubicadas en los puntos 4, 6 y 7 presentan los valores más bajos, esto se puede deber a que los puntos se encuentran ubicados en lugares semicerrados y sombreados, ubicados cerca de la carretera y senderos del Parque.

Así mismo podemos observar que los valores de los Punto de muestreos 1 y 4 aumentaron, esto se puede deber a que en esas áreas en particular algunos árboles muestreados presentan una mayor cobertura y frecuencia de líquenes en sus troncos, que a su vez puede implicar que las condiciones climáticas de estas áreas pudieron variar permitiendo el crecimiento de las comunidades; el resto de las estaciones mantuvieron los valores iniciales, lo que se puede explicar por la no existencia de cambios fuertes en las condiciones de cada uno de estos microecosistemas.

7.2 Índice de Pureza Atmosférico

Este índice nos indica la cobertura de líquenes en el sitio de muestreo por medio de datos cuantitativos organizados en rangos. Para obtener el IPA se debe conocer la frecuencia de cada especie en cada una de las estaciones, estos datos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 22. Resumen frecuencia de especie por estación

Especie / Estación	1	2	3	4	5	6	7	Total
<i>Everniastrum sp</i>	11	0	0	0	0	0	0	11
<i>Dirinaria sp</i>	8	18	8	1	0	5	0	40

<i>Flavopunctelia sp</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Parmotrema sp</i>	37	0	0	4	5	0	5	51
<i>Chrysothrix sp</i>	51	0	0	0	6	1	0	58
<i>Crocynia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ramalina sp</i>	102	0	0	0	3	0	0	105
<i>Cryptothecia sp</i>	0	59	15	5	0	0	3	82

# Individuos Presentes	209	77	24	10	14	6	8
-------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------

Fuente: Las autoras.

Conociendo los datos se obtienen los valores para desarrollar la fórmula del índice, el valor Qi (Cortejo medio específico) y el valor Fi (Frecuencia y cobertura de la especie). Una vez se tienen estos valores y teniendo en cuenta la Tabla 2 donde se exponen los rangos del IPA, se obtuvo lo siguiente:

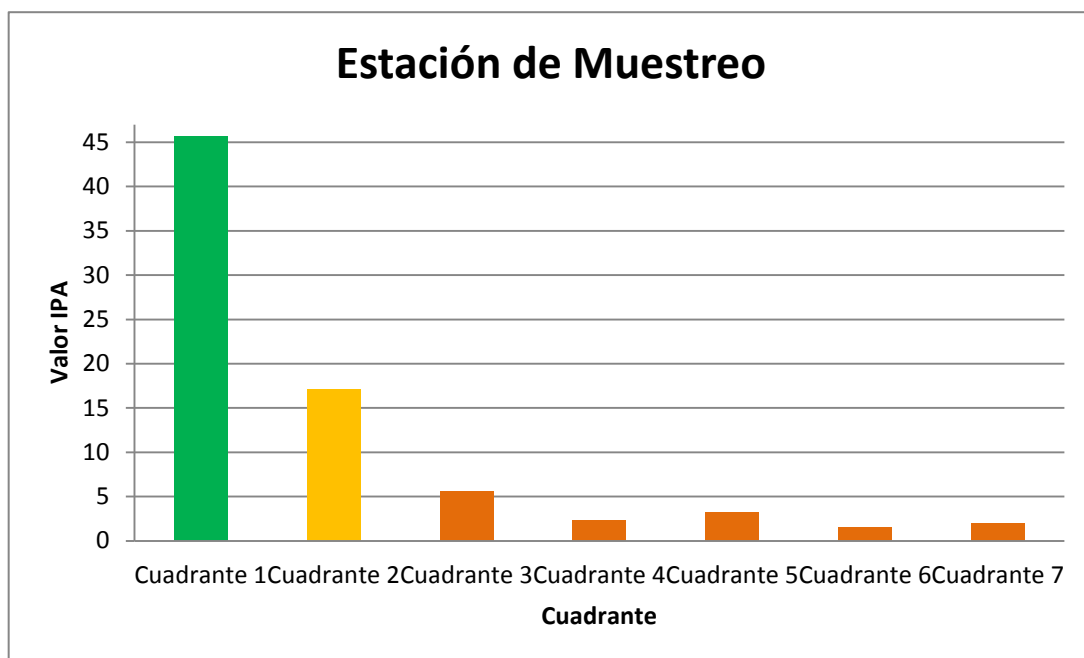
Tabla 23. Valores IPA obtenidos por estación

IPA Estación		
Muy Bueno	Punto de muestreo 1	45,70
Justo	Punto de muestreo 2	17,08
Pobre	Punto de muestreo 3	5,55
Pobre	Punto de muestreo 4	2,35
Pobre	Punto de muestreo 5	3,20

Pobre	Punto de muestreo 6	1,50
Pobre	Punto de muestreo 7	1,92

Fuente: Las autoras.

Gráfico 233. Valores IPA para cada estación



Según los datos obtenidos en cada estación se puede realizar la siguiente analogía; la estación ubicada en el punto de muestreo 1 obtuvo el valor más alto, esto se puede deber a que es el área con mayor cobertura de líquenes y estos se encuentran en buen estado, contrario a los Punto de muestreos del 3 al 7 que tienen poca cobertura y no todas las especies se encuentran presentes en esas áreas. El Punto de muestreo 2 posee el segundo valor más alto en cuanto a frecuencia de comunidades liquénicas encontradas lo que dar lugar a que tenga el segundo valor más alto del IPA.

Una ventaja de utilizar este método, es que no sólo los valores obtenidos pueden utilizarse como indicadores de la calidad del aire, sino también los componentes individuales a tener en cuenta como la diversidad, la frecuencia y la cobertura liquénica permiten deducir en que zonas se encuentra una mayor contaminación y que factor influye en esos valores.

Dado que este índice nos indica cuanta cobertura se encuentra en el sitio que se va a evaluar a través de datos cuantitativos organizados en rangos, se puede llegar a construir un mapa donde se ilustren las zonas con los valores más bajos y se puedan conocer las posibles fuentes de contaminación. Una vez se calcularon los valores por estación se procedió a construir el mapa (Ver Anexo C) donde se puede evidenciar lo anteriormente expuesto.

7.3. Relación entre las variables de pH, Conductividad Específica, LDV e IPA

Los líquenes al ser utilizados como bioindicadores de contaminación atmosférica permiten una visión real de las condiciones ambientales de la zona de estudio, para este caso el PNCH; se puede observar que la estación 1 cuenta con la mayor cobertura y frecuencia de líquenes, mientras que las estaciones 4 a 7 presentan una cobertura muy baja, al relacionar los datos de precipitación con estos datos, se puede observar que las estaciones no varían significativamente en su pH y conductividad.

Las variables que influenciaron los datos de pH, conductividad específica y cobertura y frecuencia de líquenes fueron la presencia o ausencia de árboles, la tendencia a deslizamientos de los suelos del Parque y el efecto Föhn. A mayor presencia de líquenes los niveles de pH y conductividad eran bajos esto puede deberse a que se encuentran en la parte superior favoreciendo las condiciones de crecimiento y disminuyendo la presencia de material de arrastre en las muestras de agua.

Por otra lado, en la parte baja del Parque los niveles de conductividad específica y pH aumentaron y la cobertura y frecuencia de líquenes disminuía esto puede deberse a que la presencia de árboles no permitía que los líquenes recibieran los componentes necesarios para su crecimiento y que la tasa de infiltración del suelo sea lenta porque existe recarga de agua, es ahí cuando ocurren los deslizamientos que puede afectar la composición de la muestra de agua y a su vez eso explica la proliferación de la flora en esa región.

8. Limitaciones

Con base en la metodología que se propuso en el anteproyecto que se presentó previo a la aprobación de este estudio, la primera fase de este trabajo consistía en la recolección de información preliminar (Variables meteorológicas y calidad del aire), para esto se acudió a las bases de datos de las entidades encargadas (IDEAM y la CAR) sin embargo las estaciones encargadas de suministrar estos datos no se encuentran en funcionamiento por falta de presupuesto. Teniendo en cuenta lo anterior, la Universidad cuenta con 2 estaciones meteorológicas portables, inicialmente se planteó la posibilidad de instalar una en el PNCH pero al ver que no se garantizaba su seguridad, se optó por no hacerlo. Finalmente no se obtuvo información actualizada sobre las variables meteorológicas del Parque y que no se contaba con acceso a la rosa de vientos del mismo. En cuanto a la información relacionada con calidad del aire, a pesar de la zona industrial aledaña al Parque cuenta con estudios actualizados no se tuvo acceso a esta información.

Para determinar la presencia de eventos de lluvia ácida en el PNCH se tenía planeado determinar las concentraciones de iones de nitritos (NO_2), iones de nitratos (NO_3) e iones de sulfato (SO_4) usando un espectrofotómetro de haz visible, sin embargo el equipo la Universidad no contaba con los buffer de calibración solo se podía realizar el análisis de las variables de pH y conductividad específica.

Inicialmente se tenía planeado usar la sonda multiparamétrica que tiene la Universidad para medir el pH y la conductividad específica in Situ, sin embargo el electrodo encargado de medir la conductividad específica se averió y no se podía reparar, así que estos análisis tuvieron que hacerse in Vitro en un laboratorio certificado diferente al de la Universidad.

Originalmente se había planeado que los instrumentos que se usarían para la recolección de las muestras de precipitación se harían bajo las características de diseño de los pluviómetros de una estación meteorológica convencional. Se realizó una prueba piloto para evaluar su funcionalidad pero debido a que el PNCH es frecuentado por una gran cantidad de turistas, algunos de estos instrumentos fueron averiados por lo que se tuvieron que volver a hacer antes de iniciar el muestreo. A pesar de que se señaló la zona donde se encontraban estos instrumentos seguían averiándose y en varias ocasiones no se pudieron obtener

muestras de precipitación, es por esta razón que se decidió cambiar el modelo y así poder ocultarlos en zonas más lejanas a los senderos ecológicos.

9. Conclusiones

- Según los datos obtenidos de pH y teniendo en cuenta que oscilan entre 5.0 y 8.0, es posible catalogar estas precipitaciones como no ácidas, de acuerdo a los rangos establecidos por el IDEAM. Esto quiere decir que probablemente no hay presencia de sales precursoras de lluvia ácida como nitratos y sulfatos en las muestras pero no se excluye totalmente su presencia teniendo en cuenta que el periodo de muestreo fue corto y pudo no ser representativo.
- Los muestreos se realizaron en dos periodos de tiempo diferenciados por la precipitación, el primer periodo contó con mayor presencia de lluvias y el segundo con menor presencia; Se puede inferir que la diferencia de los valores no es sustancial, sin embargo se observó que el en primer periodo los datos fueron ligeramente más altos y esto puede deberse a algunas condiciones hidrogeológicas como la escorrentía subterránea y el tipo de suelos que al ser de origen volcánico es propenso a deslizamientos al retener agua hasta su punto de saturación.
- Teniendo en cuenta el valor de referencia de conductividad específica proporcionado por el IDEAM de 20 μ S, los datos analizados comparados con este valor parecen superar este rango lo que podría indicar la presencia de precipitaciones ácidas en el Parque. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los valores obtenidos de conductividad específica en este estudio responden al comportamiento típico de esta variable en este tipo de precipitaciones lo que significa una conducta normal de este parámetro y por sí sólo no es concluyente, se requiere complementar esta información con la medición de sulfatos y nitratos.
- La relación existente entre el pH y la conductividad es que los dos parámetros constituyen para este estudio la presencia de bajos niveles de iones en las muestras, es decir que en un análisis general podrían llegar a clasificarse estas precipitaciones como no ácidas.
- Dado que los líquenes no miden la contaminación atmosférica sino reaccionan frente a los contaminantes presentes en su medio, informan la desviación respecto a las condiciones normales que deberían existir en el ecosistema para su óptimo desarrollo. En el caso de las comunidades líquénicas del PNCH, la mayoría de árboles muestreados tenían una baja o

nula cobertura y frecuencia de individuos, esto puede deberse a que las condiciones ambientales como la humedad, la radiación, la presencia de sales en las precipitaciones del Parque no son óptimas y afectan el crecimiento de las especies.

- La morfología de las comunidades líquénicas de referencia (Laguna de Pedro Palo y Tabio) es muy buena comparada con la calidad de las especies encontradas en el Parque, esto puede darse porque a pesar de que pertenecen a rangos de altura y comparten características similares en su ecosistema, las condiciones climáticas y ambientales del Parque afectan directamente a las comunidades líquénicas, específicamente su morfología y sus ciclos de crecimiento.
- Dado que el PNCH es un bosque de niebla con follaje denso, es posible que la ausencia o baja presencia de líquenes se deba a que en zonas donde los árboles poseen un follaje muy alto, la corteza tiende a estar cubierta y esto reduce su exposición a la luz y la disponibilidad de agua, siendo estos factores vitales para el óptimo crecimiento de las comunidades líquénicas.
- Las especies *Crocynya sp* y *Flavopunctelia sp*, son las especies con menor cobertura y frecuencia en el PNCH, esto se puede dar porque son más sensibles y sus rangos de supervivencia son mucho más estrechos que los de otras especies. Para efectos del estudio, se puede concluir que estas especies se adaptan mejor al término de bioindicador dado que cualquier cambio en las condiciones climáticas o ambientales afecta directamente su crecimiento y presencia en la corteza del árbol.
- Dada la poca cobertura y frecuencia de comunidades líquénicas presentes en las áreas bajas del PNCH, se puede inferir que las condiciones ambientales de las estaciones se pueden ver alteradas por la dispersión de contaminantes provenientes de zonas aledañas como Mondoñedo teniendo en cuenta el efecto Föhn. Por otro lado, es posible que las fuentes cercanas al Parque ubicadas en el municipio de Soacha no afecten directamente los líquenes ya que la primera estación se encuentra ubicada en cercanías a las vías que conducen a Soacha y es donde se presenta una mayor cobertura y frecuencia de individuos, adicional a esto los valores de pH y conductividad en este punto no indican la presencia de precipitaciones ácidas.

- Los bioindicadores utilizados para este estudio permiten determinar la cobertura y frecuencia de individuos liquénicos presentes en el PNCH, sin embargo no permiten determinar con seguridad las causas de la baja cobertura ya que puede deberse a diversos factores y puede no existir relación alguna con la presencia de contaminantes en la atmosfera o el contacto con precipitaciones ácidas.

10.Recomendaciones

- Para futuros estudios que se realicen en el PNCH siguiendo esta metodología, se recomienda extender el tiempo de muestreo, teniendo en cuenta las épocas del año más húmedas y más secas e instalar mayor número de estaciones que permitan tener mayor cobertura del terreno.
- Para tener datos más acertados, es recomendable medir la presencia de sulfatos y nitratos en las muestras de precipitación, teniendo así una relación entre las variables de pH y conductividad específica con la presencia de sales.
- Al momento de desarrollar las metodologías para el muestreo de líquenes, se recomienda que si los árboles elegidos no poseen buena cobertura o presencia de especies, se extienda el área del Punto de muestreo y número total de árboles por estación.
- Para futuros estudios que puedan ser desarrollados en el Parque, se podría complementar el estudio de la precipitación ácida con la medición de las variables en las fuentes hídricas superficiales que se encuentran dentro del área de muestreo.
- Complementar el desarrollo de las metodologías con otros bioindicadores para posteriormente realizar una comparación entre ellos y su posible relación para precipitaciones ácidas y calidad de aire.
- Aumentar la frecuencia de recolección de muestras de precipitación para obtener datos más ajustados a la realidad.
- Se recomienda a las autoridades ambientales contar con información actualizada respecto a las condiciones hidrometeorológicas y ambientales de las diferentes zonas del país, especialmente aquellas que pueden estar siendo afectadas por agentes contaminantes producto de la actividad humana.

GLOSARIO

- **Acidez:** Concentración de iones de hidrógeno en una solución acuosa. [1]
- **Atmósfera:** Envoltura de gases que rodea la Tierra. [2]
- **Bioindicador:** Ser vivo que indica las condiciones del medio en el que vive. [3]
- **Bosque de Niebla:** Ubicado en las zonas donde el aire ascendente y saturado de vapor de agua que proviene de regiones bajas, húmedas y cálidas, se condensa para producir niebla envolvente. Se caracteriza por su alta humedad atmosférica. [4]
- **Cadena de Custodia:** Proceso por medio del cual se mantiene una muestra bajo posesión física o control durante su ciclo de vida completo, es decir, desde que se toma hasta que se desecha. [5]
- **Calidad del Aire:** Juicio cuantitativo y cualitativo relacionado directamente con los ecosistemas naturales y el confort humano. [6]
- **Clima:** Del vocabulario meteorológico internacional (publicación N°182 de la WMO), síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizadas por estadísticas a largo plazo (valores, medias, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos en un lugar determinado. [4]
- **Coeficiente de Asimetría:** Valor que mide el nivel de asimetría, se refiere a si la curva que forman los valores de la serie presenta la misma forma a izquierda y derecha de un valor central (media aritmética).
- **Conductividad Específica:** Es una medida directa del contenido total salino de la misma. [7]
- **Contaminación Atmosférica:** Presencia de sustancias en la atmósfera en altas concentraciones en un tiempo determinado como resultado de actividades humanas o procesos naturales, que pueden ocasionar daños a la salud de las personas o al ambiente. [8]
- **Contaminantes Primarios:** Sustancias que son vertidas directamente a la atmósfera por las fuentes de emisión. Entre los principales se encuentran: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX), hidrocarburos (HC) y óxidos de azufre (SOX). [6]
- **Contaminantes Secundarios.** Son los que se producen como consecuencia de las transformaciones por reacciones físicas y químicas que sufren los contaminantes primarios en la atmósfera. [6]
- **Desviación Estándar:** Es una medida de dispersión permite determinar ver que tal lejos están los datos respecto a su punto central o media.
- **Emisión:** Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil. [9]

- **Erosión:** Destrucción, deterioro y eliminación del suelo por la acción de los elementos. [4]
- **Estación Meteorológica:** Estación que mide un conjunto de variables, como la temperatura, precipitación, humedad relativa, evaporación, vientos, nubosidad, etc. [4]
- **Fotobionte:** Hace referencia a todo organismo capaz de absorber la energía de la luz y transformarla en energía química, gracias a la cual el dióxido de carbono (CO₂), incorporado desde el medio, será transformado (reducido) en compuestos orgánicos (azúcares, etc.) [10]
- **Fuente de Emisión:** Actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire. [8]
- **Fuente Fija:** Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. [11]
- **Fuente Móvil:** Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza. [8]
- **Índice de Pureza Atmosférica (IPA o IAP):** Bioindicación que ofrece un valor numérico del nivel de contaminación atmosférica en función del número de especies y de su frecuencia en el área muestreada. [12]
- **Humedad Relativa:** Valor del cociente entre la presión parcial del vapor de agua y la presión del vapor a una temperatura dada. [9]
- **Liquen:** Asociación simbiótica entre un hongo y uno o más organismos autótrofos fotosintéticos que pueden ser algas verdes o cianobacterias. [13]
- **Lluvia:** Precipitación constituida por gotas de agua procedentes de las nubes. [4]
- **Máximo:** Valor más alto de una variable numérica.
- **Media Aritmética:** Promedio siempre de un conjunto de datos.
- **Micobionte:** Componente fúngico del liquen. [10]
- **Mínimo:** Valor más pequeño de una variable numérica.
- **Monitoreo:** Observaciones sistemáticas de parámetros relacionados con un problema específico, se obtiene información sobre las características del problema a tratar y sus cambios a lo largo del tiempo. (Spellerberg, 1991. Citado en Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México, 2007) [14]
- **Potencial de Hidrogeno:** Contenido o concentración de iones de hidrógeno en una solución que se expresa con un valor en la escala del pH. [4]
- **Plan de Ordenamiento Territorial:** Conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas

para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo. [9]

- **Precipitación:** Volumen de agua caída (Líquida), por metro cuadrado de superficie, en el lugar de observación. [9]
- **Precipitación Máxima:** Es la precipitación más alta presentada en un periodo de tiempo.
- **Precipitación Media:** Promedio aritmético de las lluvias registradas sobre una cuenca.
- **Sucesión:** Es el cambio en la estructura y la composición de la vegetación de un sitio, de manera que a lo largo del tiempo y comienzan principalmente después de que se ha estado expuesto a algún tipo de perturbación. [15]
- **Sedimentación Húmeda:** Es el material contaminante que desciende con la lluvia e incluye partículas y gases barridos del aire por las gotas de lluvia. [16]
- **Sedimentación Seca:** Es el material que llega al suelo por gravedad durante los intervalos secos, e incluye partículas, gases y aerosoles. [16]
- **Temperatura:** Magnitud proporcional a la energía cinética media de las moléculas de aire. [9]
- **Temperatura Máxima:** Es la mayor temperatura registrada en un día, y que se presenta entre las 14:00 y las 16:00 horas. [17]
- **Temperatura Media:** Es la menor temperatura registrada en un día, y se puede observar en entre las 06:00 y las 08:00 horas. [17]
- **Transporte de Largo Alcance de Contaminantes Aéreos:** Es el fenómeno por el cual los contaminantes pueden ser arrastrados por los vientos predominantes a lo largo de cientos, e incluso miles de kilómetros. [16]
- **Varianza de la Muestra:** Es una medida de dispersión que indica cuanto están separados mis datos entre sí.

11. Bibliografía

- [1] S. E. d. C. F. -. SECF, Diccionario Forestal, Madrid : Mundi - Prensa Libros s.a. , 2005.
- [2] U. d. Murcia, *Tema 3. La Atmósfera*, Murcia. España: U.M. .
- [3] M. Capó, Principios de Ecotoxicología, Tebar , 2007.
- [4] N. J. Fraume, Diccionario Ambiental, Ecoe Ediciones , 2007.
- [5] Instituto Nacional de Salud, *Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua para Consumo Humano*, Bogotá : República de Colombia , 2011.
- [6] M. d. R. Alfaro, Contaminación del aire: emisiones vehiculares, situación actual y alternativas, Costa Rica : EUNED, 1998.
- [7] F. R. -. I. Díaz, «Corrosividad del agua potable,» *Revista de Química* , vol. V, nº 1, 1991 .
- [8] V. y. D. S. Ministerio de Ambiente, *Resolución 601*, Bogotá , 2006.
- [9] M. y. E. A. -. I. Instituto de Hidrología, «Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia,» IDEAM , Bogotá, 2007 - 2010.
- [10] Alboranensis, «Acta Biologica Alboranensis,» 02 08 2006. [En línea]. Available: <http://valdeperrillos.com/books/acta-biologica-alboranensis/4-ensayos/fotobiontes>. [Último acceso: 2014].
- [11] V. y. D. T. -. M. Ministerio de Ambiente, *Resolución 909*, Bogotá , 2008.
- [12] et al, «Bioindicadores de la calidad del aire en La Robla (León, noroeste de España) diez años después,» *Revistas Científicas Complutenses*, vol. 27, 2006.
- [13] M. C. -. J. Aguirre, Hongos liquenizados, Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- [14] et al, Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México, México D.F.: Instituto Nacional de Ecología, 2007.
- [15] et al , Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas, Costa Rica : CATIE, 2003.
- [16] J. G. -. G. Heinke, Ingeniería ambiental, México : Prentice Hall Inc., 1999.
- [17] N. I. C.M. Cacucalí, *Diagnóstico de lluvia ácida en el sector histórico de la Candelaria - Bogotá D.C. y sus efectos sobre la fachada de la Catedral Primada de Colombia*, Bogotá D.C.: Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. U. de la S., 2008.
- [18] S. M. y. Asociados, «Instituto de Desarrollo Urbano - Informe final ambiental,» 06 2009. [En línea]. Available: <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/33233/7/60017285-03.pdf>. [Último acceso: 2014].
- [19] Naciones Unidas , «Naciones Unidas,» Organización de las Naciones Unidas , 2015. [En línea]. Available: <http://www.un.org/es/globalissues/environment/>. [Último acceso: 2014].
- [20] et al, «ATMOSPHERIC Deposition and Canopy Exchange of Anions and Cations in Two Plantation Forests Under Acid Rain Influence,» *Atmospheric Environment*, vol. 64, pp. 242 - 250, 2013.
- [21] H. A. A. & C. D. García, *Estimativo de precursores y comportamiento de la precipitación ácida en el norte de Bogotá D.C.*, Bogotá D.C.: Tesis de grado. Departamento de Ingeniería Química. UN., 2004.

- [22] B. A. C.M. González, «Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging,» *Atmospheric Environment*, vol. 60, pp. 164 - 171, 2012.
- [23] IDEAM, *Estado y Cambio del agua lluvia en Colombia*, Bogotá, 2008.
- [24] A. Gentry, «Vegetación del bosque de niebla,» *Bosques de niebla de Colombia*, Vols. %1 de %2Banco de Occidente, Cali. , pp. 23 - 52, 1991.
- [25] J. B. J. C. Mutis, *Guía Ecológica Parque Natural Chicaque*, Bogotá : Fotografic Ltda. , 1998.
- [26] D. Hawksworth, «Litmus tests for ecosystem health: the potential of bioindicators in the monitoring of biodiversity,» *Swaminathan MS; Biodiversity: Implications for global foos security*, n° Madras Mcmillan , pp. 184 - 204, 1992.
- [27] et al, *Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina*, San Luis, Argentina: Tesis de Grado. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. UN de San Luis. , 2008.
- [28] et al , *Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia*, La Paz : Tesis de grado. Unidad de Calidad Ambiental, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, 2006.
- [29] M. C. L.J. Rubiano, *Delimitation of Atmospheric Iso-Contamination Areas in the Universidad Nacional de Colombia Campus by Analysis of Bioindicators (Epiphitic Lichens)*, Bogotá D.C. : Tesis de Grado. Facultad de ciencias. UN de Colombia. , 2006.
- [30] G. J., *Mapa de Estrés atmosférico de Cedritos (Bogotá) a partir de diversidad liquénica*, Bogotá : U. del Bosque, 2004.
- [31] Gobierno del Distrito Federal - Secretaría de Medio Ambiente , *Lluvia Ácida*, México D.F. , 1999.
- [32] PARQUE NATURAL CHICAQUE, «Chicaque Parque Natural,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.chicaque.com>. [Último acceso: 02 2014].
- [33] et al, *Estudio y conservación de Coeligena Prunellei en zonas Altoandinas de Cun*, Colombia : Licenciatura en Biología; UD, 2012.
- [34] L. d. Río, *Ubicación geográfica del Parque Chicaque*, Bogotá D.C., 2011.
- [35] et al, «Registro del escorpión Chactas keyserlingi Pocock, 1893 (Scorpiones, Chactidae) en el dosel de un bosque altoandino de Colombia,» *Revista Ibérica de Aracnología*, vol. 18, n° Artículos y Notas , pp. 97-99, 2010.
- [36] Colparques - Parques Naturales de Colombia , «Colparques,» Organización Colparques , 2015. [En línea]. Available: <http://www.colparques.net/CHICAQUE.htm>. [Último acceso: 2015].
- [37] I. Campos, *Saneamiento Ambiental*, Costa Rica : EUNED, 2000.
- [38] Environmental Protection Agency , «EPA - USA,» EPA, 12 04 2012. [En línea]. Available: <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/effects/forests.html>. [Último acceso: 2015].
- [39] et al , «Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia,» *Revista Virtual REDESMA*, vol. Instituto de Ecología , p. Unidad de Calidad Ambiental , 2007.
- [40] RedLACES - Red Latinoamericana y Caribeña de Ecología Social, «Ecología General - Leyes de la Ecología,» RedLACES - Red Latinoamericana y Caribeña de Ecología Social, 2012. [En

- línea]. Available: <http://ecologiageneral2.wordpress.com/inicio/leyes-de-la-ecologia/>. [Último acceso: 2014].
- [41] B. W. L. Pérez, «Lichen Community Structure And Morphological Changes In The Genus *Sticta* (STICTACEAE) Associated To An Altitude Gradient,» *Open Journal Systems*, p. Universidad Nacional de Colombia , 2009.
- [42] Chiloé Turberas , «Chiloé Turberas,» Líquenes - Caracteres morfológicos y anatómicos , 2013. [En línea]. Available: http://www.turberas.cl/liquenes_morfologia.html. [Último acceso: 2014].
- [43] Asturnatura, «asturnatura,» Simbiosis de los hongos, líquenes y micorrizas , [En línea]. Available: <http://www.asturnatura.com/articulos/hongos/liquenes-micorrizas.php>. [Último acceso: 2014].
- [44] Presidente de la República de Colombia , *Decreto 2811 - Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*, Colombia : República de Colombia , 1974.
- [45] Presidente de la República , *Decreto 1608 - Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre*, Colombia : República de Colombia , 1978.
- [46] Presidente de la República de Colombia , *Decreto 2 - Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.*, Colombia : República de Colombia , 1982.
- [47] Secretaría Distrital de Salud , *Resolución 1969 - por la cual se reglamentan los niveles de emisión permisibles de contaminantes producidos por las fuentes móviles con motor a Diesels (Automotores)*, Bogotá D.C. : Secretaría Distrital de Salud , 1992.
- [48] Congreso de Colombia , *Ley 99 - por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras*, Colombia : Congreso de Colombia , 1993.
- [49] Presidente de la República de Colombia , *Decreto 948 - por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y c*, Colombia : Presidencia de la república , 1995 .
- [50] Presidencia de la República de Colombia, *Decreto 979*, Bogotá : Presidencia de la República, 2006.
- [51] Presidente de la República de Colombia , *Decreto 2107 - por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire*, Colombia : República de Colombia , 1995.
- [52] Ministerio de Medio Ambiente , *Resolución 1351 - por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire*, Bogotá D.C. : Ministerio de Medio Ambiente , 1995.
- [53] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial , *Resolución 601 - Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia*, Colombia : MAVDT, 2006.

- [54] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, *Resolución 610*, Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, 2010.
- [55] N. Riaño, «Gobernación de Cundinamarca - Municipio de Tabio,» 11 2009. [En línea]. Available: http://www.tabio-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/30653534373061393933336366336539/SIGAM_TABIO.pdf. [Último acceso: 2015].
- [56] Colparques , «Parques Naturales de Colombia - Colparques,» Organización Colparques, 2015. [En línea]. Available: <http://www.colparques.net/pedropalo.htm>. [Último acceso: 2015].
- [57] Cemex S.A.B. de C.V. , «Cemex Colombia,» Cemex S.A.B. de C.V. , 2015. [En línea]. Available: <http://www.cemexcolombia.com/Index.aspx>. [Último acceso: 2015].
- [58] Indumil Colombia, «Indumil,» Gerencia Industria Militar, 2015. [En línea]. Available: <https://www.indumil.gov.co/>. [Último acceso: 2015].
- [59] Vidrio Andino, «Vidrio Andino,» AFDJ, 2015. [En línea]. Available: <http://www.vidrioandino.com/>. [Último acceso: 2015].
- [60] Eternit, «Eternit Colombia,» Elementia, 2015. [En línea]. Available: <http://www.eternit.com.co/>. [Último acceso: 2015].
- [61] Alcaldía de Mosquera , «Alcaldía de Mosquera,» Alcaldía de Mosquera, 2012. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiademosquera.gov.co/>. [Último acceso: 2015].
- [62] Hach Company, «Hach - Medidor multiparámetro portátil de pH, conductividad, oxígeno disuelto (DO), ORP e ISE HQ40d,» Hach México, 2015. [En línea]. Available: <http://www.hach.mx/medidor-multiparametro-portatil-de-ph-conductividad-oxigeno-disuelto-do-orp-e-ise-hq40d/product-details?id=16076574430>. [Último acceso: 2015].
- [63] e. al, «Géneros de Líquenes Tropicales, con Énfasis en Taxones Neotropicales,» Ticolichen, 2009. [En línea]. Available: <http://www.inbio.ac.cr/papers/liquenes/index.html>. [Último acceso: 2015].
- [64] P. Villar, Introducción al estudio de comunidades: La diversidad biológica.
- [65] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, Colombia : IDEAM, 2007.
- [66] J. Rincón, *Líquenes como bioindicadores en el monitoreo de la calidad del aire*, Bucaramanga : Tesis de grado. Facultad de ciencias. UI de Santander. , 2012.
- [67] Alcaldía San Antonio del Tequendama, «Plan De Desarrollo 2012 – 2015 “CONSTRUYENDO UN FUTURO MEJOR”,» Alcaldía San Antonio del Tequendama, 25 06 2012. [En línea]. Available: <http://www.sanantoniodeltequendama-cundinamarca.gov.co/index.shtml#5>. [Último acceso: 2014].
- [68] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , «Parques Nacionales,» MADS, 2013. [En línea]. Available: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.06110708>. [Último acceso: 2014].
- [69] C. Estrabou, *Soil lichens and bryophytes of Australia's dry country*, Sydney: Department of Land and water conservation, 1997.
- [70] Limusa, Distrito federal/ Federal District: Educacion Ambiental, México D.F.: Noriega Editores,

2002.

ANEXO A

LLUVIA ÁCIDA

ANEXO A.1

Registro Fotográfico de las Estaciones de Muestreo

Estación de Muestreo 1 (2700 m.s.n.m.)	
Estación de Muestreo 2 (2660 m.s.n.m.)	

**Estación de
Muestreo 3
(2540 m.s.n.m.)**



**Estación de
Muestreo 4
(2410 m.s.n.m.)**



**Estación de
Muestreo 5
(2300 m.s.n.m.)**



**Estación de
Muestreo 6
(2250 m.s.n.m.)**



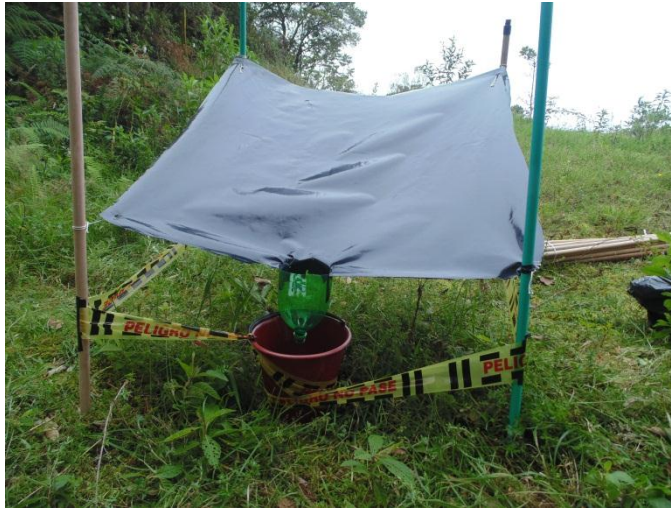
**Estación de
Muestreo 7
(2100 m.s.n.m.)**



ANEXO A.2

Diseño de los Puntos de Muestreo

Diseño Inicial



Diseño Final



ANEXO A.3

PROTOCOLO DE RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE PRECIPITACIÓN

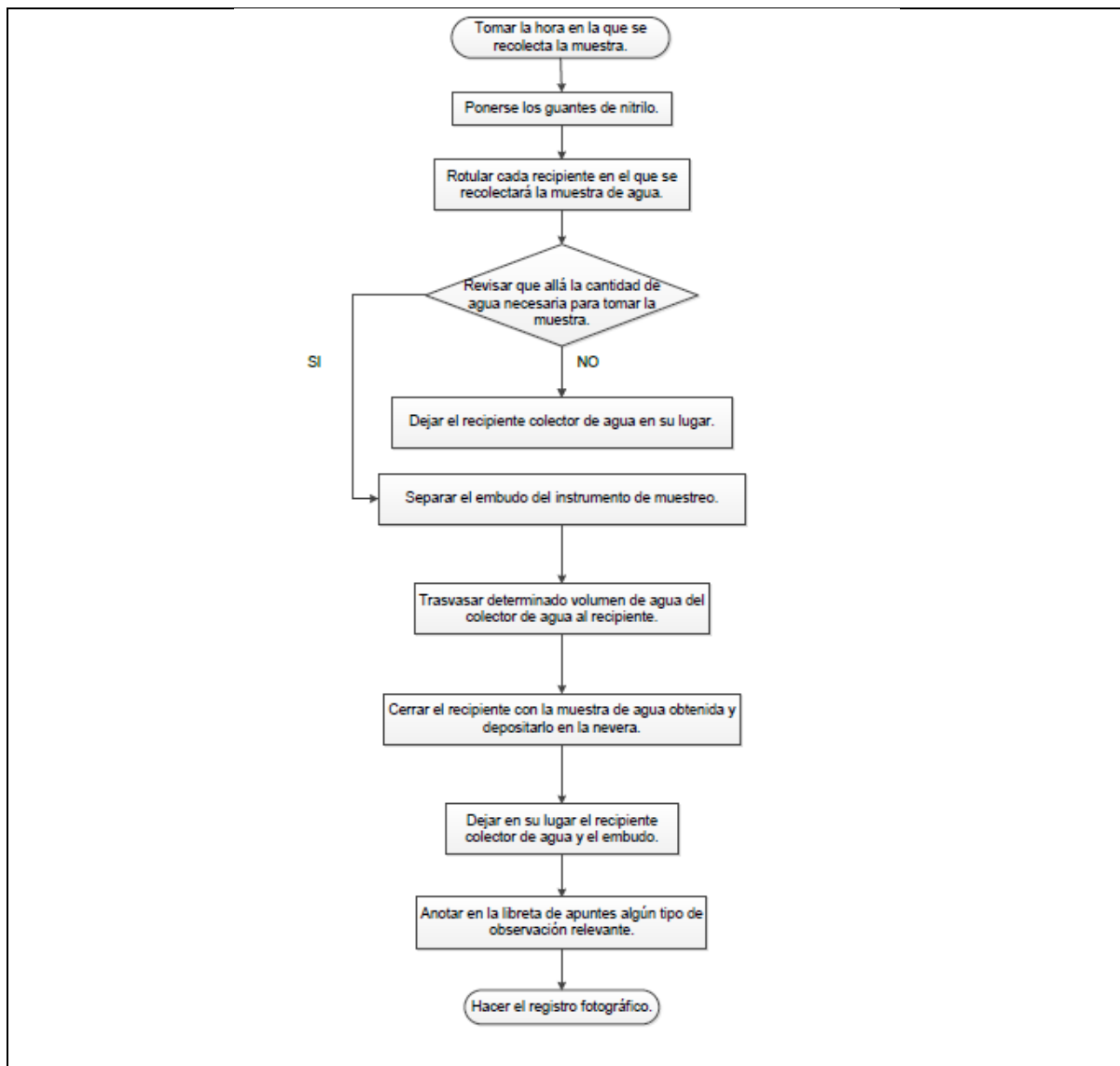
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ÁCIDO POR INCIDENCIA DE LAS PRECIPITACIONES EN LIQUENES DEL PARQUE NATURAL CHICAQUE Y SU POSIBLE AFECTACIÓN AL ECOSISTEMA	
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL	
Punto de Muestreo: _____ Muestra no.: _____	Fecha de Toma: _____ Hora de Toma: _____
Objeto de Análisis: ph () Conductividad Específica ()	
Observaciones de Campo: _____ _____ _____	
Muestreado por: _____	
Fecha de recepción de la muestra en laboratorio: _____	

ANEXO A.4

PROTOCOLO PARA LA RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE PRECIPITACIÓN

PROTOCOLO 1	Página 1 de 3
1. DEFINICIÓN	
Para poder obtener datos representativos, de alta confiabilidad y poder llevar a cabo la caracterización en el laboratorio de las muestras obtenidas en campo es necesario que actividades como la recolección, almacenamiento y transporte de las mismas se lleven a cabo adecuadamente asegurando así una correcta recopilación de datos depende en gran parte de la eficiencia del estudio y la utilidad de la información que de ella se derive.	
2. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS	
Alteración o daños a los equipos que recolectan el agua por parte de visitantes del parque o algún tipo de fauna, condiciones climatológicas de sequía, tiempos de recorrido extensos, topografía del terreno, difícil acceso a los puntos de muestreo debido a presencia de abundante.	
3. TOMA DE MUESTRAS	
La toma de muestras se realizará dos veces a la semana, los días miércoles y domingos en dos momentos: el primero entre las 10 y 11 de la mañana y el segundo entre las 2 y 3 de la tarde.	
4. PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	
Preservar la muestra en nevera de icopor y almacenar en recipiente de plástico hermético.	
5. EQUIPOS	
Ninguno.	
6. MATERIALES	
- Cámara. - Guantes de nitrilo. - Hielo. - Libreta de apuntes y bolígrafo. - Nevera de icopor. - Recipiente de plástico hermético. - Rótulos.	
7. PROCEDIMIENTO	
- Tomar la hora en la que se recolectará la muestra. - Ponerse los guantes de nitrilo. - Rotular cada recipiente en el que se recolectará la muestra de agua.	

- Separar el embudo del instrumento de muestreo. - Revisar que allá la cantidad de agua necesaria para tomar la muestra en el recipiente colector de agua. - Retirar el recipiente colector de agua. - Trasvasar determinado volumen de agua del colector de agua al recipiente. - Cerrar el recipiente con la muestra de agua obtenida y depositarlo en la nevera de icopor. - Dejar en su lugar el recipiente colector de agua y el embudo. - Anotar en la libreta de apuntes algún tipo de observación relevante. - Hacer el registro fotográfico.
8. ASEGURAMIENTO DE LA PRECISIÓN DE LOS DATOS
- Informarse con la comunidad del Parque sobre los episodios de precipitación. - Lavar los recipientes de muestreo previo a su uso. - Tener la nevera con la cantidad de hielo necesaria para la adecuada refrigeración de las muestras tomadas. - Observar y tomar nota de cualquier observación que sea relevante en la investigación.
9. TIEMPO DE ANÁLISIS
35 minutos aproximadamente.
10. DIAGRAMA DE FLUJO

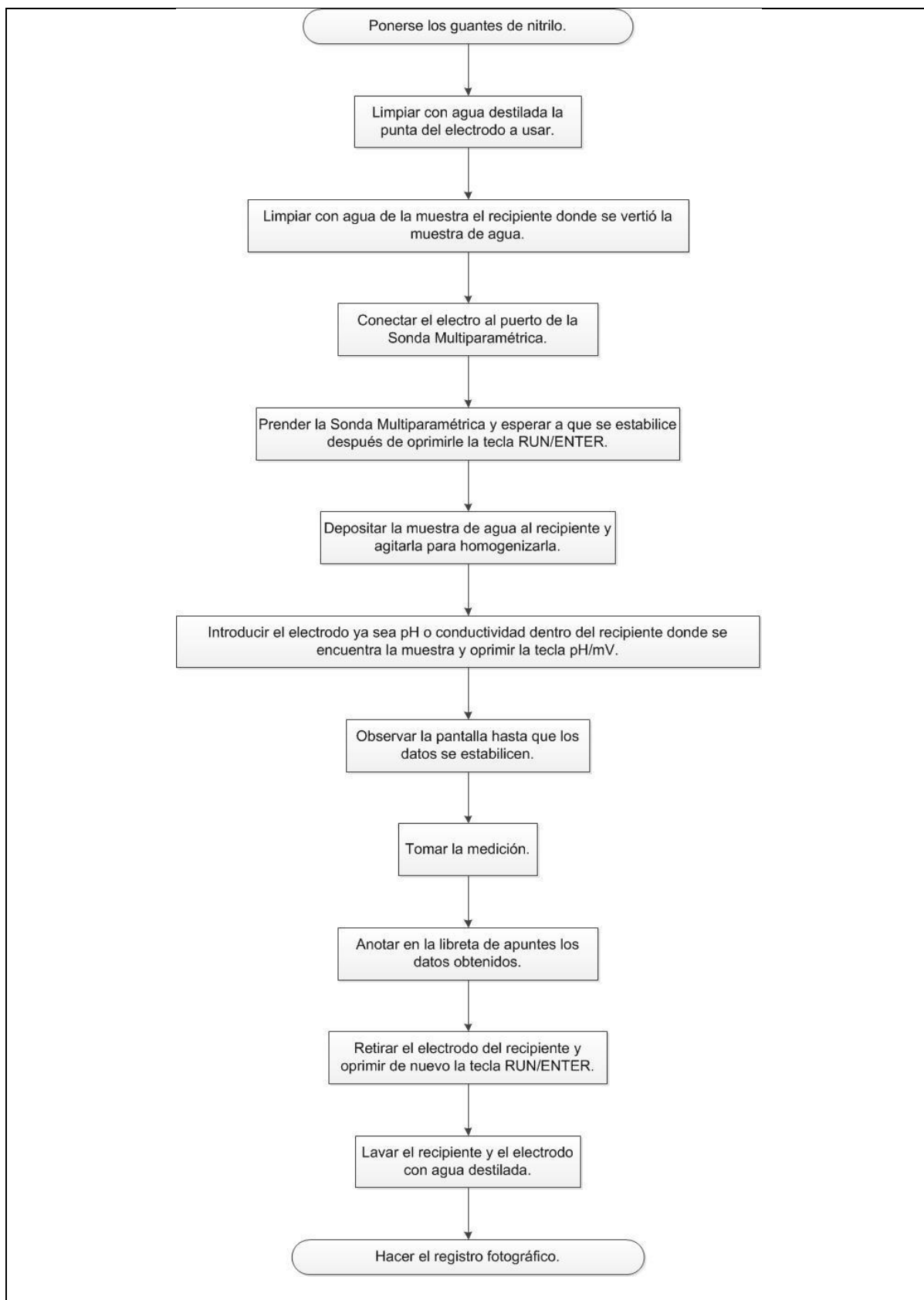


ANEXO A.5

PROTOCOLO PARA LA MEDICIÓN DE pH y CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA

PROTOCOLO 2	Página 1 de 3
1. DEFINICIÓN	
Con la medición del pH se busca conocer el contenido o concentración de iones de hidrógeno en una solución, para este caso las muestras de aguas lluvia recolectadas mediante el electrodo de pH de la Sonda Multiparamétrica. Para el caso de la conductividad específica se usa para conocer el contenido total salino de la misma a través del electrodo de pH de la Sonda Multiparamétrica.	
2. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS	
- Daños en las muestras durante su transporte al laboratorio. - Mala calibración en la Sonda Multiparamétrica. - Alteración de la muestra a causa de algún tipo de agente externo que pueda estar dentro de ella.	
3. TOMA DE MUESTRAS	
La toma de muestras se realizará dos veces a la semana, los días miércoles y domingos en dos momentos: el primero entre las 10 y 11 de la mañana y el segundo entre las 2 y 3 de la tarde. Posterior a su recolección, se almacenarán en una nevera de icopor para no alterar las características fisicoquímicas de la muestra y se llevarán al laboratorio para ser analizadas.	
4. PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	
Preservar la muestra en nevera de icopor y almacenar en recipiente de plástico hermético.	
5. EQUIPOS	
Sonda Multiparamétrica Hach.	
6. MATERIALES	
- Agua destilada. - Cámara. - Guantes de nitrilo. - Hielo. - Libreta de apuntes y bolígrafo. - Nevera de icopor.	
7. PROCEDIMIENTO	
- Ponerse los guantes de nitrilo. - Limpiar con agua destilada la punta del electrodo a usar. - Limpiar con agua de la muestra el recipiente donde se vertió la muestra de agua. - Conectar el electrodo al puerto de la Sonda Multiparamétrica. - Prender la Sonda Multiparamétrica y esperar a que se estabilice después de oprimirle la tecla RUN/ENTER. - Depositar la muestra de agua al recipiente y agitarla para homogenizarla. - Introducir el electrodo ya sea pH o conductividad dentro del recipiente	

donde se encuentra la muestra y oprimir la tecla pH/mV. - Observar la pantalla hasta que los datos se estabilicen. - Tomar la medición. - Anotar en la libreta de apuntes los datos obtenidos. - Retirar el electrodo del recipiente y oprimir de nuevo la tecla RUN/ENTER. - Lavar el recipiente y el electrodo con agua destilada. - Hacer el registro fotográfico.
8. PRESENTACIÓN DE DATOS
La Sonda Multiparamétrica muestra los datos sin la necesidad de hacer algún tipo de cálculo.
9. ASEGURAMIENTO DE LA PRECISIÓN DE LOS DATOS
- Mantener el electrodo ya sea de pH o conductividad húmedo para evitar que se dañe. - No sumergir el electrón hasta el fondo del recipiente donde va a ser usado. - La muestra se debe agitar antes de introducir el electrón para que se homogenice. - El electrodo que se vaya a usar debe ser lavado con agua destilada después de realizar las lecturas. - Lavar con agua destilada el recipiente que se usó para depositar la muestra de agua analizada. - Dependiendo de la frecuencia con la que se use la Sonda Multiparamétrica, generalmente se debe calibrar una vez al mes manualmente.
10. TIEMPO DE ANÁLISIS
10 minutos aproximadamente.
11. DIAGRAMA DE FLUJO



ANEXO A.6

Datos y Análisis de los Valores de pH

Tabla I: Estadística Descriptiva para la media semanal aritmética del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,41
Error típico	0,10
Mediana	6,48
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,20
Varianza de la muestra	0,04
Curtosis	1,87
Coeficiente de asimetría	-1,48
Rango	0,43
Mínimo	6,12
Máximo	6,56
Nivel de confianza (95,0%)	0,32

Tabla II: Estadística Descriptiva para media mensual aritmética del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,41
Error típico	0,11
Mediana	6,52
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,30
Varianza de la muestra	0,09
Curtosis	-2,44
Coeficiente de asimetría	-0,20
Rango	0,67
Mínimo	6,05
Máximo	6,73
Nivel de confianza (95,0%)	0,28

Tabla III: Estadística Descriptiva para la media semanal aritmética del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
--------------------------------	--

Media	6,01
Error típico	0,008
Mediana	6,02
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,01
Varianza de la muestra	0,0002
Curtosis	0,79
Coeficiente de asimetría	-0,83
Rango	0,03
Mínimo	5,99
Máximo	6,03
Nivel de confianza (95,0%)	0,02

Tabla IV: Estadística Descriptiva para media mensual aritmética del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,01
Error típico	0,02
Mediana	5,99
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,06
Varianza de la muestra	0,004
Curtosis	0,36
Coeficiente de asimetría	0,41
Rango	0,20
Mínimo	5,92
Máximo	6,12
Nivel de confianza (95,0%)	0,06

Tabla V: Estadística Descriptiva de la media mensual aritmética de los dos meses.

Estadística Descriptiva	
Media	6,21
Error típico	0,06
Mediana	6,22
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,16
Varianza de la muestra	0,02
Curtosis	-2,47

Coeficiente de asimetría	-0,02
Rango	0,36
Mínimo	6,03
Máximo	6,40
Nivel de confianza (95,0%)	0,15

Tabla VI: Datos obtenidos del muestreo en campo de la medición de Ph para el primer mes de muestreo.
Donde M es Muestra

PUNTOS DE MUESTREO	MES 1															
	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4			
	Toma 1		Toma 2		Toma 3		Toma 4		Toma 5		Toma 6		Toma 7		Toma 8	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Punto 1		7,06	6,03	6,01	6,45	6,43			7,03	6,98	6,96	6,95	6,05	6,03		
Punto 2	6,13	6,14	5,87		6,03	6,02	6,12	6,11	6,19		6,15	6,14	5,97		6,01	6,01
Punto 3	6,55		6,98	6,98	7,19	7,19	7,24	7,26	6,32	6,34			6,24	6,19	5,96	5,94
Punto 4	6,05	6,03	6,45	6,45	5,99		6,05	6,05	6,21		6,30	6,30	6,14	6,14	6,02	
Punto 5	5,98	5,98	7,38	7,34	6,67	6,67	6,51		7,09	7,02	7,04	7,11	6,78		6,41	6,41
Punto 6	5,96	5,99	5,78		6,04		6,39	6,37	6,15		6,26		6,14	6,14	5,98	5,96
Punto 7	7,14	7,10			7,24	7,21	6,97	6,97	7,01	6,99	6,58	6,59	6,36		6,03	

Tabla VII: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de pH del primer mes.

Media Semana 1		
Toma 1	Muestra 1	6,30
	Muestra 2	6,38
Toma 2	Muestra 1	6,41
	Muestra 2	6,69

Gráfica I: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph del primer mes.

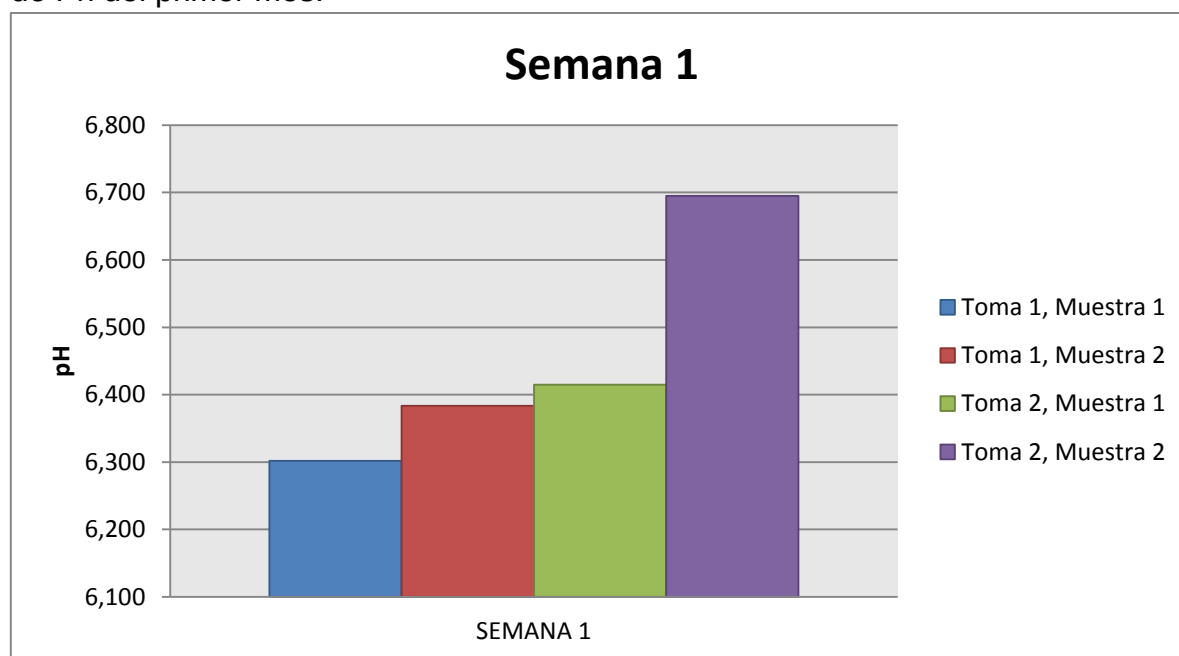


Tabla VIII: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 1 del primer mes.

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	6,45
Error típico	0,09
Mediana	6,40
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,17
Varianza de la muestra	0,03
Curtosis	2,75
Coeficiente de asimetría	1,53
Rango	0,39

Mínimo	6,30
Máximo	6,70
Nivel de confianza (95,0%)	0,27

Tabla IX: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del primer mes.

Media Semana 2		
Toma 1	Muestra 1	6,51
	Muestra 2	6,70
Toma 2	Muestra 1	6,54
	Muestra 2	6,55

Gráfica II: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del primer mes.

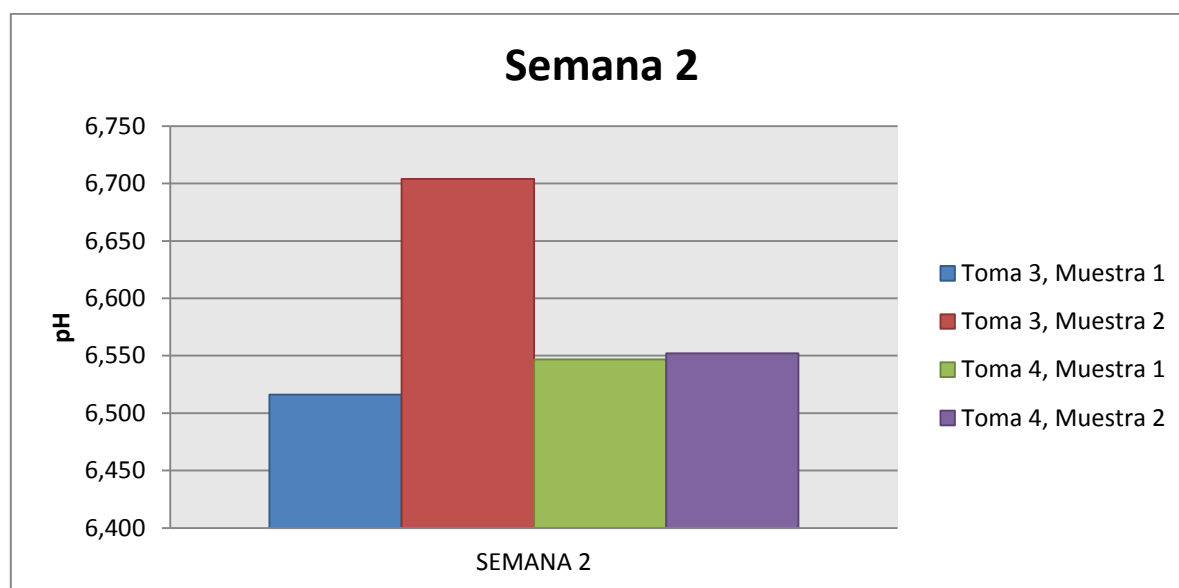


Tabla X: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 2 del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,58
Error típico	0,04
Mediana	6,55
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,08

Varianza de la muestra	0,01
Curtosis	3,40
Coefficiente de asimetría	1,78
Rango	0,19
Mínimo	6,52
Máximo	6,70
Nivel de confianza (95,0%)	0,13

Tabla XI: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del primer mes.

Media Semana 3		
Toma 1	Muestra 1	6,57
	Muestra 2	6,83
Toma 2	Muestra 1	6,54
	Muestra 2	6,61

Gráfica III: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del primer mes.

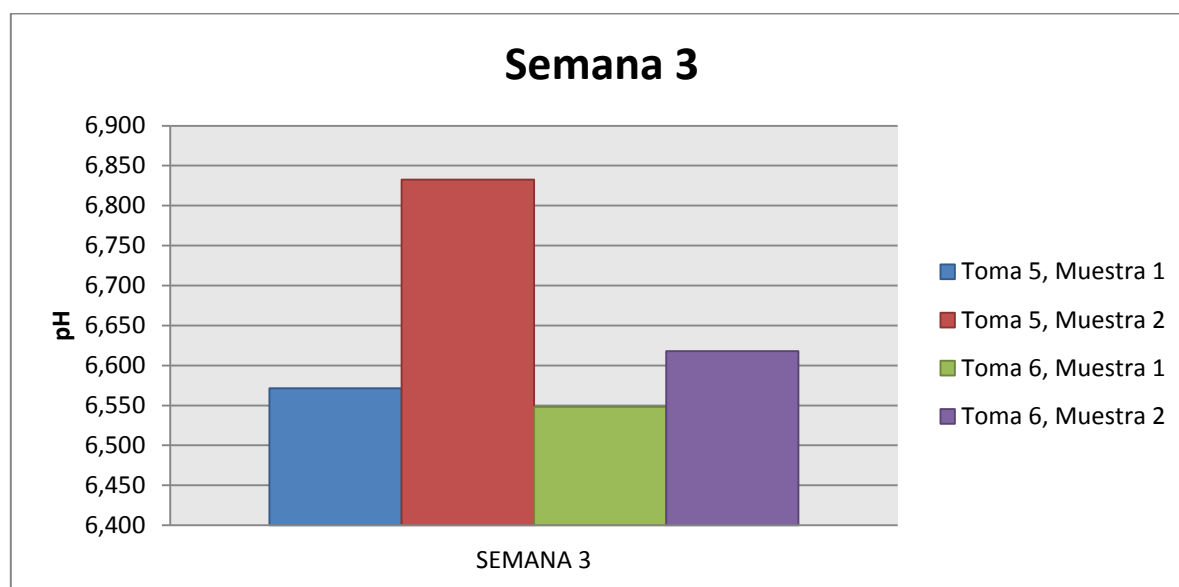


Tabla XII: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 3 del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	5,99

Error típico	0,01
Mediana	5,99
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,02
Varianza de la muestra	0,00
Curtosis	1,37
Coefficiente de asimetría	-0,58
Rango	0,04
Mínimo	5,97
Máximo	6,01
Nivel de confianza (95,0%)	0,02

Tabla XIII: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del primer mes.

Media Semana 4		
Toma 1	Muestra 1	5,99
	Muestra 2	5,97
Toma 2	Muestra 1	6,02
	Muestra 2	6,03

Gráfica IV: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del primer mes.

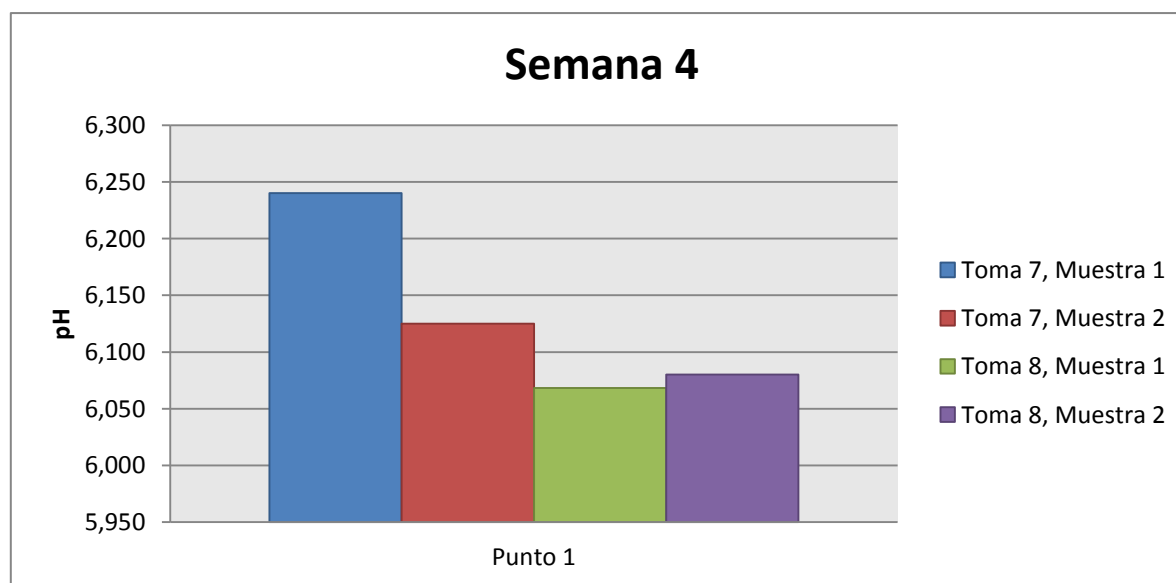


Tabla XIV: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 4 del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,01
Error típico	0,01
Mediana	6,01
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,03
Varianza de la muestra	0,001
Curtosis	-2,15
Coeficiente de asimetría	-0,69
Rango	0,06
Mínimo	5,97
Máximo	6,03
Nivel de confianza (95,0%)	0,04

Tabla XV: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph del primer mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 1
1	6,36
2	6,04
3	6,83
4	6,24
5	6,67
6	5,91
7	7,12

Gráfica V: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph del primer mes.

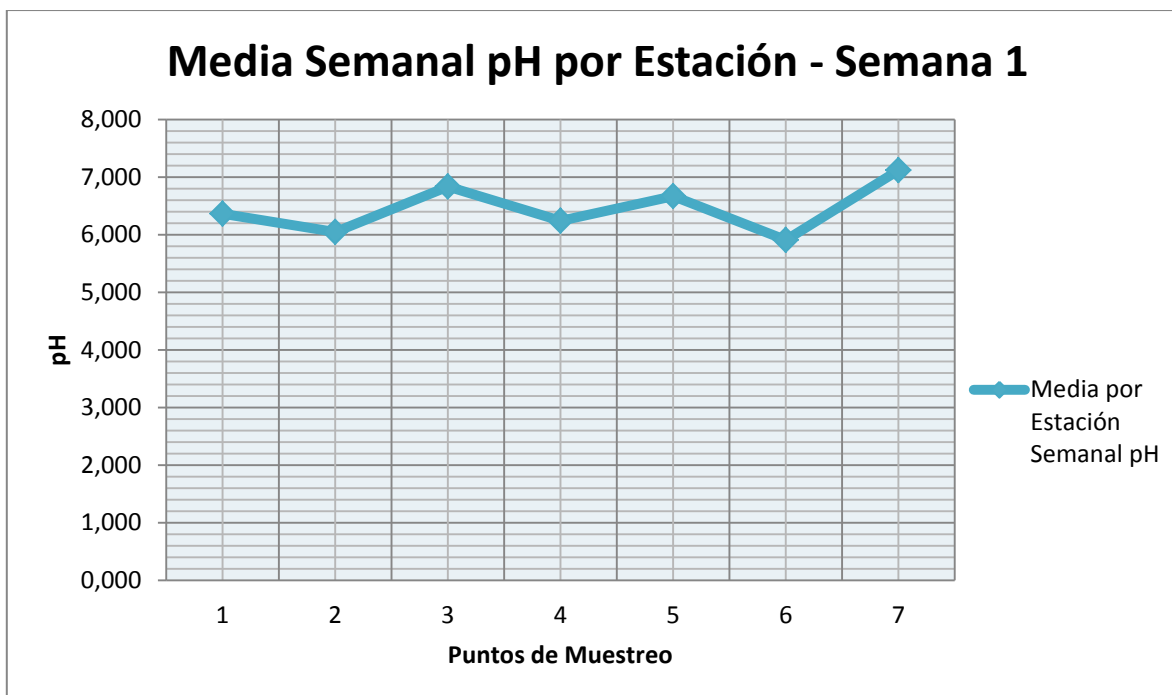


Tabla XVI: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,42
Error típico	0,14
Mediana	6,55
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,38
Varianza de la muestra	0,15
Curtosis	-1,74
Coeficiente de asimetría	-0,44
Rango	0,96
Mínimo	5,88
Máximo	6,84
Nivel de confianza (95,0%)	0,35

Tabla XVII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del primer mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 2

1	6,44
2	6,07
3	7,22
4	6,03
5	6,62
6	6,27
7	7,10

Gráfica VI: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del primer mes.

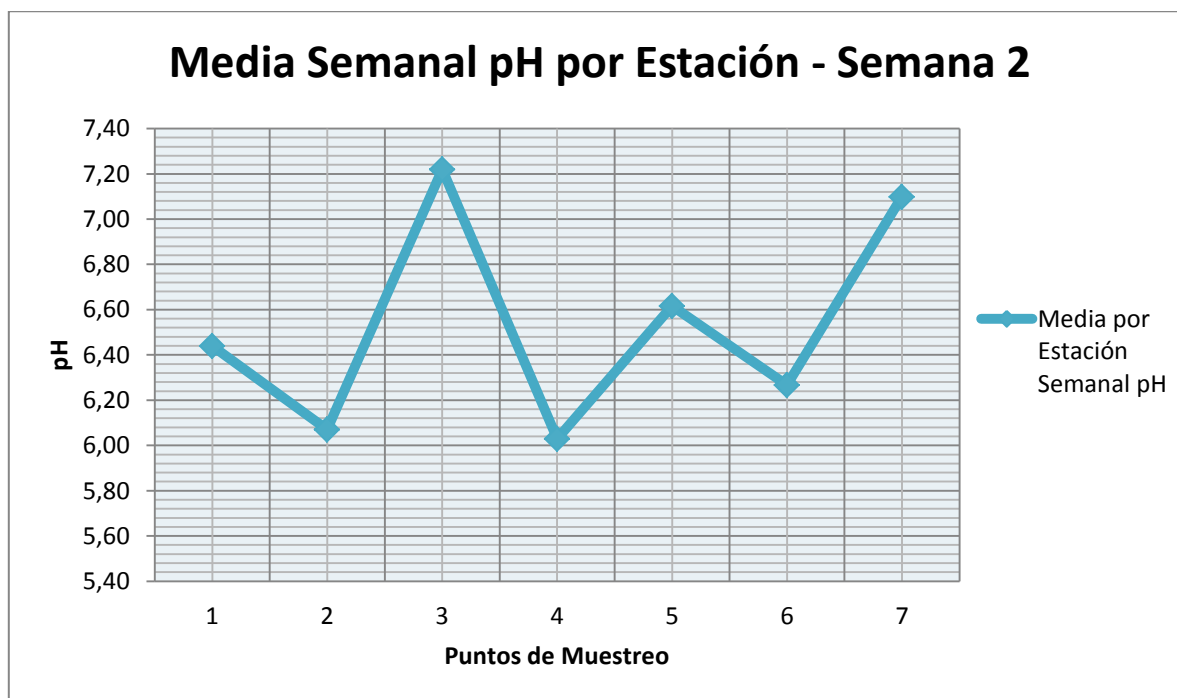


Tabla XVIII: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,56
Error típico	0,18
Mediana	6,59
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,48
Varianza de la muestra	0,23
Curtosis	-1,72

Coefficiente de asimetría	0,26
Rango	1,19
Mínimo	6,02
Máximo	7,22
Nivel de confianza (95,0%)	0,44

Tabla XIX: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del primer mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 3
1	6,98
2	6,16
3	6,33
4	6,27
5	7,07
6	6,21
7	6,79

Gráfica XVII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del primer mes.

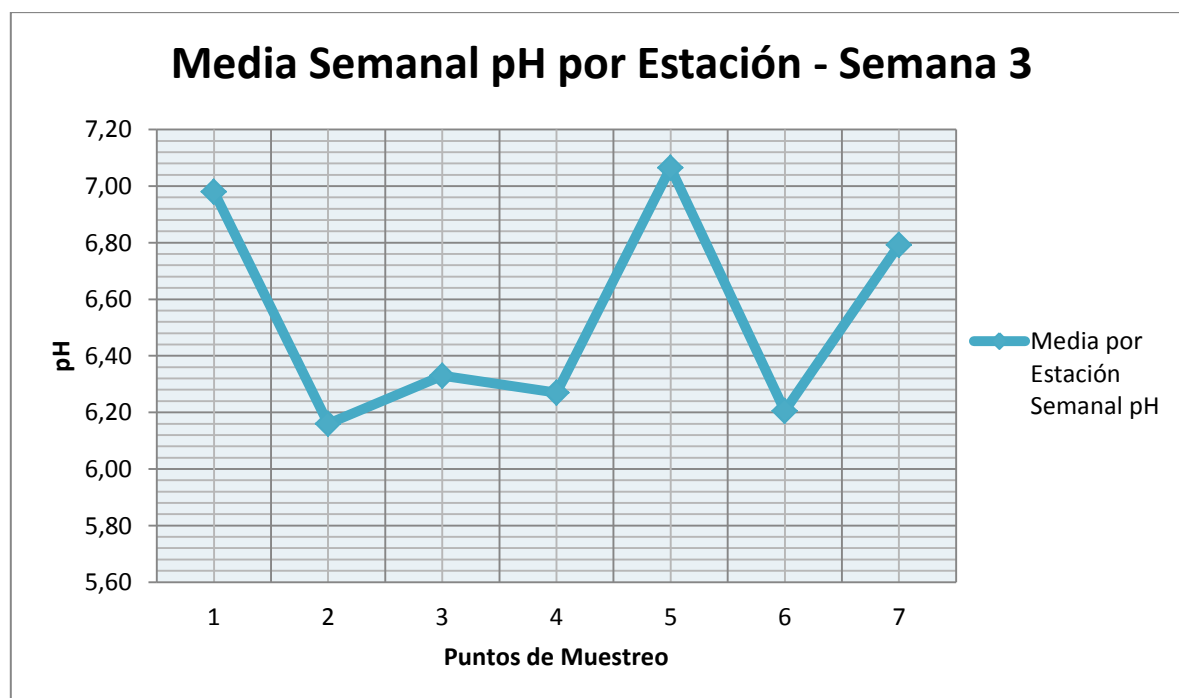


Tabla XX: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,54
Error típico	0,14
Mediana	6,36
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,38
Varianza de la muestra	0,14
Curtosis	-2,18
Coefficiente de asimetría	0,44
Rango	0,89
Mínimo	6,16
Máximo	7,06
Nivel de confianza (95,0%)	0,35

Tabla XXI: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del primer mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 4
1	6,04
2	5,99
3	6,08
4	6,10
5	6,53
6	6,05
7	6,19

Gráfica XVIII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del primer mes.

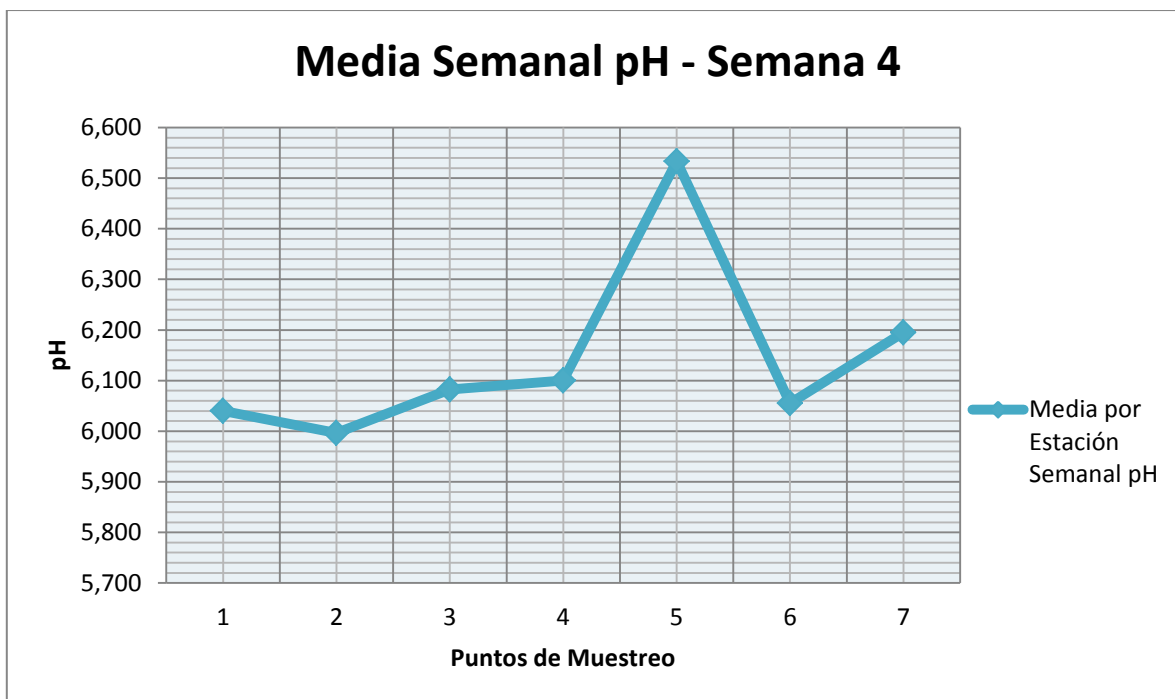


Tabla XXII: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,12
Error típico	0,08
Mediana	6,07
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,23
Varianza de la muestra	0,05
Curtosis	3,48
Coeficiente de asimetría	1,60
Rango	0,73
Mínimo	5,86
Máximo	6,59
Nivel de confianza (95,0%)	0,21

Tabla XXIII: Datos obtenidos del muestreo en campo de la medición de pH para el segundo mes de muestreo.
Donde M es Muestra

PUNTOS DE MUESTREO	MES 2															
	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4			
	Toma 1		Toma 2		Toma 3		Toma 4		Toma 5		Toma 6		Toma 7		Toma 8	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Punto 1			5,78	5,81	6,03	6,11	6,06	6,08	5,86	5,91	5,88	5,91	5,96	5,94	6,03	6,03
Punto 2	5,97	5,96	6,03		5,93		6,00	6,00		5,93	6,03	6,03			6,08	
Punto 3	6,03		6,23	6,23		6,11	6,09	6,09	6,29	6,29			6,07		5,99	
Punto 4	6,05	6,03	6,11		6,05	6,05			5,91	5,89		5,85	6,00	6,00	6,09	6,03
Punto 5	6,39		6,27	6,25	6,13		6,00	5,97	5,93		6,02	6,02	5,96	5,95	6,04	
Punto 6	6,13	6,13	5,98	5,93	5,89	5,89	6,04	6,05	5,91	5,94	5,99	5,97			6,01	6,04
Punto 7			5,96		5,87	5,87	6,03	6,03	6,13		6,02	6,03	6,00	6,00	5,96	6,02

Tabla XXIV: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph del segundo mes.

Media Semana 1		
Toma 1	Muestra 1	6,11
	Muestra 2	6,04
Toma 2	Muestra 1	6,05
	Muestra 2	6,05

Gráfica XIX: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph del segundo mes.

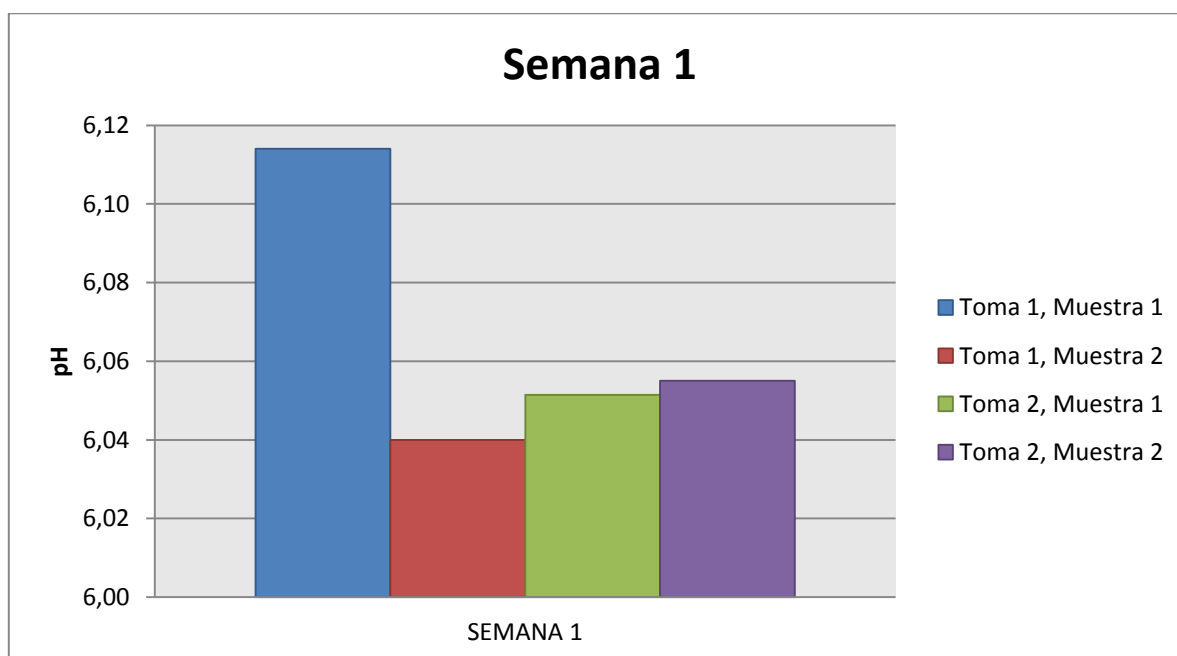


Tabla XXV: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,07
Error típico	0,02
Mediana	6,06
Moda	6,06
Desviación estándar	0,03
Varianza de la muestra	0,0001
Curtosis	3,25
Coeficiente de asimetría	1,71
Rango	0,07

Mínimo	6,04
Máximo	6,11
Nivel de confianza (95,0%)	0,05

Tabla XXVI: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del segundo mes.

Media Semana 2		
Toma 1	Muestra 1	5,98
	Muestra 2	6,01
Toma 2	Muestra 1	6,04
	Muestra 2	6,04

Gráfica XX: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del segundo mes.

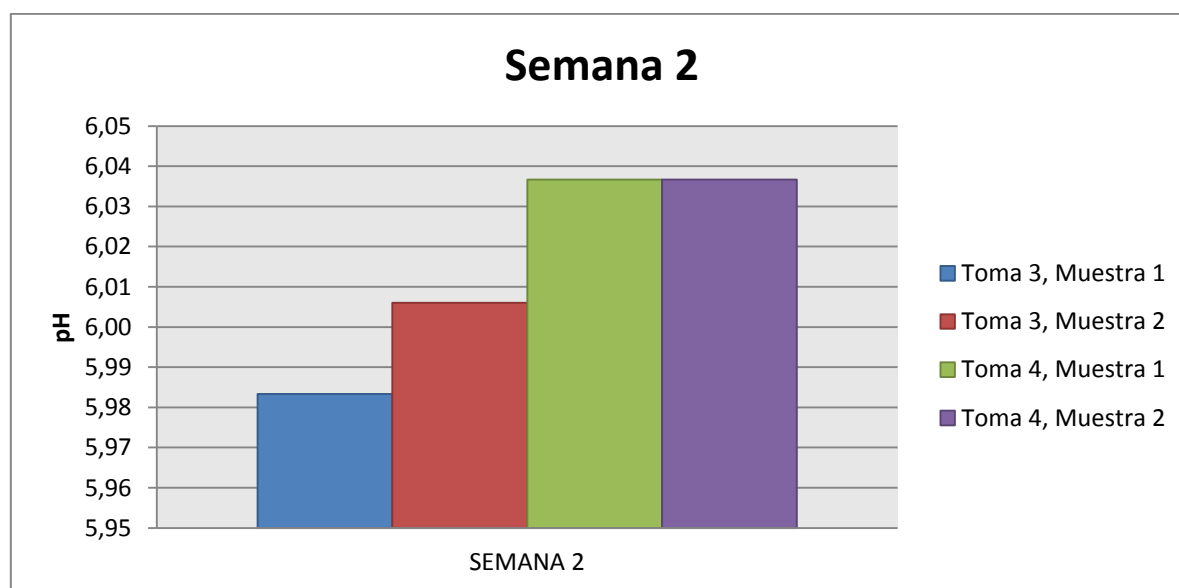


Tabla XXVII: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 2 del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,02
Error típico	0,01
Mediana	6,02
Moda	6,04
Desviación estándar	0,03

Varianza de la muestra	0,003
Curtosis	-2,55
Coefficiente de asimetría	-0,62
Rango	0,05
Mínimo	5,98
Máximo	6,04
Nivel de confianza (95,0%)	0,04

Tabla XXVIII: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del segundo mes.

Media Semana 3		
Toma 1	Muestra 1	6,01
	Muestra 2	5,99
Toma 2	Muestra 1	5,99
	Muestra 2	5,97

Gráfica XXI: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del segundo mes.

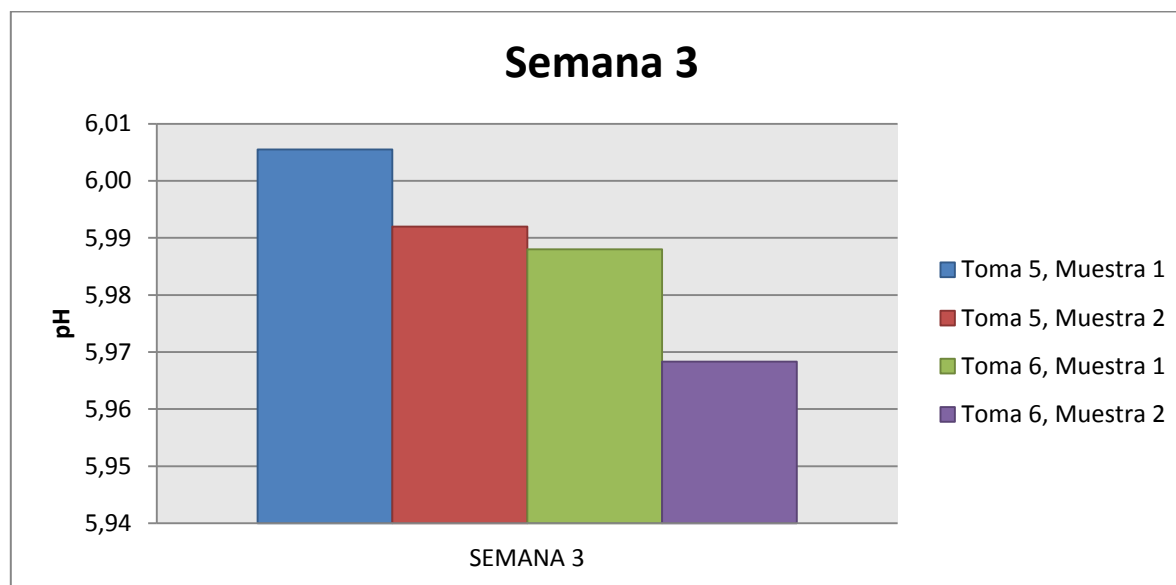


Tabla XXIX: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 3 del segundo mes.

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	5,99

Error típico	0,01
Mediana	5,99
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,02
Varianza de la muestra	0,0002
Curtosis	1,37
Coeficiente de asimetría	-0,58
Rango	0,04
Mínimo	5,97
Máximo	6,01
Nivel de confianza (95,0%)	0,02

Tabla XXX: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del segundo mes.

Media Semana 4		
Toma 1	Muestra 1	6,00
	Muestra 2	5,97
Toma 2	Muestra 1	6,03
	Muestra 2	6,03

Gráfica XXII: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del segundo mes.

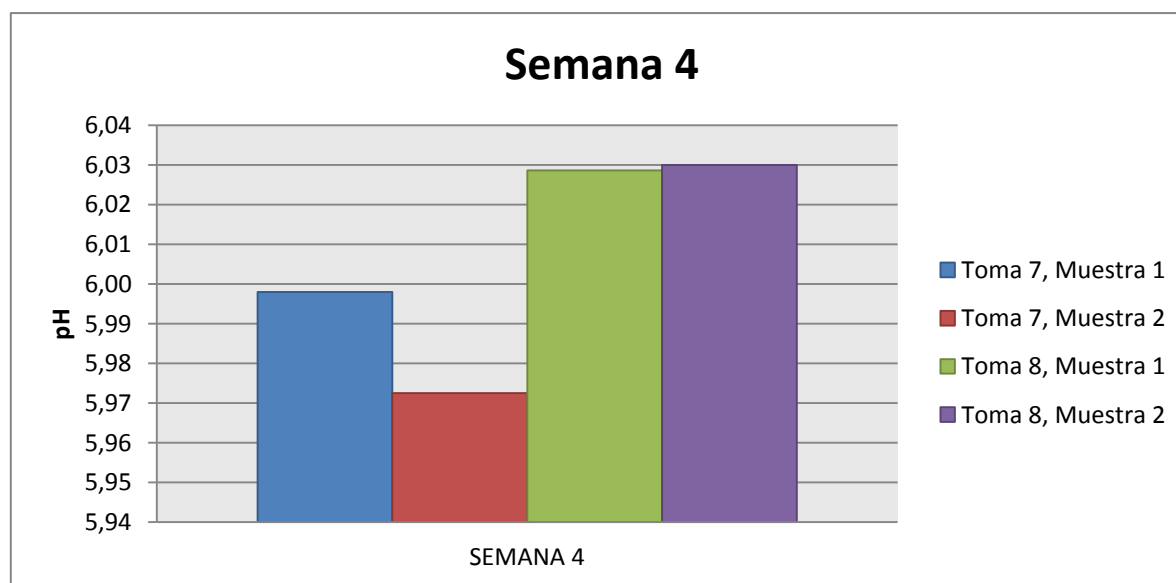


Tabla XXXI: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 4 del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,01
Error típico	0,01
Mediana	6,01
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,03
Varianza de la muestra	0,001
Curtosis	-2,15
Coeficiente de asimetría	-0,69
Rango	0,06
Mínimo	5,97
Máximo	6,03
Nivel de confianza (95,0%)	0,04

Tabla XXXII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph de segundo mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 1
1	5,79
2	5,98
3	6,16
4	6,06
5	6,30
6	6,04
7	5,96

Gráfica XXIII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph del segundo mes.

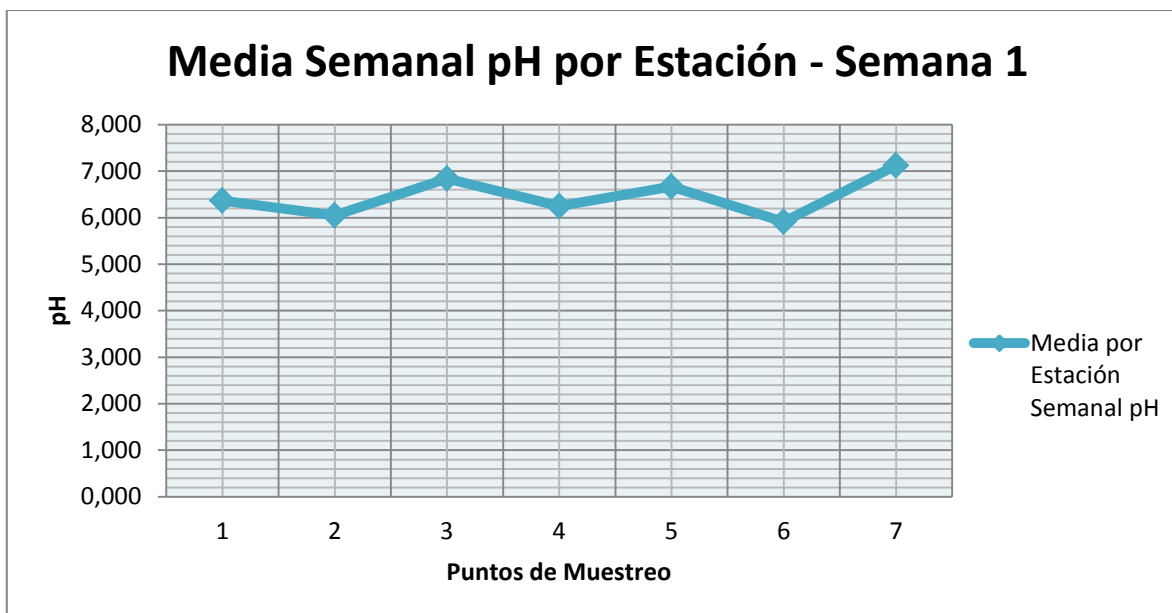


Tabla XXXIII: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de Ph del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,03
Error típico	0,06
Mediana	6,04
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,17
Varianza de la muestra	0,03
Curtosis	1,65
Coeficiente de asimetría	-0,07
Rango	0,58
Mínimo	5,74
Máximo	6,32
Nivel de confianza (95,0%)	0,16

Tabla XXXIV: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph de segundo mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 2
1	6,07
2	5,98

3	6,10
4	6,05
5	6,03
6	5,97
7	5,95

Gráfica XIV: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del segundo mes.

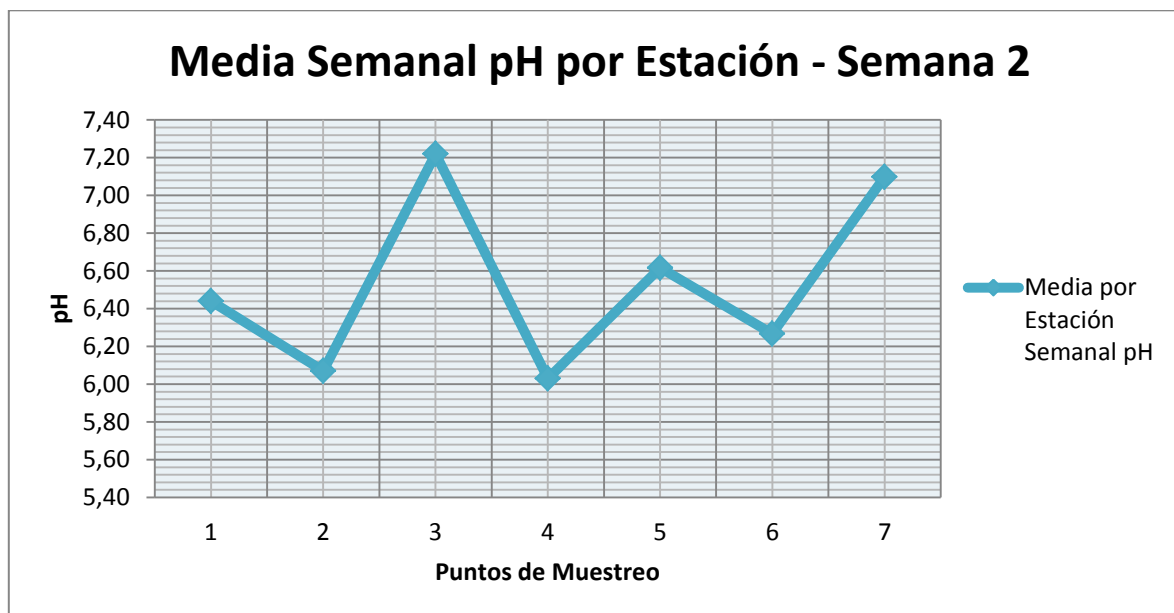


Tabla XXXV: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de Ph del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,01
Error típico	0,02
Mediana	6,01
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,05
Varianza de la muestra	0,003
Curtosis	-0,43
Coeficiente de asimetría	0,69
Rango	0,16
Mínimo	5,95
Máximo	6,11

Nivel de confianza (95,0%)	0,05
----------------------------	------

Tabla XXXVI: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph de segundo mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 3
1	5,90
2	6,00
3	6,22
4	5,91
5	5,98
6	5,95
7	6,05

Gráfica XV: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del segundo mes.

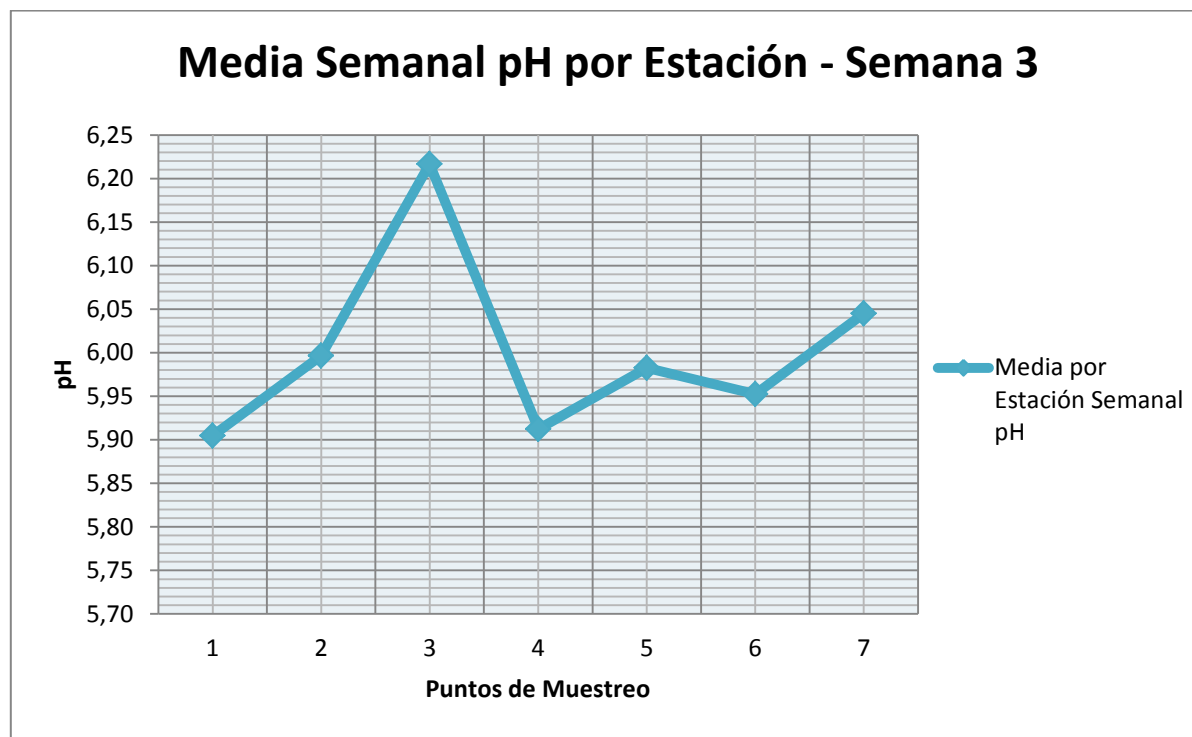


Tabla XXXVII: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de Ph del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,00
Error típico	0,03
Mediana	5,96
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,10
Varianza de la muestra	0,01
Curtosis	1,50
Coeficiente de asimetría	1,19
Rango	0,30
Mínimo	5,9
Máximo	6,20
Nivel de confianza (95,0%)	0,09

Tabla XXXVIII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph de segundo mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 4
1	5,99
2	6,08
3	6,03
4	6,03
5	5,98
6	6,02
7	5,99

Gráfica XVI: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del segundo mes.

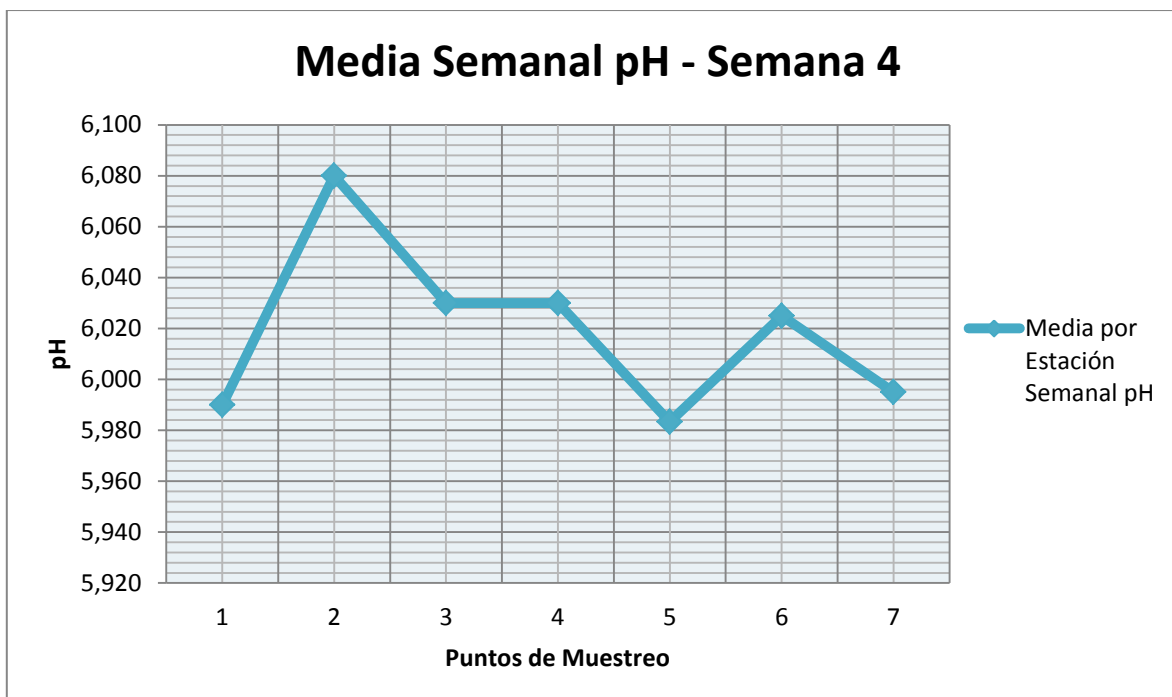


Tabla XXXIX: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de Ph del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	6,02
Error típico	0,01
Mediana	6,03
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,03
Varianza de la muestra	0,001
Curtosis	2,25
Coeficiente de asimetría	1,38
Rango	0,11
Mínimo	5,99
Máximo	6,10
Nivel de confianza (95,0%)	0,03

ANEXO A.7

Datos y Análisis de los Valores de Conductividad Específica

Tabla I: Estadística Descriptiva para la media semanal aritmética del primer mes.

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	103,56
Error típico	1,35
Mediana	104,35
Moda	#N/A
Desviación estándar	2,71
Varianza de la muestra	7,39
Curtosis	-0,23
Coeficiente de asimetría	-1,05
Rango	5,75
Mínimo	99,89
Máximo	105,64
Nivel de confianza (95,0%)	4,32

Tabla II: Estadística Descriptiva para media mensual aritmética del primer mes.

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	103,56
Error típico	1,09
Mediana	102,5
Moda	#N/A
Desviación estándar	2,89
Varianza de la muestra	8,39
Curtosis	-1,94
Coeficiente de asimetría	0,41
Rango	7,18
Mínimo	100,56
Máximo	107,75
Nivel de confianza (95,0%)	2,67

Tabla III: Estadística Descriptiva para la media semanal aritmética del segundo mes.

<i>Estadística Descriptiva</i>

Media	95,18
Error típico	1,12
Mediana	95,67
Moda	#N/A
Desviación estándar	2,25
Varianza de la muestra	5,09
Curtosis	0,77
Coeficiente de asimetría	-1,06
Rango	5,17
Mínimo	92,10
Máximo	97,28
Nivel de confianza (95,0%)	3,59

Tabla IV: Estadística Descriptiva para media mensual aritmética del segundo mes.

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	95,08
Error típico	0,89
Mediana	94,81
Moda	#N/A
Desviación estándar	2,35
Varianza de la muestra	5,55
Curtosis	-0,19
Coeficiente de asimetría	-0,17
Rango	7,12
Mínimo	91,37
Máximo	98,5
Nivel de confianza (95,0%)	2,17

Tabla V: Estadística Descriptiva de la media mensual aritmética de los dos meses.

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	99,32
Error típico	0,60
Mediana	98,93
Moda	#N/A
Desviación estándar	1,59
Varianza de la muestra	2,53
Curtosis	0,71

Coeficiente de asimetría	0,75
Rango	4,90
Mínimo	97,21
Máximo	102,12
Nivel de confianza (95,0%)	1,47

Tabla VI: Datos obtenidos del muestreo en campo de la medición de conductividad específica para el primer mes de muestreo.

Donde M es Muestra.

PUNTOS DE MUESTREO	MES 1															
	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4			
	Toma 1		Toma 2		Toma 3		Toma 4		Toma 5		Toma 6		Toma 7		Toma 8	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Punto 1		115	113	113	105	106			107	106	102	101	98	100		
Punto 2	102	100	104		108	108	105	103	99		100	100	97		95	96
Punto 3	103		104	106	109	110	111	113	110	109			103	104	98	100
Punto 4	102	101	100	98	96		102	102	105		101	99	100	100	99	
Punto 5	98	100	102	100	103	103	99		102	101	105	106	108		102	102
Punto 6	99	100	105		108		104	103	100		97		98	100	101	100
Punto 7	118	117			112	110	107	107	108	106	105	105	102		98	

Tabla VI: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del primer mes.

Media Semana 1		
Toma 1	Muestra 1	103,67
	Muestra 2	105,50
Toma 2	Muestra 1	104,67
	Muestra 2	104,25

Gráfica I: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del primer mes.

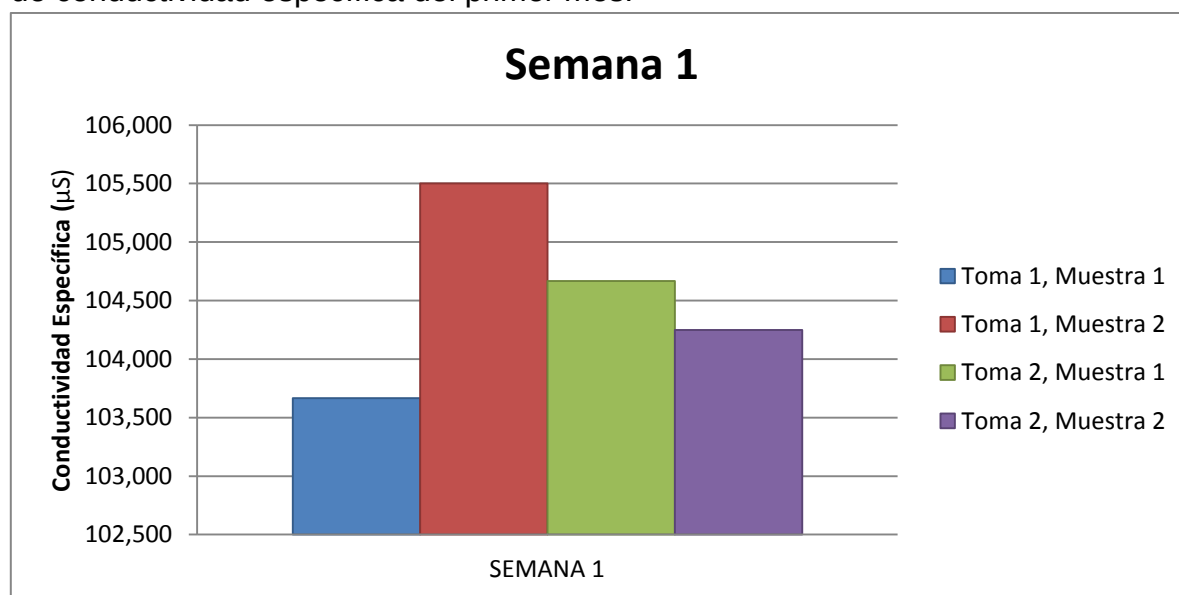


Tabla VII: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 1 del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	104,52
Error típico	0,38
Mediana	104,45
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,77
Varianza de la muestra	0,59
Curtosis	0,25
Coeficiente de asimetría	0,43
Rango	1,83
Mínimo	103,66

Máximo	105,5
Nivel de confianza (95,0%)	1,22

Tabla IX: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del primer mes.

Media Semana 2		
Toma 1	Muestra 1	105,86
	Muestra 2	107,40
Toma 2	Muestra 1	104,67
	Muestra 2	105,60

Gráfica II: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del primer mes.

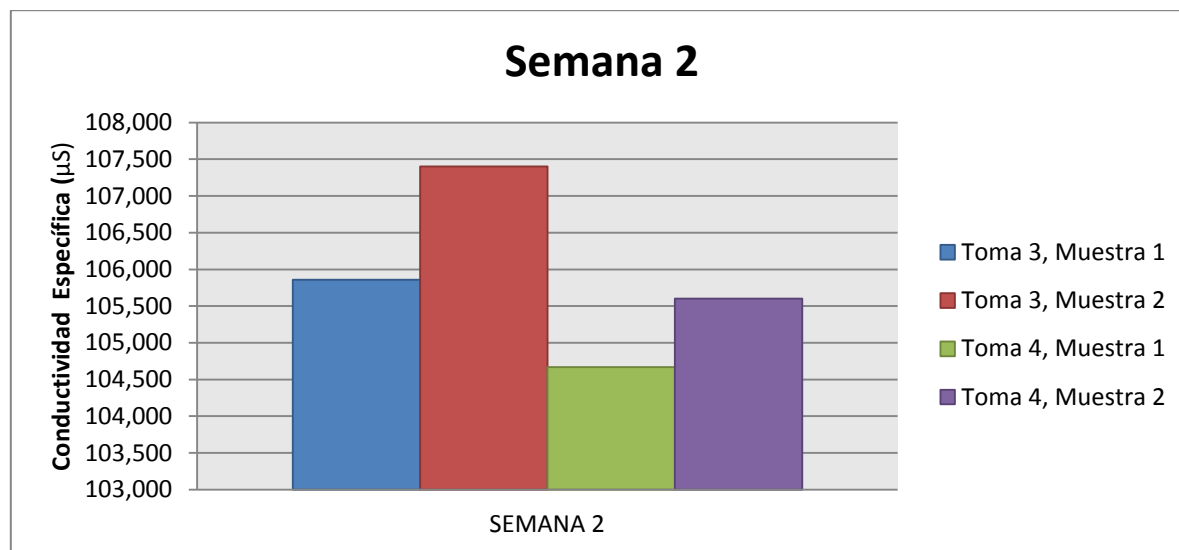


Tabla X: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 2 del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	105,88
Error típico	0,56
Mediana	105,72
Moda	#N/A
Desviación estándar	1,13
Varianza de la muestra	1,28
Curtosis	1,59

Coeficiente de asimetría	0,77
Rango	2,73
Mínimo	104,66
Máximo	107,4
Nivel de confianza (95,0%)	1,80

Tabla XI: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del primer mes.

Media Semana 3		
Toma 1	Muestra 1	104,43
	Muestra 2	105,50
Toma 2	Muestra 1	101,67
	Muestra 2	102,20

Gráfica III: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del primer mes.

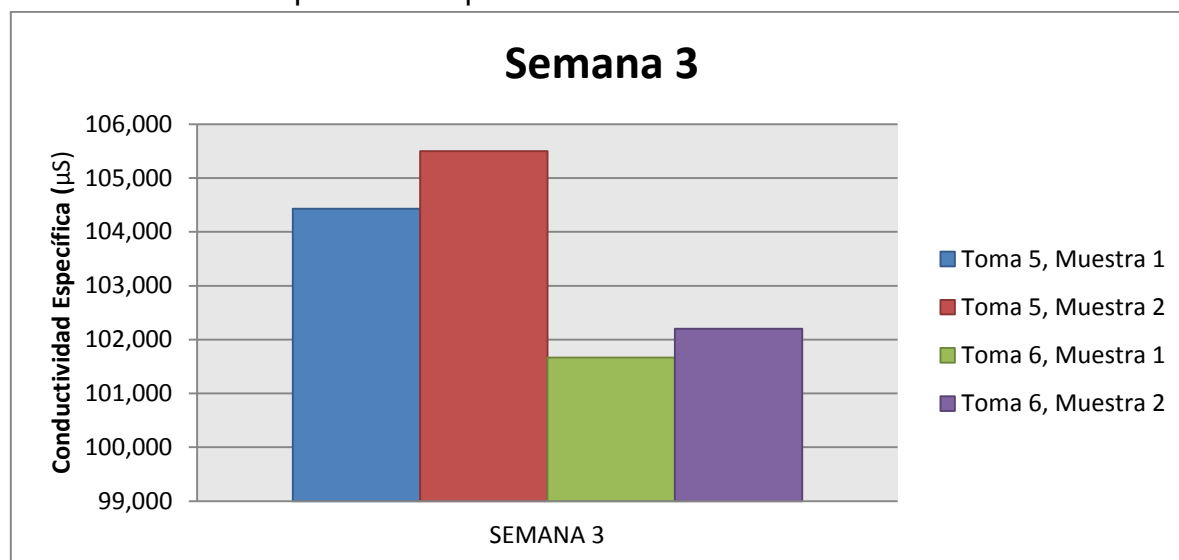


Tabla XII: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 3 del primer mes.

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	103,44
Error típico	0,90
Mediana	103,31
Moda	#N/A
Desviación estándar	1,81

Varianza de la muestra	3,30
Curtosis	-3,97
Coefficiente de asimetría	0,21
Rango	3,83
Mínimo	101,66
Máximo	105,5
Nivel de confianza (95,0%)	2,89

Tabla XIII: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del primer mes.

Media Semana 4		
Toma 1	Muestra 1	100,86
	Muestra 2	101,00
Toma 2	Muestra 1	98,83
	Muestra 2	99,50

Gráfica IV: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del primer mes.

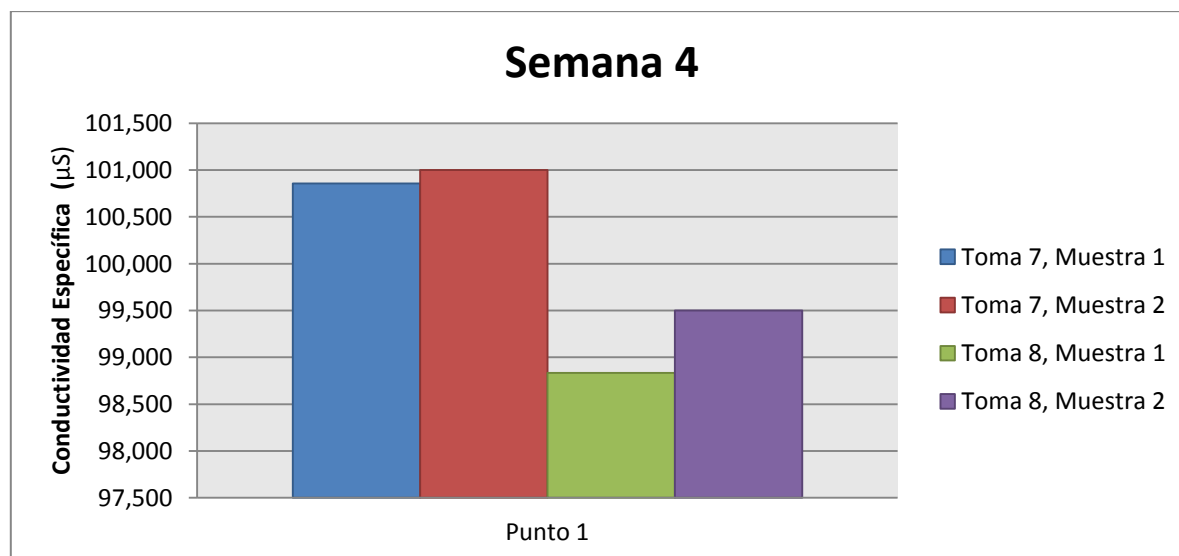


Tabla XIV: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 4 del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	100,04
Error típico	0,52
Mediana	100,17

Moda	#N/A
Desviación estándar	1,05
Varianza de la muestra	1,11
Curtosis	-4,02
Coeficiente de asimetría	-0,31
Rango	2,16
Mínimo	98,83
Máximo	101
Nivel de confianza (95,0%)	1,67

Tabla XV: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del primer mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 1
1	113,66
2	102,00
3	104,33
4	100,25
5	100,00
6	101,33
7	117,50

Gráfica V: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del primer mes.

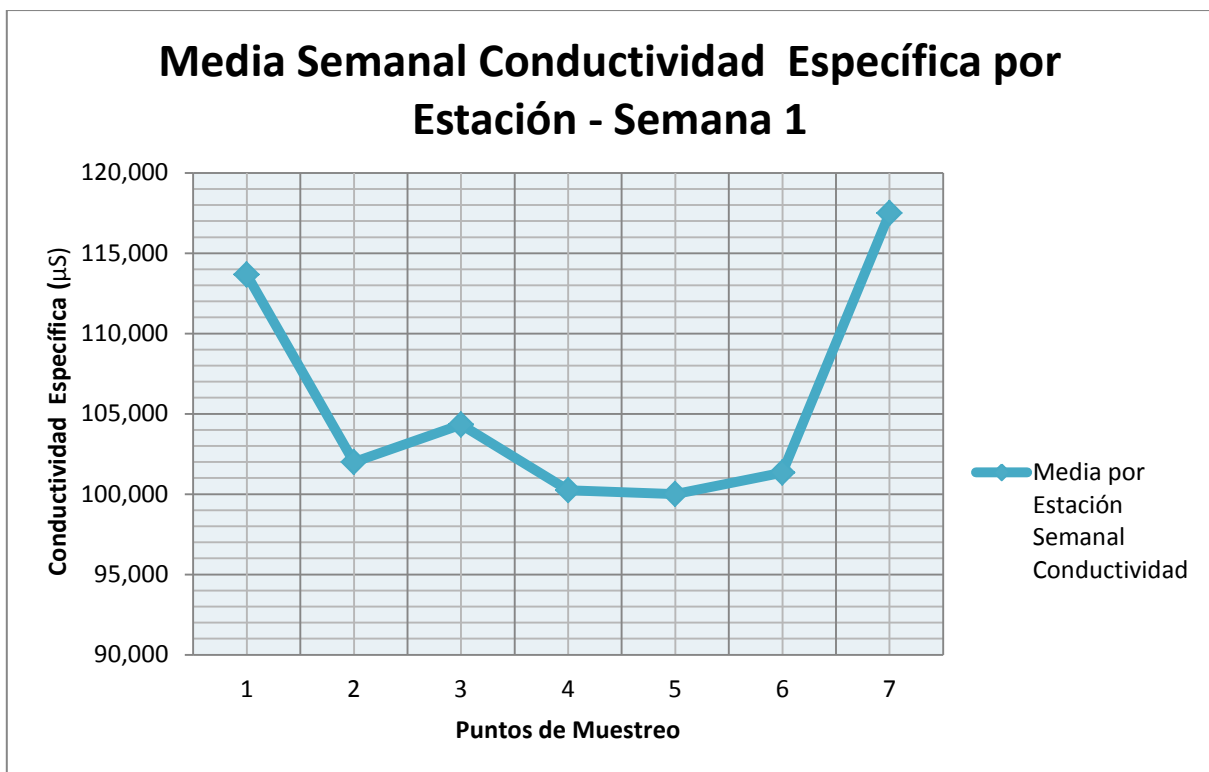


Tabla XVI: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	105,64
Error típico	2,55
Mediana	102,5
Moda	#N/A
Desviación estándar	6,75
Varianza de la muestra	45,62
Curtosis	-0,71
Coeficiente de asimetría	1,09
Rango	16,5
Mínimo	100
Máximo	116,5
Nivel de confianza (95,0%)	6,24

Tabla XVII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del primer mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 2
1	105,50
2	106,00
3	110,75
4	100,00
5	101,66
6	105,00
7	109,00

Gráfica VI: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del primer mes.

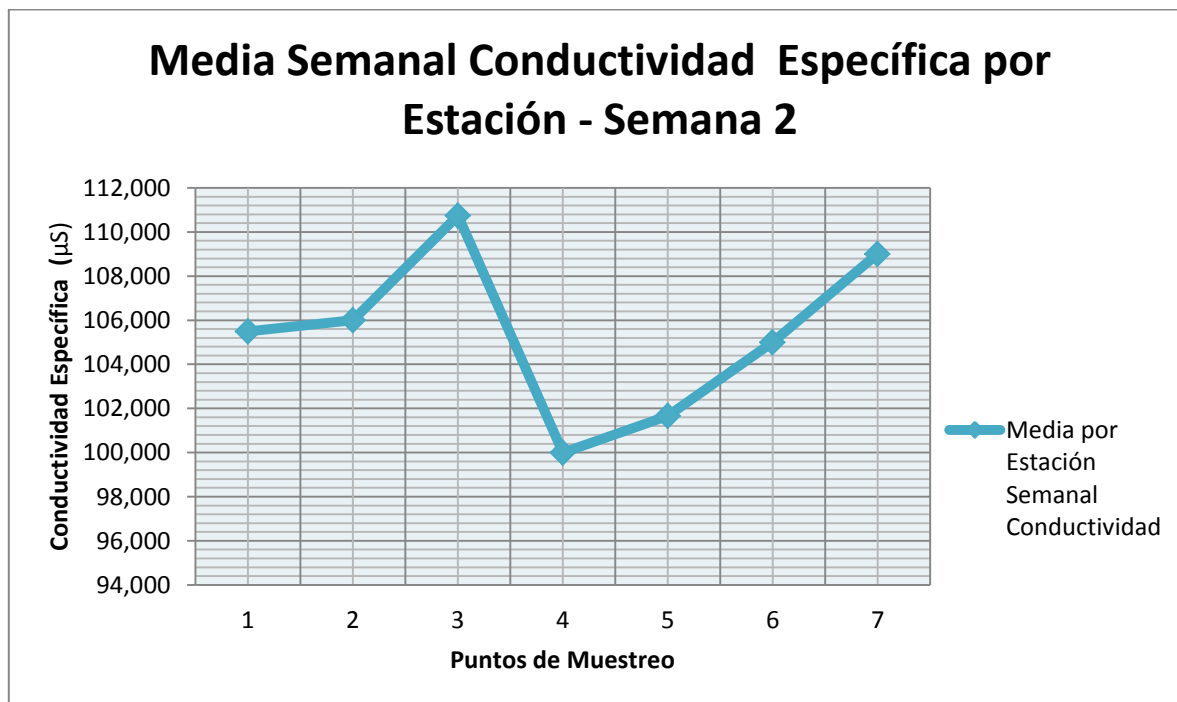


Tabla XVIII: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	105,60
Error típico	1,50
Mediana	106
Moda	#N/A
Desviación estándar	3,98

Varianza de la muestra	15,85
Curtosis	-0,72
Coefficiente de asimetría	-0,43
Rango	11,25
Mínimo	99,5
Máximo	110,75
Nivel de confianza (95,0%)	3,68

Tabla XIX: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del primer mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 3
1	104,00
2	99,66
3	109,50
4	101,66
5	103,50
6	98,50
7	106,00

Gráfica VII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del primer mes.

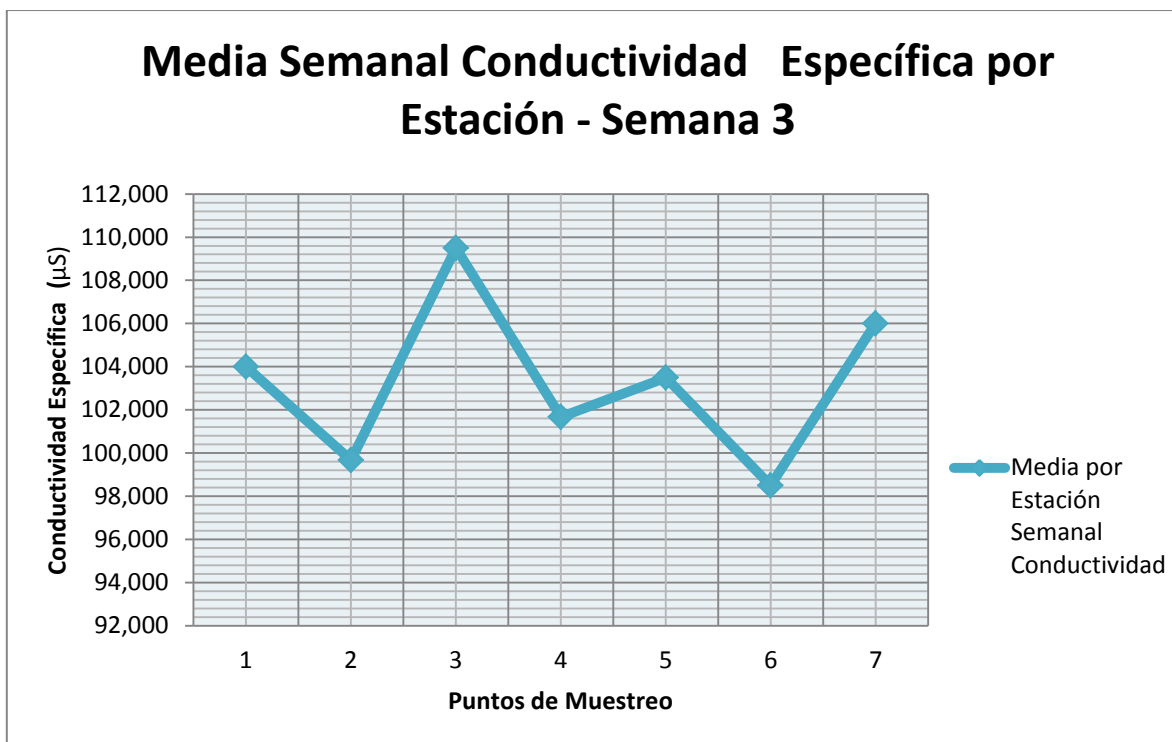


Tabla XX: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	103,10
Error típico	1,33
Mediana	103,5
Moda	#N/A
Desviación estándar	3,54
Varianza de la muestra	12,53
Curtosis	-0,59
Coeficiente de asimetría	-0,10
Rango	10,25
Mínimo	98
Máximo	108,25
Nivel de confianza (95,0%)	3,27

Tabla XXI: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del primer mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 4
1	99,00
2	96,00
3	101,25
4	99,66
5	104,00
6	99,75
7	100,00

Gráfica VIII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del primer mes.

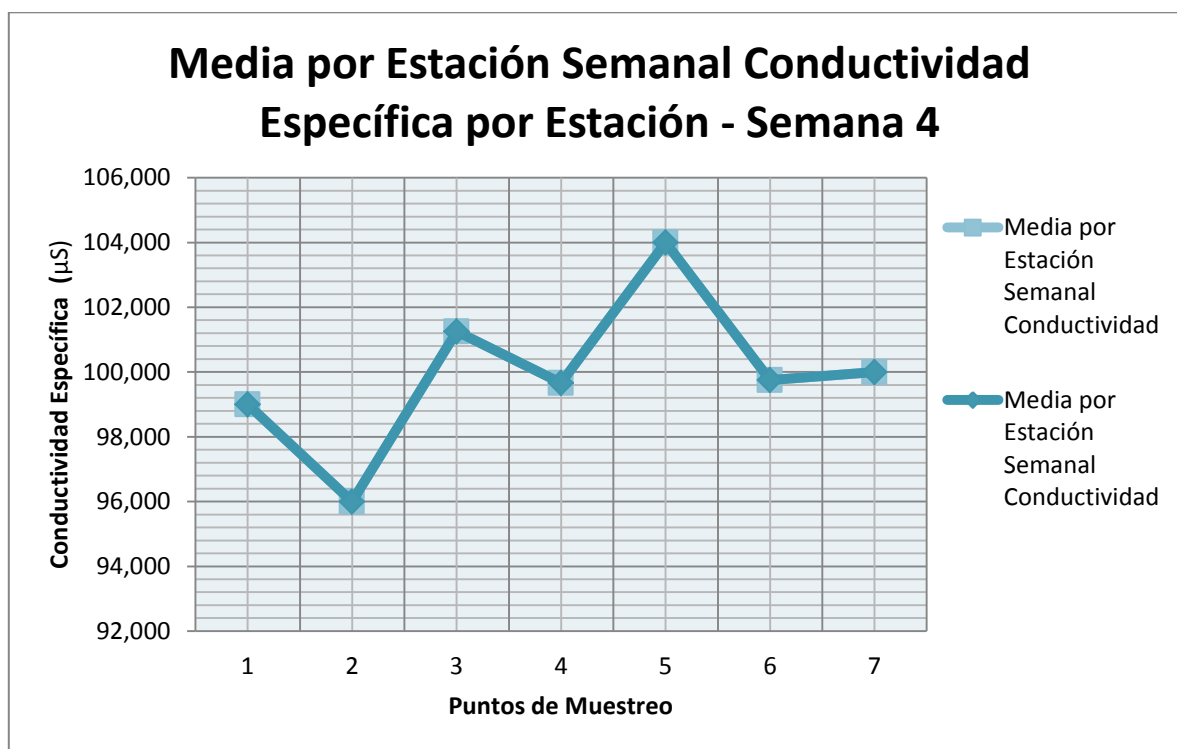


Tabla XXII: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del primer mes.

Estadística Descriptiva	
Media	99,89
Error típico	1,05
Mediana	99,75

Moda	#N/A
Desviación estándar	2,80
Varianza de la muestra	7,85
Curtosis	1,35
Coeficiente de asimetría	0,78
Rango	8,75
Mínimo	96,25
Máximo	105
Nivel de confianza (95,0%)	2,59

Tabla XXIII: Datos obtenidos del muestreo en campo de la medición de conductividad específica para el segundo mes de muestreo.

PUNTOS DE MUESTREO	MES 2															
	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4			
	Toma 1		Toma 2		Toma 3		Toma 4		Toma 5		Toma 6		Toma 7		Toma 8	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Punto 1			94	93	93	93	90	91	89	89	87	87	89	90	91	92
Punto 2	97	96	98		97		96	96		93	90	89			90	
Punto 3	100		97	95		94	95	96	97	96			93		90	
Punto 4	98	98	101		99	98			99	99		99	97	97	96	95
Punto 5	100		97	97	98		96	95	92		93	91	90	90	91	89
Punto 6	97	99	99	98	100	100	98	97	95	96	96	96			93	
Punto 7			96		95	96	98	98	100		99	100	97	95	92	93

Donde M es Muestra.

Tabla XXIV: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del segundo mes.

Media Semana 1		
Toma 1	Muestra 1	98,40
	Muestra 2	97,66
Toma 2	Muestra 1	97,42
	Muestra 2	95,75

Gráfica IX: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del segundo mes.

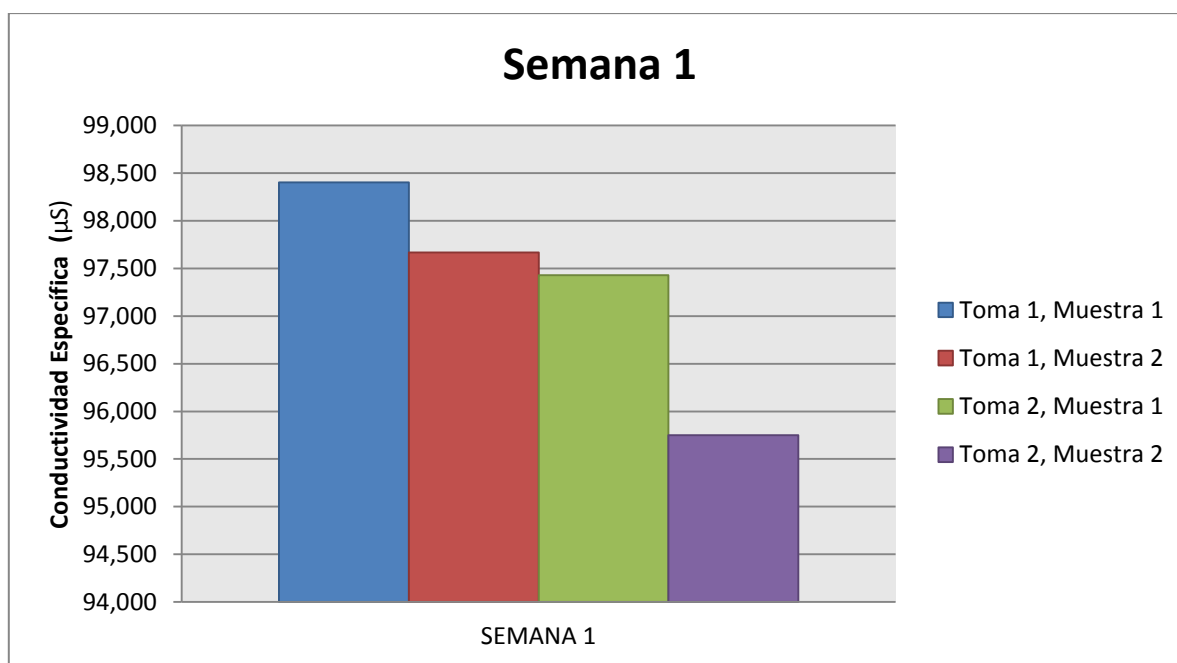


Tabla XXV: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	97,31
Error típico	0,55
Mediana	97,54
Moda	#N/A
Desviación estándar	1,11
Varianza de la muestra	1,25
Curtosis	2,10
Coefficiente de asimetría	-1,17
Rango	2,65

Mínimo	95,75
Máximo	98,4
Nivel de confianza (95,0%)	1,78

Tabla XXVI: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del segundo mes.

Media Semana 2		
Toma 1	Muestra 1	97,00
	Muestra 2	96,20
Toma 2	Muestra 1	95,50
	Muestra 2	95,50

Gráfica X: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del segundo mes.

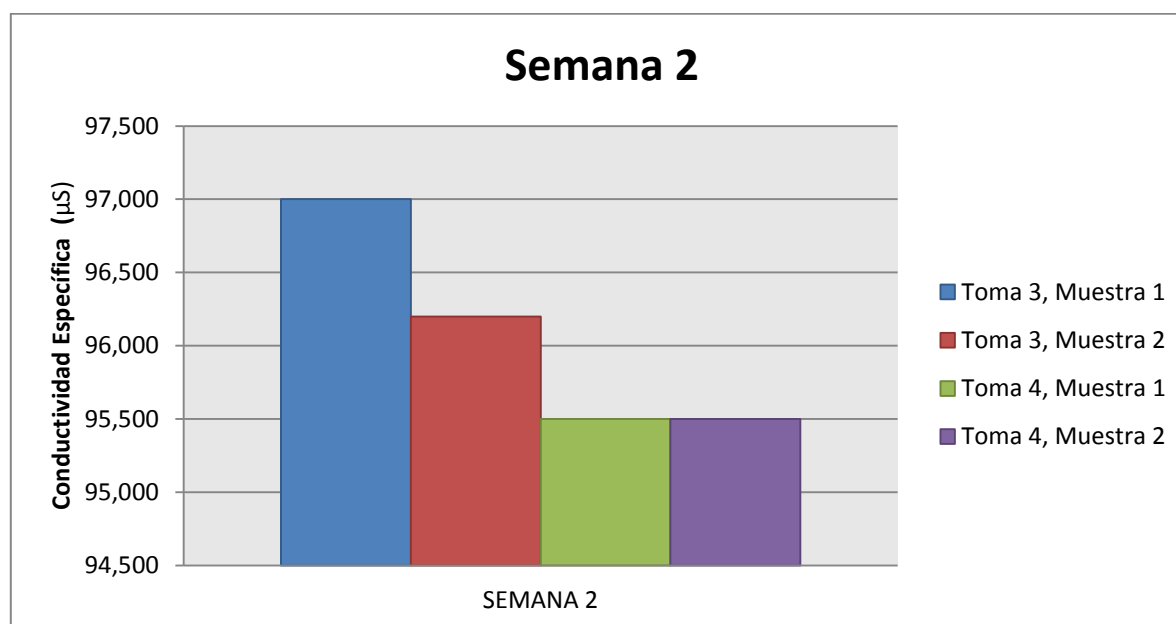


Tabla XXVII: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 2 del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	96,05
Error típico	0,35
Mediana	95,85
Moda	95,5
Desviación estándar	0,71

Varianza de la muestra	0,51
Curtosis	-0,70
Coefficiente de asimetría	0,96
Rango	1,5
Mínimo	95,5
Máximo	97
Nivel de confianza (95,0%)	1,13

Tabla XXVIII: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del segundo mes.

Media Semana 3		
Toma 1	Muestra 1	95,33
	Muestra 2	94,60
Toma 2	Muestra 1	93,00
	Muestra 2	93,66

Gráfica XI: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del segundo mes.

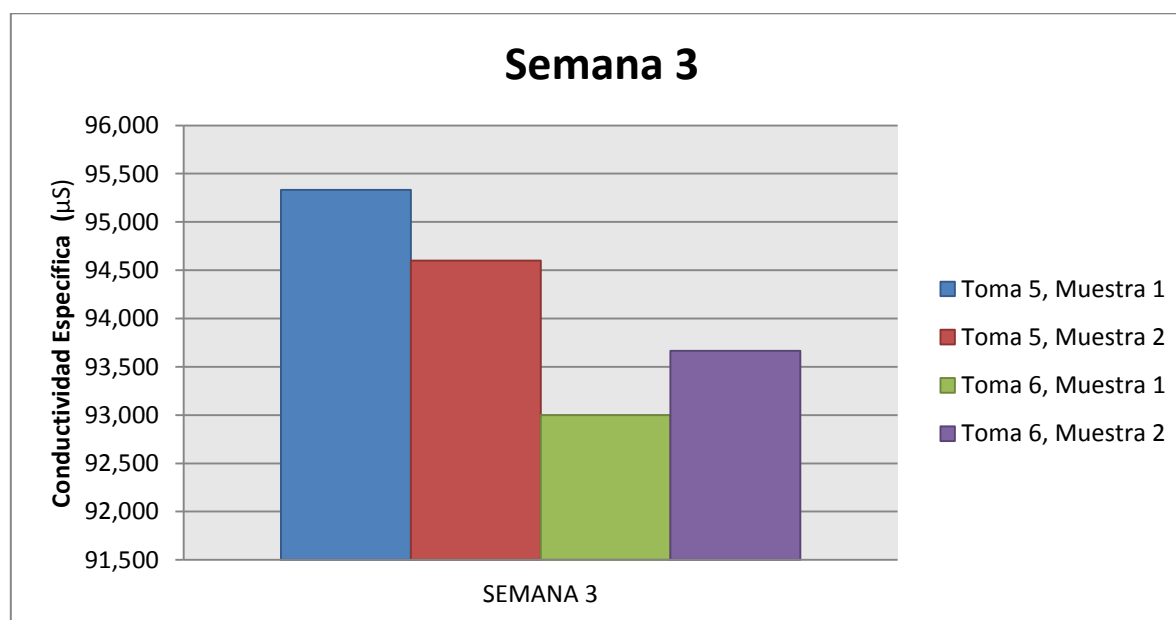


Tabla XXIX: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 3 del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	94,15

Error típico	0,51
Mediana	94,13
Moda	#N/A
Desviación estándar	1,02
Varianza de la muestra	1,05
Curtosis	-2,05
Coeficiente de asimetría	0,07
Rango	2,33
Mínimo	93
Máximo	95,33
Nivel de confianza (95,0%)	1,63

Tabla XXX: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del segundo mes.

Media Semana 4		
Toma 1	Muestra 1	93,20
	Muestra 2	93,00
Toma 2	Muestra 1	91,85
	Muestra 2	92,25

Gráfica XII: Datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del segundo mes.

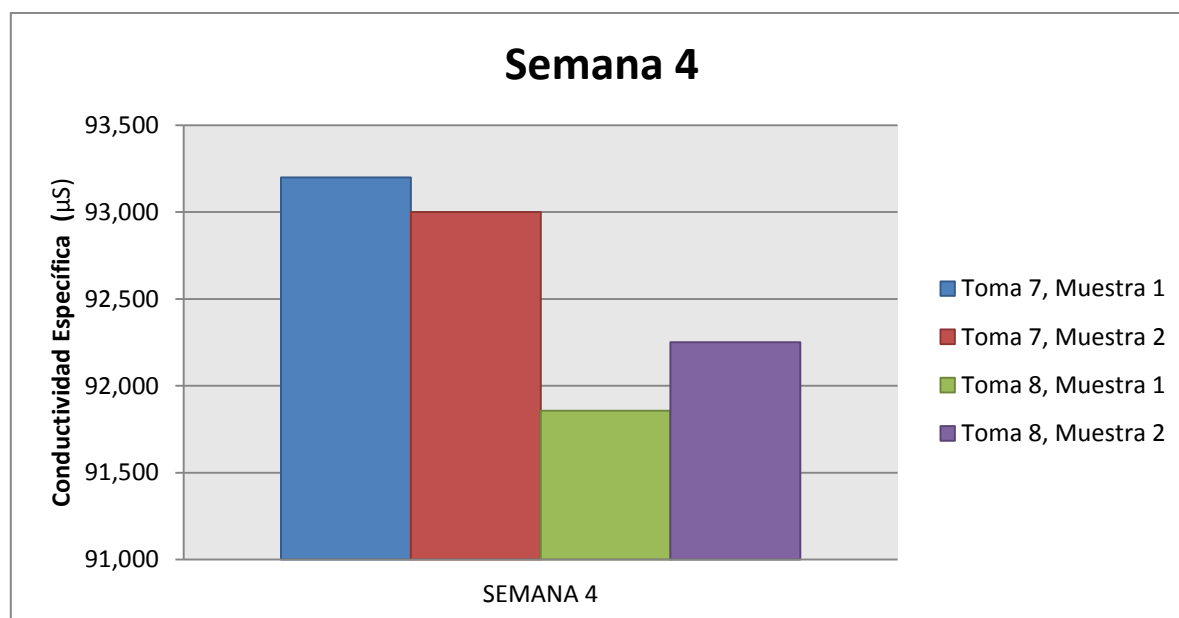


Tabla XXXI: Estadística Descriptiva de los datos obtenidos en campo para la semana 4 del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	92,571
Error típico	0,31
Mediana	92,62
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,63
Varianza de la muestra	0,39
Curtosis	-3,73
Coeficiente de asimetría	-0,23
Rango	1,34
Mínimo	91,85
Máximo	93,2
Nivel de confianza (95,0%)	1,00

Tabla XXXII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica de segundo mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 1
1	93,50
2	97,00
3	97,33
4	99,00
5	98,00
6	98,25
7	96,00

Gráfica XII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del segundo mes.

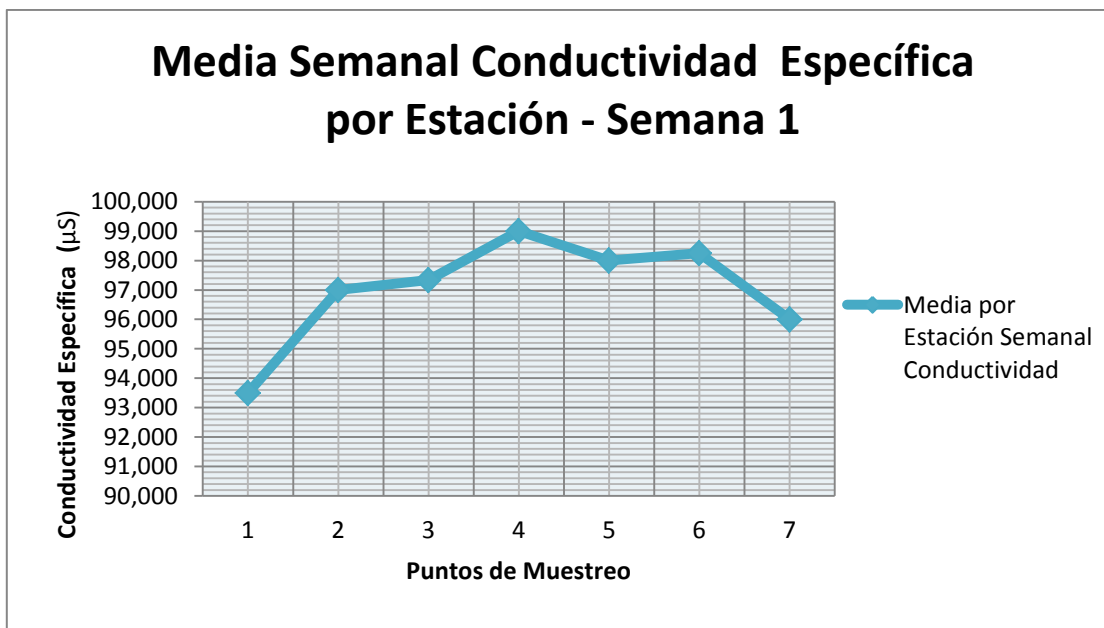


Tabla XXXIII: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 1 de conductividad específica del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	97,28
Error típico	0,61
Mediana	97,5
Moda	#N/A
Desviación estándar	1,61
Varianza de la muestra	2,61
Curtosis	-1,13
Coeficiente de asimetría	-0,55
Rango	4,25
Mínimo	95
Máximo	99,25
Nivel de confianza (95,0%)	1,49

Tabla XXXIV: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica de segundo mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 2

1	91,75
2	96,33
3	95,00
4	98,50
5	96,33
6	98,75
7	96,75

Gráfica XIII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del segundo mes.

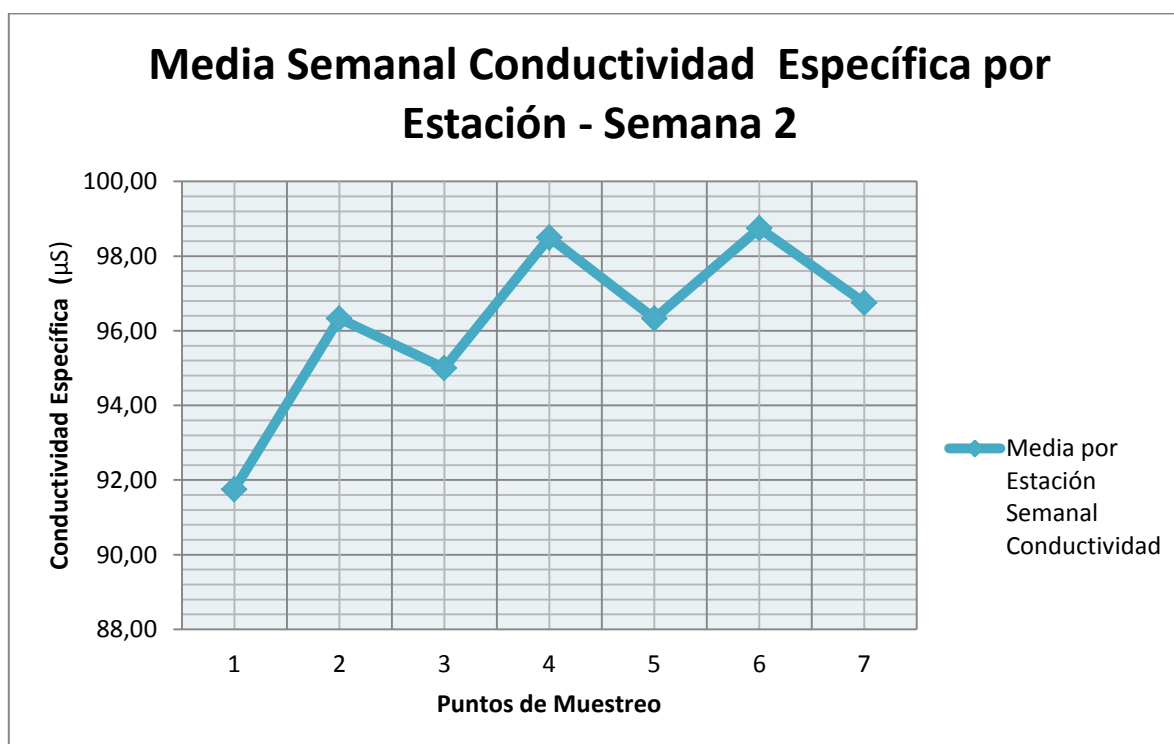


Tabla XXXV: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 2 de conductividad específica del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	96,35
Error típico	0,95
Mediana	96,75
Moda	#N/A
Desviación estándar	2,53

Varianza de la muestra	6,41
Curtosis	0,95
Coefficiente de asimetría	-0,91
Rango	7,5
Mínimo	91,75
Máximo	99,25
Nivel de confianza (95,0%)	2,34

Tabla XXXVI: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica de segundo mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 3
1	88,00
2	90,67
3	96,50
4	99,00
5	92,00
6	95,75
7	99,67

Gráfica XIV: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del segundo mes.

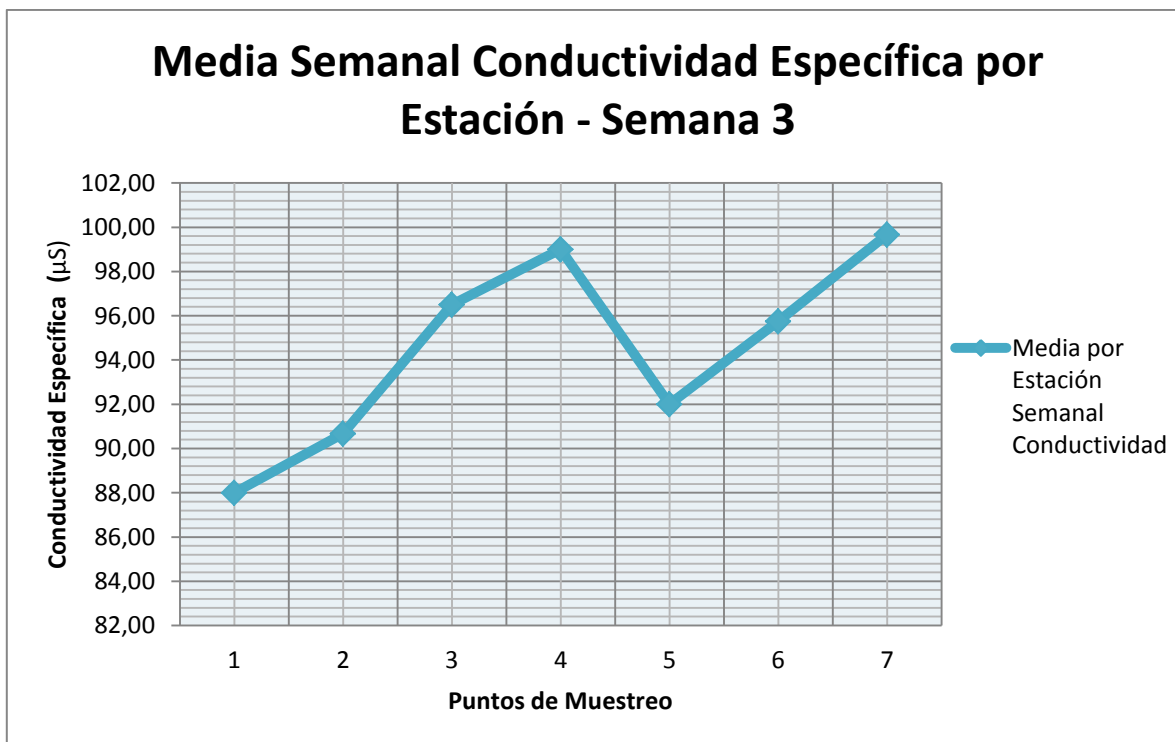


Tabla XXXVII: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 3 de conductividad específica del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	94,57
Error típico	1,65
Mediana	95,75
Moda	95,75
Desviación estándar	4,37
Varianza de la muestra	19,16
Curtosis	-1,10
Coeficiente de asimetría	-0,19
Rango	12
Mínimo	88
Máximo	100
Nivel de confianza (95,0%)	4,04

Tabla XXXVIII: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica de segundo mes.

MEDIA SEMANAL	
Punto de Muestreo	Promedio Semana 4
1	90,50
2	90,00
3	91,50
4	96,25
5	90,00
6	93,00
7	94,25

Gráfica XV: Media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del segundo mes.

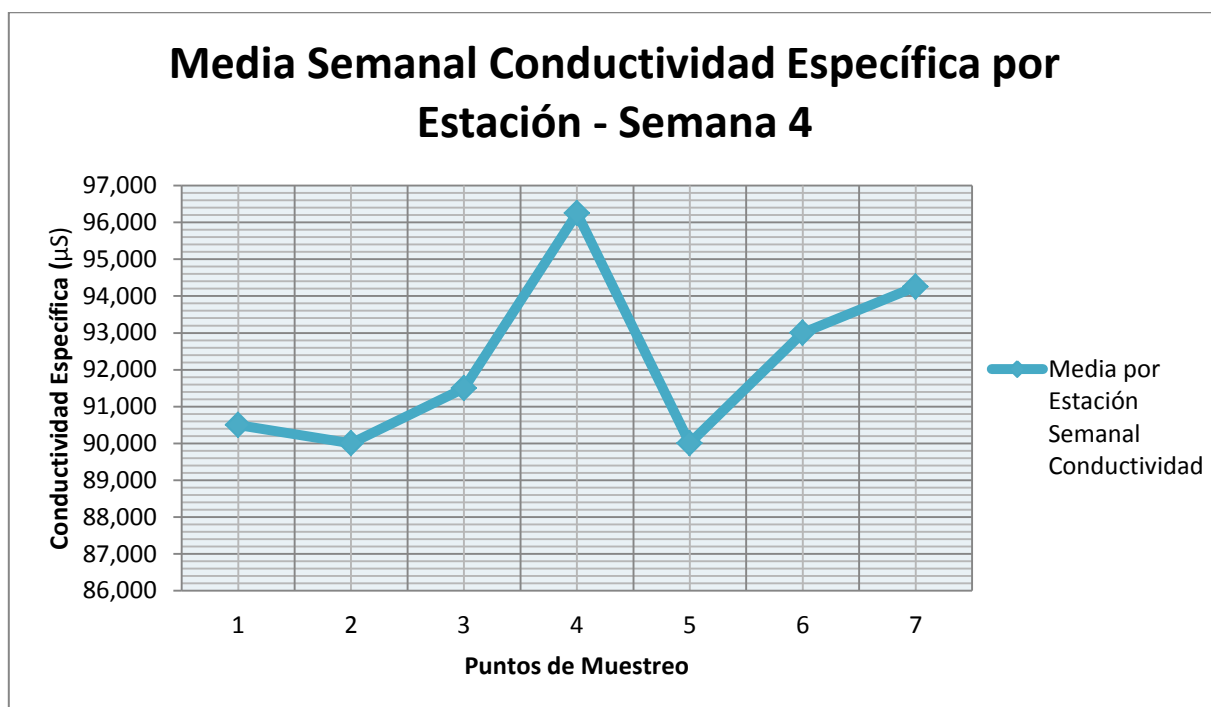


Tabla XXXIX: Estadística Descriptiva de los datos de media semanal aritmética de los datos obtenidos en campo de las muestras tomadas para la semana 4 de conductividad específica del segundo mes.

Estadística Descriptiva	
Media	92,10
Error típico	1,01
Mediana	91,25
Moda	#N/A

Desviación estándar	2,69
Varianza de la muestra	7,24
Curtosis	-1,16
Coeficiente de asimetría	0,39
Rango	7,5
Mínimo	88,75
Máximo	96,25
Nivel de confianza (95,0%)	2,48

ANEXO B

LÍQUENES

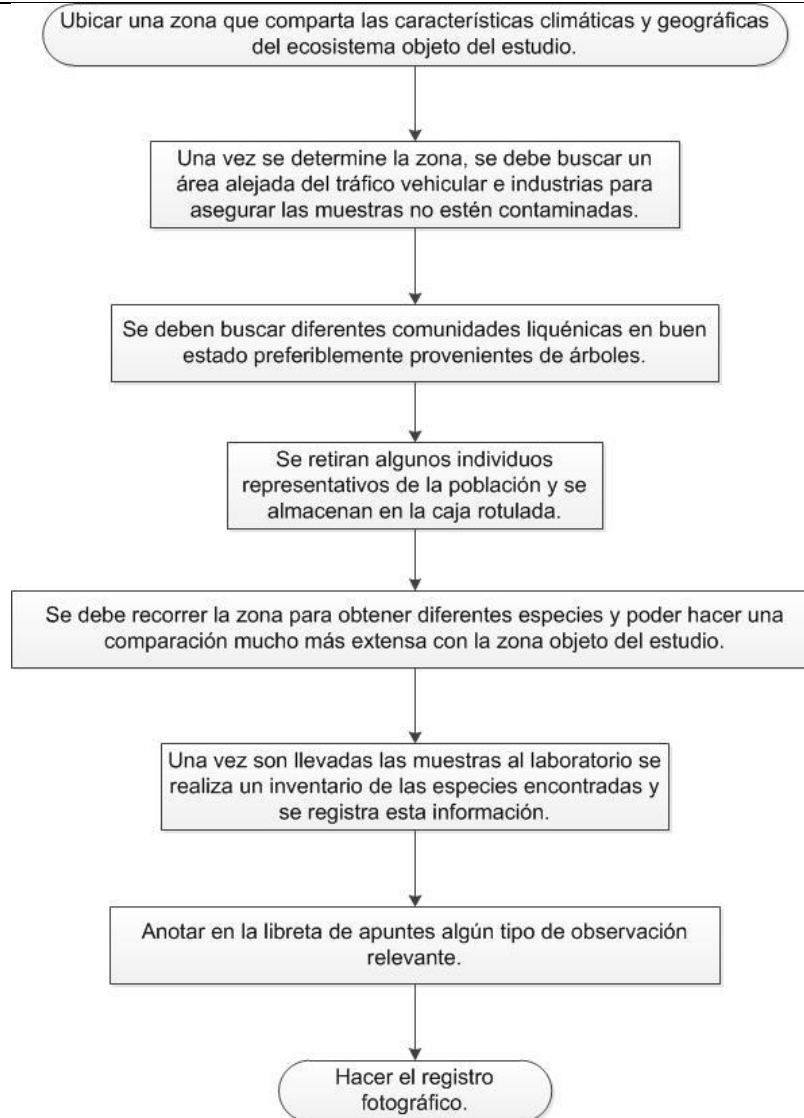
ANEXO B.1

PROTOCOLO DE RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

PROTOCOLO 3	Página 1 de 2
1. DEFINICIÓN	
La recolección de las muestras es una de las actividades de mayor importancia del muestreo, una adecuada forma de llevarla a cabo y asegurar una correcta recopilación de datos depende en gran parte de la eficiencia del estudio y la utilidad de la información que de ella se derive.	
2. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS	
Condiciones ambientales de las comunidades liquénicas ubicadas en los sitios elegidos para la recolección de muestras blanco; se debe tener en cuenta el estado de las unidades y determinar si se encuentran en buen estado.	
3. PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	
Las muestras deben ser recogidas en cajas de cartón rotuladas para evitar se pierda la humedad, estas deben separarse por sus características morfológicas. Se debe asegurar que reciban buena cantidad de radiación pero no deben tener contacto con el agua.	
4. EQUIPOS	
Cámara fotográfica.	
5. MATERIALES	
- Bisturí. - Cajas de cartón. - Marcador.	
6. PROCEDIMIENTO	
- Se debe ubicar una zona que comparta las características climáticas y geográficas del ecosistema objeto del estudio. - Una vez se determine la zona, se debe buscar un área alejada del tráfico vehicular e industrias para asegurar las muestras no estén contaminadas. - Se deben buscar diferentes comunidades liquénicas en buen estado preferiblemente provenientes de árboles. - Se retiran algunos individuos representativos de la población y se almacenan en la caja rotulada. - Se debe recorrer la zona para obtener diferentes especies y poder hacer una comparación mucho más extensa con la zona objeto del estudio. - Una vez son llevadas las muestras al laboratorio se realiza un inventario de las especies encontradas y se registra esta información. - Anotar en la libreta de apuntes algún tipo de observación relevante. - Hacer el registro fotográfico.	
7. ASEGURAMIENTO DE LA PRECISIÓN DE LOS DATOS	
Las zonas de referencia deben ser seleccionadas previamente al muestreo.	
8. TIEMPO DE ANÁLISIS	

25 Minutos aproximadamente

9. DIAGRAMA DE FLUJO



ANEXO B.2

Metodología LDV - IPA











ANEXO B.3

Tablas Valores LDV Iniciales y Finales

	TABLA 2A		Cálculo LDV Cuadrante 1, Árbol 1				TABLA 2B		Cálculo LDV Cuadrante 1, Árbol 2	
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1		2		5		1		2		
2	6			2		2				
3						3				
4	11	3		8		4				
5						5	5	9	9	
6						6				
7	15	16		16		7	6	1	1	24
8						8				
Suma Frecuencias	32	21	0	31		Suma Frecuencias	11	12	10	24
	TABLA 2C		Cálculo LDV Cuadrante 1, Árbol 3				TABLA 2D		Cálculo LDV Cuadrante 1, Árbol 4	
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4	4	3	1			4		1		5
5		8	6	1		5	7		6	
6						6				
7	7	4	1	2		7	2			
8						8				
Suma Frecuencias	11	15	8	3	187	Suma Frecuencias	9	1	6	5

	TABLA 3A						TABLA 3B			
	Cálculo LDV Cuadrante 2, Árbol 1						Cálculo LDV Cuadrante 2, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2	11		4	
3						3				
4						4				
5						5				
6						6				
7						7				
8	3	16	17	12		8	1		3	
Suma Frecuencias	3	16	17	12		Suma Frecuencias	12	0	7	0
	TABLA 3C						TABLA 3D			
	Cálculo LDV Cuadrante 2, Árbol 3						Cálculo LDV Cuadrante 2, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2				5		2				
3						3				
4						4				
5						5				
6						6				
7						7				
8			1			8	2			2
Suma Frecuencias	0	0	1	5		Suma Frecuencias	2	0	0	2

	TABLA 4A						TABLA 4B			
	Cálculo LDV Cuadrante 3, Árbol 1						Cálculo LDV Cuadrante 3, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3		1				3				
4						4				
5						5				
6						6				
7						7				
8		3	6	4		8		2		
Suma Frecuencias	0	4	6	4		Suma Frecuencias	0	2	0	0
	TABLA 4C						TABLA 4D			
	Cálculo LDV Cuadrante 3, Árbol 3						Cálculo LDV Cuadrante 3, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2	2		1	2		2		3		
3						3				
4						4				
5						5				
6						6				
7						7				
8						8				
Suma Frecuencias	2	0	1	2	189	Suma Frecuencias	0	3	0	0

	TABLA 5A		Cálculo LDV Cuadrante 4, Árbol 1				TABLA 5B		Cálculo LDV Cuadrante 4, Árbol 2	
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4	1			1		4				
5						5				
6						6				
7						7				
8						8	2			
Suma Frecuencias	1	0	0	1		Suma Frecuencias	2	0	0	0

	TABLA 5C		Cálculo LDV Cuadrante 4, Árbol 3				TABLA 5D		Cálculo LDV Cuadrante 4, Árbol 4	
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4		1		1		4		1		
5						5				
6						6				
7						7				
8						8			1	
Suma Frecuencias	0	1	0	1	190	Suma Frecuencias	0	1	1	0

	TABLA 6A		Cálculo LDV Cuadrante 5, Árbol 1				TABLA 6B		Cálculo LDV Cuadrante 5, Árbol 2	
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4						4	2	2		1
5						5	4	2		
6						6				
7						7		1		1
8						8				
Suma Frecuencias	0	0	0	0		Suma Frecuencias	6	5	0	2
	TABLA 6C		Cálculo LDV Cuadrante 5, Árbol 3				TABLA 6D		Cálculo LDV Cuadrante 5, Árbol 4	
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4						4				
5						5				
6						6				
7						7				1
8						8				
Suma Frecuencias	0	0	0	0	191	Suma Frecuencias	0	0	0	1

DFSFS

	TABLA 7A	Cálculo LDV Cuadrante 6, Árbol 1					TABLA 7B	Cálculo LDV Cuadrante 6, Árbol 2		
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2			5			2				
3						3				
4						4				
5						5				1
6						6				
7						7				
8						8				
Suma Frecuencias	0	0	5	0		Suma Frecuencias	0	0	0	1
	TABLA 7C	Cálculo LDV Cuadrante 6, Árbol 3					TABLA 7D	Cálculo LDV Cuadrante 6, Árbol 4		
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4						4				
5						5				
6						6				
7						7				
8						8				
Suma Frecuencias	0	0	0	0	192	Suma Frecuencias	0	0	0	0

	TABLA 8A						TABLA 8B			
	Cálculo LDV Cuadrante 7, Árbol 1						Cálculo LDV Cuadrante 7, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4						4		1		1
5						5				
6						6				
7						7				
8				3		8				
Suma Frecuencias	0	0	0	3		Suma Frecuencias	0	1	0	1
	TABLA 8C						TABLA 8D			
	Cálculo LDV Cuadrante 7, Árbol 3						Cálculo LDV Cuadrante 7, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4	1					4		2		
5						5				
6						6				
7						7				
8						8				
Suma Frecuencias	1	0	0	0	193	Suma Frecuencias	0	2	0	0

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	32	21	0	31
Árbol 2	11	12	10	24
Árbol 3	11	15	8	3
Árbol 4	9	1	6	5
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0

MSF	15,75	12,25	6	15,75
-----	-------	-------	---	-------

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	3	16	17	12
Árbol 2	12	0	7	0
Árbol 3	0	0	1	5
Árbol 4	2	0	0	2
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0

MSF	4,25	4	6,25	4,75
-----	------	---	------	------

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	0	4	6	4
Árbol 2	0	2	0	0
Árbol 3	2	0	1	2
Árbol 4	0	3	0	0
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0

194

MSF	0,5	2,25	1,75	1,5
-----	-----	------	------	-----

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	1	0	0	1
Árbol 2	2	0	0	0
Árbol 3	0	1	0	1
Árbol 4	0	1	1	0
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0

MSF	0,75	0,5	0,25	0,5
-----	------	-----	------	-----

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	0	0	0	0
Árbol 2	6	5	0	2
Árbol 3	0	0	0	0
Árbol 4	0	0	0	1
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0

MSF	1,5	1,25	0	0,75
-----	-----	------	---	------

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	0	0	5	0
Árbol 2	0	0	0	1
Árbol 3	0	0	0	0
Árbol 4	0	0	0	0
Árbol 5	0	0	0	2
Árbol 6	0	0	0	0

MSF	0	0	1,25	0,25
-----	---	---	------	------

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	0	0	0	3
Árbol 2	0	1	0	1
Árbol 3	1	0	0	0
Árbol 4	0	2	0	0
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0
MSF	0,25	0,75	0	1

Valores LDV Iniciales

LDV Unidad	49,750
LDV Unidad	19,25
LDV Unidad	6
LDV Unidad	2
LDV Unidad	3,5
LDV Unidad	1,5
LDV Unidad	2,00

	TABLA 2A	Cálculo LDV Cuadrante 1, Árbol 1					TABLA 2B	Cálculo LDV Cuadrante 1, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W	
1		2		7		1		2			
2	6			2		2					
3						3					
4	12	3		8		4					
5						5	6	10	7		
6						6					
7	18	17		17		7	6	1		25	
8						8					
Suma Frecuencias	36	22	0	34		Suma Frecuencias	12	13	7	25	

	TABLA 2C	Cálculo LDV Cuadrante 1, Árbol 3					TABLA 2D	Cálculo LDV Cuadrante 1, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W	
1						1					
2						2					
3						3					
4	4	3				4		1	1	5	
5		6	7	2		5	7		6		
6						6					
7	7	4	1	2		7	2		2		
8						8					
Suma Frecuencias	11	13	8	4		Suma Frecuencias	9	1	9	5	

	TABLA 3A	Cálculo LDV Cuadrante 2, Árbol 1						TABLA 3B	Cálculo LDV Cuadrante 2, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W		
1						1						
2						2	9		4			
3						3						
4						4						
5						5						
6						6						
7						7						
8	4	17	16	12		8	1		3			
Suma Frecuencias	4	17	16	12		Suma Frecuencias	10	0	7	0		

	TABLA 3C	Cálculo LDV Cuadrante 2, Árbol 3						TABLA 3D	Cálculo LDV Cuadrante 2, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W		
1						1						
2				5		2						
3						3						
4						4						
5						5						
6						6						
7						7						
8			1			8	2	1		2		
Suma Frecuencias	0	0	1	5	198	Suma Frecuencias	2	1	0	2		

	TABLA 4A		Cálculo LDV Cuadrante 3, Árbol 1					TABLA 4B		Cálculo LDV Cuadrante 3, Árbol 2		
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W		
1						1						
2						2						
3		1				3						
4						4						
5						5						
6						6						
7						7						
8		3	6	4		8		2				
Suma Frecuencias	0	4	6	4		Suma Frecuencias	0	2	0	0		
	TABLA 4C		Cálculo LDV Cuadrante 3, Árbol 3					TABLA 4D		Cálculo LDV Cuadrante 3, Árbol 4		
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W		
1						1						
2	2		1	2		2		3				
3						3						
4						4						
5						5						
6						6						
7						7						
8						8						
Suma Frecuencias	2	0	1	2	199	Suma Frecuencias	0	3	0	0		

	TABLA 5A	Cálculo LDV Cuadrante 4, Árbol 1						TABLA 5B	Cálculo LDV Cuadrante 4, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W		
1						1						
2						2				1		
3						3						
4	1			1		4						
5						5						
6						6						
7						7						
8						8	2					
Suma Frecuencias	1	0	0	1		Suma Frecuencias	2	0	0	1		

	TABLA 5C	Cálculo LDV Cuadrante 4, Árbol 3						TABLA 5D	Cálculo LDV Cuadrante 4, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W		
1						1						
2						2						
3						3						
4		1	1			4						
5						5						
6						6						
7						7						
8			3			8						
Suma Frecuencias	0	1	4	0	200	Suma Frecuencias	0	0	0	0		

	TABLA 6A						TABLA 6B			
	Cálculo LDV Cuadrante 5, Árbol 1						Cálculo LDV Cuadrante 5, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4						4	2	2		1
5						5	4	2		
6						6				
7						7		1		1
8						8				
Suma Frecuencias	0	0	0	0		Suma Frecuencias	6	5	0	2
	TABLA 6C						TABLA 6D			
	Cálculo LDV Cuadrante 5, Árbol 3						Cálculo LDV Cuadrante 5, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4						4				
5						5				
6						6				
7						7				1
8						8				
Suma Frecuencias	0	0	0	0		Suma Frecuencias	0	0	0	1

	TABLA 7A	Cálculo LDV Cuadrante 6, Árbol 1						TABLA 7B	Cálculo LDV Cuadrante 6, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W		
1						1						
2			5			2						
3						3						
4						4						
5						5					1	
6						6						
7						7						
8						8						
Suma Frecuencias	0	0	5	0		Suma Frecuencias	0	0	0	1		
	TABLA 7C	Cálculo LDV Cuadrante 6, Árbol 3						TABLA 7D	Cálculo LDV Cuadrante 6, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W		
1						1						
2						2						
3						3						
4						4						
5						5						
6						6						
7						7						
8						8						
Suma Frecuencias	0	0	0	0		Suma Frecuencias	0	0	0	0		

	TABLA 8A Cálculo LDV Cuadrante 7, Árbol 1						TABLA 8B Cálculo LDV Cuadrante 7, Árbol 2			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4						4		1		1
5						5				
6						6				
7						7				
8				3		8				
Suma Frecuencias	0	0	0	3		Suma Frecuencias	0	1	0	1
	TABLA 8C Cálculo LDV Cuadrante 7, Árbol 3						TABLA 8D Cálculo LDV Cuadrante 7, Árbol 4			
Especie Líquen	N	E	S	W		Especie Líquen	N	E	S	W
1						1				
2						2				
3						3				
4	1					4		2		
5						5				
6						6				
7						7				
8						8				
Suma Frecuencias	1	0	0	0		Suma Frecuencias	0	2	0	0

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	36	22	0	34
Árbol 2	12	13	7	25
Árbol 3	11	13	8	4
Árbol 4	9	1	9	5
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0
MSF	17	12,25	6	17
Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	4	17	16	12
Árbol 2	10	0	7	0
Árbol 3	0	0	1	5
Árbol 4	2	1	0	2
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0
MSF	4	4,5	6	4,75
Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	0	4	6	4
Árbol 2	0	2	0	0
Árbol 3	2	0	1	2
Árbol 4	0	3	0	0
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0
MSF	0,5	2,25	1,75	1,5

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	1	0	0	1
Árbol 2	2	0	0	1
Árbol 3	0	1	4	0
Árbol 4	0	0	0	0
Árbol 5	0	15	9	0
Árbol 6	0	0	0	0
MSF	0,75	0,25	1	0,5
Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	0	0	0	0
Árbol 2	6	5	0	2
Árbol 3	0	0	0	0
Árbol 4	0	0	0	1
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0
MSF	1,5	1,25	0	0,75
Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	0	0	5	0
Árbol 2	0	0	0	1
Árbol 3	0	0	0	0
Árbol 4	0	0	0	0
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0
MSF	0	0	1,25	0,25

Suma Frecuencias	N	E	S	W
Árbol 1	0	0	0	3
Árbol 2	0	1	0	1
Árbol 3	1	0	0	0
Árbol 4	0	2	0	0
Árbol 5	0	0	0	0
Árbol 6	0	0	0	0
MSF	0,25	0,75	0	1

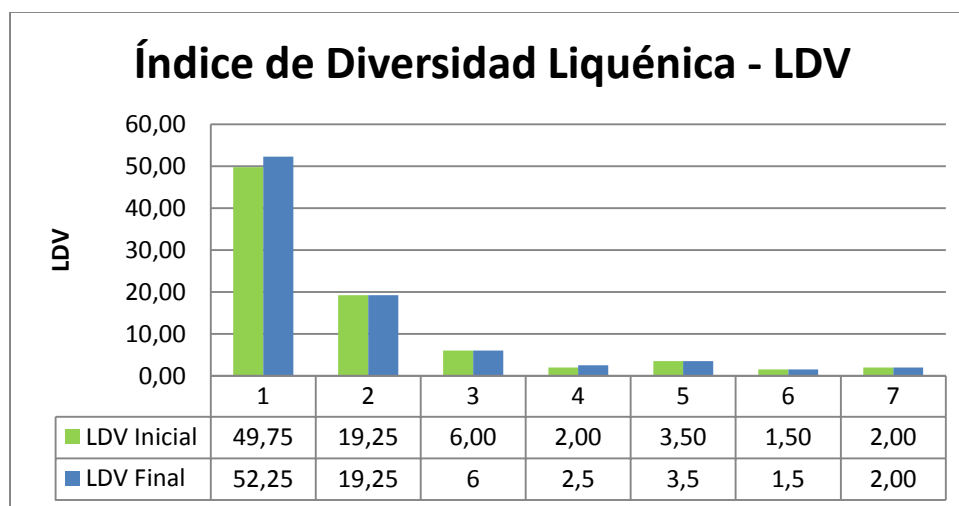
Valores LDV Finales

LDV Unidad	52,25
LDV Unidad	19,25
LDV Unidad	6
LDV Unidad	2,5
LDV Unidad	3,5
LDV Unidad	1,5
LDV Unidad	2,00

Estadística descriptiva valores LDV

LDV Inicial			LDV Final	
Media	12		Media	12,42857143
Error típico	6,719		Error típico	7,037466545
Mediana	3,5		Mediana	3,5
Moda	2		Moda	#N/A
Desviación estándar	17,78		Desviación estándar	18,61938634
Varianza de la muestra	316,02		Varianza de la muestra	346,6815476
Curtosis	4,28		Curtosis	4,542415802
Coeficiente de asimetría	2,08		Coeficiente de asimetría	2,135191168
Rango	48,25		Rango	50,75
Mínimo	1,5		Mínimo	1,5
Máximo	49,75		Máximo	52,25
Suma	84		Suma	87
Cuenta	7		Cuenta	7
Mayor (1)	49,75		Mayor (1)	52,25
Menor(1)	1,5		Menor(1)	1,5
Nivel de confianza(95,0%)	16,44095957		Nivel de confianza(95,0%)	17,22006029

Gráfica I: Comparación LDV Iniciales y LDV Finales



ANEXO B.4

TABLA DE VALORES DE IPA

Tabla I: Cálculos $Q_i - F_i$

	1	2	3	4	5	6	7	Q	n
Everniastrum	4	0	0	0	0	0	0	4,00	1
Dirinaria	4	1	2	2	0	1	0	2,00	5
Flavopunctelia	0	0	2	0	0	0	0	2,00	1
Parmotrema	4	0	0	2	2	0	1	2,25	4
Chrysothrix	4	0	0	0	2	1	0	2,33	3
Crocynia	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
Ramalina	4	0	0	0	2	0	0	3,00	2
Cryptothecia	0	1	2	2	0	0	1	1,50	4

Tabla II y III: Cálculos Frecuencia y Cobertura de las comunidades líquénicas

Valor	% recubrimiento		Cobertura	F
1	0 al 10%		5	209
2	11 al 25%		3	77
3	26 al 50%		2	24
4	51 al 75%		1	10
5	76 al 100%		1	14
			1	6
			1	8

Tabla IV: Cálculo Amplitud de clase

# Clases	$1+3,3 \log N$	4	
N	Datos Obtenidos	7	
Amp. Clase	$(\text{Variante Max} - \text{Variante Min})/\# \text{ Clases}$		
Amp. Clase	11,7		

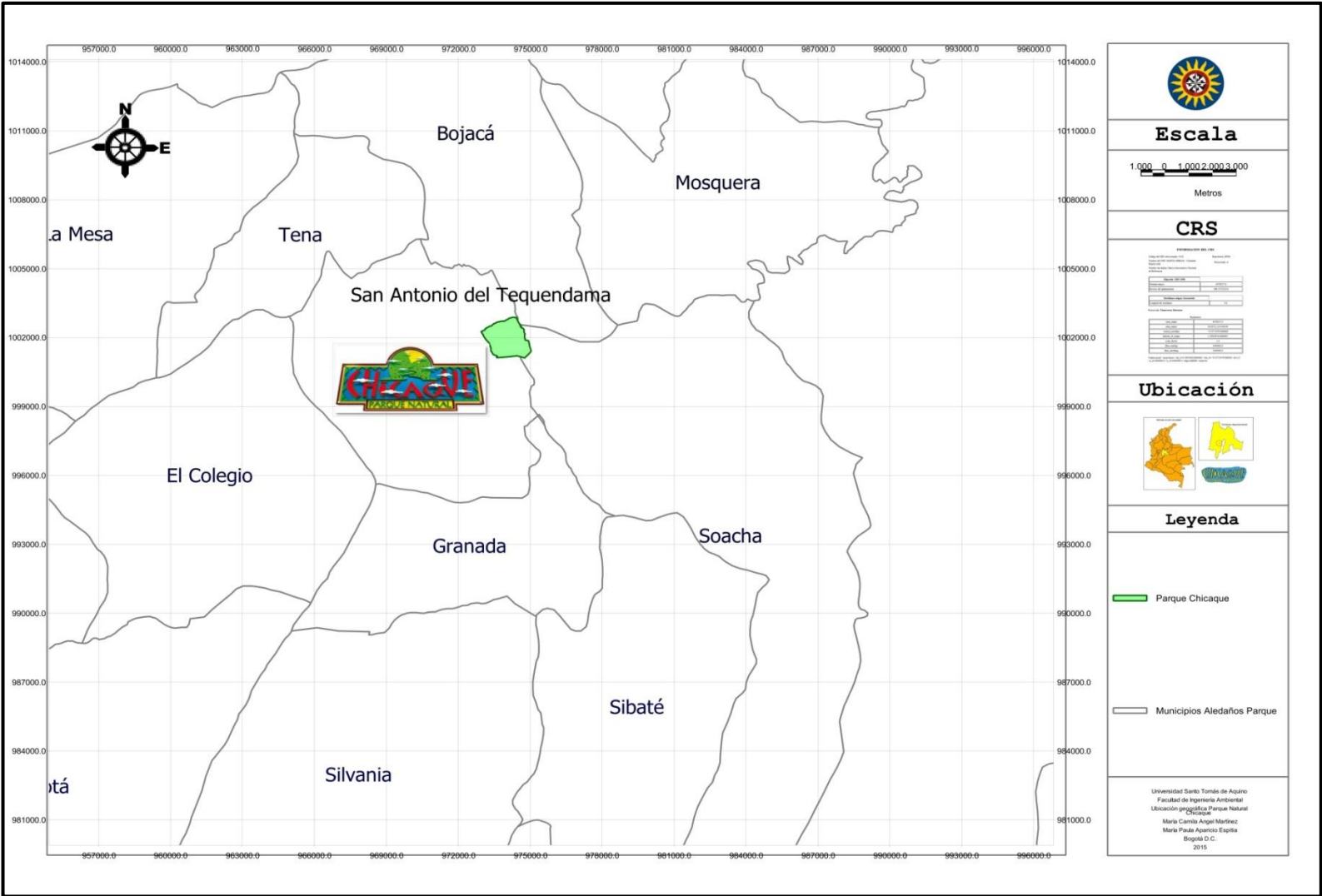
Tabla V: Estadística descriptiva IPA

Media	11,043
Error típico	6,132
Mediana	3,203
Moda	#N/A
Desviación estándar	16,222
Varianza de la muestra	263,169
Curtosis	4,500
Coefficiente de asimetría	2,126
Rango	44,203
Mínimo	1,495
Máximo	45,698
Suma	77,302
Cuenta	7,000
Mayor (1)	45,698
Menor(1)	1,495
Nivel de confianza(95,0%)	15,003

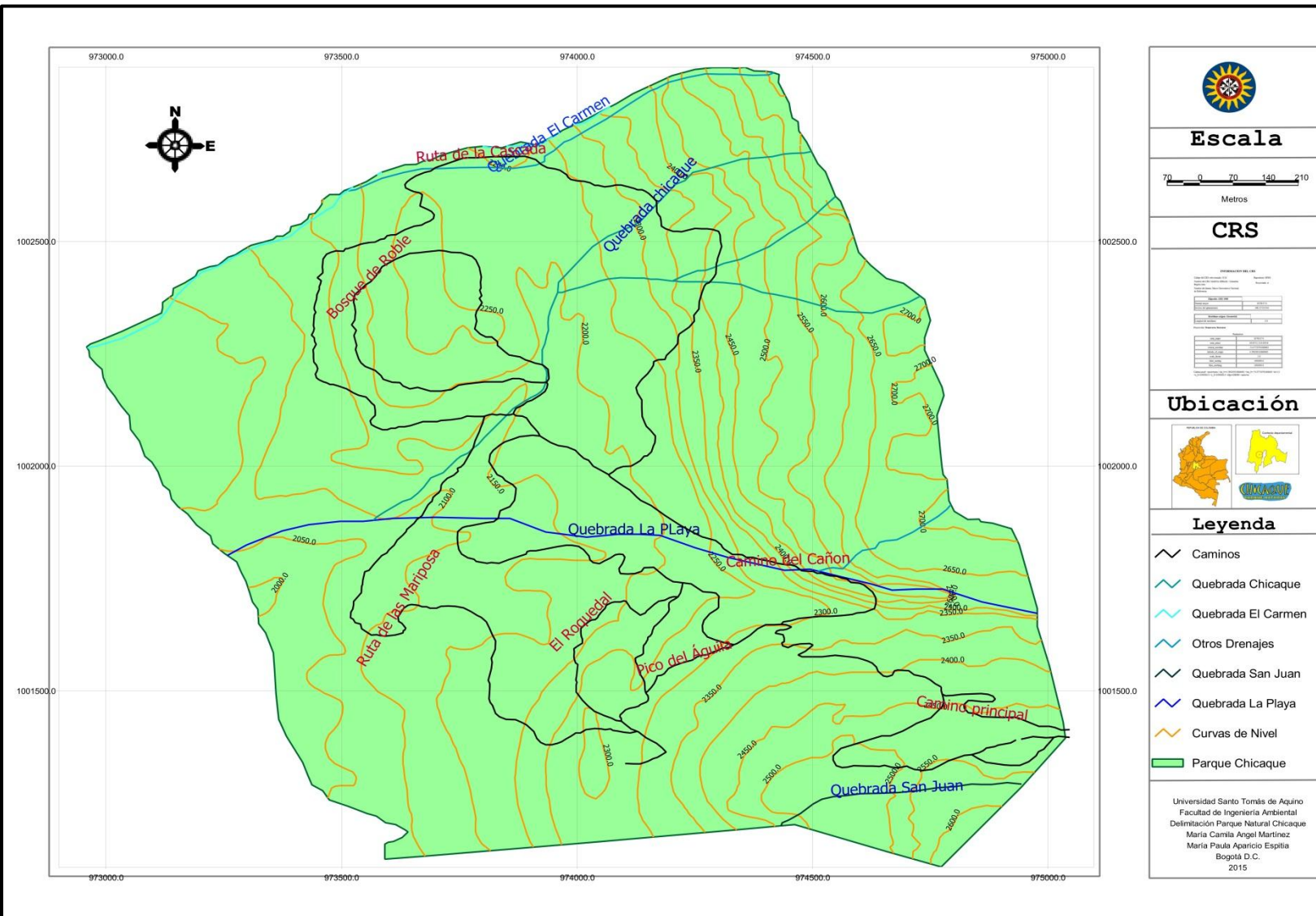
ANEXO C

CARTOGRAFÍA

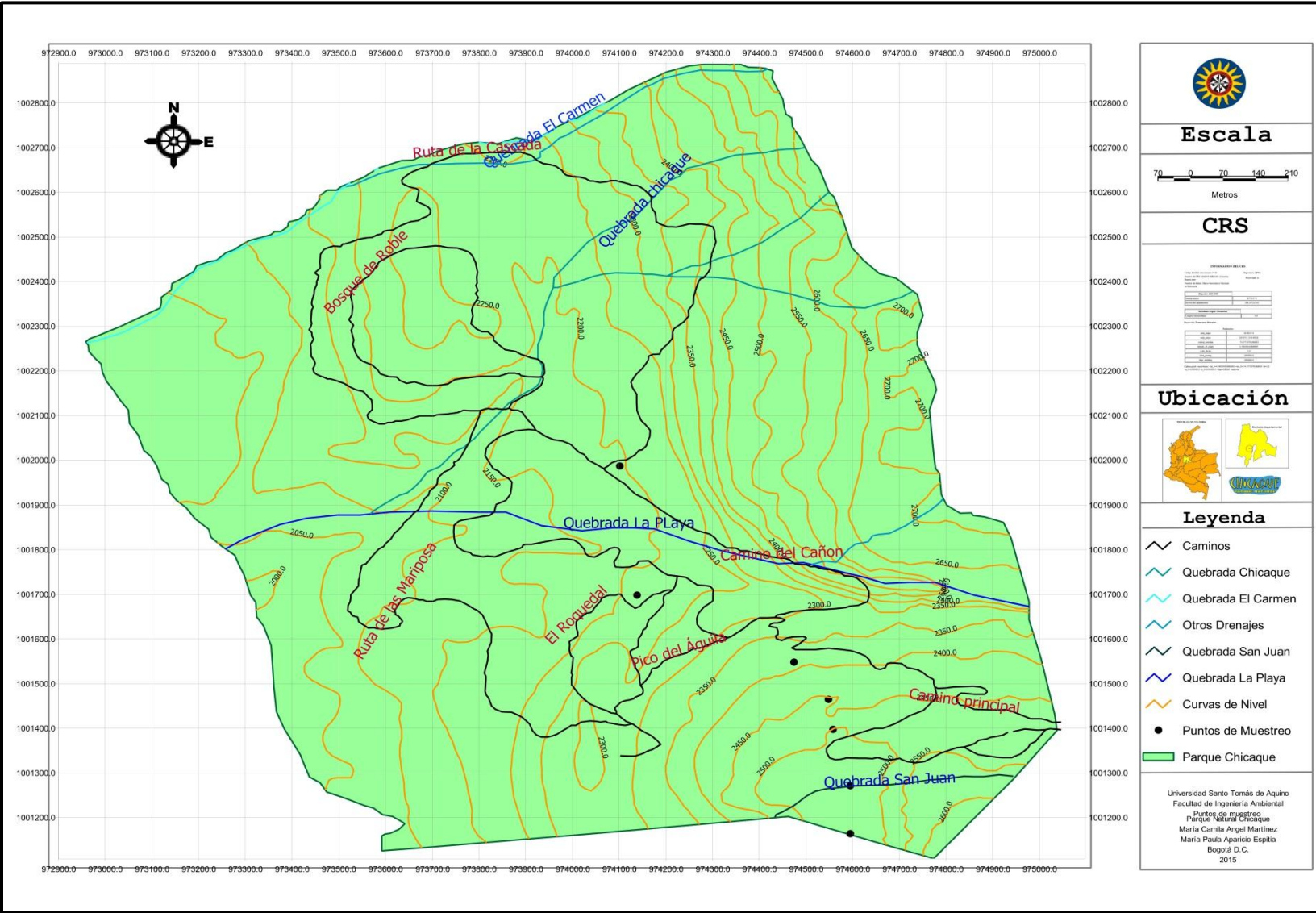
Mapa 1: Ubicación geográfica del PNCH.



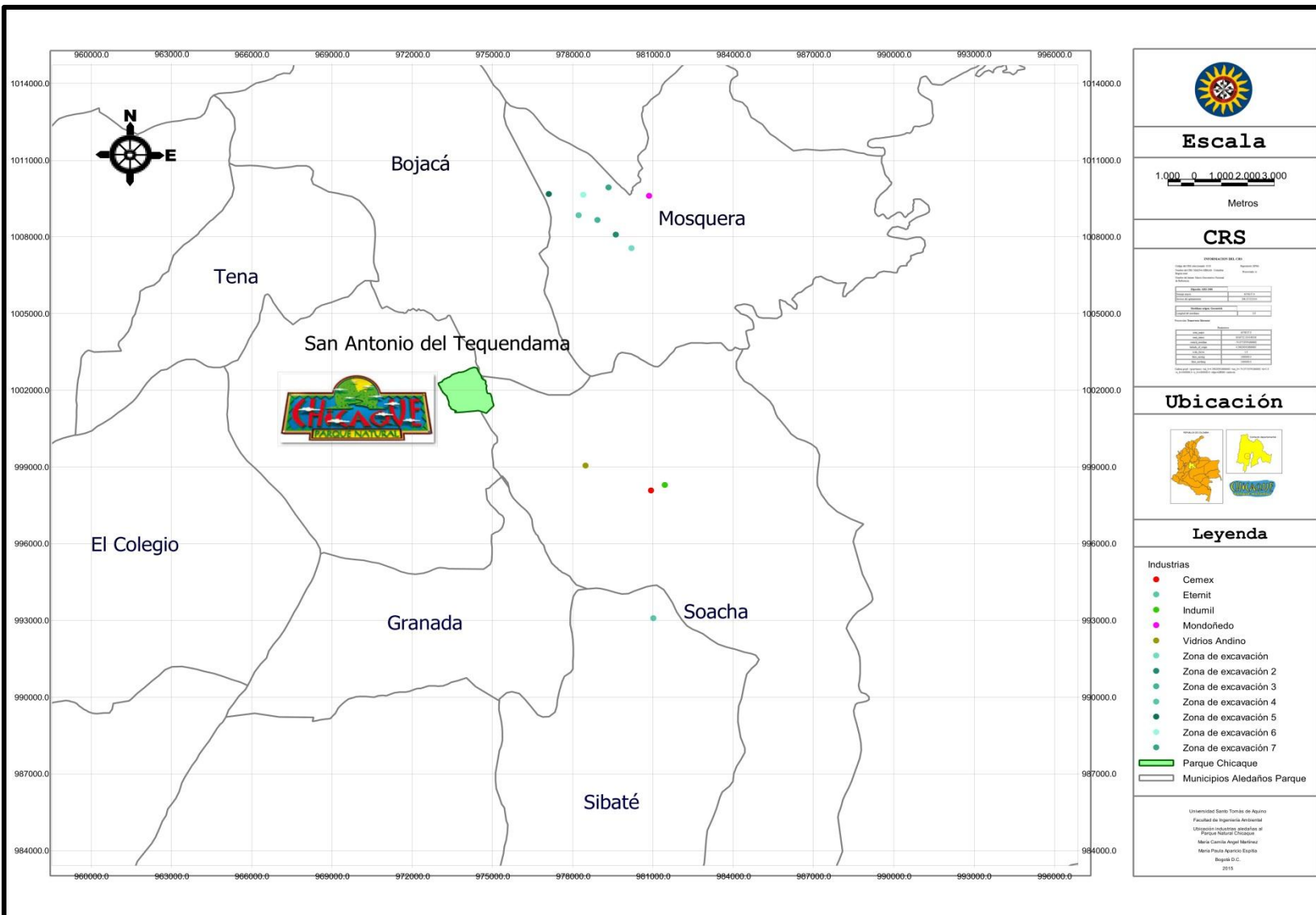
Mapa 2: Delimitación del PNCH.



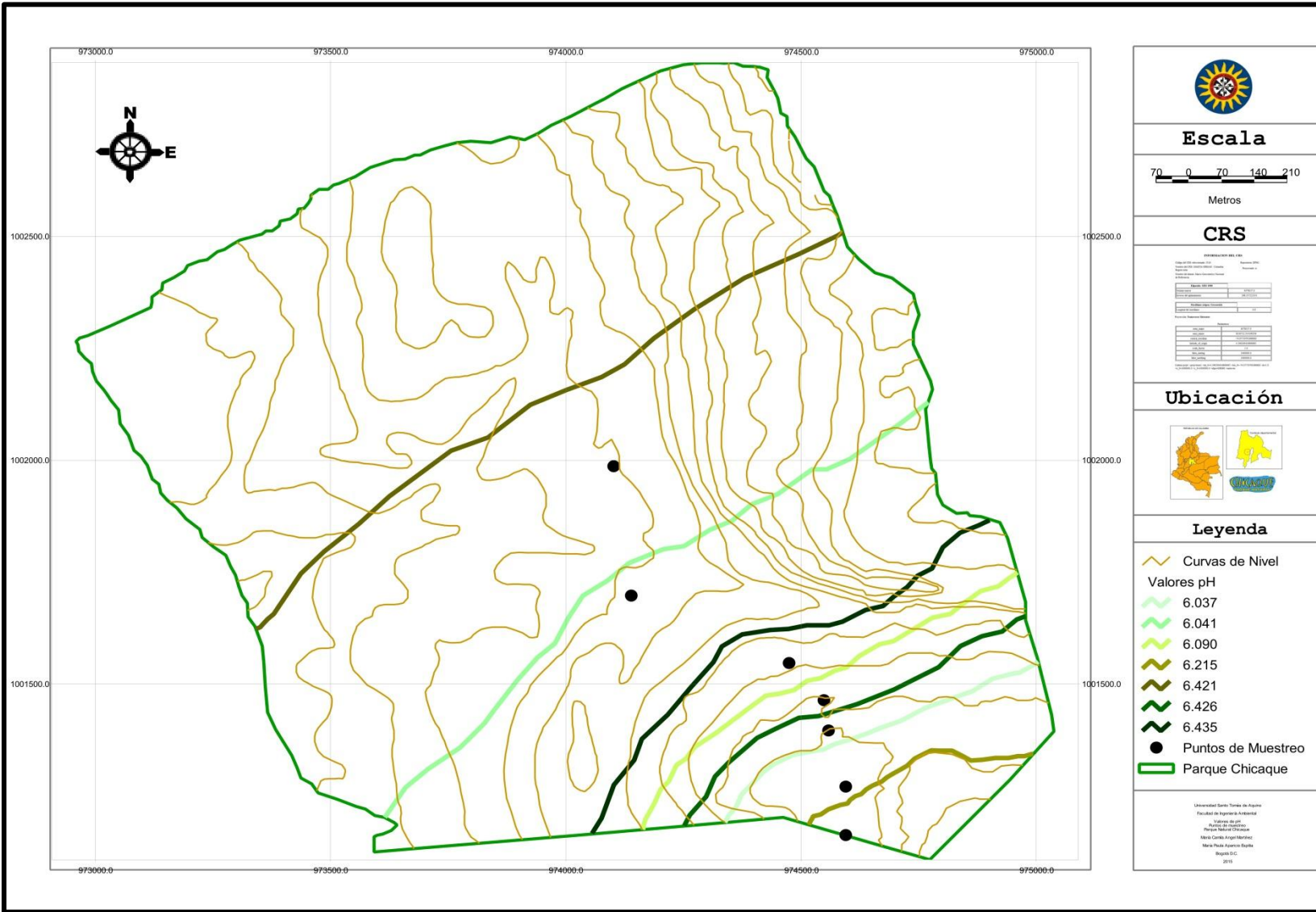
Mapa 3: Ubicación de los puntos de muestreo dentro del PNCH.



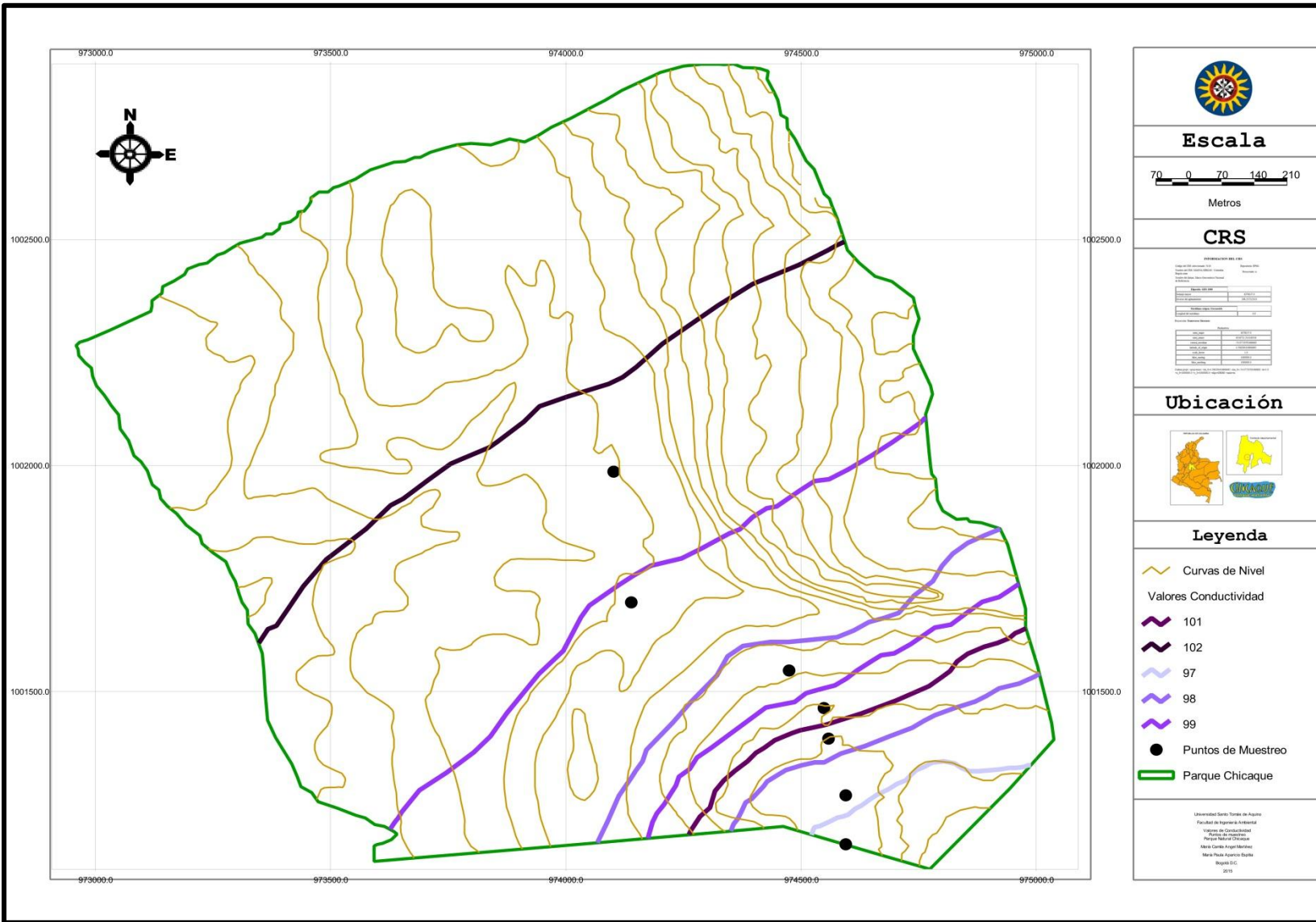
Mapa 4: Ubicación de las industrias aledañas al PNCH.



Mapa 5: Valores de pH para cada punto de muestreo.



Mapa 6: Valores de conductividad específica para cada punto de muestreo.



Mapa 7: Valores de IPA para cada punto de muestreo.

