



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA CAMPUS II



**“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE
NEUTRALIZACIÓN EN LA LAGUNA LA MANCHA,
VERACRUZ”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A

ROSARIO DEL RIO RINCÓN

DIRECTOR DE TESIS

DR. HUMBERTO BRAVO ÁLVAREZ

MÉXICO D.F., 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 322/11

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a):

DEL RIO RINCÓN ROSARIO

PRESENTE

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	M. en A. TERESA GUERRA DÁVILA
VOCAL	DR. HUMBERTO BRAVO ÁLVAREZ
SECRETARIO	QUIM. MARTHA ORTIZ ROJAS
SUPLENTE	M. en C. JOSÉ MARIANO RAMOS OLMOS
SUPLENTE	I. Q. JAVIER TORRES LUNA

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

México D.F., a 13 de octubre de 2011

JEFE DE CARRERA

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA



AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Humberto Bravo Álvarez jefe de la Sección de Contaminación Ambiental del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (SCA-CCA-UNAM), gracias por darme la oportunidad, la confianza, el tiempo que me brindó en la asesoría y por proporcionarme el material necesario para la elaboración de este proyecto en las instalaciones de la SCA-CCA-UNAM.

Al Dr. Rodolfo Sosa Echeverría de la SCA-CCA-UNAM, gracias por su apoyo en la asesoría, la confianza y las facilidades que me otorgó con el material necesario para la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Jorge Alejandro López Portillo Guzmán del Departamento de Ecología Funcional del Instituto de Ecología (INECOL), gracias por su colaboración en la información que me proporcionó y por el apoyo con el muestreo de la laguna "La Mancha", Veracruz.

A la Química Ana Luisa Alarcón Jiménez responsable del laboratorio de la SCA-CCA-UNAM, gracias por compartir conmigo tus conocimientos y por el tiempo que me regalaste para la asesoría, así como la información necesaria que me proporcionaste para la elaboración de este trabajo.

Al Biólogo Pablo Sánchez Álvarez de la SCA-CCA-UNAM, gracias por la confianza y las facilidades brindadas durante la elaboración de este trabajo.

A la Q.F.B. Rocío Bautista Benítez, gracias por tu colaboración en el análisis de las muestra de agua, que se utilizaron para la elaboración de este trabajo.

Al técnico del INECOL Enrique López Barradas, gracias por el apoyo brindado de toda la labor realizadas para la obtención de las muestras de precipitación para los análisis.

A la I.Q. Luz Elena Flores Bustamante de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II (FES Zaragoza C II), gracias por regalarme parte de su tiempo para la asesoría y la revisión de este trabajo y por el apoyo que me brindó durante la carrera.

A la Química María del Carmen Torres Barrera de la SCA-CCA-UNAM, gracias por las facilidades otorgadas para la elaboración de este trabajo.

A la Estudiante de la carrera de Q.F.B Verónica Nézqui Castillo, gracias por su colaboración en la elaboración de este trabajo.

A la Universidad nacional Autónoma de México, gracias por todo el apoyo brindado y por su instalaciones.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), IN 111911 inventario preliminar de fuentes de emisión, en el sistema portuario de la Ciudad de Veracruz, 1ª etapa del proyecto puertos verdes; IN 109711 aplicación del diagnóstico de la caracterización del depósito ácido en la zona Costera del Golfo de México, gracias por su colaboración para la elaboración de este trabajo.

Doy infinitas gracias a Dios y mi Sr. Jesús, gracias por la vida que me ha dado, la fortaleza y el camino recorrido, por la oportunidad de terminar uno de mis sueños y metas.

A mis hijos Bryan Tonatihu y Cintia Abigail, gracias por ser la motivación para este trabajo, por el amor que me dan para continuar adelante y la paciencia que me han tenido, a la vez les dedico esta tesis, esperando en un futuro no muy lejano recibir la tesis de cada uno de ustedes.

A mi madre Elia, gracias por todo su apoyo incondicional, por ese ejemplo de superación que siempre me ha enseñado, por la paciencia que me tuvo durante todos estos años para terminar una de mis metas en la vida.

A mi padre Ricardo, gracias por enseñarme el valor de la vida a través de sus consejos y por todo el apoyo que me ha brindado.

A mi abuelita Matilde, gracias por esos momentos en que me brindó su apoyo durante las primeras bases de mi formación y por el ejemplo que me dio que "nunca es tarde para estudiar".

A mis profesores de la FES Zaragoza C II; Bióloga Ma. Eugenia, I. Q. Luz Elena, I. Q. René de la Mora, I. Q. Raúl R. Mora, I. Q. Rubio, I. Q. Delfino, gracias por compartir sus conocimientos con los alumnos y por el apoyo que me brindaron para tomar la clase de sus materias.

A los trabajadores Bibliotecarios y Laboratoristas de La FES Zaragoza C II, Gracias por su apoyo brindado durante el tiempo que estude.

*A todos y cada uno de ustedes
Les agradezco infinitamente y les dedico este trabajo,
Ya que con el apoyo que me brindaron cada uno de ustedes
En el momento más oportuno y preciso,
He logrado una de mis metas en esta vida.*

"MIL GRACIAS, DIOS LOS BENDIGA"

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

GLOSARIO

ABREVIATURAS

RESUMEN.....	1
--------------	---

INTRODUCCIÓN.....	5
-------------------	---

META.....	8
-----------	---

OBJETIVOS.....	8
----------------	---

CAPÍTULO I ANTECEDENTES.

1.1 El depósito ácido (lluvia ácida).....	11
1.2 Estudios del depósito ácido (lluvia ácida) en el mundo.....	12
1.3 Estudios del depósito ácido (lluvia ácida) en México.....	15

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.

2.1 Depósito atmosférico.....	20
2.2 Definición de depósito húmedo ó lluvia ácida.....	21
2.3 Precursores de la lluvia ácida.....	21
2.4 Reacciones de formación de la lluvia ácida en la atmósfera	24
2.5 Efectos de la lluvia ácida en los ecosistemas acuáticos.....	25
2.6 Definición del pH.....	26
2.7 Acidez y alcalinidad.....	27
2.8 Capacidad de neutralización.....	28
2.9 Equilibrio bióxido de carbono – carbonato – bicarbonato.....	30
2.10 Capacidad de neutralización de los cuerpos de agua.....	32
2.11 Fórmula para calcular la capacidad de neutralización.....	32

CAPÍTULO III LAGUNA EL MORRO “LA MANCHA”, VERACRUZ.

3.1	Descripción y localización del sitio de estudio de la laguna “La Mancha”, Veracruz....	35
3.2	Capacidad en volumen que tiene la laguna “La Mancha”.....	37
3.3	Tipos de comunidades vegetales.....	39
3.4	Actividades que se realizan en las zonas aledañas a la laguna “La Mancha”.....	40
3.5	Tipo de suelo y minerales en la laguna “La Mancha”.....	40
3.6	Porcentaje de distribución salina (‰) en la laguna “La Mancha”.....	41

CAPÍTULO IV COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN LA ZONA DE ESTUDIO.

4.1	Análisis estadístico del pH para los periodos estacionales I y II del año 2003 al 2008.	45
4.2	Prueba de Wilcoxon.....	49
4.3	Análisis estadístico de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y la concentración de los iones: H^+ ($\mu\text{eq}/\text{L}$), Na^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} (ppm), para los periodos estacionales I y II del año 2003 al 2008.....	50
4.4	Distribución de los iones: H^+ , Na^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} (kg/ha), que se depositaron en la laguna “La Mancha” durante un periodo de seis años (2003-2008).	56

CAPÍTULO V COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LAGUNA EL MORRO “LA MANCHA”.

5.1	Análisis estadístico del pH en la laguna “La Mancha” (2000-2001).....	61
5.2	Prueba de Wilcoxon.....	64
5.3	Concentración del ión H^+ ($\mu\text{eq}/\text{L}$), correspondiente a la mediana del pH de la laguna “La Mancha” (2000-2001).....	64
5.4	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), de la laguna “La Mancha” (2000-2001).....	66
5.5	Concentración de oxígeno disuelto (O.D.) en mg/L, de la laguna “La Mancha” (2000-2001).....	67
5.6	Salinidad (‰) de la laguna “La Mancha” (2000-2001).....	68
5.7	Datos de los parámetros fisicoquímicos de la laguna “La Mancha”, del año 2011.....	69

CAPÍTULO VI CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN ÁCIDA DE LA LAGUNA EL MORRO "LA MANCHA".

6.1 Cálculo de la Capacidad de Neutralización Ácida de la laguna "La Mancha".....	77
RESULTADOS.....	79
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXO 1.....	92
ANEXO 2.....	110
ANEXO 3.....	117
ANEXO 4.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Distribución geográfica del pH de las precipitaciones en EEUU.....	12
Figura 1.2	Nivel de pH en la capa de humus en Suecia.....	14
Figura 1.3	El pH de la lluvia ácida en diferentes regiones del mundo.....	15
Figura 1.4	Estaciones de muestreo en la laguna “La Mancha”.....	17
Figura 2.1	Depósito “húmedo y seco”.....	20
Figura 2.2	Lluvia, Niebla y Nieve ácida.....	21
Figura 2.3	Precusores de la lluvia ácida.....	22
Figura 2.4	Fuentes de emisión de los precusores de la lluvia ácida.....	23
Figura 2.5	Reacciones de formación en la atmósfera de la lluvia ácida.....	25
Figura 2.6	Efectos de la lluvia ácida en el ecosistema acuático.....	25
Figura 2.7	Depósito ácido en los cuerpos de agua.....	26
Figura 2.8	Escala del pH.....	27
Figura 2.9	Equilibrio bióxido de carbono (CO ₂), bicarbonato (HCO ₃ ⁻), carbonato (CO ₃ ⁼).....	31
Figura 3.1	Ubicación geográfica de la laguna “La Mancha”.....	35
Figura 3.2	Fotografía de la laguna “La Mancha”, desde una vista aérea.....	36
Figura 3.3	Afluentes en la laguna “La Mancha”.....	36
Figura 3.4	Manglares en la laguna “La Mancha”.....	37
Figura 3.5	Estructura forestal de la laguna “La Mancha”.....	39
Figura 3.6	Distribución de los diferentes tipos de sedimentos en la laguna “La Mancha”.....	41
Figura 3.7	Distribución salina en la laguna “La Mancha”, Veracruz.....	42
Figura 4.1	Diagrama de caja.....	45
Figura 4.2	Diagrama de caja de los valores del pH ponderado mensual de la lluvia ácida, para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	47
Figura 4.3	Comparativo anual (2003-2008) de los valores del promedio del pH ponderado, para los periodos estacionales I y II.....	49
Figura 4.4	Comparativo anual (2003-2008) de los valores del promedio ponderado de la conductividad eléctrica (µS/cm), para los periodos estacionales I y II.....	50
Figura 4.5	Comparación anual (2003-2008) de la concentración del ión H ⁺ (µeq/L), para los periodos estacionales I y II.....	51
Figura 4.6	Concentración del ión Na ⁺ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	52
Figura 4.7	Concentración del ión NH ₄ ⁺ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	52
Figura 4.8	Concentración del ión K ⁺ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	53
Figura 4.9	Concentración del ión Mg ²⁺ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	53
Figura 4.10	Concentración del ión Ca ²⁺ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	54
Figura 4.11	Concentración del ión Cl ⁻ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	54
Figura 4.12	Concentración del ión NO ₃ ⁻ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	55
Figura 4.13	Concentración del ión SO ₄ ⁼ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).....	55

Figura 4.14	Depósito total de aniones y cationes (kg/ha), en la laguna “La Mancha” durante un periodo de 6 años (2003-2008).....	57
Figura 4.15	Depósito del ión hidrógeno H ⁺ (kg/ha), en la laguna “La Mancha”, en un periodo de 6 años (2003-2008).....	58
Figura 5.1	Localización de las estaciones de muestreo en la laguna “La Mancha”.....	60
Figura 5.2	Diagrama de caja de los valores del pH para las estaciones en la laguna “La Mancha” (2000-2001).....	62
Figura 5.3	Diagrama de caja de la concentración del ión H ⁺ (µeq/L), correspondiente a los valores de pH de la laguna “La Mancha” (2000-2001).....	65
Figura 5.4	Diagrama de caja de la conductividad eléctrica (µS/cm), de la laguna “La Mancha” para cada estación (2000-2001).....	66
Figura 5.5	Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (mg/L), dentro de la laguna “La Mancha” para cada estación (2000-2001).....	67
Figura 5.6	Diagrama de caja del porcentaje de la salinidad (‰), dentro de la laguna “La Mancha” para cada estación (2000-2001).....	68
Figura 5.7	Distribución salina dentro de la laguna “La Mancha”.....	69
Figura 5.8	Valores del pH ponderado en la laguna “La Mancha”, para las cinco estaciones del año 2011.....	70
Figura 5.9	Valores del pH en la laguna “La Mancha” de las cinco estaciones (2011).....	70
Figura 5.10	Ión hidrógeno H ⁺ (mol/L), de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	71
Figura 5.11	Conductividad eléctrica (µS/cm), de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	72
Figura 5.12	Ión bicarbonato HCO ₃ ⁻ (µeq/L) de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	72
Figura 5.13	Ión hidroxilo OH ⁻ (mol/L) de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	73
Figura 5.14	Ión sodio Na ⁺ (ppm) de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	73
Figura 5.15	Ión magnesio Mg ²⁺ (ppm) de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	74
Figura 5.16	Ión calcio Ca ⁺ (ppm) de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	74
Figura 5.17	Ión cloruro Cl ⁻ (ppm) de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	75
Figura 5.18	Ión sulfato SO ₄ ⁼ (ppm) de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).....	75
Figura A 2.1	Histograma para el periodo estacional I (lluvias escasas ó secas).....	113
Figura A 2.2	Histograma para el periodo estacional II (lluvia abundante).....	113
Figura A 4.1	% de emisión de contaminante de NOx, por Estado en México, 2006.....	125
Figura A 4.2	% de emisión de contaminante de SOx, por Estado en México, 2006.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Temas de estudios sobre lluvia ácida en México.....	16
Tabla 1.2	Ubicación de las estaciones de muestreo.....	17
Tabla 1.3	Parámetros que se registran en el SIMAT por tipo de red de monitoreo y tiempo de medición, 2002.....	16
Tabla 2.1	Reacciones de equilibrio del sistema carbónico en el agua.....	29
Tabla 3.1	Estaciones de muestreo dentro de la laguna el morro “La Mancha”, ubicación geográfica y algunas características descriptivas.....	38
Tabla 4.1	Número total de datos para el análisis estadístico del pH, para los periodos estacionales I y II.....	45
Tabla 4.2	Percentiles de los periodos estacional I y II.....	46
Tabla 4.3	Valor promedio ponderado anual del pH en la lluvia para los periodos estacionales I y II.....	48
Tabla 4.4	Resultados de la prueba de Wilcoxon, del comparativo anual del pH.....	49
Tabla 4.5	Depósito de aniones y cationes en kg/ha, en la laguna “La Mancha”, en un periodo de 6 años (2003-2008).....	57
Tabla 5.1	Percentiles del pH para cada estación de la laguna “La Mancha”.....	61
Tabla 5.2	Valor promedio del pH, para las diez estaciones en la laguna “La Mancha” (2000-2001).....	63
Tabla 5.3	Resultados de la prueba estadística de Wilcoxon.....	64
Tabla 5.4	Concentración de ión H ⁺ (µeq/L), del pH promedio para cada estación de la laguna “La Mancha”.....	65
Tabla 5.5	Comparativo del valor de la mediana del pH en la laguna “La Mancha”, de los dos periodos del 2000-2001 y 2011.....	71
Tabla 6.1	Datos estadísticos de la concentración de los iones, para las estaciones 2, 5, 6, 9 y 10, para el cálculo de la Capacidad de Neutralización ácida (2011).....	77
Tabla 6.2	Capacidad de Neutralización Ácida, de las estaciones 2, 5, 6, 9 y 10 (2011).....	78
Tabla A 1.1	Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2003.....	93
Tabla A 1.2	Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2004.....	94
Tabla A 1.3	Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2005.....	95
Tabla A 1.4	Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2006.....	96
Tabla A 1.5	Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2007.....	97
Tabla A 1.6	Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2008.....	98

Tabla A 1.7	Límite de detección (ppm).....	99
Tabla A 1.8	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2003.....	100
Tabla A 1.9	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2003.....	100
Tabla A 1.10	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2004.....	101
Tabla A 1.11	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2004.....	101
Tabla A 1.12	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2005.....	102
Tabla A 1.13	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2005.....	102
Tabla A 1.14	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2006.....	103
Tabla A 1.15	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2006.....	103
Tabla A 1.16	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2007.....	104
Tabla A 1.17	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2007.....	105
Tabla A 1.18	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2008.....	105
Tabla A 1.19	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2008.....	106
Tabla A 1.20	Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2008.....	106
Tabla A 1.21	Datos estadísticos de la laguna “La Mancha”, para las estaciones 1 y 3 (2000-2001).....	107
Tabla A 1.22	Datos estadísticos de la laguna “La Mancha”, para las estaciones 2 y 4 (2000-2001).....	107
Tabla A 1.23	Datos estadísticos de la laguna “La Mancha”, para las estaciones 5 y 7 (2000-2001).....	108
Tabla A 1.24	Datos estadísticos de la laguna “La Mancha”, para las estaciones 6 y 8 (2000-2001).....	108
Tabla A 1.25	Datos estadísticos de la laguna “La Mancha”, para las estaciones 9 y 10 (2000-2001)...	109
Tabla A 1.26	Datos estadísticos de la Laguna “La Mancha”, del año 2011.....	109
Tabla A 2.1	Descripción de los parámetros estadísticos del pH para los periodos estacionales I y II.	111
Tabla A 2.2	Diagrama de tallo y hoja del pH para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas).....	112
Tabla A 2.3	Diagrama de tallo y hoja del pH para el periodo estacional II (lluvia abundante).....	112

Tabla A 2.4	Estadístico anual del pH ponderado del año 2003 al 2008.....	114
Tabla A 2.5	Prueba con los signos de Wilcoxon.....	115
Tabla A 2.6	Resultados de la prueba de Wilcoxon.....	116
Tabla A 3.1	Descripción estadística del pH de la laguna “La Mancha” del año 2000-2001.....	118
Tabla A 3.2	Diagrama de tallo y hoja para la estación 1 “Chapopote”.....	118
Tabla A 3.3	Diagrama de tallo y hoja para la estación 2 “El tubo”.....	118
Tabla A 3.4	Diagrama de tallo y hoja para la estación 3 “Puerto viejo”.....	119
Tabla A 3.5	Diagrama de tallo y hoja para la estación 4 “Higuerita”.....	119
Tabla A 3.6	Diagrama de tallo y hoja para la estación 5 “El crucero”.....	119
Tabla A 3.7	Diagrama de tallo y hoja para la estación 6 “Postes”.....	119
Tabla A 3.8	Diagrama de tallo y hoja para la estación 7 “Pajarera”.....	119
Tabla A 3.9	Diagrama de tallo y hoja para la estación 8 “Caño Izote”.....	119
Tabla A 3.10	Diagrama de tallo y hoja para la estación 9 “Plaza Sábalo”.....	120
Tabla A 3.11	Diagrama de tallo y hoja para la estación 10 “Caño Grande”.....	120
Tabla A 3.12	Prueba de Wilcoxon para el pH de la laguna, de cada una de las estaciones, correspondientes al periodo 2000-2001.....	121
Tabla A 3.13	Resultados de la prueba de Wilcoxon.....	122
Tabla A 3.14	Datos estadísticos de la concentración de los iones, para las estaciones 2. 5. 6. 9 y 10, para el cálculo de Capacidad de Neutralización Ácida de la laguna “La Mancha” del año 2011.....	122
Tabla A 4.1	Emisiones de NO _x y SO _x , (ton/año) por Estado en México.....	124
Tabla A 4.2	Clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo a su ‰ de salinidad.....	127

GLOSARIO

- ✓ **Biodiversidad ó diversidad biológica:** es la amplia variedad de seres vivos y los patrones naturales que la conforman.
- ✓ **Buffer:** es un sistema constituido por un ácido débil y su base conjugada o por una base y su ácido conjugado que tiene la capacidad de oponerse a cambios de pH.
- ✓ **Cadena trófica:** es el proceso de transferencia de energía alimenticia a través de una serie de organismos, en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente, también conocida como cadena alimenticia.
- ✓ **Capa de humus:** sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos, de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos (hongos y bacterias), se caracteriza por su color negruzco debido a la gran cantidad de carbono que contiene, se encuentra principalmente en las partes altas de los suelos con actividad orgánica.
- ✓ **Ceibadal:** pasto marino.
- ✓ **Conductividad eléctrica:** es la capacidad de un cuerpo o medio para conducir la corriente eléctrica, su unidad es el S/m (siemens por metro) o $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ (Ohm por metro, ambos a la menos uno).
- ✓ **Curtosis (Kurtosis):** es una medida del pico o aplanado de una distribución.
- ✓ **Desviación estándar (σ):** mide cuánto se separan los datos, es la raíz cuadrada de la varianza.
- ✓ **Dunas costeras:** es una acumulación de arena, en los desiertos o el litoral, generada por el viento, las dunas poseen unas capas suaves y uniformes, son producidas por cambios en el viento o por variaciones en la cantidad de arena.
- ✓ **Estadística:** es la ciencia o el arte de reunir y analizar datos e inferir consecuencias a partir de estos elementos.
- ✓ **Estadística descriptiva:** área de la estadística que permite presentar los datos de manera clara y concisa, utiliza métodos numéricos o gráficos para determinar los patrones que siguen un conjunto de datos, resumir la información de ese conjunto de datos y presentarla en forma agradable, sin obtener conclusiones de ellos.
- ✓ **Estadístico:** valor que se obtiene a partir de una muestra de datos.

- ✓ **Lagunar-estuarino:** es un sistema donde los volúmenes, las salinidades y temperaturas son variables, y predominan los fondos fangosos, la turbidez es alta, y la topografía irregular.
- ✓ **Manglar:** es un tipo de ecosistema considerado a menudo un tipo de bioma, formado por árboles (mangle) muy tolerantes a la sal que ocupan la zona intermareal cercana a las desembocaduras del agua dulce de las costas con latitudes tropicales.
- ✓ **Media aritmética:** es el promedio que se obtiene al sumar los datos y dividir el resultado entre el número de ellos.
- ✓ **Mediana:** es una medida posicional que divide a la distribución de datos ordenados, dejando el 50 % a la izquierda y el 50 % a la derecha. Si el número de observaciones es impar la mediana es un solo valor. Si el número de observaciones es par entonces la mediana es el promedio de los dos valores que están en el centro.
- ✓ **Mercaptanos:** líquido inflamable, con características químicas semejantes a los alcoholes, son más ácidos que los alcoholes, de olor pútrido muy desagradable que se produce en vinos con alto contenido en sulfuroso al reaccionar éste con el alcohol etílico, reciben este nombre por su capacidad para formar la sal mercúrica de composición $(C_2 H_5S)Hg$, fórmula general R-SH.
- ✓ **Mesohalino:** agua salobre con salinidad entre 3 y 10 ‰ o de agua marina con salinidad entre 30 y 40 ‰.
- ✓ **Outlier u observación aberrante:** es un resultado distante de la mayoría de las observaciones, se identifican porque su distancia al cuartil más cercano es mayor a 1.5 veces el rango intercuartílico.
- ✓ **Oxígeno disuelto (OD):** cantidad de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua.
- ✓ **Percentil (P):** este concepto es semejante al del cuartil, de tal manera que $Q_1=P_{25}$, $Q_2=P_{50}$ =mediana y $Q_3=P_{75}$. La ventaja de los percentiles es que pueden dividir a un conjunto de datos en 100 partes.
- ✓ **Ponderar:** es asignar a cada uno de los elementos de un conjunto un valor en función de su importancia relativa dentro del conjunto.
- ✓ **Precursor:** una sustancia indispensable o necesaria para producir otra mediante una reacción.

- ✓ **Precursor químico:** son los compuestos químicos que forman una primera etapa en un proceso químico y que actúan como sustrato en las etapas posteriores.
- ✓ **Prueba de Wilcoxon:** es una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar dos muestras a través del cambio de signo.
- ✓ **Rango:** es el valor absoluto de la diferencia del valor máximo menos el valor mínimo.
- ✓ **Rango intercuartílico:** expresa el intervalo de valores en el cual se encuentra el 50% de los datos; es la distancia del cuartil 1 al cuartil 3 ($RIQ = Q_3 - Q_1$).
- ✓ **Selva baja caducifolia:** estrato arbóreo y herbáceo con bejucos leñosos, también caducos, compuestos por especies de las familias. *Bignoniaceae*, *Leguminosae* y *Combretaceae* y entre éstas los géneros: *arrabidaea* y *Cydista*.
- ✓ **Selva baja perennifolia inundable:** se inunda durante la época de lluvia, los árboles sólo alcanzan de 10 ó 12 m de altura, conservan el follaje todo el año. Crece en suelo pesado y arcilloso que se inundan durante la temporada de lluvia, se encuentran en depresiones de tierra como en las proximidades de la costa, colindantes con pantano y manglar. Tienen dos tipos de vegetación de acuerdo al grado de inundación del suelo. Predominan las especies de árboles como el chechem y se llaman chechemales.
- ✓ **Selva baja sub-perennifolia:** son pequeños manchones, según la clasificación maya poseen poca materia orgánica porque permanecen inundados durante la época de lluvias, presentan pocas afloraciones rocosas y son oscuros con drenaje muy lento.
- ✓ **Sesgo (Skewness):** es una medida de la desviación de una muestra con respecto a la media central de una distribución normal. Mide las simetrías en la distribución de un conjunto de datos. Es cero cuando se tiene una distribución simétrica con respecto a la media.
- ✓ **Varianza:** es un promedio de las distancia de cada observación con respecto a la media aritmética. Es una medida de la amplitud cuadrática o dispersión cuadrática de los datos.

ABREVIATURAS

NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos
CIA	Cámara de Intemperismo Acelerado
CB	Capacidad Buffer
CNA	Capacidad de Neutralización Ácida
COT	Carbono Orgánico Total
CCA	Centro de Ciencias de la Atmósfera
RAMSAR	Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas
EPA	Agencia de Protección Ambiental
IDEAM	Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales
LTM	Long-Term Monitoring
meq/L	Mili-equivalentes / Litro
µS/cm	Micro-siemens / Litro
NAPAP	National Acidic Precipitation Assessment Program
NSWS	Encuesta Nacional de Aguas Superficiales
ppm	Partes por millón
RAMA	Red Automática de Monitoreo Atmosférico
REDDA	Red de Depósito Atmosférico
REDMA	Red Manual de Monitoreo Atmosférico
REDMET	Red de Parámetros Meteorológicos
SIMAT	Sistema de Monitoreo Atmosférico
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TIME	Temporally Integrated Monitoring of Ecosystems
ZMCM	Zona Metropolitana de la Ciudad de México

RESUMEN

El depósito ácido (lluvia ácida) fue detectado por primera vez en el año de 1850, por el Dr. Robert Angus Smith, en la Ciudad de Manchester, en el año de 1872 se realizaron estudios y el año de 1972 la lluvia ácida fue considerada como un problema sobre el medio ambiente.

La lluvia ácida es la precipitación que tiene un pH menor a 5.60 unidades, los precursores que incrementan la acidez en la lluvia son las emisiones del bióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), estos son transportados por el viento y transformados en la atmósfera por un proceso químico, después son depositados sobre la superficie terrestre, a este depósito se le conoce como depósito húmedo ácido ó lluvia ácida.

En México en el año de 1980, el Dr. Humberto Bravo Álvarez con el apoyo del Capitán Silvino Aguilar Anguiano[†], inició los primeros estudios sobre el depósito ácido en la Ciudad de México, actualmente los estudios realizados en México sobre este tema son: efecto de la lluvia ácida en los materiales pétreos, influencia de las precipitaciones ácidas en el crecimiento de los vegetales, lluvia ácida en los bosques del poniente de la Ciudad de México, entre otros.

La Sección de Contaminación Ambiental del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (SCA-CCA-UNAM) ha mantenido un monitoreo constante del depósito ácido en la costa del Golfo de México, por esta razón se eligió la laguna el Morro "La Mancha", para calcular su Capacidad de Neutralización Ácida. Con este trabajo se pretende contribuir al inicio de un estudio de las condiciones fisicoquímicas actuales de este cuerpo de agua que se encuentra expuesto al depósito ácido, haciendo un análisis estadístico de las condiciones fisicoquímicas de la laguna "La Mancha" y de la precipitación pluvial en la zona de estudio.

El capítulo I es una revisión de los antecedentes sobre el problema del depósito ácido (lluvia ácida), así como los daños causados por la acidez en los cuerpos de agua en países como: Estados Unidos, Canadá, Alemania, Suecia, entre otros. La lluvia ácida al entrar en contacto con los cuerpos de agua incrementa la acidez, generando deterioro del medio acuático y como consecuencia la reducción de la biota, hasta llegar al rompimiento de la cadena trófica, sin embargo algunos tienen la capacidad de neutralizar esta acidez, lo que se conoce como Capacidad de Neutralización Ácida (Martínez, et al 2004), la cual es una propiedad fisicoquímica que permite amortiguar el descenso del pH, esta propiedad se debe a la presencia de especies del sistema carbónico como: bióxido de carbono (CO_2), carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) y bicarbonato (HCO_3^-) que se encuentran presentes en los cuerpos de agua.

El capítulo II es una revisión de conceptos, reacciones implicadas en la formación de la lluvia ácida, efectos causados y la Capacidad de Neutralización Ácida en los cuerpos de agua.

En el Capítulo III se realizó una descripción de las características fisicoquímicas de la laguna y actividades que se realizan en las zonas aledañas.

En el capítulo IV se hizo un análisis estadístico de las características fisicoquímicas de la lluvia en la zona de estudio.

Los datos que se utilizaron para el análisis estadístico corresponde a un periodo de 6 años (2003-2008), los cuales fueron de parámetros como: pH, conductividad eléctrica y concentración de iones. Los datos se clasificaron en dos periodos; "**periodo estacional I**" cuando la lluvia fue escasa ó temporada de secas y como "**periodo estacional II**" cuando hubo lluvia abundante. El análisis consistió en hacer un comparativo de los parámetros entre los periodos estacionales, con el propósito de determinar en qué periodo estacional fue más ácida la lluvia. También se calculó la cantidad anual en kilogramos por hectárea (kg/ha) de la concentración de iones presentes en la lluvia que se depositaron en el cuerpo de agua.

En los años 2005, 2007 y 2008 se registraron los volúmenes máximos de precipitación con valor de pH ácido y se depositaron en la laguna "La Mancha" las cantidades más altas de nitrato (NO_3^-) y sulfato ($\text{SO}_4^{=}$). En el año 2005 fue de 1,439 L/m² con un pH de 4.93 unidades, 0.09 kg/ha de NO_3^- y 0.22 kg/ha de $\text{SO}_4^{=}$. En el año 2007 fue de 1,262 L/m² con un pH de 4.68 unidades, 0.35 kg/ha de NO_3^- y 0.54 kg/ha de $\text{SO}_4^{=}$. En el año 2008 fue de 1,286 L/m² con un pH de 4.84 unidades, 0.30 kg/ha de NO_3^- y 0.61 kg/ha de $\text{SO}_4^{=}$.

En el capítulo V se realizó un análisis estadístico de las condiciones fisicoquímicas de la laguna, se dividió la zona de estudio en tres regiones: Norte, Centro y Sur, con la intención de comparar los parámetros de pH, conductividad eléctrica, concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de salinidad y concentración de iones inorgánicos de cada región.

La estación 2 "El tubo" que se sitúa en la zona Norte, presentó el valor promedio de pH más alto de 8.20 unidades y la estación 10 "Caño Grande" en la zona Sur, presentó el valor promedio de pH más bajo de 7.97 unidades, estos dos valores extremos que se presentaron en la laguna son generado por los afluentes con los que cuenta la laguna. La estación 2 tiene el afluente del Golfo de México y la estación 10 tiene el afluente del Rio Caño Grande, mismos que generan cambios constantes en las propiedades fisicoquímicas de la laguna.

En el capítulo VI se calculó la Capacidad de Neutralización Ácida de la laguna “La Mancha”, a través de la diferencia de la concentración de iones de acuerdo a la técnica utilizada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) (Gilman, EPA 2003). En éste estudio, se determinó que a pesar de las condiciones de acidez en la lluvia que se presenta en la región, actualmente la capacidad de neutralización del cuerpo de agua es buena, en la zona Norte es de 18455.24 $\mu\text{eq/L}$ y en la zona Sur de 15571.40 $\mu\text{eq/L}$.

Tomando como referencia la Encuesta Nacional de Aguas Superficiales de Estados Unidos (NSWS-EEUU), se clasificó este cuerpo de agua con base a su valor de Capacidad de Neutralización Ácida (Gilman, EPA 2003), concluyendo que es una laguna sana gracias a su intercambio con el Golfo de México y el Rio Caño Grande.

INTRODUCCIÓN

Los daños ocasionados por la lluvia ácida se han incrementado a nivel mundial, en Estados Unidos se han registrado lluvias ácidas con un pH de hasta 4.30 unidades (Gallardo, et al 1999), así también en el Centro, Noroeste y Noreste de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y en la costa del Estado de Veracruz se ha detectado lluvia ácida con un pH de hasta 4.20 unidades (Bravo et al, 2004), este incremento en la acidez de la lluvia es el causante de los daños en los ecosistemas terrestres y acuáticos (Valverde et al, 2005), que se da particularmente, cuando la lluvia ácida se deposita en los lagos y lagunas ocasionando, que el pH de estos cuerpos de agua descienda (Terán, et al 1995).

El incremento de la acidez en la lluvia es generado por la combinación de la humedad en la atmósfera con el bióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), que son emitidos por la combustión de energéticos fósiles. La contaminación por el SO_2 y los NO_x , no es un problema que sólo afecta de forma directa al lugar en donde se generan las emisiones, también puede afectar a otros lugares que se encuentran a kilómetros de distancia de las fuentes de emisión, estas emisiones son transportadas por el viento (Adminoarso, 2004), sin embargo a través del uso de modelos de trayectorias de retroceso, se puede estimar el lugar de procedencia en relación con sus trayectorias (Marín, 2009).

Tomando en cuenta que las emisiones de SO_2 y NO_x son los principales precursores de la lluvia ácida, la SCA-CCA-UNAM, ha mantenido un monitoreo constante en los últimos nueve años, del depósito atmosférico en la región de Veracruz, identificando eventos de lluvia ácida con pH de 4.20 a 5.40 unidades (Bravo, et al 2004). De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de la SEMARNAT, en el Estado de Veracruz se generan 342,391.8 ton/año de emisiones SO_2 , y 110,520 ton/año de emisiones NO_x , de acuerdo a estas cifras, el Estado de Veracruz ocupa un segundo y tercer lugar respectivamente a nivel de Nacional en emitir estos compuestos (SEMARNAT, 2002). Dichas emisiones son producto de la actividad industrial como; la industria petrolera, agrícola, ganadera, minera, azucarera y termoeléctrica.

El incremento de la acidez en la lluvia, ha generado que lagos de Estados Unidos como: el lago de Adirondack, el lago Big Moose y lagos canadienses aledaños a ésta zona (Odum, et al 2006) sean deteriorados, generando la desaparición de algunas especies de su flora y fauna (Pataki, 2002); es por ello que se ha hecho imprescindible abordar en México la investigación del efecto que tiene la lluvia ácida en los cuerpos de agua, principalmente en las zonas con altos niveles de emisión de SO_2 y NO_x . Por tal motivo, se ha seleccionado, como punto de investigación la laguna “La Mancha” del Estado de Veracruz.

En la actualidad la Ingeniería Química está cada vez más ligada a temas medioambientales, por esta razón es importante hoy en día, no solo realizar proyectos o diseñar un proceso considerando solo la parte técnica sin tomar en cuenta los aspectos ambientales, el propósito de este trabajo fue iniciar un estudio de investigación sobre la laguna “La Mancha”, haciendo uso de herramientas básicas de la Ingeniería Química como: el análisis estadístico, la química y la ecología, con el propósito de evaluar los efectos que ha tenido la acidez de la lluvia en este cuerpo de agua, sin embargo por la escases de la información que hay sobre el cuerpo de agua, se hicieron algunas recomendaciones que permitan desarrollar una técnica, para obtener la información necesaria en estudios futuros.

**META
Y
OBJETIVOS**

META:

Determinar la Capacidad de Neutralización Ácida de la laguna el Morro “La Mancha”, Veracruz, en relación al depósito ácido (lluvia ácida).

OBJETIVOS:

1. Evaluar los datos del depósito húmedo del área de estudio.
2. Caracterizar mediante su constitución y parámetros fisicoquímicos la laguna “La Mancha”, Veracruz.
3. Determinar la Capacidad de Neutralización Ácida de la laguna “La Mancha”, por el método propuesto por la EPA (diferencia de iones).

CAPÍTULO I
ANTECEDENTES

1.1 EL DEPÓSITO ÁCIDO (LLUVIA ÁCIDA).

El Dr. Robert Angus Smith detectó por primera vez en la década de 1850 el fenómeno de depósito ácido (lluvia ácida) en la Ciudad de Manchester Inglaterra, y fue hasta el año de 1872 que realizó los primeros estudios. El Dr. Smith fue el primer climatólogo en identificar este fenómeno y sus estudios representaron una labor educativa en el uso de combustibles responsables de la formación de lluvia ácida con la publicación de su libro "Acid rain: the beginnings of chemical climatology" (Ponting, 1992).

En Estados Unidos a finales de 1950, se realizaron mediciones en la acidez de la lluvia y la nieve, asociada con la contaminación, ante este problema la industria respondió a esta preocupación, aumentando la altura de las chimeneas para dispersar sus emisiones, esta solución que tomaron solo causó que el efecto de la contaminación se transformara de un problema urbano local, en uno de carácter nacional e internacional (Ponting, 1992).

En 1955 se incrementó el fenómeno de la lluvia ácida como producto del aumento en la actividad industrial, ya que el valor promedio del pH en ese tiempo fue 5.60 unidades, este promedio confirmó que el descenso del pH coincidió con el aumento de la actividad industrial (Caro, et al 2004), posteriormente en el año de 1956, la Red Química Europea del aire de España (RQEE), detectó mediante un monitoreo, que las precipitaciones eran cada vez más ácidas en algunas partes de este continente, el monitoreo constante contribuyó a la identificación del ácido sulfúrico diluido (H_2SO_4) y del ácido nítrico diluido (HNO_3), como los principales ácidos responsables en el incremento de la acidez de la lluvia (Álamo, et al 1998). Pero fue hasta los años de 1960 y 1970, cuando un estudio realizado en los lagos y ríos de Suecia y Noruega, generó alarma sobre la disminución de la fauna, la desaparición de peces y otros organismos; efecto ocasionado por la lluvia ácida, ese estudio estableció la importancia y la gravedad de los cambios provocados en el pH de los cuerpos de agua (Castillo, et al 2005).

Sin embargo fue hasta el año 1972 durante una Conferencia de las Naciones Unidas realizada en Estocolmo, cuando se planteó por primera vez el fenómeno de lluvia ácida como un problema sobre el medio ambiente. El gobierno de Suecia presentó un amplio informe en relación a la contaminación del aire transfronterizo, donde se señalaban a las plantas termoeléctricas ubicadas en la Gran Bretaña, como principales fuentes de emisión de los compuestos de bióxido de azufre (SO_2), los cuales generaban la contaminación de lagos a través de la lluvia y/o nevada ácida (Adminoarso, 2004).

1.2 ESTUDIOS DEL DEPÓSITO ÁCIDO (LLUVIA ÁCIDA) EN EL MUNDO.

1.2.1 Estudio caso efecto del depósito ácido en los bosques y ecosistemas acuáticos en el Estado de Nueva York: en 1930 se incrementó la acidez en lagos de Adirondack Nueva York, los investigadores determinaron que la posible causa del incremento, fue generado por la acidez de las precipitaciones pluviales, el pH promedio de las lluvias ácidas en el Estado de Nueva York fue de 4.00 a 4.50 unidades (Odum, et al 2006). En 1980 unos estudios de análisis de sedimentos mostraron que muchos de los lagos se volvieron ácidos en el período en que los niveles de contaminación fueron más altos, otros estudios registraron la disminución y pérdida de poblaciones de peces que ocurrió en los lagos dentro del mismo período. El lago Big Moose en el Suroeste de Adirondack es uno de los lagos que ha sido impactado por la acidez de la lluvia y ha perdido poblaciones de peces. Algunos de los lagos llegan a alcanzar valores de pH inferiores a 5.00 unidades (Pataki, 2002), otro de los lagos con pH ácido en Nueva York es el lago Little Echo Pond en Franklin con un pH de 4.20 unidades (Gallardo, 1999), en la Figura 1.1 se observan las zonas en donde se presentan lluvias con mayor acidez en Estados Unidos.

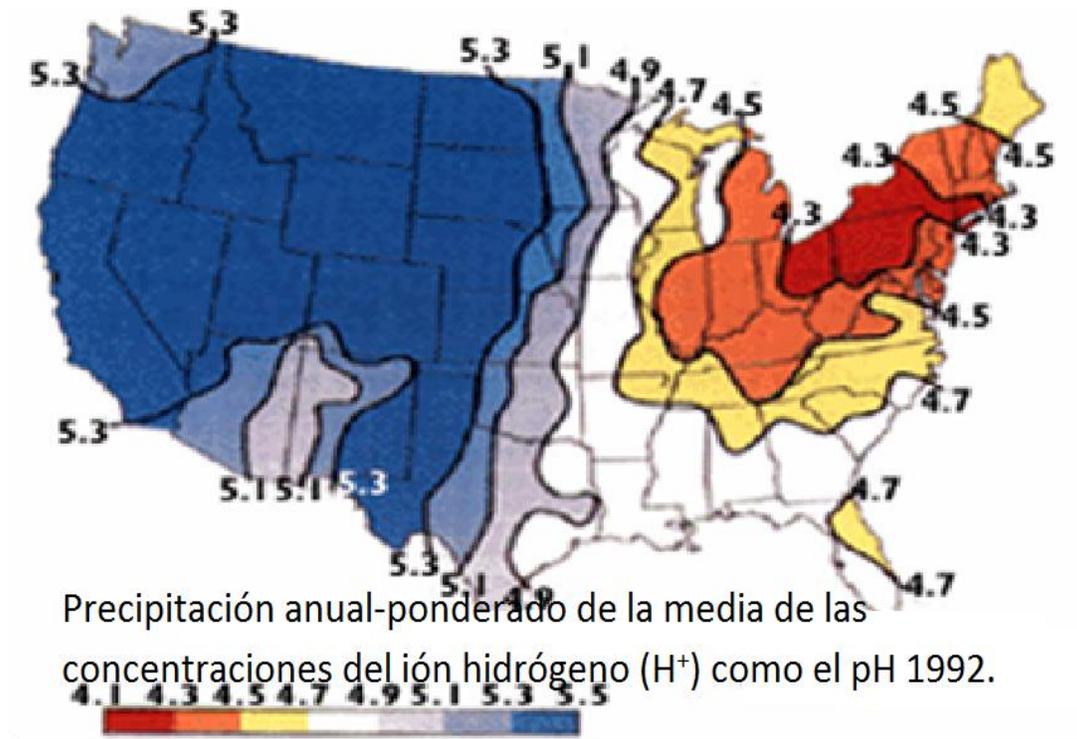


Figura 1.1 Distribución geográfica del pH de las precipitaciones en EEUU.

(Fuente: www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1217/2006)

Estados con lagos y arroyos ácidos en Estados Unidos:

- | | | |
|--------------------|-------------|--------------|
| ✓ Nueva York | ✓ Virginia | ✓ Oregón |
| ✓ Massachusetts | ✓ Florida | ✓ Washington |
| ✓ Nueva Inglaterra | ✓ Wisconsin | |
| ✓ Maryland | ✓ Colorado | |

El Gobierno del Estado de Nueva York implementó un programa para la reducción de las emisiones de bióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x), que contribuyen al depósito ácido, incluyendo la aprobación de la primera Ley de Control de Depósitos Ácidos en 1984; El Artículo IV de la Ley del Control del Depósito Ácido de 1990 para un Aire Limpio, fijó un nuevo límite permanente de la cantidad total de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica, disminuir las emisiones de SO₂ y NO_x de un 40% a 50 % más sobre los límites permisibles ya establecidos en el año 1980 (Pataki, 2002).

1.2.2 Estudio caso de la lluvia ácida en Canadá: un 70% del Este de Canadá (1,8 millones de km²) recibe los niveles de depósito ácido transfronterizos provenientes de Estados Unidos, esta acidez ha afectado a los ecosistemas de Canadá. En 1980 colaboraron para resolver el problema transfronterizo de contaminación ambiental, ambas naciones firmaron en 1991 el acuerdo Canadá-Estados Unidos sobre la calidad del aire, para fomentar el conocimiento científico y promover la reducción de la contaminación en los dos países, ambos dieron prioridad a las emisiones de SO₂, por considerar las más importantes para aminorar los daños en los ecosistemas sensibles (Mersereau, et al 1998).

1.2.3 Estudio caso de la lluvia ácida en Escandinavia: 14,000 lagos Suecos, han sido afectados por la lluvia ácida y como consecuencia ha dañado la vida vegetal y animal en esos lagos, este efecto también tiene lugar en el Reino Unido y en los Alpes. En la mayor parte de Suecia los suelos están compuestos por minerales de meteorización procedentes de una roca madre del Precámbrico Escandinavo, por lo que Suecia es más sensible a la acidificación que la mayoría de los demás países (Swedens, 2006), en la Figura 1.2 se observan las zonas con pH ácido en Escandinavia. En 1990 el descenso de las emisiones Europeas de SO₂ y NO_x tuvo como resultado la recuperación de algunos de los cuerpos de agua (Seager, 1995).

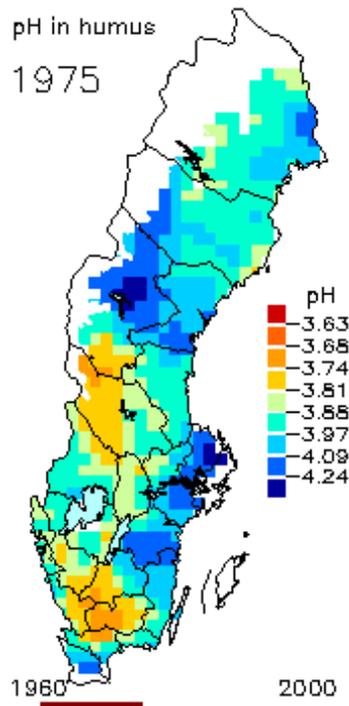
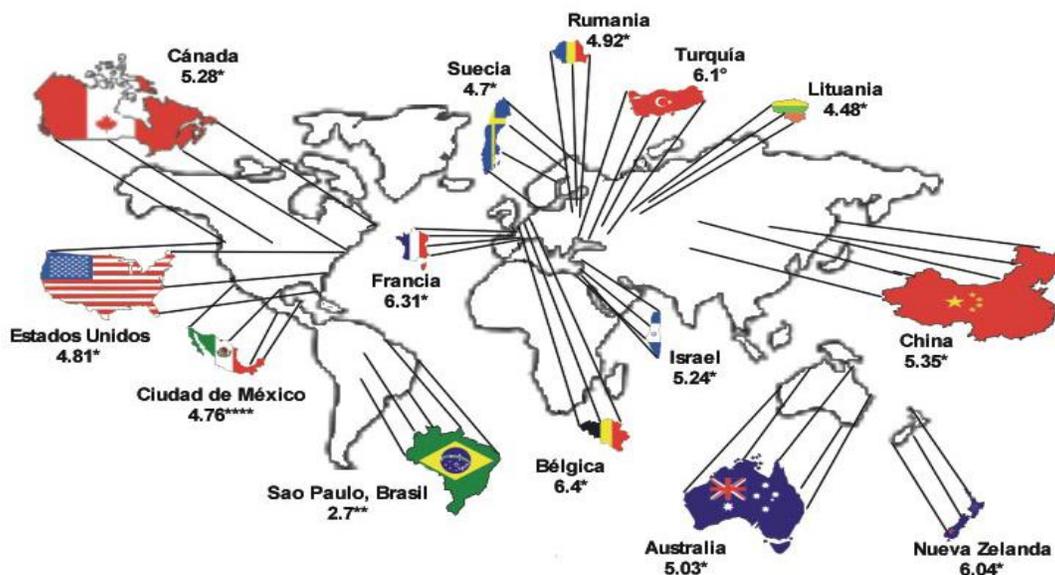


Figura 1.2 Nivel de pH en la capa de humus en Suecia.

(Fuente: Swedish Environmental Protection Agency)

1.2.4 Estudio caso de la lluvia ácida en Alemania: en Alemania y en otros países de Europa a finales de la década de los 70's, detectaron un problema ambiental y a principios de los años 80's para definirlo crearon el término "*Waldsterben*" que quiere decir muerte o decadencia de los bosques, los principales síntomas de alerta fueron la decoloración y caída de las hojas, deterioro de las raíces y finalmente, la muerte del árbol, en las últimas décadas se han detectado zonas boscosas de Europa y América con diversos síntomas de debilitamiento, hasta acabar en ocasiones con la vida de los árboles, además de alterar la química del suelo. En Alemania, en el año de 1985 se realizó un estudio que indicó que alrededor de la mitad de sus árboles tenían daños en diferentes grados, fue así como establecieron el Programa de Cooperación Internacional para la Evaluación y Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Bosques (Rice, et al 1988).

En la Figura 1.3 se muestran algunos países como: Estados Unidos, Canadá, Suecia, Alemania, Japón, Brasil entre otros, que tienen lluvias ácidas con un pH promedio de 5.35 a 2.70 unidades (Gallardo, et al 1999).



*Figura 1.3 El pH de la lluvia ácida en diferentes regiones del mundo.
(Fuente: www.sma.df.gob.mx/)*

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Encuesta Nacional de Agua Superficial (NSWS) estiman que actualmente en las regiones del Norte y el Este de EE. UU., el 4.2 % de los lagos y el 2.7 % de los ríos son sensibles a la acidez de la lluvia, ya que el depósito ácido es por lo menos dos veces mayor que en la época preindustrial, los cuerpos de agua de Pennsylvania, Nueva York Maine, Wisconsin y Minnesota reciben un depósito de precipitación con pH promedio que oscila entre 4.30 a 4.80 unidades. La NSWS realizó estudios estadísticos y técnicas para clasificar a los cuerpos de agua por su Capacidad de Neutralización Ácida (Gilman, EPA 2003).

1.3 ESTUDIOS DEL DEPÓSITO ÁCIDO (LLUVIA ÁCIDA) EN MÉXICO.

Los primeros estudios sobre el depósito ácido en la Ciudad de México se iniciaron en el año de 1980 por el Dr. Humberto Bravo Álvarez con el apoyo del Capitán Silvano Aguilar Anguiano[‡], Director del Servicio Meteorológico Nacional. Posteriormente en 1984, se instaló el primer colector automático de precipitación ácida en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), actualmente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), el Estado de Veracruz, el Estado de Campeche, el Estado de Quintana Roo y Nuevo León, entre otras regiones del país, se encuentran localizados varios de estos colectores (Botello, et al 2005).

Los estudios que en la actualidad hay en México sobre los daños que ha causado y sigue causando la lluvia ácida, son temas como; el deterioro de materiales pétreos, deterioros de los monumentos, daños en los sitios arqueológicos, daños a los ecosistemas terrestres y daños a vegetales, como los casos de estudios que a continuación se mencionan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Temas de estudios sobre lluvia ácida en México.

TEMA	LUGAR DE ESTUDIO	ESTUDIO	BIBLIOGRAFÍA
Efectos de la lluvia ácida en los monumentos.	Fortaleza de San Juan de Ulúa, la zona arqueología el Tajín.	Efecto del deterioro en las canteras.	Bravo, et al 2006.
Efectos de la lluvia ácida en el sitio arqueológico el Tajín.	El Tajín sitio arqueológico.	Efecto en el material pétreo.	Bravo, et al 2006.
Efectos de la lluvia ácida en Materiales pétreos, patrimonio histórico del centro histórico de Campeche.	Estado de Campeche.	Degradación del material y caracterización fisicomecánica y clasificación petrográfica de materiales.	Torres, 2009.
Efecto de la lluvia ácida sobre el material mortero.	Zona Metropolitana de la Ciudad de México.	Material Mortero expuesto a las condiciones de acidez más críticas mediante el uso de una Cámara de Intemperismo Acelerado (CIA).	García, en trámite.
Lluvia ácida en la ZMCM, análisis y trascendencia.	Zona Metropolitana de la Ciudad de México.	Evaluación de las concentraciones de iones inorgánicos e ión hidronio, através de uso de un modelo de trayectorias de retroceso.	Alarcón, en trámite.
Calidad del aire y lluvia ácida en el Golfo de México "Cruceros".	Golfo de México.	Problemas generados por la lluvia ácida relacionados con la contaminación atmosférica en la región (pH de 4.2 a 5.4 unidades).	Bravo, 2004.
Lluvia ácida en los bosques del Poniente de la Ciudad de México.	Ciudad de México.	Concentración de los componentes químicos de la precipitación húmeda y su pH (pH de 3.88 unidades).	Velasco, 2002.
Influencia de las precipitaciones ácidas en el crecimiento de los vegetales.	Ciudad de México.	Determinar la influencia que tiene el agua de lluvia ácida sobre el crecimiento de la raíz de la lechuga y el amaranto (<i>Lactuca sativa</i> y <i>Amaranthus bipochondriacus</i>).	Ramírez, 2002.

Desde 1986 a la fecha, la SCA–CCA mantiene un monitoreo constante del depósito húmedo y seco en diferentes sitios en la Costa del Golfo de México (Figura 1.4), tiene cuatro estaciones de monitoreo en el Estado de Veracruz, en la Tabla 1.2 se muestra la ubicación de cada sitio de muestreo.

Tabla 1.2 Ubicación de las estaciones de muestreo.

SITIO	UBICACIÓN	CÓDIGO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
La Zona Arqueológica de El Tajín.	El sitio de muestreo se localiza a la entrada de la zona arqueológica del Tajín, Veracruz.	TAJ	Lat. 20°26'31.1"N Log. 97°22'37.6"W Elevación 118 m.s.n.m.
La estación del Instituto de Ecología, A.C. en el Morro "La Mancha".	El sitio de muestreo se localiza en el espacio central (jardín) de la estación.	LM	Lat. 19°35'21.6"N Log. 96°22'49.7"W Elevación 2 m.s.n.m.
La Fortaleza de San Juan de Ulúa en el Puerto de Veracruz.	El sitio de muestreo se encuentra localizado en la azotea del edificio principal de la fortaleza.	SJU	Lat. 19°12'31.2"N Log. 96°07'90.7"W Elevación 15 m.s.n.m.
El Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana (II-UV) en Mocambo, Veracruz.	El sitio de muestreo se encuentra localizado en la azotea del edificio del Instituto de Ingeniería.	UV-MOC	Lat. 19°10'03"N Log. 97°05'24"W



Figura 1.4 Estaciones de muestreo en la laguna "La Mancha".

1.3.1 Estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT): en la Ciudad de México a partir de 1988 comenzaron los estudios de lluvia ácida por la Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA-DF), actualmente tiene 16 estaciones de colectores automáticos en la Red de Depósito Atmosférico (REDDA). La SMA-DF tuvo una reorganización en el 2000 y el SIMAT de la ZMCM, quedó conformado por las siguientes Redes:

- SIMAT (Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México)
- REDMET (Red de Parámetros Meteorológicos)
- REDMA (Red Manual de Monitoreo Atmosférico)
- REDDA (Red de Depósito Atmosférico)
- RAMA (Red Automática de Monitoreo Atmosférico)

Los parámetros que se determinan actualmente en el SIMAT se presentan en la Tabla 1.3 (SIMAT, 2002).

Tabla 1.3 Parámetros que se registran en el SIMAT por tipo de red de monitoreo y tiempo de medición, 2002.

<i>TIPO DE RED</i>	<i>PARÁMETRO</i>
RAMA	Concentraciones horarias de los contaminantes criterio: O ₃ , NO ₂ , CO, SO ₂ y PM ₁₀ .
REDMET	Registros horarios de las variables meteorológicas, velocidad del viento (VV), dirección del viento (DV), humedad relativa (HR), temperatura ambiente (TMP), radiación solar UV-b (UVb), radiación solar UV-a (UVa) y radiación global (GR).
REDMA	Concentraciones de partículas suspendidas totales (PST) y PM ₁₀ en muestreos de 24 horas cada 6 días, así como la concentración de algunos metales pesados, entre ellos el Pb.
REDDA	Muestreos semanales de depósito seco y depósito húmedo (agua de lluvia) en este último se determina el pH, la conductividad eléctrica, concentraciones de aniones (nitratos, sulfatos y cloruros) y de cationes (amonio, calcio, magnesio, sodio y potasio), por la S.C.A. del C. C. A. de la UNAM.

Como se puede observar, los estudios antes mencionados realizados en México sobre lluvia ácida, han sido enfocados al efecto de la lluvia ácida en materiales de construcción, al efecto en ecosistemas terrestres y efectos de la lluvia ácida en los vegetales, sin embargo todavía no existen estudios relacionados con el efecto de la lluvia ácida en los cuerpos de agua en México, es por ello que resalta la importancia del desarrollo de esta investigación como un precedente en este tema.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 DEPÓSITO ATMOSFÉRICO.

Es la contaminación presente en la atmósfera, que se transporta a través del viento, a distancias lejanas de las fuentes originales de emisión, se deposita sobre la tierra y los cuerpos de agua, el depósito se presenta en dos formas: seco y húmedo, ambos depósitos pueden tener características ácidas (S. E.C. F., 2004).

2.1.1 Depósito seco ácido; esta forma de depósito, hace referencia a gases como el bióxido de azufre (SO_2), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas ácidas, son transportados por la atmósfera y se depositan en edificios, vehículos, montañas y vegetación, este tipo de depósito también ocurre a kilómetros de distancia del lugar de las emisiones, como se observa en la Figura 2.1 (Manahan, 2007).

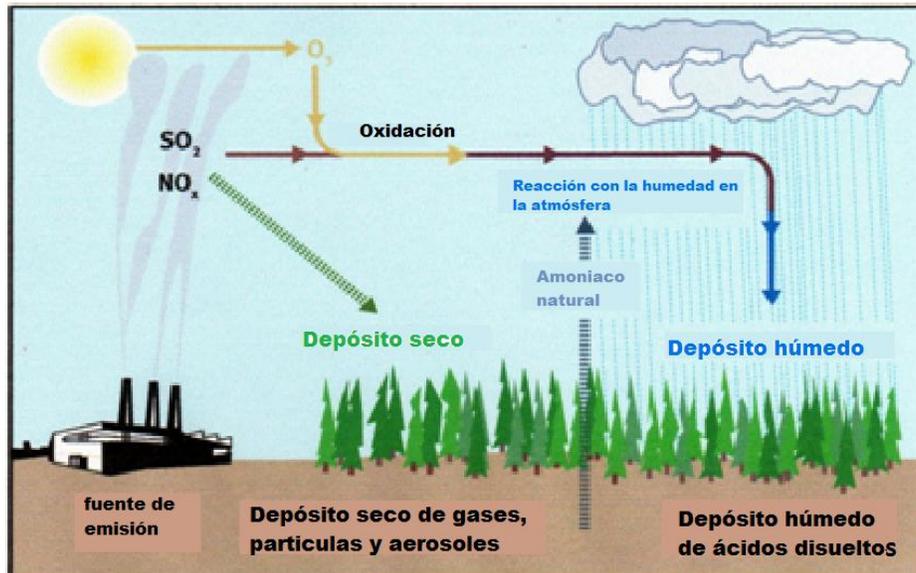


Figura 2.1 Depósito "húmedo y seco".

(Fuente; www.physicalgeography/ 2006)

2.1.2 Depósito húmedo ácido; es un proceso químico en donde las emisiones de SO_2 y NO_x son transformados en la atmósfera y después son depositados sobre la superficie terrestre como ácido sulfúrico diluido (H_2SO_4) y ácido nítrico diluido (HNO_3) (Casas, et al 1999), pueden ser depositados sobre la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve ó niebla como se muestra en la Figura 2.2, a esta forma de depósito también se le conoce como lluvia ácida, nieve ácida ó niebla ácida (Ruiz, et al 2007).



Figura 2.2 Lluvia, Niebla y Nieve ácida.

(Fuente: www.biogeociencias.com/)

2.2 DEFINICIÓN DE DEPÓSITO HÚMEDO Ó LLUVIA ÁCIDA.

Se ha definido como lluvia ácida a la precipitación pluvial que tiene un valor de pH menor a 5.60 unidades, este valor de pH se debe al equilibrio que tiene el agua de la atmósfera con el bióxido de carbono (CO_2), lo que provoca la formación de un ácido débil, que es el ácido carbónico (H_2CO_3) como se muestra en la reacción de la Ecuación 2.1 (Bravo, et al 1991).



Ec. 2.1

El incremento en la acidez de la lluvia es causado por las reacciones que se generan en la atmósfera, con la presencia de contaminantes como SO_2 y NO_x , a los que se les define como precursores de la lluvia ácida, que a su vez se producen ó transforman los ácidos diluidos como el H_2SO_4 y el HNO_3 .

2.3 PRECURSORES DE LA LLUVIA ÁCIDA.

Las emisiones del bióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x), son generados en los procesos de combustión de energéticos fósiles ricos en azufre, por ejemplo; la quema de combustóleo, carbón ó gas natural en las termoeléctricas, la quema de gasolina en los motores de combustión interna de vehículos y aviones. Estos compuestos se oxidan e hidrolizan en la atmósfera, para formar ácido sulfúrico diluido (H_2SO_4) y ácido nítrico diluido (HNO_3) como se muestra en la Figura 2.3 (Glynn, et al 1999).

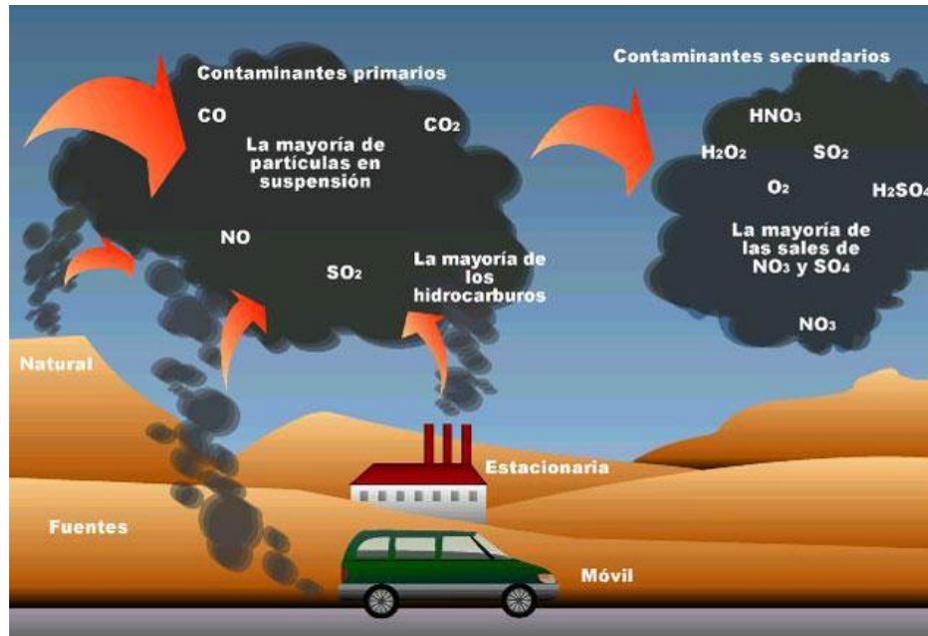


Figura 2.3 Precursores de la lluvia ácida.

(Fuente; www.formacionporlasostenibilidad/capadeozono/2009)

2.3.1 Bióxido de azufre (SO₂): es un gas incoloro de olor penetrante y sabor suavemente ácido. El azufre que llega a la atmósfera proviene de fuentes naturales y fuentes antropogénicas, cerca del 90% del azufre que llega a la atmósfera lo hace en forma de SO₂ como se observa en la Ecuación 2.2, otra forma de emitir azufre es en forma reducida inorgánica como: ácido sulfhídrico (H₂S), sulfuro de dimetilo ((CH₃)₂S) y mercaptanos (R-SH) (Figueroa, et al 2004).



Algunos factores que pueden influir para acelerar la reacción química atmosférica en la transformación de la emisión del SO₂ son: temperatura, humedad, intensidad solar, transporte atmosférico y las características de las partículas (Manahan, 2007).

Otra reacción de formación del SO₂ es la oxidación del ácido sulfhídrico (H₂S) con el ozono (O₃), como se muestran en la Ecuación 2.3 (Spedding, 1981).



2.3.2 Óxidos de nitrógeno (NO_x); el término óxidos de nitrógeno incluye cualquiera de los compuestos: óxido nítrico ó monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂) (Moller, 2006).

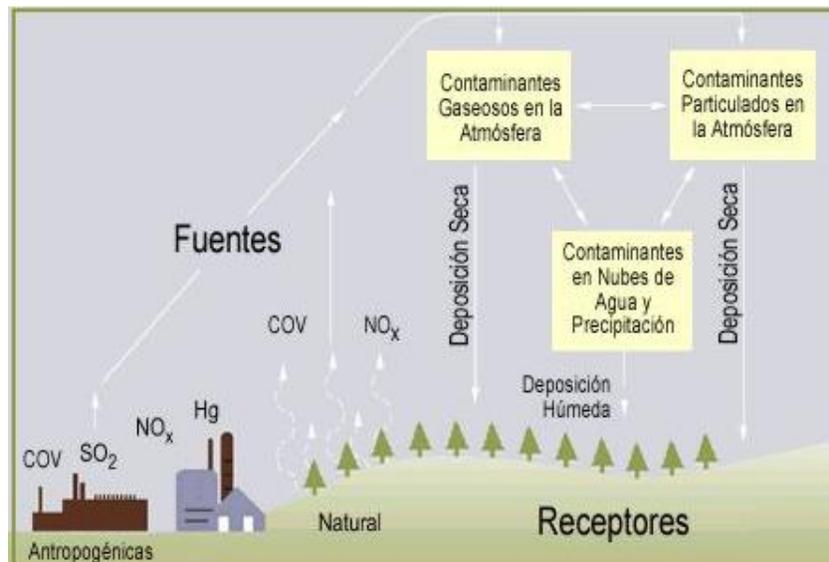
El NO se forma a partir de la reacción del O₂ con el N₂ en los procesos de combustión de altas temperaturas, en la Ecuación 2.4 se muestra la reacción de formación.



El NO₂ se forma a partir del NO por una reacción de oxidación que ocurre en la atmósfera como se muestra en la reacción de la Ecuación 2.5 (Williams, et al 2000).



Las fuentes de emisión del SO₂ y el NO_x pueden ser naturales y/o antropogénicas. Las fuentes naturales son; la erosión de suelo, erupciones volcánicas y de la descomposición anaerobia de materia orgánica, pero además los NO_x también se generan de los incendios forestales y la quema de rastrojo, así como el amoniaco que al oxidarse fotoquímicamente da lugar a la formación de los NO_x, mientras que las fuentes antropogénicas son los procesos de combustión a altas temperaturas como se observa en la Figura 2.4 (Gillespie, et al 1990).



*Figura 2.4 Fuentes de emisión de los precursores de la lluvia ácida.
(Fuente: www.epa.gov/acidrain/spanish/2006)*

2.4 REACCIONES DE FORMACIÓN DE LA LLUVIA ÁCIDA EN LA ATMÓSFERA.

La lluvia ácida se forma cuando el SO_2 y los NO_x presentes en la atmósfera, reaccionan por oxidación con la humedad de la atmósfera, formando el H_2SO_4 y el HNO_3 diluidos Figura 2.5 (Campos, 2003).

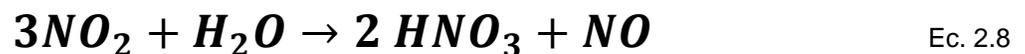
➤ **Formación del H_2SO_4 a partir del SO_3** ; cuando el SO_2 reacciona con el oxígeno de la atmósfera se genera trióxido de azufre (SO_3) como se muestra en la reacción de la Ecuación 2.6.



Después el SO_3 al combinarse con la lluvia, reacciona dando lugar a la formación del H_2SO_4 , como se muestra en la reacción de la Ecuación 2.7.



➤ **Formación del HNO_3 a partir NO_2** ; el NO_2 se forma a partir de NO como se mostró en la Ecuación 2.5, este NO_2 al reaccionar con el H_2O de la atmósfera, da origen al HNO_3 como se observa en la reacción de la Ecuación 2.8 (Zuck, et al 2006).



En la Figura 2.5 se muestran las reacciones de formación de la lluvia ácida a partir de sus precursores SO_2 y NO_x .

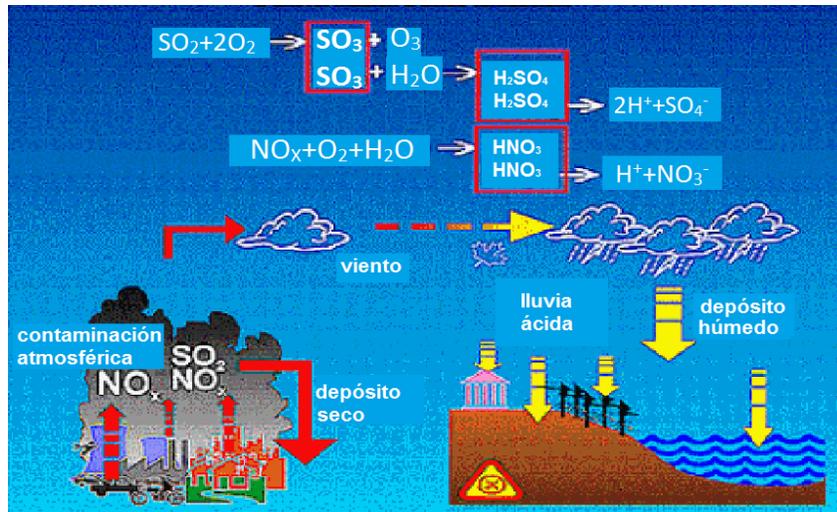


Figura 2.5 Reacciones de formación en la atmósfera de la lluvia ácida.

(Fuente; www.elblogverde/2010)

2.5 EFECTOS DE LA LLUVIA ÁCIDA EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.

La lluvia ácida al estar en contacto con los cuerpos de agua disminuye el pH, generando una acidez que tiene como consecuencia la reducción de la vida acuática, así como la disminución de la cadena trófica y como consecuencia mayor, la ruptura de la cadena alimenticia como se observa en la Figura 2.6 (Martínez, 2008).

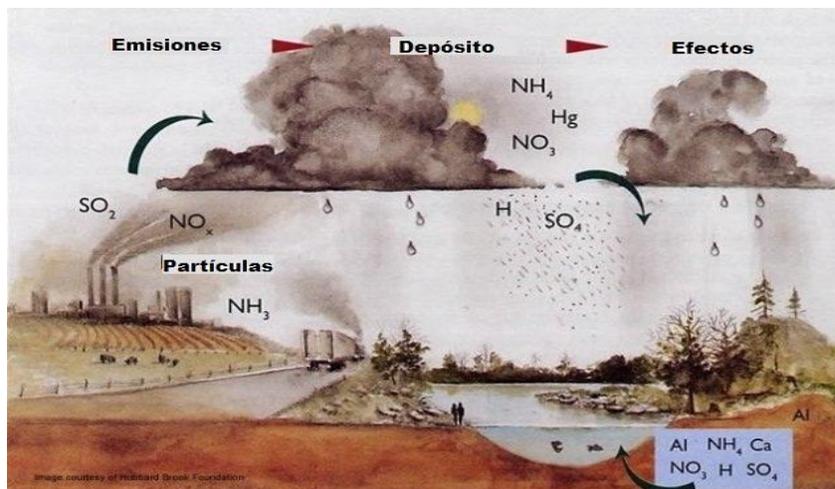


Figura 2.6 Efectos de la lluvia ácida en el ecosistema acuático.

(Fuente: <http://i44.tinypic.com/2pyxs80.jpg/2010>).

Otra de las consecuencias del depósito húmedo ácido, es que solubiliza el aluminio (Al^{3+}) de los suelos en los cuerpos de agua, provocando un incremento de los iones de aluminio, el cual es muy tóxico para la mayor parte de los organismos. El cadmio (Cd), zinc (Zn) y plomo (Pb) también tienen una gran facilidad para disolverse, por lo que son más accesibles y dañinos para los animales y las plantas acuáticas (Jaquenod, 2004).

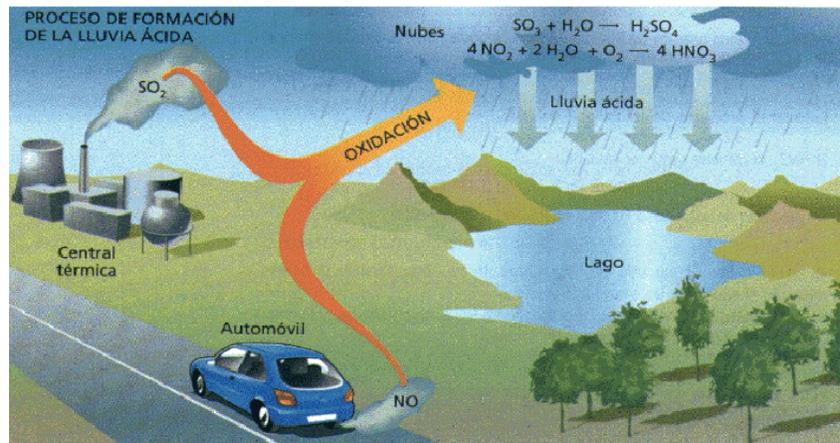


Figura 2.7 Depósito ácido en los cuerpos de agua.

(Fuente: www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/lentiscal/1995)

El efecto que causa la lluvia ácida a los cuerpos de agua, puede ser neutralizado por sus propiedades fisicoquímicas y geológicas. A esta neutralización de la acidez, se le conoce como "Capacidad de Neutralización Ácida". Para poder definir la Capacidad de Neutralización Ácida, es necesario revisar antes, algunos conceptos básicos como: pH, acidez y alcalinidad, entre otros.

2.6 DEFINICIÓN DEL pH.

El potencial de hidrógeno o concentración de protones conocido como pH es una medida de la acidez ó la alcalinidad de una disolución, y se define como: el logaritmo negativo de la concentración de ión hidrógeno (H^+) ó ión hidronio (H_3O^+) en mol por litro (mol/L) en base 10, de la actividad de los iones H^+ , como se muestra en la Ecuación 2.9, y se mide en una escala de 1 a 14 (Peña, et al 2004) donde el punto medio o neutro de la escala es 7, en este valor de la escala hay un equilibrio entre la acidez y la alcalinidad, los valores de pH menor a 7 son ácidos, y los valores de pH mayor a 7 son básicos, cómo se muestra en la Figura 2.8 (Rodríguez, et al 2009).

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Ec. 2.9

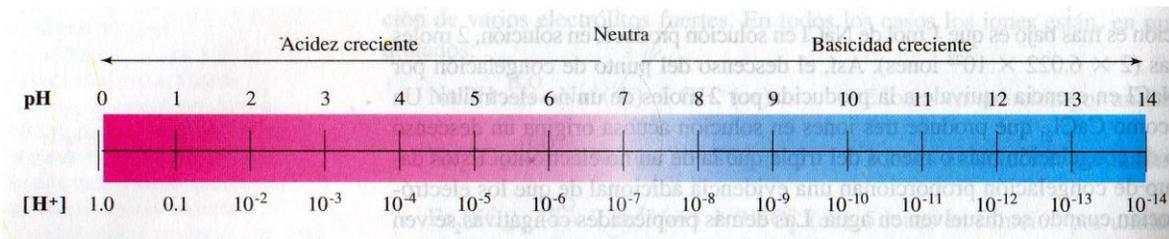


Figura 2.8 Escala del pH.

(Fuente: Hein, et al 2001).

La característica de la acidez la determina la concentración del ión hidrógeno (H^+) ó ión hidronio (H_3O^+) presente en la disolución, conocida como solución ácida, y la característica de basicidad la determina la concentración del ión hidroxilo (OH^-) presente en la disolución, conocida como solución básica, cuando una solución tiene la misma concentración de ión H^+ y de ión OH^- se llama solución neutra (Hein, et al 2001).

Solución ácida $[H^+] > 1.0 \cdot 10^{-7} > [OH^-]$
Solución neutra $[H^+] = 1.0 \cdot 10^{-7} = [OH^-]$
Solución básica $[H^+] < 1.0 \cdot 10^{-7} < [OH^-]$

Una solución ácida ó un ácido es una sustancia que puede donar un ión hidrógeno ó llamado comúnmente como protón, y una solución básica ó una base es una sustancia que puede aceptar un protón, como se muestra en la Ecuación 2.10 (Snoeyink, et al 2002).



2.7 ACIDEZ Y ALCALINIDAD.

2.7.1 **Acidez;** es la presencia de sustancias disociables en agua y como producto de la disociación se genera el ión hidronio (H_3O^+) (NMX-AA-036-SCFI-2001).

2.7.2 **Alcalinidad;** es la capacidad de reaccionar ó neutralizar al ión hidronio (H_3O^+), de sustancias hidrolizables en agua y como producto de la hidrólisis se genera el ión hidroxilo (OH^-) (NMX-AA-036-SCFI-2001).

La alcalinidad total en el agua es producida principalmente por la presencia del ión carbonato ($\text{CO}_3^{=}$), ión bicarbonato (HCO_3^-) e ión hidroxilo (OH^-), como se muestra en la Ecuación 2.11, así como la presencia en cantidades bajas de boratos, silicatos, fosfatos, amoníaco y bases orgánicas, que tienen la capacidad de neutralizar un ácido fuerte (Harris, 2007).



El agua (H_2O) y el bicarbonato (HCO_3^-) tienen la característica de actuar como ácido ó base, la cual es llamada "anfólito ó anfótero", como en la reacción del H_2O con el $\text{CO}_3^{=}$, el H_2O actúa como ácido, porque dona un protón, como se muestra en la Ecuación 2.12 (Snoeyink, et al 2002).



La acidez que puede presentar el agua es por la presencia de sustancias como el ácido carbónico (H_2CO_3) y el bicarbonato (HCO_3^-) y puede ser neutralizada por una base fuerte (Snoeyink, et al 2002).

2.8 CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN.

La capacidad de neutralización se define como una propiedad fisicoquímica de los cuerpos de agua, que permite amortiguar el descenso ó incremento del valor de pH, debido al efecto "buffer", ocasionado por la presencia de especies químicas tales como carbonato ($\text{CO}_3^{=}$), bicarbonato (HCO_3^-), hidróxido (OH^-) (NAPAP, Vol. II, 1991).

El sistema ácido-base más importante en las interacciones aire/agua es el carbónico, el cual controla el pH de la mayor parte de las aguas naturales y se compone de las siguientes especies:

- Dióxido de carbono en forma gaseosa (CO_2)_g ó disuelto en agua CO_2 (ac).
- Ácido Carbónico (H_2CO_3).
- Ión bicarbonato (HCO_3^-).
- Ión carbonato ($\text{CO}_3^{=}$).
- Sólidos a base de $\text{CO}_3^{=}$, principalmente de calcio (Ca^{2+}) y de magnesio (Mg^{2+}).

Entre los ejemplos que tienen importancia en el sistema carbónico, en el campo ambiental se cuentan los siguientes:

- La producción de CO₂ en la respiración biológica.
- El consumo de CO₂ en la fotosíntesis.
- El intercambio de CO₂ entre aire y agua.
- La disolución de carbonatos minerales, principalmente el carbonato de calcio (CaCO₃) y el carbonato de magnesio (MgCO₃), por las aguas subterráneas.
- La capacidad amortiguadora de las aguas naturales, que principalmente proviene del sistema carbónico (acidez y alcalinidad).
- Ablandamiento de aguas.
- Diversos procesos de tratamientos de agua y de aguas residuales.
- El intercambio entre las formas sólidas y disueltas del CaCO₃ en el fondo de los lagos (Glynn, et al 1999).

Tabla 2.1 Reacciones de equilibrio del sistema carbónico en el agua.

<i>EQUILIBRIO</i>	<i>ECUACIÓN</i>	<i>CONSTANTE DE EQUILIBRIO</i>
<i>AIRE ↔ AGUA</i>	$CO_2(g) \leftrightarrow CO_2(ac)$	$K_H = 3.2 \times 10^{-2}$
<i>AGUA</i>	$CO_2(ac) + H_2O \leftrightarrow H_2O_2 + CO_3^{=}$ $H_2CO_3 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + HCO_3^-$ $HCO_3^- + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + CO_3^{2-}$	$K_m = 1.3 \times 10^{-3}$ $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ $K_{a2} = 4.8 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$
<i>SÓLIDO ↔ AGUA</i>	$CaCO_3(s) \leftrightarrow Ca^{2+} + CO_3^{=}$ $CaCO_3(s) + H_3O^+ \leftrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^- + H_2O$	$K_{so} = 5.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ $K_T = K_{so} / K_{a1}$

K_H= Constante de Henry.

K_m=Constante media.

K_a= Constante de acidez.

K_{so}=Constante de solubilidad.

K_T= Constante total.

2.9 EQUILIBRIO BIÓXIDO DE CARBONO-CARBONATO-BICARBONATO.

El equilibrio entre bióxido de carbono (CO_2), carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) y bicarbonato (HCO_3^-), es el principal responsable de la capacidad de neutralización en los cuerpos de agua, es decir la capacidad de recibir ión H^+ ó ión OH^- sin modificar el pH (Glynn, 1999).

El $\text{CO}_{2(g)}$ en la atmósfera se disuelve en el H_2O , para producir $\text{CO}_{2(ac)}$, Ecuación 2.13.



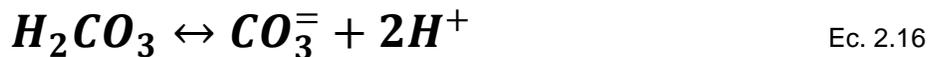
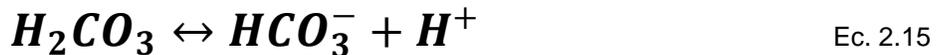
El $\text{CO}_{2(ac)}$ disuelto, reacciona en el medio acuoso para formar H_2CO_3 , Ecuación 2.14.



La expresión de equilibrio de la Ecuación 2.14 está dada por la Ecuación 2.14.1.

$$K = \left[\frac{\text{H}_2\text{CO}_3}{\text{CO}_{2(ac)}} \right] = 1.3 * 10^{-3} \quad \text{Ec. 2.14.1}$$

El H_2CO_3 se disocia en dos pasos, primero a ión HCO_3^- Ecuación 2.15 y el segundo a ión $\text{CO}_3^{=}$, Ecuación 2.16.



La constante de equilibrio de la Ecuación 2.15 está dada por la Ecuación 2.15.1.

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4.2 * 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad \text{Ec. 2.15.1}$$

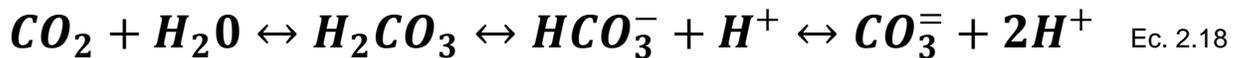
Posteriormente el ión HCO_3^- se disocia en ión $\text{CO}_3^{=}$ e ión H^+ Ecuación 2.17.



La constante que rige el nuevo equilibrio de la Ecuación 2.17, está dada por la Ecuación 2.17.1.

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{=}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4.8 * 10^{-11} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad \text{Ec. 2.17.1}$$

La solubilidad del CO_2 en agua es una particularidad que explica porqué se encuentra en el medio acuático en forma de gas libre, al estar en contacto con el agua se solubiliza formando al H_2CO_3 que puede disociarse en HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$, generando un equilibrio en los cuerpos de agua como se muestra en la Ecuación 2.18 (Solís et al, 2003).



La distribución de las especies químicas relacionadas con el CO_2 se muestra en la Figura 2.9, se observa que el bicarbonato se encuentra en la zona comprendida 4.30 y 12.6 unidades de pH. Por debajo de 4.30 unidades, sólo existirá CO_2 y a partir de 8.30 unidades, empezará a aparecer $\text{CO}_3^{=}$. A pH de 6.3 unidades existe un 50 % tanto de H_2CO_3 como de HCO_3^- . A pH de 10.33 unidades existirá un 50 % de HCO_3^- y de $\text{CO}_3^{=}$.

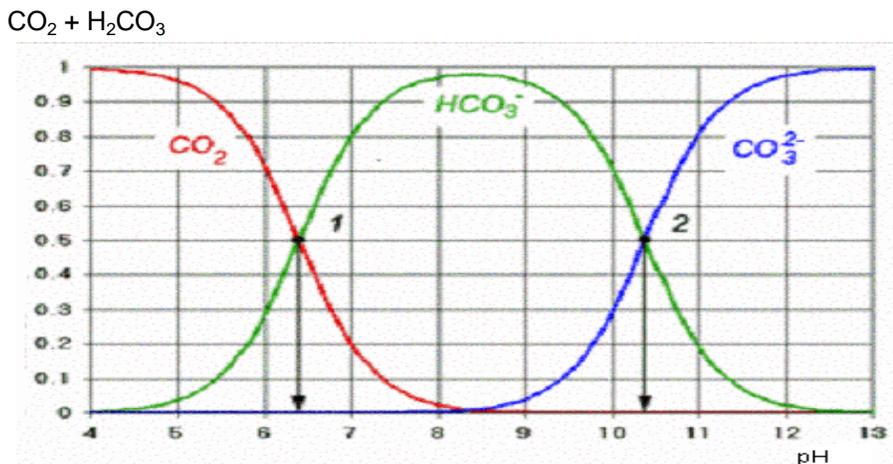


Figura 2.9 Equilibrio bióxido de carbono (CO_2), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato ($\text{CO}_3^{=}$).
(Fuente: Allende, 1976).

2.10 CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA.

El sistema carbónico, permite que los cuerpos de agua sean capaces de resistir los cambios de pH, cuando se agrega o se forma material ácido ó alcalino en ellos, esta capacidad de neutralización es atribuible a la presencia de especies del sistema carbónico, como el CO_2 , HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$, en el caso de un ácido fuerte y en el caso de que sea una base fuerte (Glynn, et al 1999).

Uno de los parámetros importantes para la capacidad de neutralización de los cuerpos de agua es la alcalinidad, y está determinada por el contenido de HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$, e OH^- . La capacidad neutralizante es cuando el punto final de la valoración ácido-base coincide con el punto de equivalencia del anhídrido carbónico en la cual el HCO_3^- constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad (Rodríguez, et al 1999).

2.10.1 Clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo a su Capacidad de Neutralización Ácida (CNA): la United States Environmental Protection Agency (USEPA), realizó dos proyectos: Temporally Integrated Monitoring of Ecosystems (TIME) y the Long-Term Monitoring (LTM), con el objetivo de monitorear el depósito ácido en los cuerpos de agua en varias regiones de Estados Unidos, para la clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo su Capacidad de Neutralización Ácida, a continuación se menciona la forma dicha clasificación:

- **Cuerpo de agua ácido:** son los que tienen una CNA de 0 $\mu\text{eq/L}$.
- **Cuerpo de agua con CNA baja ó acidificado:** es cuando su CNA es mayor que cero pero menor a 25 $\mu\text{eq/L}$.
- **Cuerpo de agua moderado ó sensible:** es cuando su CNA es de 25 $\mu\text{eq/L}$ pero menor a 100 $\mu\text{eq/L}$.
- **Cuerpo de agua sano:** es cuando su CNA es mayor a 100 $\mu\text{eq/L}$.

La EPA calculó la Capacidad de Neutralización Ácida por diferencia de concentración de iones (Ecuación 2.19).

2.11 FÓRMULA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN.

El cálculo de la Capacidad de Neutralización Ácida, se realizó sumando la concentración de los cationes menos la suma de la concentración de los aniones presentes en el cuerpo de agua, la concentración se expresan en microequivalentes por litro ($\mu\text{eq/L}$) como se muestra en la Ecuación 2.20 (NAPAP, Vol. II, 1991).

Donde:

- CNA: Capacidad de Neutralización Ácida.
- C_A : Concentración de especies anionicas ó ácidas en $\mu\text{eq/L}$
- C_B : Concentración de especies cationicas ó básicas $\mu\text{eq/L}$

Ecuación general:

$$CNA = [\sum_i^n C_{B^+}] - [\sum_i^n C_{A^-}] \quad \text{Ec. 2.19}$$

Ecuación desarrollada:

$$CNA_{(CB-CA)} = (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + NH_4^+ + Fe^{3+} + Mn^{2+}) - (SO_4^{2-} + NO_3^- + Cl^- + F^-) \quad \text{Ec. 2.20}$$

CAPÍTULO III
LAGUNA EL MORRO
“LA MANCHA”, VERACRUZ.

3.1 DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO DE LA LAGUNA “LA MANCHA”, VERACRUZ.

La laguna “La Mancha” se encuentra situada en la parte central del Estado de Veracruz como se muestra en la Figura 3.1, entre los paralelos 19° 34" y 19° 42" de latitud N y los meridianos 96° 23" y 96° 27" de longitud O, pertenece al Municipio de Actopan, Veracruz, ubicado al Noroeste del puerto de Veracruz, el clima es cálido sub-húmedo con escasa oscilación térmica, afectado por ciclones y nortes. Durante la época de lluvia hay descargas de agua dulce por medio de arroyos y un aporte permanente por medio del Río Caño Grande (Figura 3.3), que se encuentra en el Suroeste del sistema. La temporada de lluvia es de Junio a Noviembre con un período de sequía en Septiembre (Tejeda, et al 1989), la temperatura media anual oscila entre los 21.1°C y los 27.3°C, también se registran temperaturas máximas y mínimas extremas de 40.5°C y 6°C respectivamente, la precipitación total media es de 1286.7 mm (Barreiro, et al 1991).

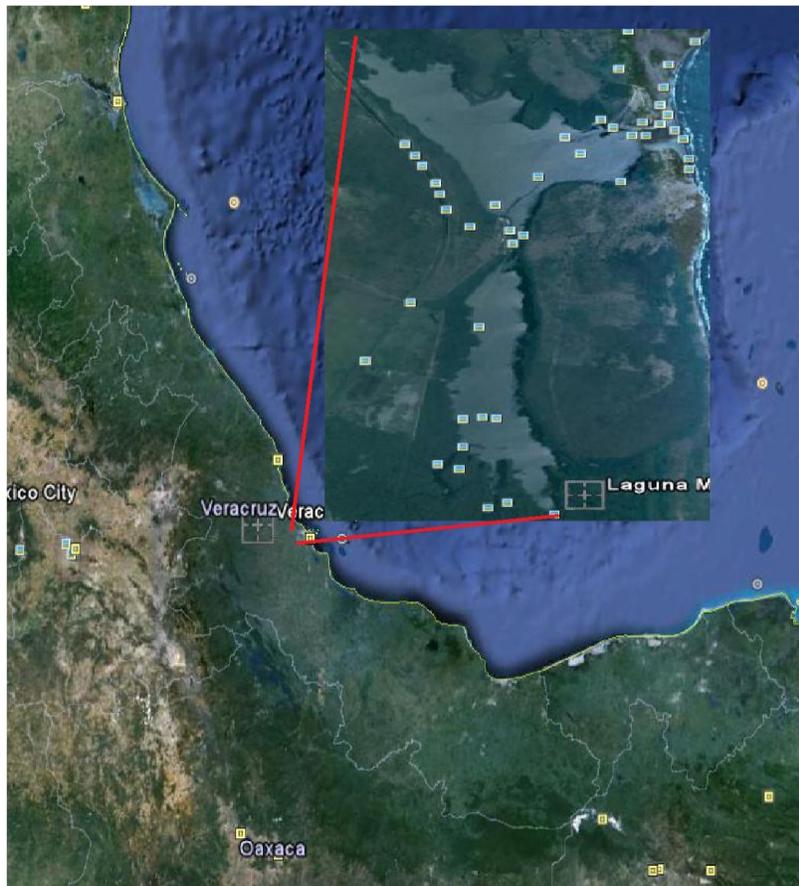


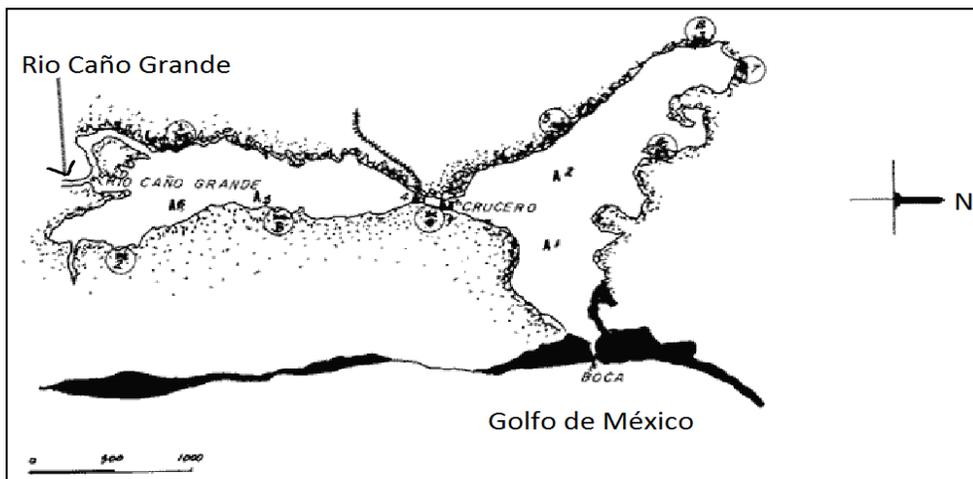
Figura 3.1 Ubicación geográfica de la laguna “La Mancha”.
(Fuente: mapas/google/1).

El origen geológico de la laguna corresponde a una depresión inundada según la clasificación de Lankford (1977), protegida por una barrera arenosa producto de la acción del oleaje y las corrientes marinas, la boca de la laguna se localiza al Noreste, se distribuye de forma paralela a la costa, el eje mayor es paralelo a la costa y alargado, su forma es irregular y tiene un estrechamiento en la parte central, mide aproximadamente 3 km de longitud Norte-Sur y 1.5 km de ancho en su parte Norte como se muestra en la Figura 3.2 (Contreras, 1985).



*Figura 3.2 Fotografía de la laguna “La Mancha”, desde una vista aérea.
(Fuente: www.ecologia.edu.mx/inacol/personal/ecologiaf/2007).*

La laguna “La Mancha” cuenta con dos afluentes importantes, el Golfo de México hacia el Norte y el Río Caño Grande hacia el Sur, como se observa en la Figura 3.3.



*Figura 3.3 Afluentes en la laguna “La Mancha”.
(Fuente: www.ecologia.edu.mx/inacol/personal/ecologiaf/2010).*

3.2 CAPACIDAD EN VOLUMEN QUE TIENE LA LAGUNA “LA MANCHA”.

El área lagunar tiene una extensión de 1'567,412.5 m² (156 Ha), con una longitud aproximada de tres kilómetros, cuando se llena y la boca de la laguna se cierra, su capacidad máxima alberga un volumen de 1'607,606.6 m³; cuando se abre la boca y el flujo del agua se dirige hacia el mar disminuye un 82.53% equivalente a 1'326,787.5 m³, el volumen mínimo cuando la barra se encuentra abierta es de 280,813 m³ equivalente a 17.47% de su capacidad (Villalobos, et al 1984), la profundidad en la laguna varía estacionalmente, presenta un máximo de 1.4 m cuando se encuentra cerrada la barra y un mínimo de 0.67 m cuando esta se abre, en épocas de lluvias y de nortes la laguna recibe el aporte de agua marina, Figura 3.4 (Sánchez, 1981).



Figura 3.4 Manglares en la laguna “La Mancha”.
(Fuente: www3.inecol.edu.mx/manglares/index/2011).

La laguna presenta diferentes características fisicoquímicas en su área, así como una biodiversidad en su habitat, por el hecho de estar conectada hacia el Norte con el Golfo de México y hacia el Sur con el Rio Caño Grande, para explorar los cambios espacio-temporales dentro de la laguna, la Estación Meteorológica del Centro de Investigaciones Costeras del Morro “La Mancha” (CICOLMA), ha establecido diez estaciones de muestreo (Ruiz, 2002).

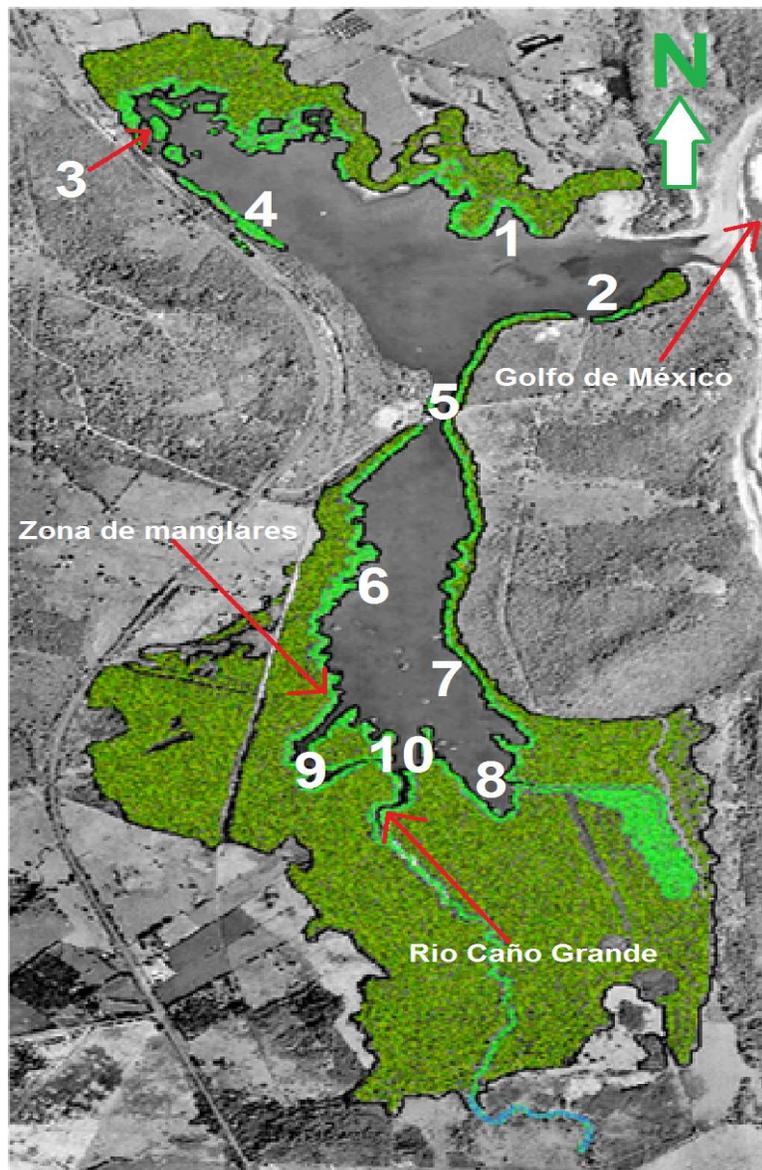
En la parte Norte de la laguna, se encuentran las estaciones: Chapopote (1), El Tubo (2), Puerto Viejo (3) e Higuierita (4). En la parte Central de la laguna establecieron dos estaciones: El Crucero (5) y Postes (6). Hacia el Sur se localizan las estaciones: la Pajarera (7), Caño Izote (8), Plaza de Sábalos (9) y Caño Grande (10), la estación 2 se encuentra cercana al Golfo de México, y las estaciones 9 y 10 se encuentran cercanas a la desembocadura del Arroyo Caño Grande, en la Tabla 3.1 se muestra la descripción de cada estación.

Tabla 3.1 Estaciones de muestreo dentro de la laguna “La Mancha”, ubicación geográfica y algunas características descriptivas.

N°	ESTACIÓN	ZONA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		DESCRIPCIÓN
1	Chapopote	Norte	19°35.395' N	96° 23.123' W	Cercana a la boca estuarina. Mangle de borde.
2	El Tubo	Norte	19°35.187' N	96°22.921' W	Cercana a la boca estuarina, sitio azolvado. En esta zona fue colocado un gasoducto en los años 70's por PEMEX. Mangle de borde.
3	Puerto Viejo	Norte	19°35.405' N	96° 23.496' W	Cercano a la carretera federal. Pequeña bahía protegida, antiguo embarcadero. Mangle de borde.
4	Higuierita	Norte	19°35.296' N	96°23.388' W	Cercano a la carretera federal. Mangle de borde.
5	El Crucero	Centro	19°34.880' N	96°23.189' W	Zona de restaurantes, actual embarcadero. Mangle de Borde.
6	Postes	Centro	19°34.613' N	96° 23.324' W	Cercano a un sistema de colectores para cultivo de Ostión. Mangle de borde.
7	Pajarera	Sur	19°34.285' N	96°23.265' W	Islote de mangle rojo donde anida la garza garrapatera <i>Bubulcus ibis</i> L. Mangle de Borde.
8	Caño Izote	Sur	19°34.095' N	96°23.049' W	Pequeña bahía protegida. Mangle de borde.
9	Plaza de Sábalos	Sur	19°33.997' N	96°23.391' W	Influencia dulceacuícola. Mangle ribereño.
10	Caño Grande	Sur	19°34.030' N	96°23.235' W	Desembocadura del arroyo Permanente Caño Grande. Mangle ribereño.

3.3 TIPOS DE COMUNIDADES VEGETALES.

La vegetación circundante es selva baja sub-perennifolia, selva baja caducifolia, vegetación de dunas costeras, selva baja perennifolia inundable, ceibadal y asociaciones de algas marinas macroscópicas epiliticas, la laguna se encuentra rodeada por diferentes tipos de vegetación, de los cuales el manglar es el más importante, Figura 3.5 (Novelo, 1978).



*Figura 3.5 Estructura forestal de la laguna “La Mancha”.
(Fuente: biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1991).*

3.4 ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN LAS ZONAS ALEDAÑAS A LA LAGUNA “LA MANCHA”.

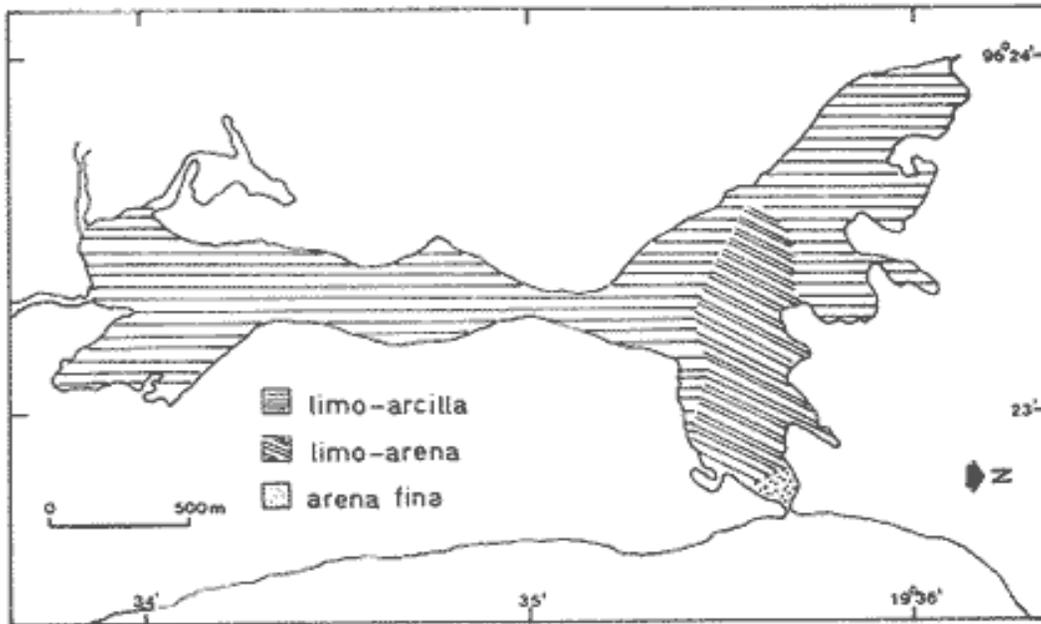
En los alrededores de la laguna se realizan algunas actividades como son: agricultura y ganadería.

- **Agricultura:** los principales productos agrícolas que se cosechan son: caña de azúcar, maíz, frijol y mango de temporal, esta región está considerada como una de las zonas de producción de mango más importantes del Estado y cuenta con una superficie total de 62,316.56 hectáreas, de las que se siembran 39,203.88, en las 6,511 unidades de producción.

- **Ganadería:** la principal crianza de ganados son: bovino, porcino, ovino, equino, y avícolas, el municipio cuenta con una superficie de 68,320 hectáreas dedicadas a la ganadería, en donde se ubican 4,081 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales (Actopan, 2005).

3.5 TIPO DE SUELO Y MINERALES EN LA LAGUNA “LA MANCHA”.

El suelo de la laguna “La Mancha”, está constituido por sedimento de origen fangoso, limo-arcilloso y rocoso, en la mayor parte del sistema lagunar predominan los sedimentos limo-arcilloso a excepción del área cercana a la boca, en donde es limo-arenoso, la arena que se encuentra en la boca es arena fina, como se observa en la Figura 3.6 (Flores, et al 1987), el tipo de sedimento encontrado en la laguna varía desde arcilla hasta arena, registrando un mayor porcentaje de arcilla 39.85 % y de limo 41.09 % en la zona Sur y Centro del sistema, cerca del área de la boca predomina la arena con un 63.98 % (Renner, 1997). Existen cantidades grandes de sólidos orgánicos y predominantemente inorgánicos suspendidos que provienen de las descargas fluviales (Matus et al, 1992).



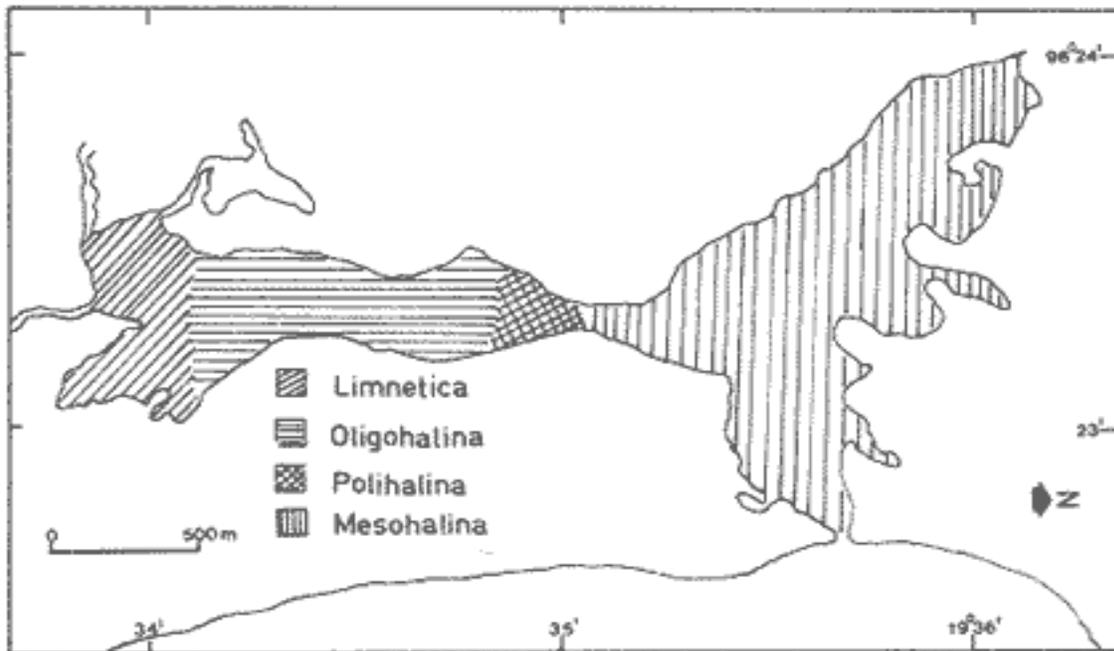
*Figura 3.6 Distribución de los diferentes tipos de sedimentos en la laguna "La Mancha".
(Fuente: dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1988).*

El comportamiento del carbono orgánico disminuye en su concentración conforme se acerca a la boca de la laguna, debido a la presencia de sedimentos limoso y arcilloso, al interior del cuerpo de agua los mayores porcentajes en promedio son: en la estación 10 "Caño Grande" es de 4.96 %, en la estación 9 frente a "Plaza Sábalo" es de 4.25 % y en la estación 8 "Caño Izote" de 4.12 %, presentando un sedimento limoso con un intervalo de 15.19 % a 66.93 % y arcilloso de 25.02 % a 59.45 %, como se observa en la Figura 3.6 (Cruz, 2006).

3.6 PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN SALINA (‰) EN LA LAGUNA "LA MANCHA".

Los porcentajes de salinidad que se presenta en la laguna "La Mancha", corresponden a condiciones de agua dulce con porcentajes bajos de 0.0 a 0.5 ‰ clasificado como Oligohalino, con un 18 a 30 ‰ como polihalino, a medida que se aproximan hacia la zona más estrecha de ambas cuencas, la salinidad de la laguna muestra condiciones limnéticas en el extremo Sur, en la zona más estrecha o canal de comunicación se registran los valores más altos desde un 20 ‰ de salinidad.

La zona Norte, que es la más extensa, presenta un comportamiento diferente por el escurrimiento continental lo que determina condiciones salinas de un 5 a 18 ‰ de clasificado como mesohalino, la laguna tiene un promedio de 80 cm a un metro de profundidad, salvo en los canales (Flores, 1987), en la Figura 3.7 se observa la distribución salina en la laguna.



*Figura 3.7 Distribución salina en la laguna "La Mancha", Veracruz.
(Fuente: dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1988).*

CAPÍTULO IV
COMPOSICIÓN QUÍMICA
DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL
EN LA ZONA DE ESTUDIO.

En el Estado de Veracruz la temporada de lluvia se presenta en los meses de Junio a Noviembre (Terán, 1995). En este trabajo se denominó como “**período estacional I**” a la temporada de lluvia escasa ó “secas”, que corresponde a los meses de Enero a Mayo incluyendo los meses de Septiembre y Diciembre, como “**período estacional II**” a la temporada de lluvia ó “lluvia abundante”, que corresponde a los meses de Junio a Agosto, Octubre y Noviembre.

En este capítulo se hizo un análisis estadístico y un comparativo de las características fisicoquímicas de la lluvia, de los dos periodos estacionales. Los datos del análisis de la lluvia, fueron obtenidos por la Q. Ana Luisa Alarcón J. en el laboratorio de la SCA-CCA-UNAM y corresponden a un periodo de 6 años (2003-2008), los datos proporcionados fueron: pH, conductividad eléctrica, concentración de iones y volumen de la precipitación pluvial. Las muestras de la lluvia para los análisis fueron obtenidas por el Técnico Enrique López Barradas, en la estación del Instituto de Ecología, A. C. (INECOL) en el Morro “La Mancha”, Veracruz.

Para realizar el análisis estadístico de la precipitación pluvial, se utilizó el programa “Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales” (SPSS) (Marques, 2004), con el cual se obtuvieron diagramas de caja, diagramas de tallo y hoja, histogramas y gráficos de barra. Con ayuda de estos diagramas se observó el comportamiento de los datos.

El diagrama de caja es una representación gráfica del comportamiento de los datos estadísticos, y las partes que constituyen un diagrama de caja son:

- **Máximo:** ilustra el comportamiento de eventos extraordinarios.
- **Percentil 90:** representa el 90% de los datos, caracteriza el comportamiento de los valores altos.
- **Percentil 75:** representa el 75% de los datos, caracteriza el comportamiento de los valores altos dentro de la caja.
- **Percentil 50:** es la concentración que divide en dos partes iguales al total de registros. Caracteriza la concentración típica, también se le denomina mediana.
- **Percentil 25 y percentil 10:** representan el 25 y 10% de los datos de valor bajo.
- **Rango intercuartílico:** representa el 50% de los datos, que se encuentran en el intervalo de la caja, del percentil 25 al 75.
- **Valor atípico:** son datos distantes de la mayoría de datos.

En la Figura 4.1 se muestra las partes que constituyen un diagrama de caja:

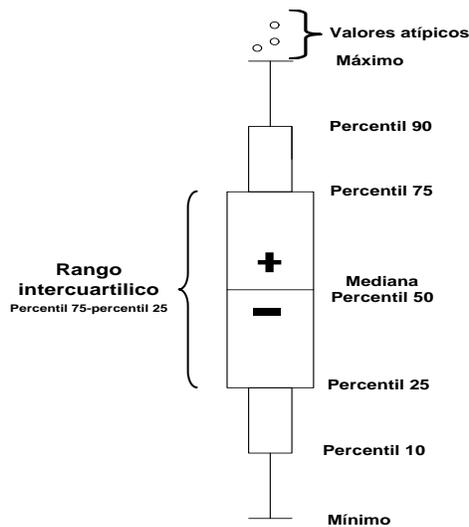


Figura 4.1 Diagrama de caja.

4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL pH PARA LOS PERIODOS ESTACIONALES I Y II DEL AÑO 2003 AL 2008.

El período estacional I cuenta con un total 132 datos y el período estacional II con un total de 252 datos (Tabla 4.1), que fueron utilizados para el análisis estadístico en cada periodo estacional.

Tabla 4.1 Número total de datos para el análisis estadístico del pH, para los periodos estacionales I y II.

Número total de casos.			
Estación		N	Porcentaje
pH	I	132	100.0%
	II	252	100.0%

En algunos análisis estadísticos se requiere emplear coeficientes de ponderación para asignar importancias individuales a los valores de una variable, en este caso cada muestra de lluvia está relacionada con un volumen específico, por esta razón se ponderaron los valores de pH de la lluvia con su respectivo volumen, la Ecuación 4.1 corresponde al cálculo para la ponderación.

$$(\text{Parámetro})_{ponderado} = (\text{Parámetro medido por evento}) \times \left[\frac{V_i}{V_T} \right] \quad \text{Ec. 4.1}$$

Donde:

V_i = volumen de lluvia de la muestra.

V_T = volumen total de la lluvia correspondientes al mes, año ó periodo.

4.1.1 Percentiles: los percentiles son los porcentajes en los que está dividido el número total de los datos, en la Tabla 4.2 se muestran los percentiles y los valores correspondientes de pH para cada periodo estacional. En el periodo estacional I, del percentil 5 al 25 el intervalo del valor de pH fue de 4.57 a 4.82 unidades y para el periodo estacional II fue de 4.67 a 4.89 unidades, en este intervalo los valores de pH son similares. Del percentil 50 al 95 para el período estacional II el intervalo fue de 4.96 a 5.41 unidades y para el período estacional I fue de 5.08 a 5.92, como se puede observar en el período estacional II los valores fueron más ácidos que los valores del periodo estacional I.

Tabla 4.2 Percentiles de los periodos estacional I y II.

		Percentiles							
		Estación	Percentiles						
			5	10	25	50	75	90	95
Promedio ponderado	pH	I	4.57	4.57	4.82	5.08	5.27	5.75	5.92
		II	4.67	4.74	4.89	4.96	5.15	5.24	5.41

Se elaboraron diagramas de caja que se observan en la Figura 4.2, para evaluar la distribución de los valores del pH correspondiente a cada percentil, de los dos periodos estacionales,

4.1.2 Diagrama de caja del pH ponderado de los periodos estacionales I y II: en el periodo estacional I el valor mínimo de pH fue de 4.47 unidades y en el periodo estacional II fue de 4.60 unidades, esto indica que en el periodo estacional I, se registraron eventos con valor de pH más ácido. La línea roja que se observa en el diagrama de caja, indica un pH de 5.60 unidades que corresponde al pH de la lluvia normal, tomando como referencia esta línea, se observa que el valor máximo del periodo estacional II es menor a este valor y el valor máximo del periodo estacional I sobrepasa el valor 5.60 de pH (Figura 4.2).

La mediana es el valor intermedio que se obtiene al ordenar los datos de mayor a menor, la mediana del periodo estacional II fue de 4.96 unidades y es más ácida que la mediana del periodo estacional I el cual fue de 5.08 unidades.

El rango intercuartílico determina el tamaño de la caja y se mide del límite inferior de la caja al límite superior de la misma. La caja representa el 50% de los datos y se observa que la caja del periodo estacional II es de menor tamaño que la caja del periodo estacional I, el rango intercuartílico del periodo estacional II fue de 0.26 y del periodo estacional I de 0.45, estos valores indican que en el periodo estacional II hay menos variación en los valores de pH.

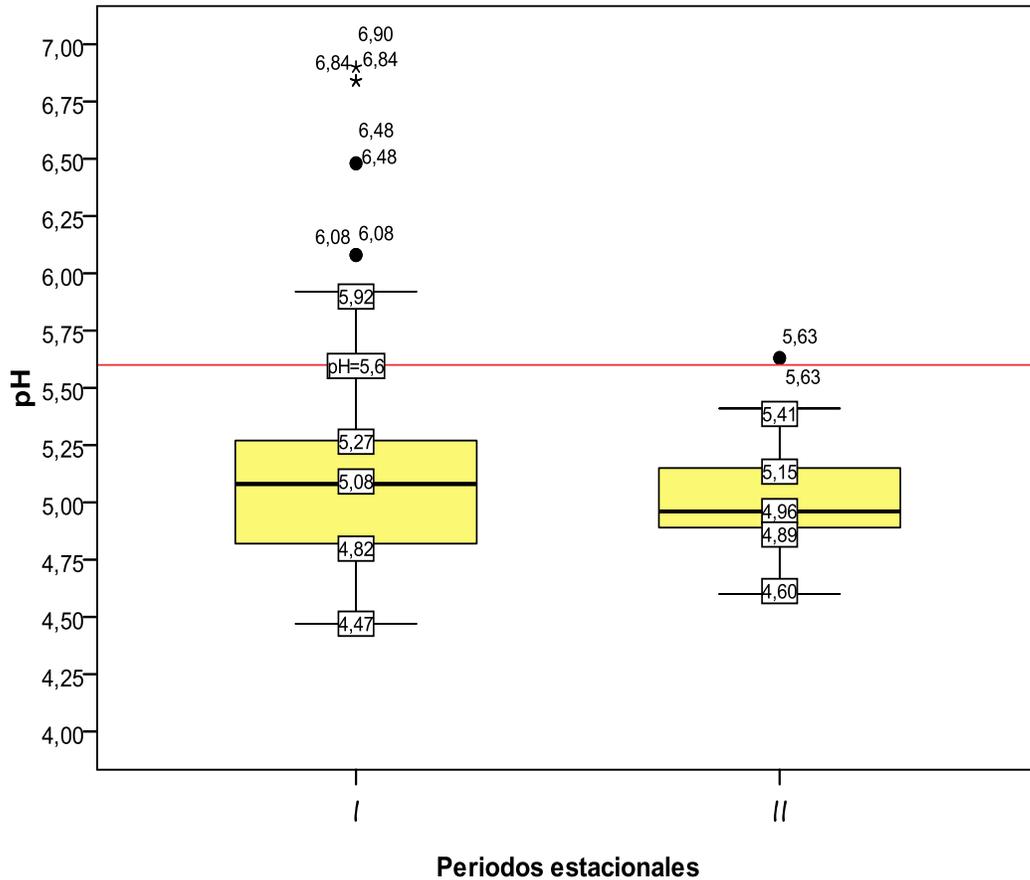


Figura 4.2 Diagrama de caja de los valores del pH ponderado mensual de la lluvia ácida, para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

4.1.3 Frecuencia absoluta acumulada: la frecuencia es la repetición de los valores de pH, para conocer el número de repetición de los valores de pH en los dos periodos estacionales, fue necesario hacer uso de diagramas de tallo y hoja que se muestran en el Anexo 2. En el periodo estacional I se obtuvieron dos frecuencias representativas las cuales fueron de 31 datos en el intervalo de 5.00 a 5.09 unidades y de 20 datos en el intervalo de 4.82 a 4.89 unidades. El periodo estacional II también se tuvo 2 frecuencias representativas, de 52 datos en el intervalo de 5.10 a 5.14 unidades y de 42 datos en el intervalo de 4.90 a 4.94 unidades.

En este mismo periodo estacional se obtuvieron otras dos frecuencias significativas con valores de pH más ácidos, de 27 datos en el intervalo de 4.95 a 4.96 unidades y de 24 datos en el intervalo de 4.87 a 4.89 unidades. Se observó que el comportamiento de dichas frecuencias no se ajustan al modelo de una distribución normal, por esta razón se realizaron histogramas para corroborar el comportamiento de la distribución (Anexo 2).

Con los intervalos que se obtuvieron en las frecuencias se observó que en el periodo estacional II se presentaron los valores de pH más ácidos, esto quiere decir que en los meses correspondientes a este periodo estacional la lluvia es más ácida.

Para evaluar el comportamiento de la acidez en la lluvia durante los seis años, se calculó el promedio ponderado del pH para cada periodo estacional y se hizo un comparativo entre los periodos, con el cual se determinó que el valor promedio ponderado del pH es más ácido en el periodo estacional II, lo cual indica que la acidez de la lluvia es mayor en los meses de Junio a Agosto, Octubre y Noviembre, con el objetivo de conocer si la acidez en la lluvia es continuo se realizó un comparativo anual del pH ponderado.

4.1.4 Promedio anual del pH ponderado; en la Tabla 4.3 se puede observar que el valor promedio del pH ponderado en el periodo estacional II se mantuvo en un intervalo de 5.0 a 5.15 unidades del año 2003 al 2006, en los años 2007 y 2008 hubo un descenso a 4.88 unidades y 4.84 unidades respectivamente. En el periodo estacional I el comportamiento fue diferente, en los años 2003, 2005 y 2007 los valores fueron menor a 5.00 unidades, en los años 2004, 2006 y 2008 los valores fueron mayor a 5.00 unidades. En el año 2007 el valor promedio ponderado fue más ácido en los dos periodos estacionales (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Valor promedio ponderado anual del pH en la lluvia para los periodos estacionales I y II.

Datos	pH Ponderado (I)	pH Ponderado (II)
2003	4,86	5,08
2004	5,01	5,15
2005	4,93	5,00
2006	5,19	5,04
2007	4,68	4,88
2008	5,15	4,84

En la Figura 4.3 se observa el promedio anual ponderado del pH, en los dos periodos estacionales son menores a 5.6 unidades, en los años 2003, 2004 y 2005 los valores son más ácidos en el periodo estacional I, sin embargo la tendencia se invierte, para los años 2005 y 2006, la acidez se incrementa en el periodo estacional II, excepto en el año 2007.

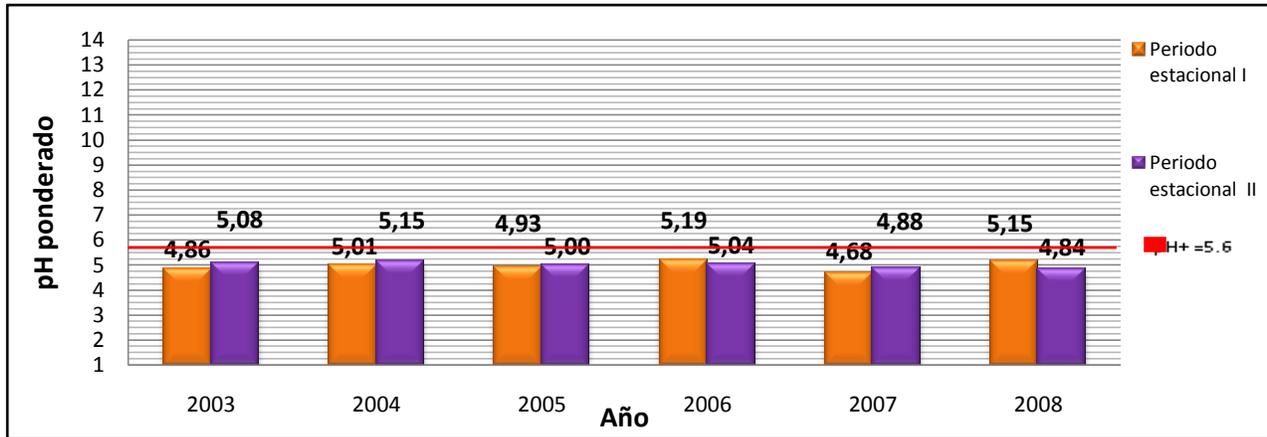


Figura 4.3 Comparativo anual (2003-2008) de los valores del promedio del pH ponderado, para los periodos estacionales I y II.

Para comprobar si hubo diferencia significativa en el pH de la lluvia durante los seis años, se realizó una prueba de Wilcoxon.

4.2 PRUEBA DE WILCOXON:

La prueba de Wilcoxon es de tipo no paramétrica y sirve para determinar si hay diferencia significativa entre dos muestras relacionadas. En este caso se aplicó esta prueba para determinar si existe diferencia significativa en el pH de la lluvia en los seis años consecutivos (Tabla 4.4). De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Wilcoxon, si existe diferencia significativa en el pH del año 2003 al 2007, solo del año 2007 al 2008 no existe diferencia significativa en los valores del pH.

Tabla 4.4 Resultados de la prueba de Wilcoxon, del comparativo anual del pH.

Años a comparar	Signo	Pv>0.05	Pv≤ 0.05
2003-2004	+		0
2004-2005	-		0
2005-2006	+		0
2006-2007	-		0
2007-2008	-	0.328	

4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S/cm}$) Y LA CONCENTRACIÓN DE LOS IONES: H^+ ($\mu\text{eq/L}$), Na^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^- (ppm), PARA LOS PERIODOS ESTACIONALES I Y II DEL AÑO 2003 AL 2008.

4.3.1 Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$); en la Figura 4.4 se observa que el comportamiento de la conductividad eléctrica en los dos periodos estacionales tuvo el mismo comportamiento del años 2003 al 2006, sin embargo los valores en el periodo estacional I son mayores. En el año 2003 del periodo estacional I fue de 12.95 $\mu\text{S/cm}$ y para el periodo estacional II de 12.70 $\mu\text{S/cm}$, en el año 2004 hubo un incremento de la conductividad en los dos periodos estacionales, en el periodo estacional I fue de 18.09 $\mu\text{S/cm}$ y para el periodo estacional de 13.69 $\mu\text{S/cm}$, el incremento fue mayor en el periodo estacional I.

Del Año 2004 al 2005 la conductividad descendió en los dos periodos estacionales, en el periodo estacional I fue de 16.65 $\mu\text{S/cm}$, para el periodo estacional II la conductividad fue de 12.48 $\mu\text{S/cm}$, en el año 2005 al 2006 hubo otro descenso para el periodo estacional I la conductividad fue de 11.93 $\mu\text{S/cm}$ y para el periodo estacional II fue de 10.34 $\mu\text{S/cm}$. En el año 2007 se incremento en los dos periodos estacionales, en el periodo estacional I fue de 25.38 $\mu\text{S/cm}$ y en el periodo estacional II fue de 37.55 $\mu\text{S/cm}$ (Figura 4.4).

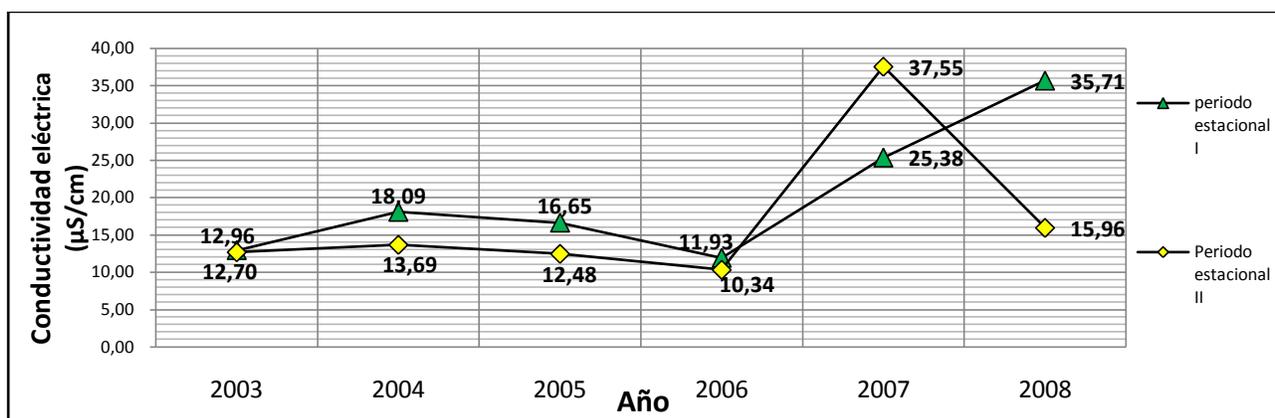


Figura 4.4 Comparativo anual (2003-2008) de los valores del promedio ponderado de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$), para los periodos estacionales I y II.

4.3.2 Concentración del ión hidrógeno H^+ ($\mu\text{eq/L}$); la concentración del ión hidrógeno es el responsable de incrementar la acidez en el pH, en la Figura 4.5 se muestra el comportamiento de la concentración del ión H^+ , del valor de pH ponderado anual para los dos periodos estacionales.

En el periodo estacional I las concentraciones correspondientes para los años 2003, 2004 y 2005 fueron; 1.38×10^{-5} $\mu\text{eq/L}$, 9.77×10^{-6} $\mu\text{eq/L}$ y 1.17×10^{-5} $\mu\text{eq/L}$. En el periodo estaciona II las concentraciones correspondientes para estos mismos años fueron; de 8.32×10^{-6} $\mu\text{eq/L}$, 7.08×10^{-6} $\mu\text{eq/L}$ y 1.00×10^{-5} $\mu\text{eq/L}$. En el año 2006 descendió la concentración en el periodo estacional I y se incrementó en el periodo estacional II. Se observa que del año 2003 al 2006 en el periodo estacional I, la concentración del ión H^+ disminuyó periódicamente excepto en el año 2007, el cual tuvo un incremento considerable. Sin embargo en el periodo estacional II, el descenso se presento en los años 2004 y 2006, pero del año 2006 al 2008 se incrementó.

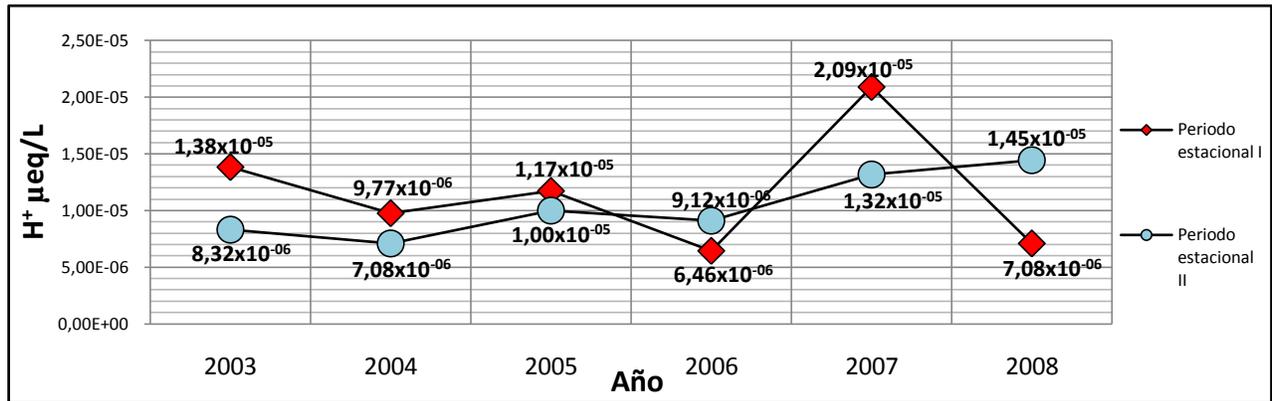


Figura 4.5 Comparación anual (2003-2008) de la concentración del ión H^+ ($\mu\text{eq/L}$), para los periodos estacionales I y II.

Los cationes y aniones presentes en la lluvia, también tienen una función muy importante en la capacidad de neutralización de los cuerpos de agua, por el hecho de que al incorporarse incrementan la cantidad de algunas especies alcalinas en los cuerpos de agua, por esta razón también se consideró importante el análisis de los siguientes cationes Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} y Ca^{2+} , y los siguientes aniones Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} , presentes en la lluvia ácida.

4.3.3 Ión sodio Na^+ (ppm); en la Figura 4.6 se muestran el comportamiento del ión Na^+ . El periodo estacional I y el periodo estacional II, tuvieron un comportamiento similar en los años 2003, 2005 y 2006, los valores correspondientes para el periodo estacional I son: de 0.79 ppm, 1.26 ppm y 0.73 ppm, y para el periodo estacional II son: de 0.78 ppm, 1.22 ppm y 0.83 ppm, en los años 2007 y 2008 se incrementó la concentración en los dos periodos estacionales. En el año 2004 fue menor la diferencia en la concentración del ión Na^+ en los dos periodos estacionales.

Sin embargo en el año 2007 el incremento fue mayor en el periodo estacional II, fue de 3.60 ppm y en el periodo estacional II el incremento fue de 1.20 ppm, pero en el año 2008 en el periodo estacional II descendió la concentración hasta 0.40 ppm, y en el periodo estacional I se incrementó hasta 2.64 ppm, la concentración de este ión muestra un comportamiento similar al observado con los valores del pH.

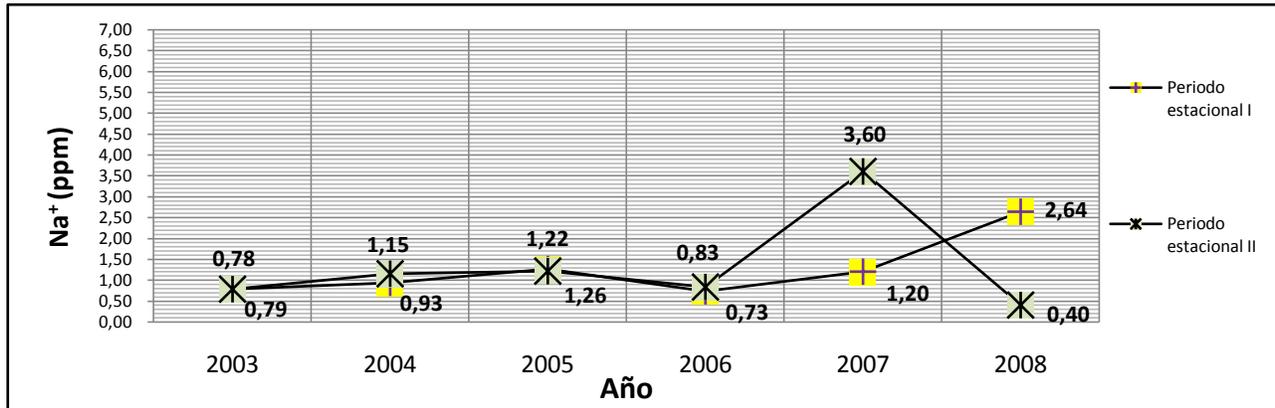


Figura 4.6 Concentración del ión Na⁺ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

4.3.4 Ión amonio NH₄⁺ (ppm); el comportamiento del ión NH₄⁺, se muestra en la Figura 4.7. En el periodo estacional I se observó un incremento de la concentración del año 2003 al 2004, de 0.14 ppm, del año 2004 al 2005 desciende la concentración 0.02 ppm, en el año 2006 tiene otro incremento de 0.14 ppm, en el año 2007 el incremento es de 0.02 ppm y para el año 2008 la concentración desciende un 0.22 ppm. Para el periodo estacional II, la concentración de ión NH₄⁺ tuvo un descenso de a 0.04 ppm del año 2003 al 2005, posteriormente se incrementó del año 2005 al 2008 un 0.17 ppm.

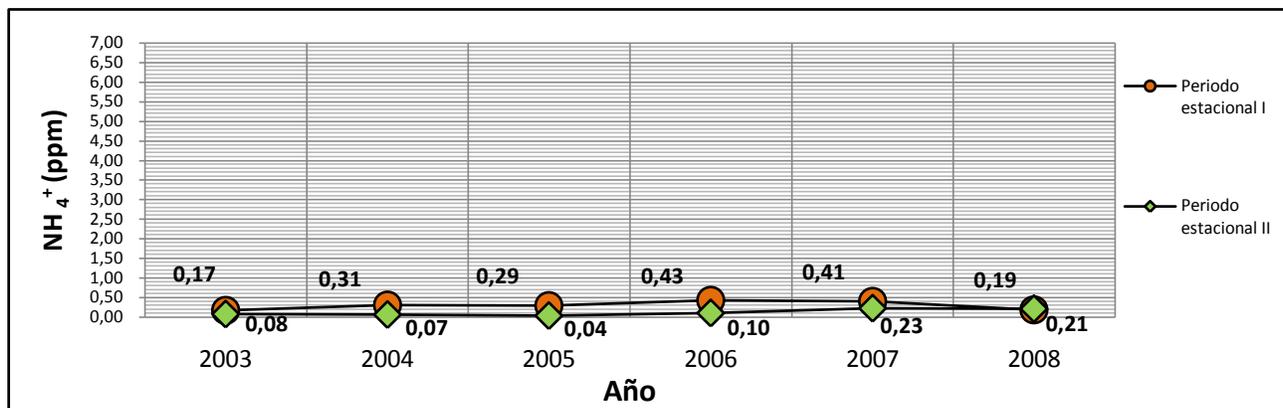


Figura 4.7 Concentración del ión NH₄⁺ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

4.3.5 Ión potasio K^+ (ppm); en la Figura 4.8 se observa el comportamiento de la concentración del ión K^+ , en el periodo estacional I el incremento fue de 0.06 ppm en el año 2003, a 0.21 ppm en el año 2006, en el año 2007 tuvo un descenso hasta 0.15 ppm, pero en el año 2008 nuevamente se incrementó hasta 1.50 ppm. En el periodo estacional II, la concentración del ión K^+ tuvo un incremento del año 2003 al 2004 de 0.10 ppm a 0.14 ppm, en el año 2005 se presentó un descenso de 0.09 ppm, sin embargo del año 2006 al 2008 se incrementó nuevamente la concentración de 0.18 ppm a 1.22 ppm.

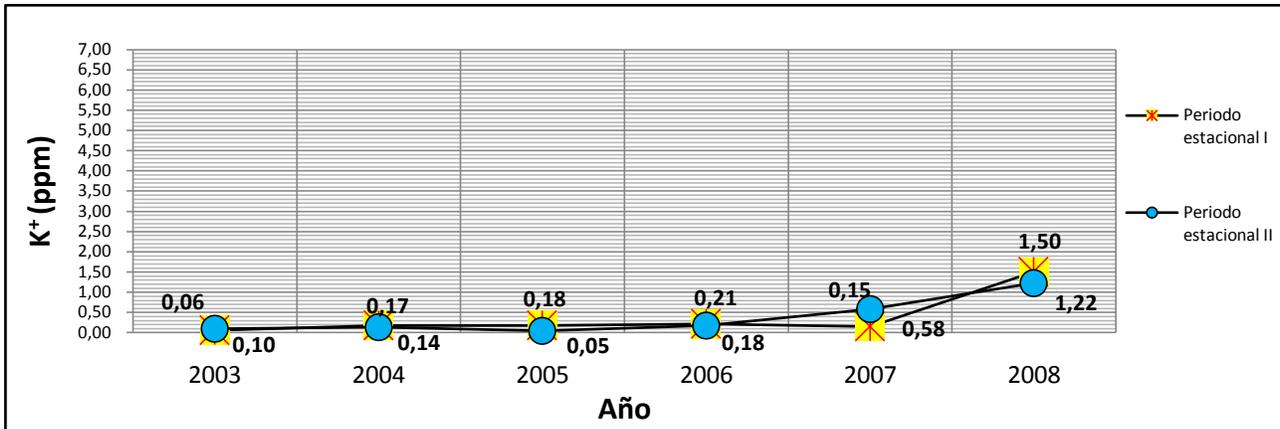


Figura 4.8 Concentración del ión K^+ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

4.3.6 Ión magnesio Mg^{2+} (ppm): en la Figura 4.9 se muestra la concentración del ión Mg^{2+} , del año 2003 al 2007 tuvo un comportamiento similares en los dos periodos estacionales, sin embargo en el año 2008 descendió la concentración en el periodo estacional II de 0.16 ppm a 0.10 ppm, en el periodo estacional I tuvo un incremento de 0.24 ppm a 0.60 ppm.

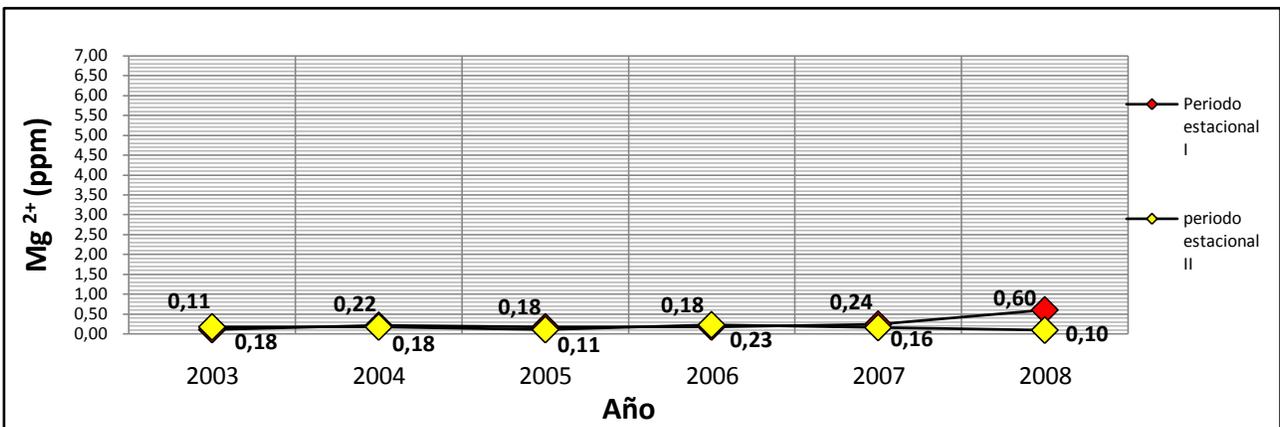


Figura 4.9 Concentración del ión Mg^{2+} (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

4.3.7 Ión calcio Ca^{2+} (ppm); en la Figura 4.10 se muestra el comportamiento de la concentración del ión Ca^{2+} , en los años 2003, 2004, 2006 y 2007 el comportamiento fue similar en los dos periodos estacionales, en los años 2005 y 2008 hubo un descenso de 0.03 ppm en el 2005 y de 0.21 ppm en el año 2008, en los demás años el comportamiento de la concentración fue similar en los dos periodos estacionales.

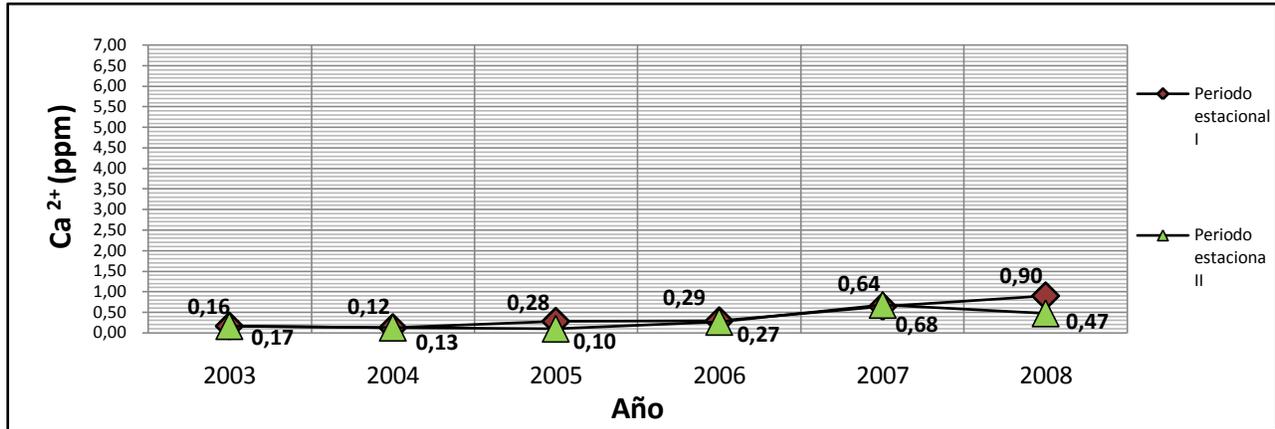


Figura 4.10 Concentración del ión Ca^{2+} (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

4.3.8 Ión cloruro Cl^- (ppm); en la Figura 4.11 se observa que los dos periodos estacionales tuvieron comportamiento similar del año 2003 al 2006. En el año 2007 se incrementó la concentración 6.61 ppm en el periodo estacional II, y en el periodo estacional I el incremento fue de 1.9 ppm. En el año 2008 se invierte el comportamiento en la concentración, en el periodo estacional II descendió la concentración 5.07 ppm y en el periodo estacional I se incrementó 4.54 ppm, la concentración del ión Cl^- y el ión Na^+ , presentaron el mismo comportamiento durante los seis años.

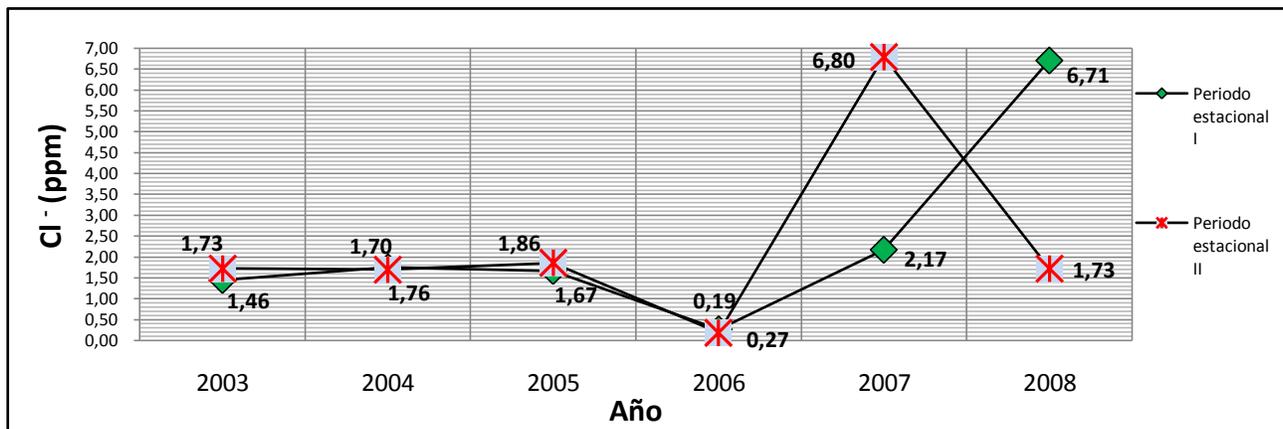


Figura 4.11 Concentración del ión Cl^- (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

4.3.9 Ión nitrato NO_3^- (ppm); la concentración del ión NO_3^- , tuvo el mismo comportamiento del año 2003 al 2006 en los dos periodos estacionales, sin embargo en el año 2007 del periodo estacional I se incrementó la concentración 1.93 ppm, en el periodo estacional II el incremento fue de 0.75 ppm. En el año 2008, el periodo estacional I tuvo un descenso de 0.41 ppm y en el periodo estacional II se incrementó la concentración 0.05 ppm como se muestra en la Figura 4.12.

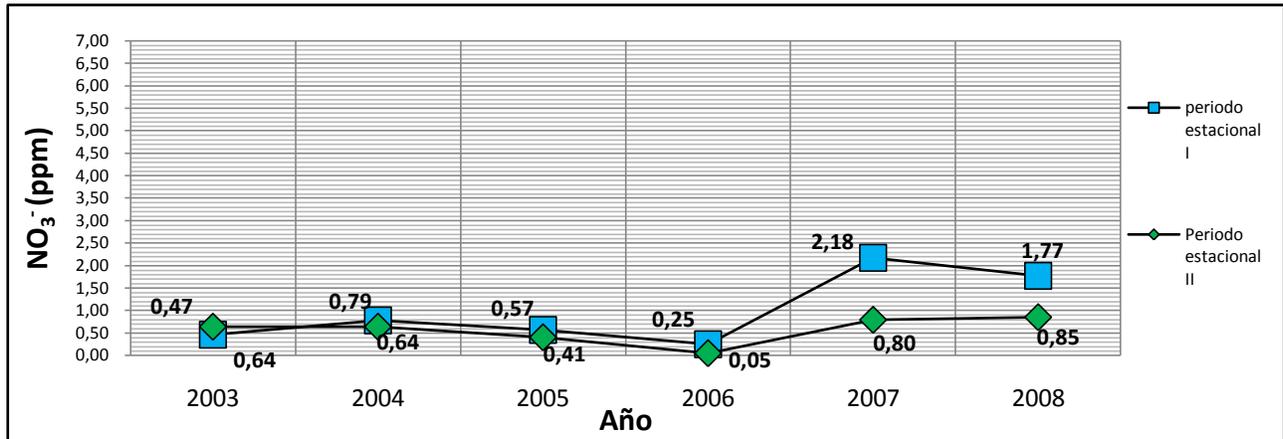


Figura 4.12 Concentración del ión NO_3^- (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

4.3.10 Ión sulfato $\text{SO}_4^{=}$ (ppm); en la Figura 4.13 se observa el comportamiento del ión $\text{SO}_4^{=}$, en el periodo estacional II se presentaron tres incrementos en la concentración en los años 2004, 2007 y 2008 de 1.91 ppm, 2.41 ppm y 2.76 ppm, en el año 2006 en los dos periodos estacionales se presentaron la concentración más baja, sin embargo aunque las concentraciones son diferentes se observa el mismo comportamiento.

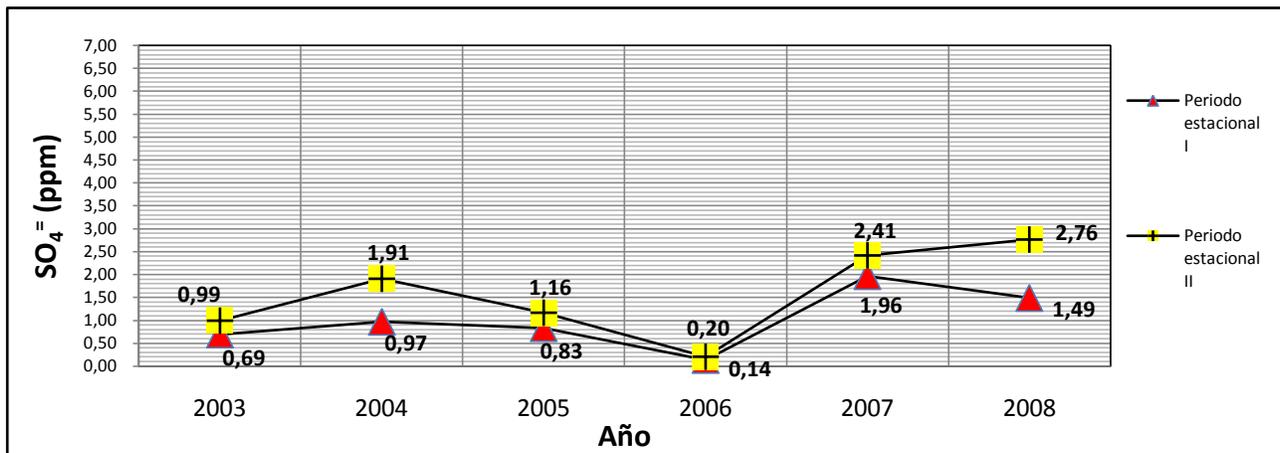


Figura 4.13 Concentración del ión $\text{SO}_4^{=}$ (ppm), para los periodos estacionales I y II (2003-2008).

En las Figuras 4.6 y 4.11 se observó que las concentraciones de los iones Na^+ y Cl^- , presentaron el mismo comportamiento, lo cual indica su asociación en la formación del cloruro de sodio (NaCl) que proviene del agua de mar, por dicha razón la concentración de estos iones fue mayor en comparación a los otros iones.

En el año 2007 se presentó la mayor concentración de los iones NO_3^- y SO_4^{2-} , incluso es el año en que se presentaron los promedios ponderados del pH más bajos en ambos periodos estacionales. El periodo estacional II fue más ácido que el periodo estacional I, este comportamiento permite considerar que en ese año hubo eventos de contaminación significativos, que incrementaron el depósito de estos dos iones NO_3^- y SO_4^{2-} . Con las concentraciones obtenidas y los volúmenes de lluvia medidos, se consideró la necesidad de calcular la cantidad de depósito anual de cada uno de los iones.

4.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS IONES: H^+ , Na^+ , NH_4^+ , Mg_2^{2+} , Ca_2^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} (kg/ha), QUE SE DEPOSITARON EN LA LAGUNA LA MANCHA DURANTE UN PERIODO DE SEIS AÑOS (2003-2008).

En la Tabla 4.5, se muestra la cantidad anual depositada de cada uno de los iones en la laguna "La Mancha", y el promedio anual de la precipitación pluvial del año 2003 al 2008.

Se observa que en los años 2005, 2007 y 2008 los volúmenes de precipitación pluvial fueron los más altos. En el año 2005 fue $1,439 \text{ L/m}^2$, en el año 2007 fue $1,262 \text{ L/m}^2$ y en el año 2008 fue $1,286 \text{ L/m}^2$. En estos mismos años se obtuvieron las cantidades de depósito más altos, de los iones responsables de incrementar la acidez en la lluvia el NO_3^- y el SO_4^{2-} , en el año 2007 se depositó la cantidad más alta de NO_3^- fue de 0.3550 kg/ha , en el año 2008 el depósito fue de 0.3059 kg/ha y en el año 2005 fue de 0.0986 kg/ha , en estos mismos años se presentaron los depósitos más altos de SO_4^{2-} .

En el año 2005 se depositaron 0.2203 kg/ha de SO_4^{2-} , en el año 2007 fue de 0.5491 kg/ha y en el año 2008 fue de 0.6103 kg/ha . En el año 2005 a pesar de que se obtuvo el volumen más alto de la precipitación pluvial, las cantidades de depósito de los dos iones NO_3^- y SO_4^{2-} fueron menores a los obtenidos en los años 2007 y 2008. En la Figura 4.14 se observa la cantidad total de depósito de cada ión.

Tabla 4.5 Depósito de aniones y cationes en kg/ha, en la laguna "La Mancha", en un periodo de 6 años (2003-2008).

Año	Estación	Precipitación (L/m ²)	H ⁺ ponderado (kg/ha)	Na ⁺ (kg/ha)	NH ₄ ⁺ (kg/ha)	K ⁺ (kg/ha)	Mg ²⁺ (kg/ha)	Ca ²⁺ (kg/ha)	Cl ⁻ (kg/ha)	NO ₃ ⁻ (kg/ha)	SO ₄ ⁼ (kg/ha)
2003	I y II	1068,00	0,0079	0,0290	0,0035	0,0017	0,0032	0,0047	0,0345	0,0109	0,0238
2004	I y II	854,50	0,0046	0,1994	0,0225	0,0420	0,0421	0,0334	0,3012	0,0811	0,1681
2005	I y II	1439,00	0,0145	0,2284	0,0459	0,0342	0,0376	0,0496	0,3213	0,0986	0,2203
2006	I y II	1044,80	0,0052	0,0932	0,0267	0,0184	0,0334	0,0474	0,0263	0,0188	0,0237
2007	I y II	1262,00	0,0145	0,6983	0,1180	0,0759	0,0360	0,2350	1,1877	0,3550	0,5491
2008	I y II	1286,00	0,0142	0,6801	0,0348	0,2444	0,1547	0,2111	1,5094	0,3059	0,6103
Total en 6 años (Kg/ha.)=		6954,30	0,0609	1,9285	0,2514	0,4165	0,3069	0,5812	3,3803	0,8703	1,5953

En la Figura 4.14 se observa el comportamiento del depósito de cada ión durante los seis años (2003-2008), se observa que la barra azul es la más grande de todas, esta columna representa la cantidad total de depósito del ión Cl⁻ (kg/ha), en segundo lugar se depósito en mayor cantidad el ión Na⁺ (kg/ha), estos dos iones están asociados en la formación del cloruro de sodio (NaCl), antes de incorporarse a la lluvia estos elementos pueden presentarse en forma de sales una vez integrados a la lluvia se ionizan, por esta razón estos dos iones predominan en cantidad. Otra razón importante para considerar la concentración excesiva de estos dos iones, es que en la lluvia de estudio influye el vapor de agua proveniente del Golfo de México, por esta razón la concentración de estos iones (Na⁺ y Cl⁻) es mayor.

En la figura 4.14 también sobresale el tamaño de las columnas del NO₃⁻ y SO₄⁼, siendo el depósito de SO₄⁼ mayor que el de NO₃⁻, lo cual indica que la acidez en la lluvia se debe en forma mayoritaria a la formación de H₂SO₄.

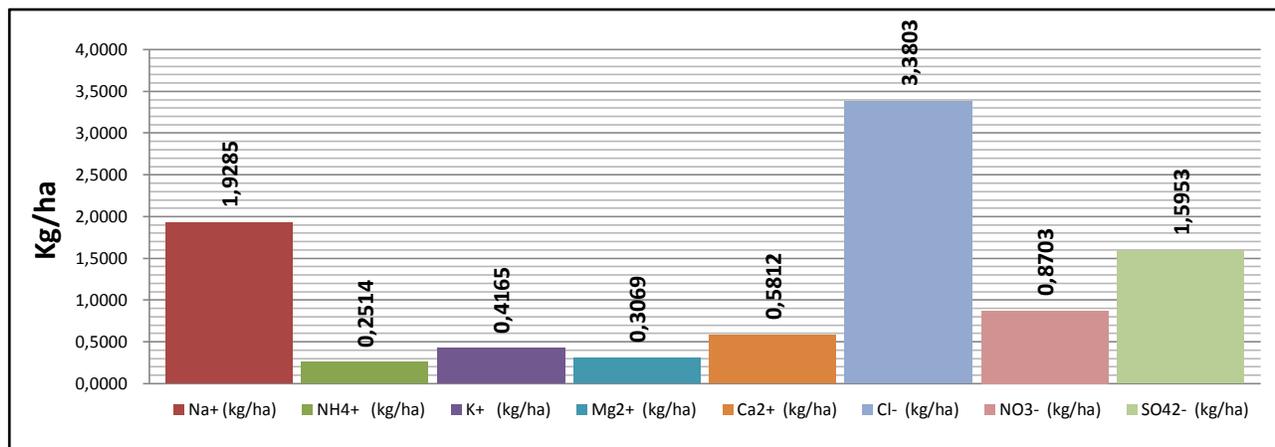


Figura 4.14 Depósito total de aniones y cationes (kg/ha), en la laguna "La Mancha" durante un periodo de 6 años (2003-2008).

En los años 2005, 2007 y 2008, se registraron los valores promedios anuales más ácidos del pH, por esta razón en la Figura 4.15, las columnas correspondientes a estos tres años, presentan las cantidades mayores de depósito del ión H^+ , en el año 2005 fue de 0.0122 kg/ha, en el año 2007 fue de 0.0118 kg/ha y en el año 2008 fue de 0.0130 kg/ha.

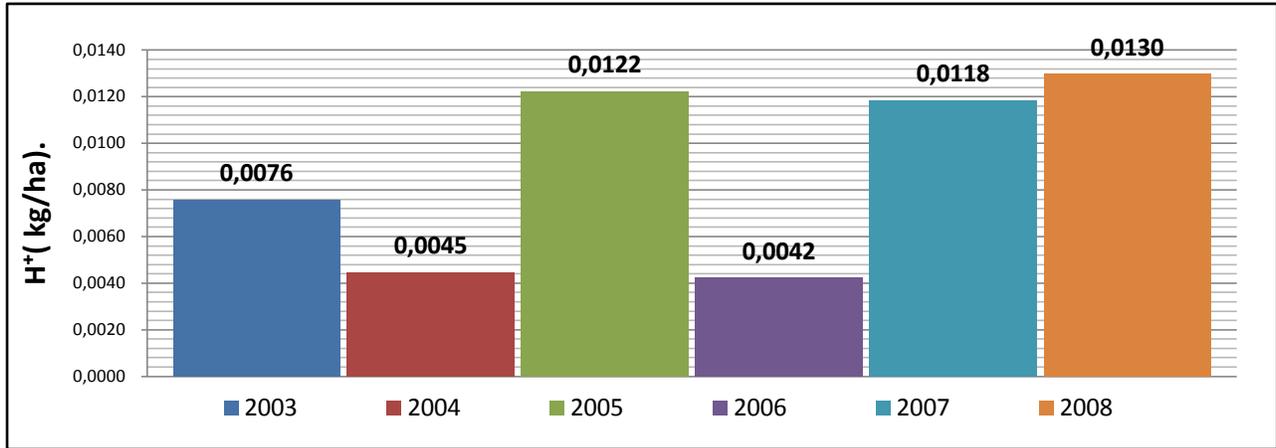


Figura 4.15 Depósito del ión hidrógeno (H^+) kg/ha, en la laguna "La Mancha", en un periodo de 6 años (2003-2008).

CAPÍTULO V
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LAGUNA
EL MORRO “LA MANCHA”

La laguna "La Mancha" tiene entrada de agua marina por medio del Golfo de México, y desembocadura con el Rio Caño Grande (Figura 5.1). Estas dos conexiones en la laguna generan cambios, en sus propiedades fisicoquímicas como son: pH, conductividad eléctrica, salinidad, oxígeno disuelto, entre otros. Con los parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua se realizó un análisis estadístico, con la finalidad de tener un antecedente sobre sus propiedades, correspondiente a dos periodos 2000-2001 y 2011, por lo que se decidió realizar un nuevo muestreo en este año de estudio. En este capítulo se realizó una búsqueda de datos y solo se obtuvo información de datos como: pH, conductividad eléctrica, salinidad y oxígeno disuelto, proporcionado por el INECOL a través del Dr. Jorge López Portillo. Los datos obtenidos en este año 2011 fueron datos como: pH, conductividad eléctrica y concentración de iones presentes en la laguna.

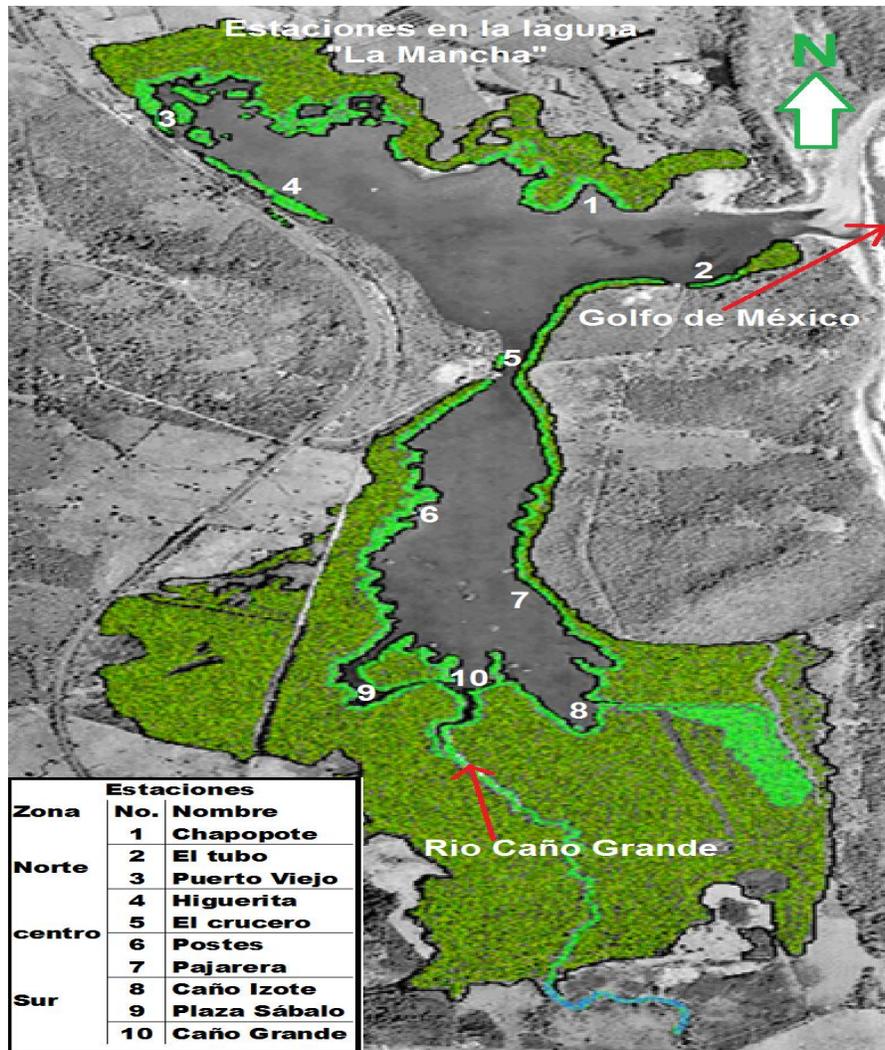


Figura 5.1 Localización de las estaciones de muestreo en la laguna "La Mancha".

5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL pH, EN LA LAGUNA “LA MANCHA” (2000-2001).

En la Tabla 5.1 se muestran los percentiles del pH que corresponden a cada una de las estaciones. En el percentil 5 se observa que la estación 9 “Plaza Sábalo” presentó un valor de 6.40 unidades y en el percentil 10 de 6.58 unidades, las demás estaciones presentaron valores de pH mayor a 7 unidades en los percentiles 5 y 10. Las estaciones 1, 2, 3 y 6, presentaron los valores de pH más alcalinos en el intervalo del percentil 25 al percentil 75. Las estaciones 4, 5, 7 y 8 presentaron valores de pH menor a 8 unidades en el percentil 25 y de percentil 50 al 75 el pH es mayor a 8 unidades. En las estaciones 9 y 10 el valor del pH es menor a 8 unidades en el intervalo del percentil 25 al percentil 50, en el percentil 75 los valores de pH son mayores a 8 unidades.

Tabla 5.1 Percentiles del pH para cada estación de la laguna “La Mancha”.

Estación	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
1 Chapopote	7.75	7.80	8.12	8.30	8.42	8.49	8.58
2 El tubo	7.79	7.84	8.36	8.47	8.64	9.26	9.30
3 Puerto viejo	7.72	7.76	8.07	8.16	8.25	8.28	8.35
4 Higuera	7.61	7.66	7.83	8.16	8.22	8.33	8.36
5 El crucero	7.24	7.58	7.78	8.23	8.53	8.63	8.63
6 Postes	7.36	7.48	8.06	8.20	8.56	8.71	9.25
7 Pajarera	7.37	7.74	7.88	8.15	8.45	8.86	9.57
8 Caño Izote	7.34	7.49	7.76	8.08	8.44	8.47	8.72
9 Plaza Sábalo	6.40	6.58	7.29	7.88	8.12	8.20	9.04
10 Caño Grande	7.06	7.14	7.36	7.81	8.30	8.87	9.64

En la Figura 5.2 se observan los valores promedio del pH correspondiente a cada estación. Las cuatro primeras estaciones presentaron un valor de la mediana de pH alcalino, la estación 1 presentó de 8.31 unidades, la estación 2 de 8.47 unidades y las estaciones 3 y 4 de 8.16 unidades. La estación 2, la cual se ubica cerca del Golfo de México presentó un valor de pH más alcalino en toda la laguna, las estaciones 3 y 4 son las más retiradas del Golfo de México y tienen un pH alcalino menor que las estaciones 1 y 2. Las estaciones 5 y 6 se encuentran en el centro de la laguna y también presentaron valores de pH alcalino, de 8.23 unidades y de 8.20 unidades respectivamente, sin embargo el pH en estas dos estaciones es mayor a los valores de pH de las estaciones 3 y 4. Las estaciones 7, 8, 9 y 10 que se encuentran hacia el Sur de la laguna presentaron los siguientes valores promedios de pH, la estación 7 presentó un pH de 8.15 unidades, la estación 8 de 8.08 unidades, la estación 9 de 7.88 unidades y la estación 10 de 7.81 unidades, la esta estación 10 es la que tiene el afluente del Rio Caño Grande, como se observó en la Figura 5.1, es la que presentó el valor promedio de pH más bajo en la laguna.

En el diagrama de cajas de la Figura 5.2, las líneas verdes indican el intervalo de pH del valor mínimo y el máximo en el que se encuentran las estaciones, el valor mínimo de pH en la laguna fue de 6.40 unidades, y el valor máximo de pH fue de 9.14 unidades, estos dos valores corresponden a la estación 9. Las líneas azules indican el intervalo del valor mínimo y del valor máximo del pH, cuyo valor mínimo de la mediana corresponde a la estación 10 “Caño Grande” y fue de 7.81 unidades, y el valor máximo de la mediana fue de 8.47 unidades y corresponde a la estación 2 “El tubo”.

Las estaciones 1 y 2 presentaron los valores más alcalinos debido al intercambio constante de sales y minerales entre la laguna y el Golfo de México. En el Centro de la laguna en donde se sitúan las estaciones 5 y 6 se presentaron valores de pH mayor a los valores de las estaciones 3 y 4, por el intercambio de agua que es más directo con el Golfo de México. Las estaciones 7 y 8, se presentaron valores de pH mayor a 8.00 unidades, pero bajos comparados a las seis primeras estaciones, la razón es porque están más retiradas del Golfo de México, sin embargo las estaciones 9 y 10 presentaron valores de pH menor a 8.00 unidades, estas dos estaciones tienen el afluente del Río Caño Grande.

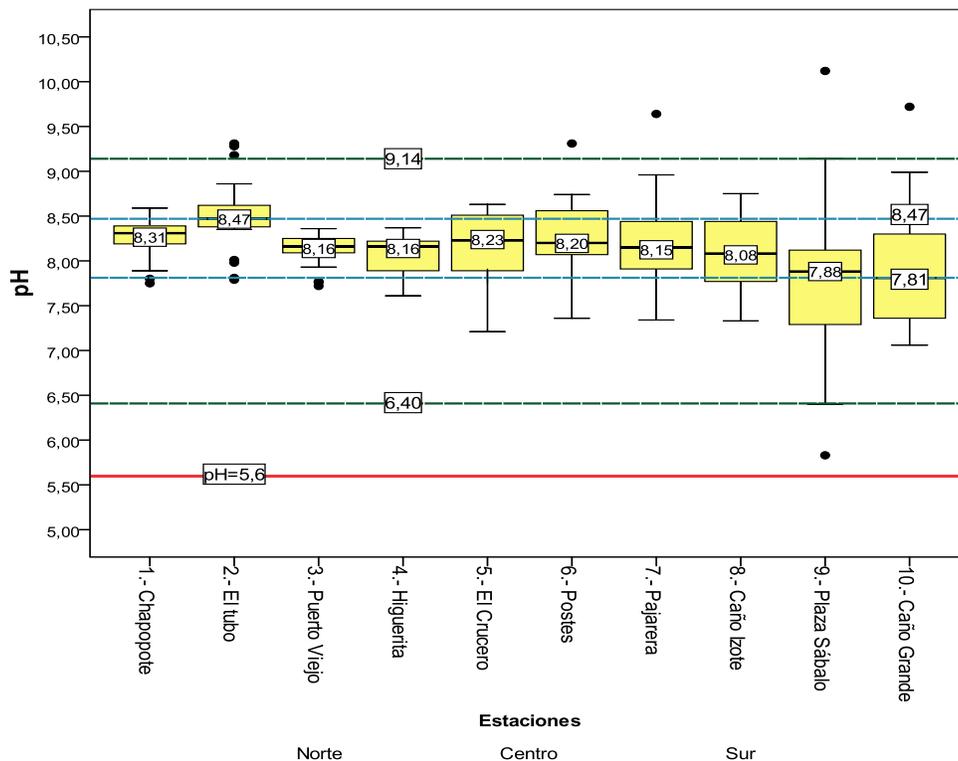


Figura 5.2 Diagrama de caja de los valores del pH para las estaciones en la laguna “La Mancha” (2000-2001).

En la Figura 5.2, se observa que el tamaño de la caja se debe a la dispersión de los datos, las cuatro primeras estaciones presentaron caja chica, las cajas de las estaciones 5, 6, 7 y 8 tienen un tamaño mediano, y las cajas de las estaciones 9 y 10, son las más grandes, los valores de pH que se mencionaron se obtuvieron con el programa SPSS y se muestran en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Valor promedio del pH, para las diez estaciones en la laguna “La Mancha” (2000-2001).

Región	Estación	Mediana	Rango intercuartilico	Valor mínimo	Valor máximo	Rango
Norte	1.- Chapopote.	8.31	0.27	7.75	8.59	0.84
	2.- El tubo.	8.47	0.28	7.79	9.31	1.52
	3.- Puerto viejo.	8.16	0.18	7.72	8.36	0.64
	4.- Higuera.	8.16	0.39	7.61	8.37	0.76
Centro	5.- El crucero.	8.23	0.75	7.21	8.63	1.42
	6.- Postes.	8.20	0.49	7.36	9.31	1.95
Sur	7.- Pajarera.	8.15	0.57	7.34	9.64	2.30
	8.- Caño Izote.	8.08	0.68	7.33	8.75	1.42
	9.- Plaza Sábalo.	7.88	1.04	5.83	10.12	4.29
	10.- Caño grande.	7.81	0.94	7.06	9.72	2.66

Con los datos del pH se realizaron diagramas de tallo y hoja para obtener la frecuencia con la que se repiten los valores de pH en cada una de las estaciones, estos diagramas se muestran en el Anexo 3. En la estación 1 se presentó una frecuencia mayor en el intervalo de 8.30 a 8.39 unidades, la estación 2 presentó una frecuencia mayor en el intervalo de 8.43 a 8.48 unidades, la estación 3 presentó una frecuencia mayor en el intervalo de 8.21 a 8.29 unidades y la estación 4 presentó una frecuencia mayor en el intervalo de 8.20 a 8.29 unidades. Los valores correspondientes a los intervalos que presentaron las estaciones 1, 2, 3, y 4 son los valores más altos en la laguna.

La estación 5, presentó una frecuencia mayor en el intervalo de 7.50 a 7.90 unidades, las estaciones 6, 7 y 8 presentaron la frecuencia mayor en el intervalo de 8.00 a 8.40 unidades. La estación 9 presentó dos frecuencias mayores, los intervalos fueron de 7.70 a 7.90 unidades y de 8.00 a 8.20 unidades, en la estación 10 también se presentaron dos frecuencias mayores en los intervalos de 7.00 a 7.40 unidades y 8.00 a 8.30 unidades, como se observa los valores de los intervalos de las estaciones 9 y 10, son los más bajos en la laguna.

De acuerdo a los valores obtenidos de la mediana y la frecuencia en cada una de las estaciones, se observó que los valores del pH en las primeras ocho estaciones, se encuentran en un intervalo de 8.08 a 8.41 unidades, por esta razón se realizó una prueba de Wilcoxon para determinar si existe diferencia significativa entre los valores de pH de las diez estaciones.

5.2 PRUEBA DE WILCOXON.

En la Tabla 5.3 se observan los resultados obtenidos de la prueba de Wilcoxon que se realizó para conocer si hay diferencia entre los valores de pH de la laguna, en las estaciones 1, 2, 7, 8, 9 y 10, si hay diferencia significativa en los valores de pH, en las estaciones 3, 4, 5, y 6 no hay diferencia significativa en los valores de pH.

Tabla 5.3 Resultados de la prueba estadística de Wilcoxon.

Estaciones a comparar	Signo	Pv>0.05	Pv≤ 0.05
1-2	+		0.008
2-3	-		0.000
3-4	-	0.139	
4-5	+	0.076	
5-6	-	0.741	
6-7	-	0.903	
7-8	-		0.031
8-9	-		0.006
9-10	+		0.040

De acuerdo a los valores obtenidos de la mediana del pH en la laguna, se calculó la concentración del ión H⁺ presente en cada estación.

5.3 CONCENTRACIÓN DEL IÓN H⁺ (µeq/L), CORRESPONDIENTE A LA MEDIANA DEL pH DE LA LAGUNA “LA MANCHA” (2000-2001).

A cada valor de pH le corresponde una concentración del ión H⁺, si el valor del pH disminuye la concentración de H⁺ aumenta generando un incremento en la acidez, si el valor de pH aumenta la concentración de H⁺ disminuye y se incrementa la alcalinidad. La estación 2 “El tubo” y la estación 9 “Plaza Sábalo”, obtuvieron los valores de pH extremos en la laguna, los cuales fueron de 8.51 y 7.72 unidades respectivamente, por lo que la concentración de H⁺ en la estación 2 es de $3,09 \times 10^{-09}$ µeq/L y en la estación 9 es de $1,91 \times 10^{-08}$ µeq/L como se muestra en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4 Concentración del ión H⁺ (µeq/L), correspondiente al valor promedio del pH para cada estación de la laguna “La Mancha”.

Número de estación	Estación	pH Mediana	H ⁺ (µeq/L)
1	Chapopote	8.25	5.62x10 ⁻⁰⁹
2	El tubo	8.51	3.09x10 ⁻⁰⁹
3	Puerto viejo	8.12	7.59x10 ⁻⁰⁹
4	Higuerita	8.05	8.91x10 ⁻⁰⁹
5	El crucero	8.13	7.41x10 ⁻⁰⁹
6	Postes	8.23	5.89x10 ⁻⁰⁹
7	Pajarera	8.20	6.31x10 ⁻⁰⁹
8	Caño Izote	8.08	8.32x10 ⁻⁰⁹
9	Plaza Sábalo	7.72	1.91x10 ⁻⁰⁸
10	Caño grande	7.92	1.20x10 ⁻⁰⁸

En el diagrama de caja de la Figura 5.3, se muestran el comportamiento de las concentraciones del ión H⁺ (µeq/L), en el cual se observa la diferencia que hay en la concentración del ión H⁺ entre las estaciones 2 y 9.

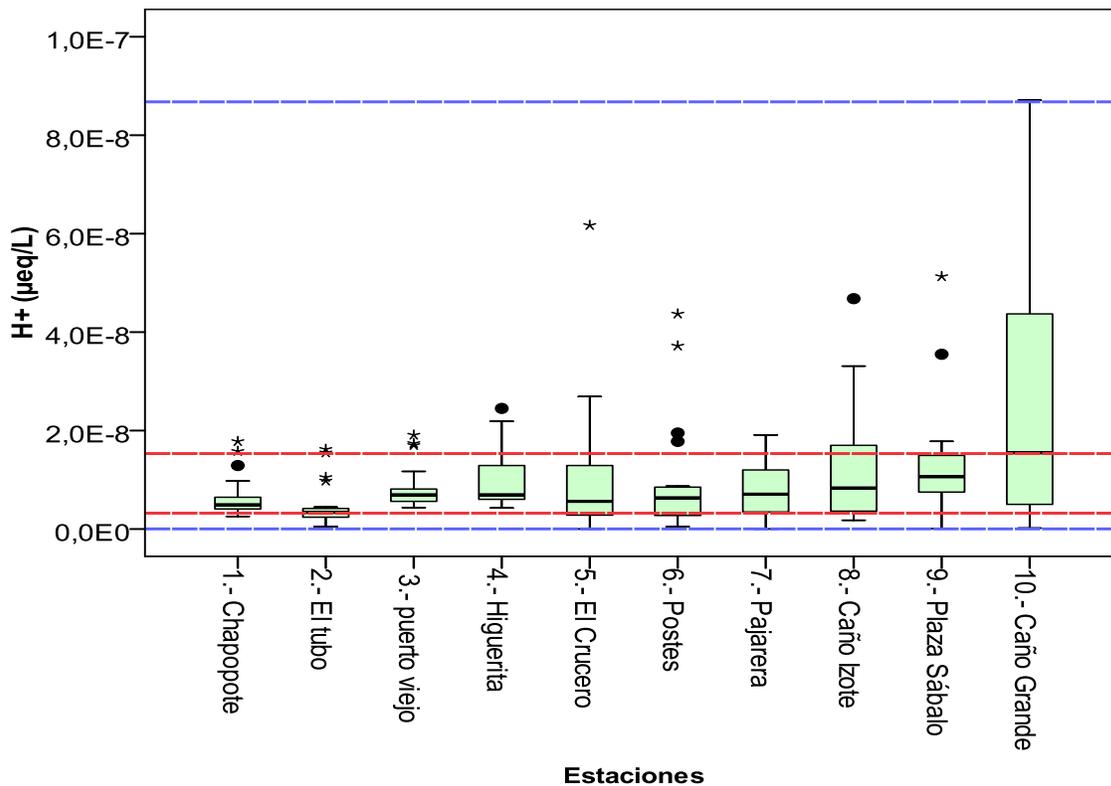


Figura 5.3 Diagrama de caja de la concentración del ión H⁺ (µeq/L), correspondiente a los valores de pH de la laguna “La Mancha” (2000-2001).

5.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$) DE LA LAGUNA "LA MANCHA" (2000-2001).

En la Figura 5.4, se observa el comportamiento de la conductividad eléctrica para cada una de las estaciones. Las líneas verdes indican el intervalo mayor que es del valor mínimo de 4,800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el valor máximo de 85,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cuyo intervalo corresponde a la estación 2. Las líneas azules indican el intervalo de la mediana más baja que corresponde a la estación 6 y la mediana más alta que corresponde a la estación 4. Las estaciones 5, 6 y 7 presentaron caja de tamaño chico, las estaciones 8, 9 y 10 cajas de tamaño mediano y las estaciones 1, 2, 3 y 4 cajas de tamaño grande.

El tamaño de las cajas 1, 2, 3, y 4 se debe al intercambio de agua por medio del oleaje proveniente del Golfo de México, el tamaño de las cajas 8, 9 y 10 por el intercambio de agua que hay por medio del Rio Caño Grande. Las estaciones 5, 6 y 7 se encuentran en una zona en donde no hay intercambio directo con estos dos afluentes.

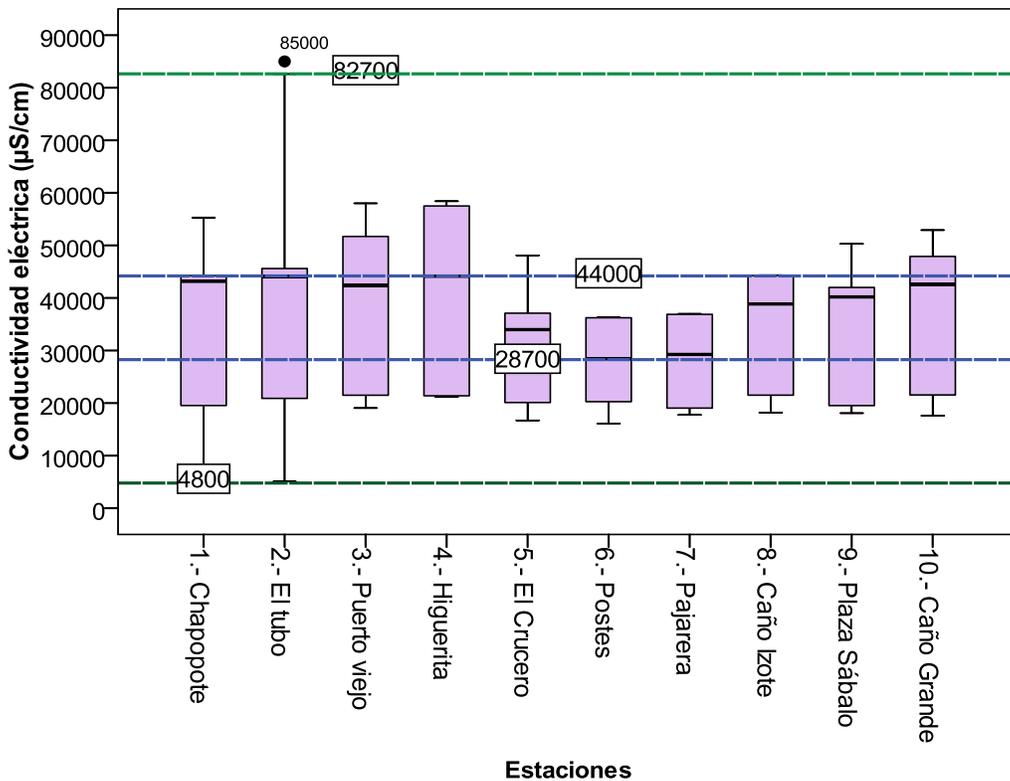


Figura 5.4 Diagrama de caja de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), de la laguna "La Mancha" para cada estación (2000-2001).

5.5 CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (O.D.) EN mg/L, DE LA LAGUNA “LA MANCHA” (2000-2001).

Las estaciones 1, 2 y 4 tienen un valor de la mediana mayor a las demás estaciones, así como el tamaño de las cajas son las más chicas, lo cual indica que en estas zonas de la laguna hay mayor concentración de oxígeno disuelto, los valores correspondientes fueron: estación 1 de 5.65 mg/L, estación 2 de 6.5 mg/L y estación 4 de 6.2 mg/L, esto se debe a la interacción que tiene la laguna con el Golfo de México. La estación 3 presentó el intervalo más amplio en la caja y su valor de la mediana fue de 4.8 mg/L, esto es porque se encuentra en un área en donde no hay corriente de agua, por lo tanto el agua se encuentra estancada y esto genera menor concentración de oxígeno. La estación 5 tuvo un valor de mediana de 5.58 mg/L, las estaciones 6 y 7 tuvieron el mismo valor de la mediana de 5.2 mg/L, sin embargo los tamaños de las cajas son diferentes.

Las estación 8, 9 y 10, que se encuentran en el Sur, presentaron valores de la mediana bajos, estación 8 de 3.45 mg/L, estación 10 de 3.15 mg/L y la estación 9 es la de menor concentración de oxígeno disuelto es de 2.32 mg/L, la zona en donde se ubica esta estación, se encuentra aislada de corrientes de agua por los manglares que lo rodean al igual que la estación 3. Sin embargo la estación que se encuentra en contacto con el Rio Caño Grande es la estación 10 y presentó un valor de la mediana de 3.15 mg/L mayor que el valor de la estación 9, como se observa en la Figura 5.5.

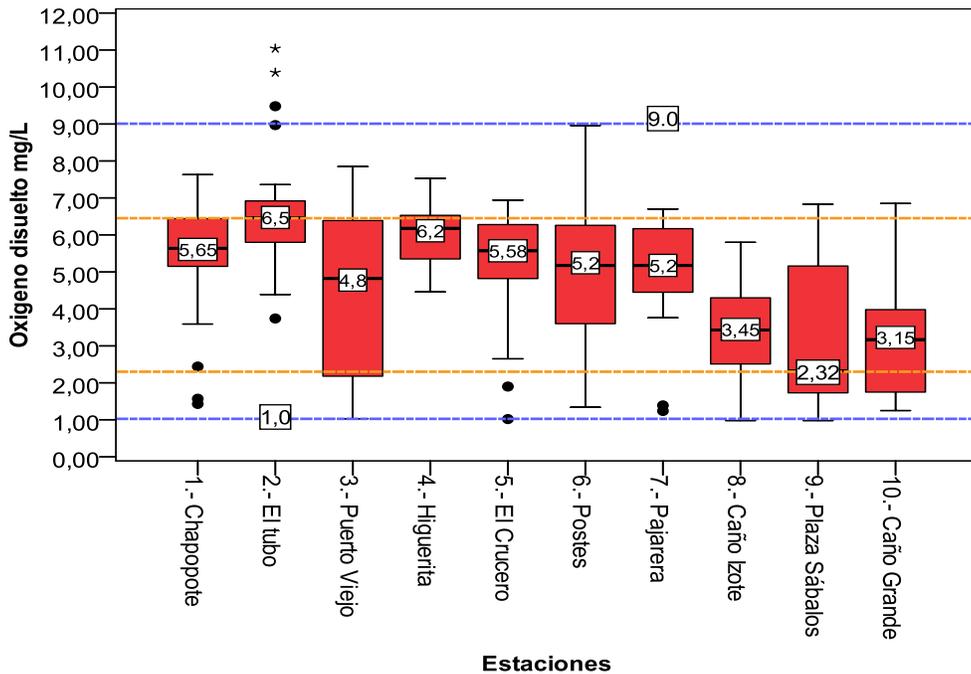


Figura 5.5 Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (mg/L), dentro de la laguna “La Mancha” para cada estación (2000-2001).

5.6 SALINIDAD (‰) DE LA LAGUNA “LA MANCHA” (2000-2001).

La concentración de la salinidad se calcula en porcentaje (‰) y de acuerdo al porcentaje se clasifica la salinidad, la cual se muestra en el Anexo 4. En la Figura 5.6 se observa que las estaciones 1, 2, 3, 4 y 10 presentan una salinidad de tipo oligohalina, se encuentran en un intervalo de 17 a 30‰, los valores de la mediana correspondientes son: estaciones 1 y 2 de 27.7‰, estación 3 de 25.5‰, estación 4 de 28.5‰ y estación 10 de 23.7‰, como se observa las estaciones más cercanas al Golfo de México, tienen mayor concentración de sales disueltas.

Las estaciones 5, 6, 7, 8 y 9 presentan una salinidad de tipo Polihalina, y se encuentran en un intervalo de 10 a 17‰, los valores de la mediana correspondientes son: estación 5 y 6 de 15.4‰, estación 7 de 13.8‰, estación 8 de 13.7 y estación 9 de 14.4, en la figura 5.7.

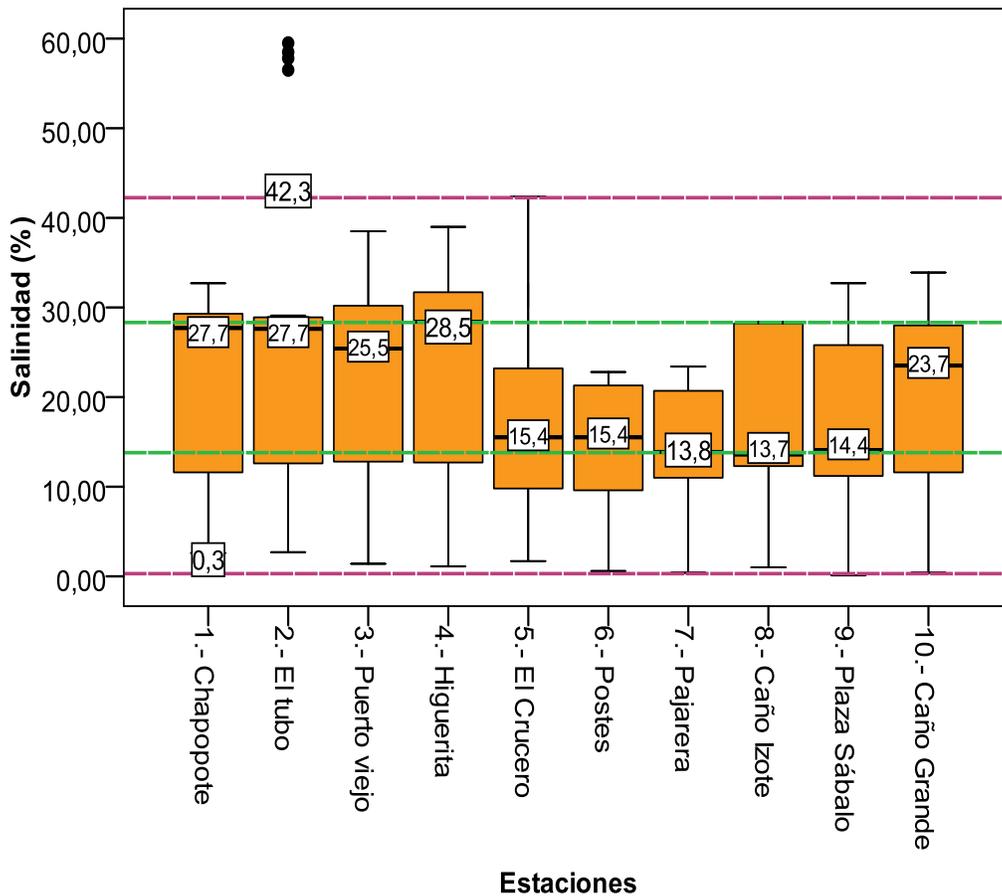


Figura 5.6 Diagrama de caja del porcentaje de la salinidad (‰), dentro de la laguna “La Mancha” para cada estación (2000-2001).

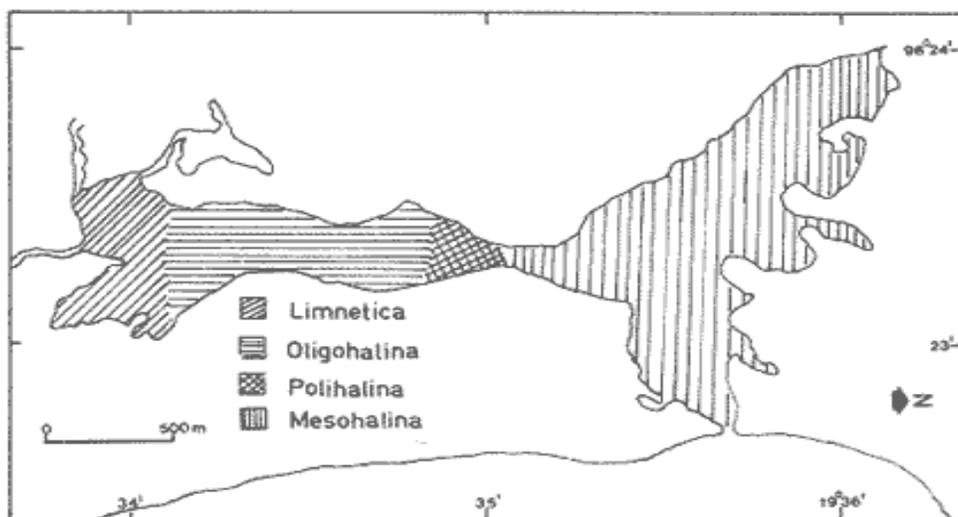


Figura 5.7 Distribución salina dentro de la laguna “La Mancha”.

Los datos que se utilizaron para hacer el análisis de las condiciones fisicoquímicas de la laguna, no fueron suficientes para realizar un análisis completo, ya que no se contó con la concentración de los iones correspondientes para calcular la Capacidad de Neutralización Ácida. Por otra parte los datos de la laguna son anteriores (2000-2001) a los datos de la lluvia ácida, por esta razón se vio la necesidad de hacer muestreos, para obtener datos actualizados y así obtener la concentración de los iones de las sales presentes en el cuerpo de agua.

5.7 DATOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA LAGUNA “LA MANCHA”, DEL AÑO 2011.

Los datos de los parámetros fisicoquímicos corresponden a las estaciones: 2 “El tubo”, 5 “El crucero”, 6 “El poste”, 9 “Plaza Sábalo” y 10 “Caño Grande”, las estaciones fueron seleccionadas porque presentaron diferentes valores de pH en los años 2000 y 2001. En la Figura 5.8 se muestran los valores de la mediana del pH correspondiente al año 2011, obtenidos en cada una de las 6 estaciones en donde se realizó el muestreo, el cual fue realizado por el Dr. Jorge Alejandro López Portillo del INECOL.

En la Figura 5.8 se observa que el pH desciende en la laguna de Norte a Sur, la estación 10 presentó el valor de la mediana más bajo.

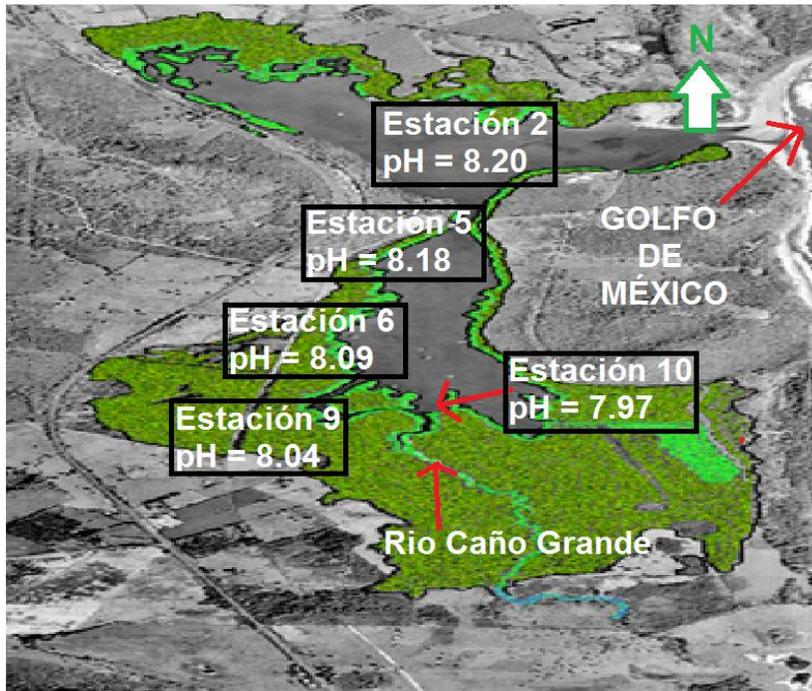


Figura 5.8 Valores del pH ponderado en la laguna "La Mancha", para las cinco estaciones del año 2011.

En la Figura 5.9 se observa el comportamiento del pH en las cinco estaciones, como se observa la estación 10 presentó un valor promedio de pH menor a 8 unidades y la estación 2 presentó un valor de pH mayor a 8 unidades.

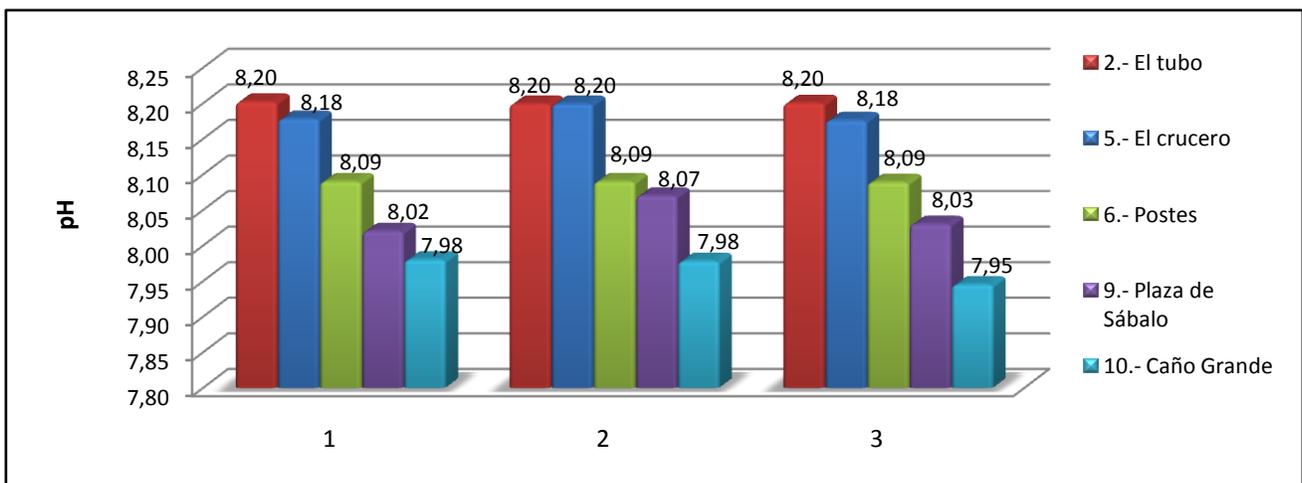


Figura 5.9 Valores del pH en la laguna "La Mancha" de las cinco estaciones (2011).

Después de 10 años la laguna sigue teniendo un pH alcalino. En la tabla 5.6 se muestra un comparativo del pH de las estaciones 2, 5, 6, 9 y 10 de los periodos 2000-2001 y 2011. En las estaciones 2 y 6 se observó un descenso en el pH, mientras que en las estaciones 5, 9 y 10 se observa un incremento.

Tabla 5.5 Comparativo del valor de la mediana del pH en la laguna “La Mancha”, de los dos periodos del 2000-2001 y 2011.

Número de estación	Estación	Mediana del pH 2000-2001	Mediana del pH 2011
2	El tubo	8.51	8.20
5	El crucero	8.13	8.18
6	Postes	8.23	8.09
9	Plaza Sábalo	7.72	8.04
10	Caño Grande	7.92	7.97

En la Figura 5.10 se muestra la concentración del ión H⁺ (mol/L) de cada una de las estaciones, la estación 10 presentó el pH más bajo y presenta una concentración mayor de 1.05x10⁻⁰⁸ mol/L, y la estación 2 que presentó un pH más alto y tiene una concentración de 6.28x10⁻⁰⁹ mol/L. Como se observa la concentración del ión H⁺ es inversamente proporcional al valor del pH.

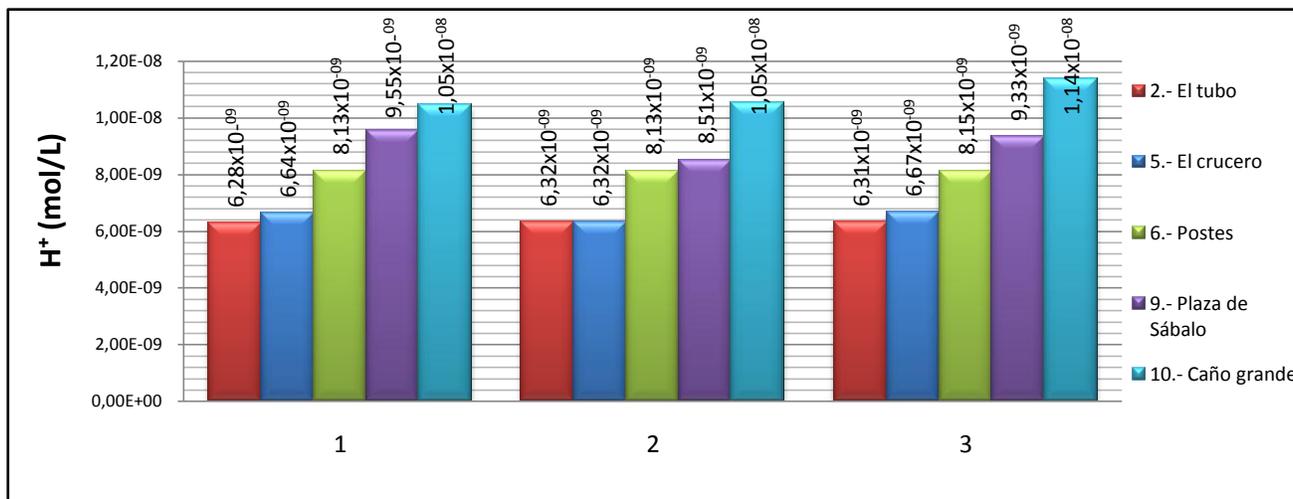


Figura 5.10 Ión hidrógeno H⁺ (mol/L), de la laguna “La Mancha” para las cinco estaciones (2011).

La conductividad eléctrica de la estación 2 es mayor a las demás estaciones como se observa en la Figura 5.9, sin embargo las estaciones 6, 9 y 10 presentaron conductividades iguales de 14420,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, solo las estaciones 2 y 5 presentaron conductividad diferente de 17520,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 16460,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

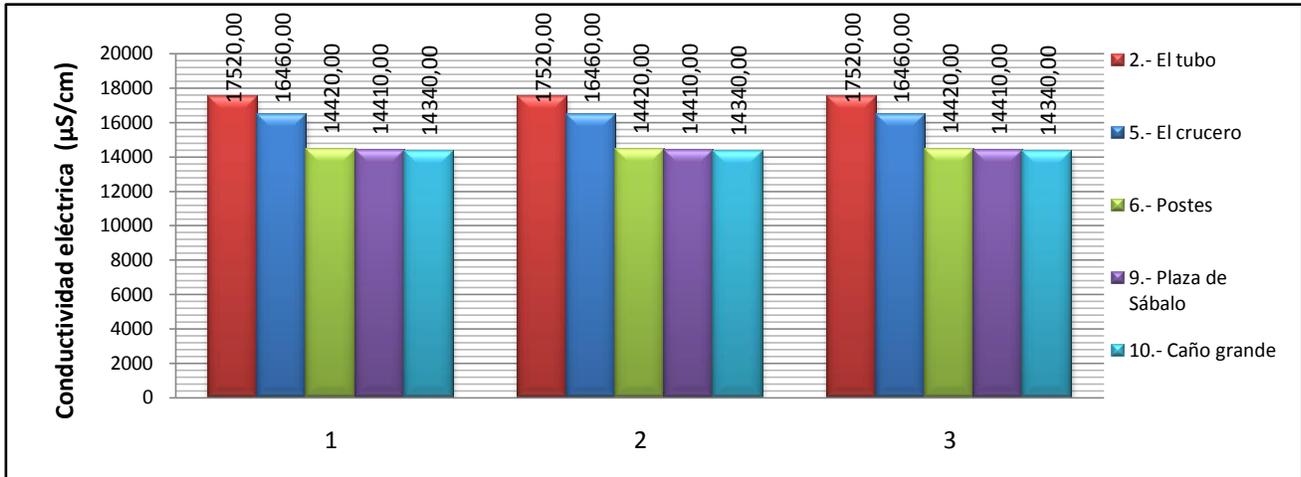


Figura 5.11 Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), de la laguna "La Mancha" para las cinco estaciones (2011).

La alcalinidad en la laguna se determinó por el método de gráfico con base a la concentración del punto de equivalencia del ión bicarbonato (HCO_3^-). Dentro de la laguna, la alcalinidad es variable como se observa en la Figura 5.12, la estación 5 presentó la mayor alcalinidad de 2085,00 $\mu\text{eq}/\text{L}$ y la estación 6 presentó la menor alcalinidad de 1892,77 $\mu\text{eq}/\text{L}$.

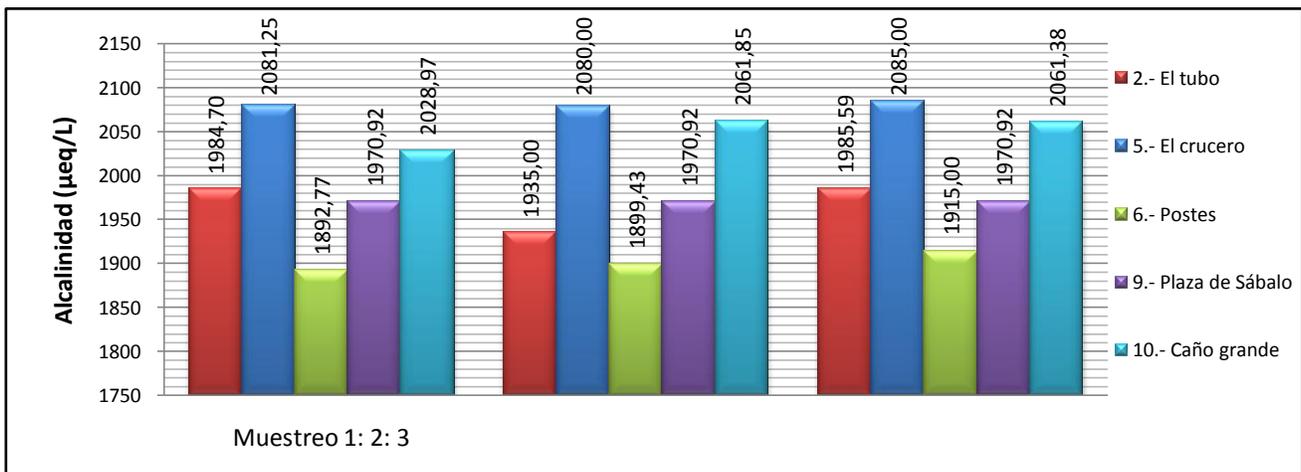


Figura 5.12 Ión bicarbonato HCO_3^- ($\mu\text{eq}/\text{L}$) de la laguna "La Mancha" para las cinco estaciones (2011).

En la Figura 5.13 se observa el comportamiento del ión OH^- (mol/L), este ión se genera como consecuencia de la neutralización del ión H^+ , la estación 2 presentó una concentración de 1.59×10^{-6} mol/L, la estación 10 presentó la menor concentración de 9.55×10^{-7} mol/L, se observa en la Figura 5.13 que la concentración desciende de la estación 2 a la estación 10.

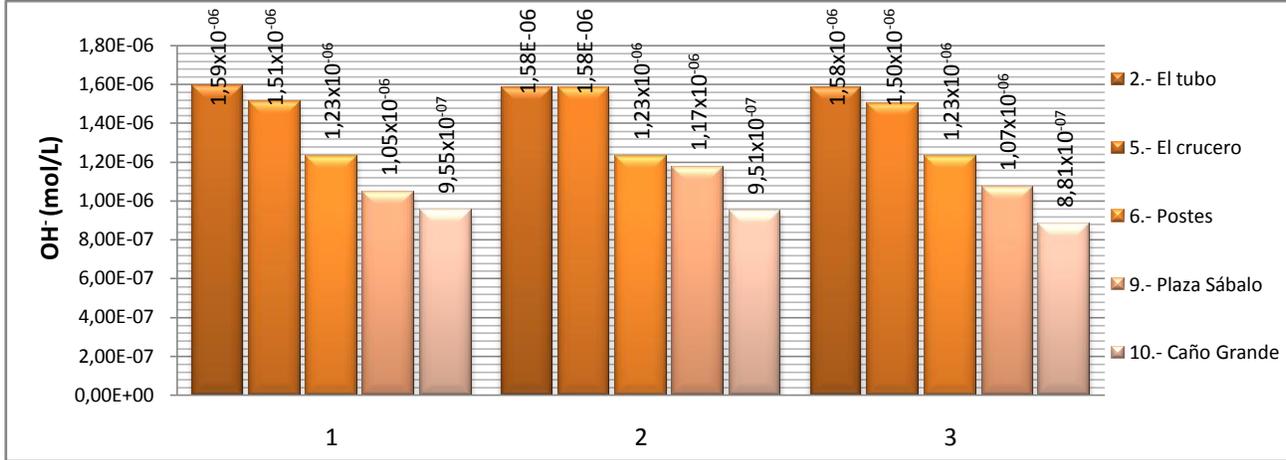


Figura 5.13 Ión hidroxilo OH^- (mol/L) de la laguna "La Mancha" para las cinco estaciones (2011).

En la Figura 5.14 se observa que las estaciones alejadas de la franja del intercambio con el Golfo de México presentaron concentraciones bajas de ión Na^+ (ppm) como las estaciones 6, 9 y 10, estas estaciones presentaron la misma concentración, la estación 10 tuvo una concentración de 3357,50 ppm, la estación 2 que se encuentra cerca del Golfo de México presentó mayor concentración de 4192,50 ppm. La concentración mayor que se presentó en la estación 2, es influenciada por el intercambio salino con el agua de mar.

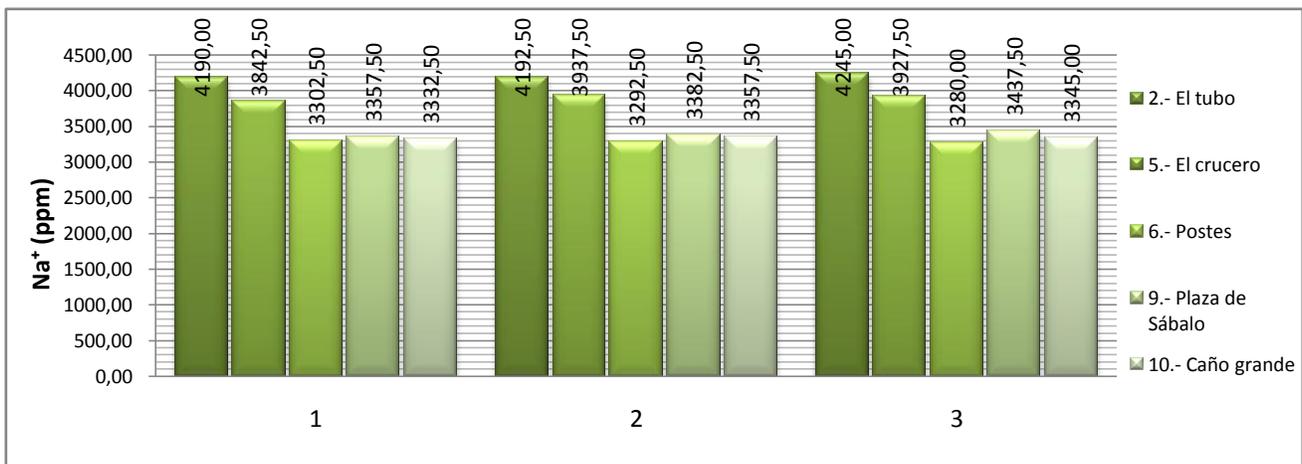


Figura 5.14 Ión sodio Na^+ (ppm) de la laguna "La Mancha" para las cinco estaciones (2011).

En la Figura 5.15 se observa que la estación 6 presentó la concentración más alta de Mg^{2+} , el cual fue de 422,50 ppm, y la estación 9 presentó la concentración más baja de Mg^{2+} de 257,50 ppm, mientras que en las estaciones 2 y 5 .

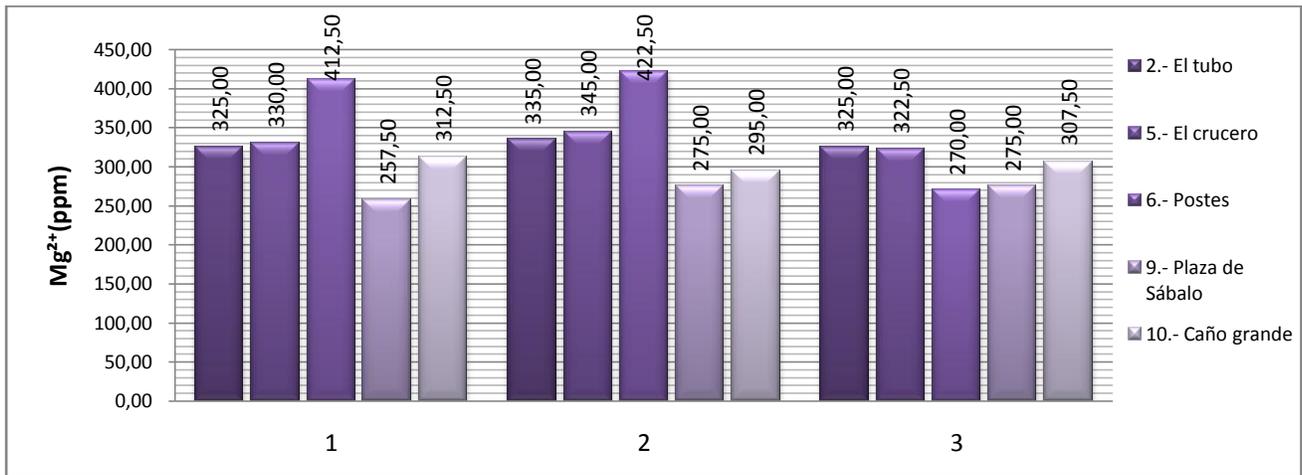


Figura 5.15 Ión magnesio Mg^{2+} (ppm) de la laguna "La Mancha" para las cinco estaciones (2011).

En la Figura 5.16 se muestra el comportamiento de la concentración del ión Ca^{2+} (ppm), la estación 5 presentó la mayor concentración de 150,00 ppm, la estación 6 presentó la concentración baja en la laguna, de 40,00 ppm, la estación 2 presentó una concentración de 72,50 ppm, como se observa la concentración del ión Ca^{2+} es variable dentro de la laguna.

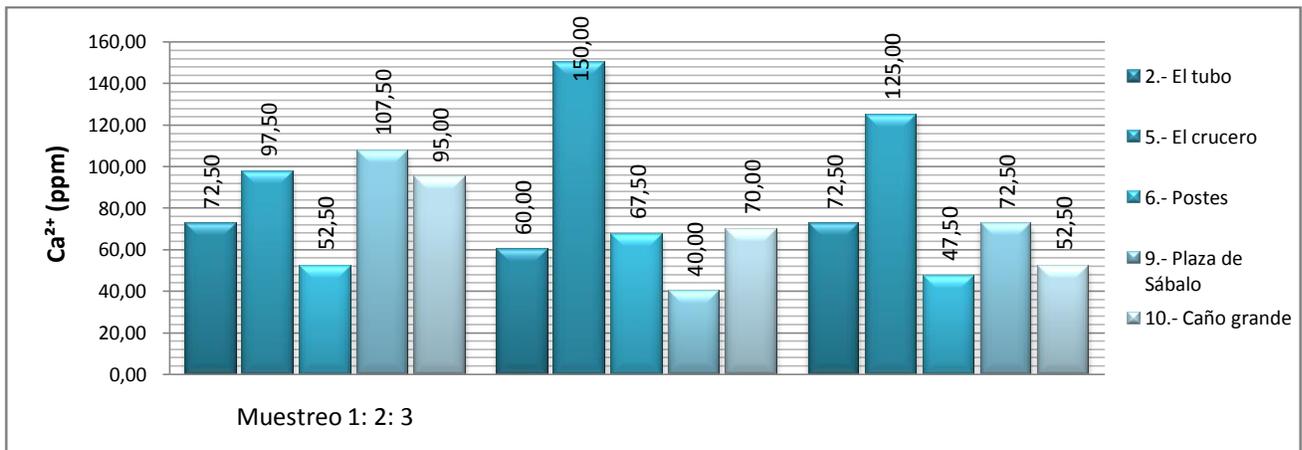


Figura 5.16 Ión calcio Ca^{2+} (ppm) de la laguna "La Mancha" para las cinco estaciones (2011).

La concentración del ión Cl^- tuvo el mismo comportamiento del ión Na^+ , estos dos iones forma la sal cloruro de sodio (NaCl), que se encuentra presente en la laguna, esta sal es proveniente del Golfo de México, por esta razón ambos iones tienen el mismo comportamiento, la estación 2 es la que presentó la mayor concentración de ambos iones, la concentración de Cl^- en la estación 2 fue 6187,50 ppm, la estación 9 presentó menor concentración fue de 4410,00 ppm, igual que la concentración del ión Na^+ , las estaciones 6 y 9 también tuvieron el mismo comportamiento del ión Na^+ y Cl^- .

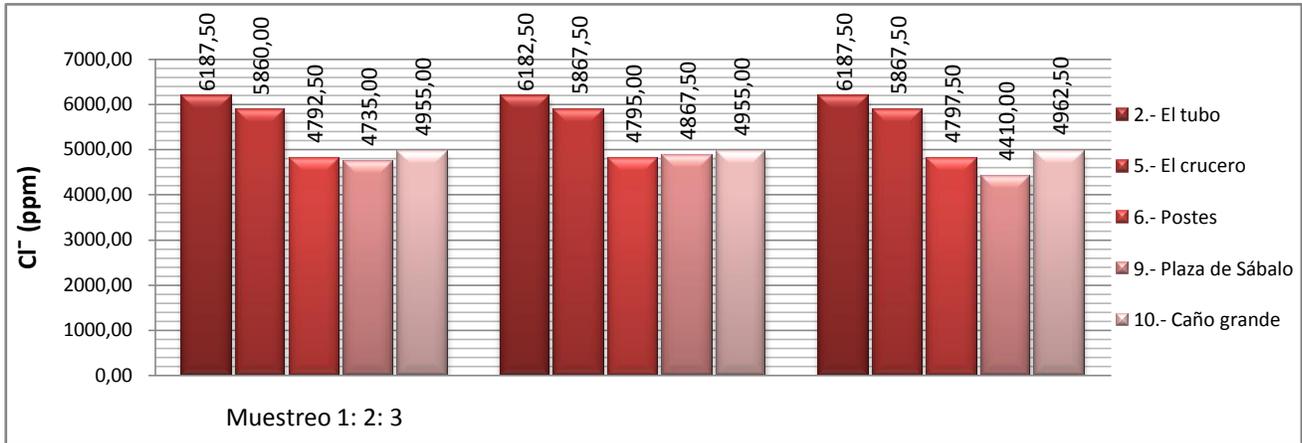


Figura 5.17 Ión cloruro Cl^- (ppm) de la laguna "La Mancha" para las cinco estaciones (2011).

En la Figura 5.18 se muestra el comportamiento del ión sulfato (SO_4^{2-}), como se sabe el ión SO_4^{2-} forma un compuesto con el ión Mg^{2+} , la sal sulfato de magnesio (MgSO_4), el comportamiento del ión SO_4^{2-} es igual al comportamiento del ión Mg^{2+} , la estación 2 presentó mayor concentración del ión SO_4^{2-} fue de 770,00 ppm, las estaciones 6, 9 y 10 presentaron concentración bajas de este ión, fue de 562,50 ppm.

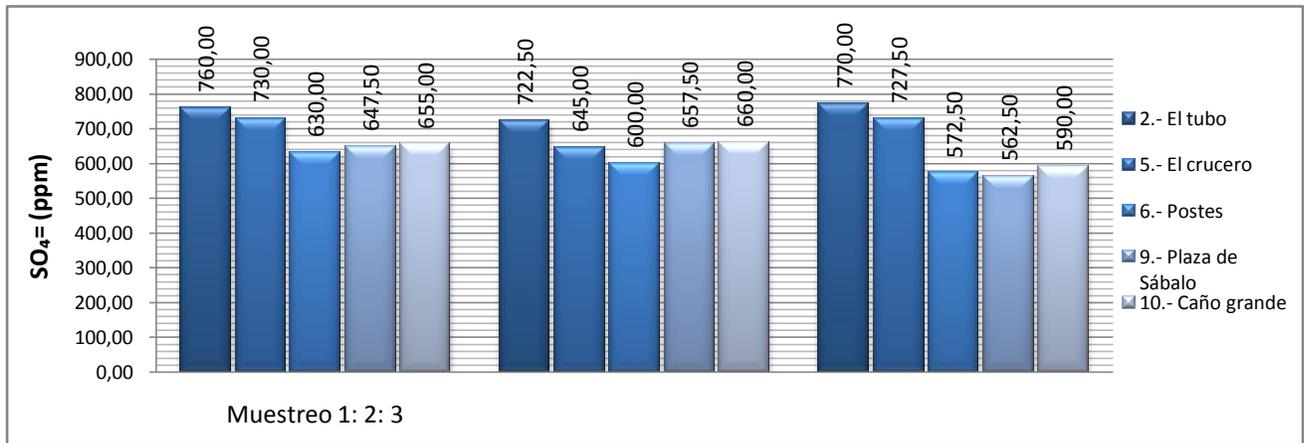


Figura 5.18 Ión sulfato SO_4^{2-} (ppm) de la laguna "La Mancha" para las cinco estaciones (2011).

CAPÍTULO VI
CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN ÁCIDA
DE LA LAGUNA
EL MORRO “LA MANCHA”

6.1 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN ÁCIDA DE LA LAGUNA “LA MANCHA”.

Para calcular la Capacidad de Neutralización Ácida de la laguna “La Mancha” se utilizaron los datos que se muestran en la Tabla 6.1, dada la variabilidad de los valores de pH por zona, se determinó para cada una de las estaciones. En la última fila de la tabla se muestran los valores de pH del cuerpo de agua de cada una de las estaciones a los cuales se le calculó la Capacidad de Neutralización Ácida.

Tabla 6.1 Datos estadísticos de la concentración de los iones, para las estaciones 2, 5, 6, 9 y 10, para el cálculo de la Capacidad de Neutralización Ácida (2011).

Iones	10.- Caño Grande µeq/L	9.- Plaza de Sábalo µeq/L	6.- Postes µeq/L	5.- El crucero µeq/L	2.- El tubo µeq/L
H ⁺ (mol/L)	1.09x10 ⁻⁰²	9.13x10 ⁻⁰³	8.19x10 ⁻⁰³	6.66x10 ⁻⁰³	6.36x10 ⁻⁰³
Na ⁺	1.45x10 ⁺⁰⁵	1.47x10 ⁺⁰⁵	1.43x10 ⁺⁰⁵	1.71x10 ⁺⁰⁵	1.83x10 ⁺⁰⁵
NH ₄ ⁺	2.22x10 ⁺⁰⁰	2.22x10 ⁺⁰⁰	2.22x10 ⁺⁰⁰	2.22x10 ⁺⁰⁰	2.22x10 ⁺⁰⁰
K ⁺	3.43x10 ⁺⁰³	3.13x10 ⁺⁰³	2.51x10 ⁺⁰³	2.77x10 ⁺⁰³	3.92x10 ⁺⁰³
Mg ²⁺	1.22x10 ⁺⁰⁴	1.09x10 ⁺⁰⁴	1.38x10 ⁺⁰⁴	1.37x10 ⁺⁰⁴	1.35x10 ⁺⁰⁴
Ca ²⁺	1.96x10 ⁺⁰³	2.52x10 ⁺⁰³	1.31x10 ⁺⁰³	3.27x10 ⁺⁰³	2.54x10 ⁺⁰³
Cl ⁻	1.32x10 ⁺⁰⁵	1.40x10 ⁺⁰⁵	1.37x10 ⁺⁰⁵	1.66x10 ⁺⁰⁵	1.75x10 ⁺⁰⁵
NO ₃ ⁻	1.77x10 ⁺⁰⁰	1.77x10 ⁺⁰⁰	1.77x10 ⁺⁰⁰	1.77x10 ⁺⁰⁰	1.77x10 ⁺⁰⁰
SO ₄ ⁼	1.30x10 ⁺⁰⁴	6.61x10 ⁺⁰³	6.25x10 ⁺⁰³	6.60x10 ⁺⁰³	7.82x10 ⁺⁰³
HCO ₃ ⁻	2050.73	2050.73	1902.40	2082.08	1968.43
OH ⁻ (mol/L)	9.20x10 ⁻⁰¹	1.10x10 ⁺⁰⁰	1.22x10 ⁺⁰⁰	1.50x10 ⁺⁰⁰	1.57x10 ⁺⁰⁰
pH	7.97	8.04	8.09	8.18	8.20

El método que se utilizó para calcular la Capacidad de Neutralización Ácida, fue la suma de la concentración de los cationes menos la suma de la concentración de los aniones de la laguna “La Mancha”, como se muestra en la ecuación 6.1, utilizando los datos de la tabla anterior (NAPAP, 1991).

$$CNA = [Na^+ + NH_4^+ + K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}] - [Cl^- + NO_3^- + SO_4^{=} + HCO_3^-]$$

Ec 6.1

La ecuación 6.2 es la forma general de la ecuación 6.1.

$$CNA = [\sum_i^n C_{B^+}] - [\sum_i^n C_{A^-}] \dots \dots \dots \text{Ec 6.2}$$

Donde:

- CNA: Capacidad de Neutralización Ácida.
- C_A: Concentración de especies anionicas ó ácidas en µeq/L
- C_B: Concentración de especies cationicas ó básicas en µeq/L

Unidades:

- ppm=(mg/L)
- µeq/L=(ppm/PM)*1000
- µeq/L=(mol/PM)*1000000
- Peq=PM(g)/carga del ion
- Peq=PM(g)/numero de H⁺
- eq=g/Peq
- PM=g/mol

La estación con mayor Capacidad de Neutralización Ácida fue la estación 2 “El tubo” la cual fue de 18455,24 µeq/L, la estación 9 “Plaza Sábalo” tuvo una Capacidad de Neutralización Ácida de 15208,11 µeq/L.

Tabla 6.2 Capacidad de Neutralización Ácida, de las estaciones 2, 5, 6, 9 y 10 (2011).

Estación	CNA (µeq/L)
2. El tubo	18455,24
5. El crucero	16484,95
6. Postes	15236,22
9. Plaza Sábalo	15208,11
10. Caño Grande	15571,40

De acuerdo a la clasificación de los cuerpos de agua de la EPA, la Capacidad de Neutralización Ácida en la laguna “La Mancha” es buena (EPA, 2003).

RESULTADOS

EL análisis estadístico de la lluvia se realizó con datos correspondientes a un periodo de seis años (2003-2008), de los cuales 132 eventos corresponden a los meses de Enero a Mayo, incluyendo Septiembre y Diciembre (periodo estacional I) y 252 eventos que corresponden a los meses de Junio a Agosto, Octubre y Noviembre (periodo estacional II). Los promedios ponderados de pH que se obtuvieron en dicho análisis fueron; para el periodo estacional I de 5.08 unidades y para el periodo estacional II de 4.96 unidades, los cuales indican que fue más ácida la lluvia en el periodo estacional II.

Se observó que el 100% de los datos del pH en el periodo estacional II fueron menor a 5.60 unidades, siendo el valor máximo de 5.41 unidades y el valor mínimo de 4.60 unidades, mientras que para el periodo estacional I el 75% de los datos fueron menor a 5.60 unidades, el valor máximo fue de 5.92 unidades y el valor mínimo de 4.47 unidades.

Los años 2005, 2007 y 2008 se registraron los mayores volúmenes de precipitación pluvial, cuyos valores son: 1,439 L/m², 1,262 L/m² y 1,286 L/m² respectivamente. Los iones inorgánicos cuantificados en las muestras de lluvia son: Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻ y SO₄⁼, de los cuales, los más abundantes fueron: NO₃⁻ y SO₄⁼, con una concentración ponderada de 0.30 kg/ha de NO₃⁻ y 0.61 kg/ha de SO₄⁼, 0.09 kg/ha de NO₃⁻ y 0.22 kg/ha de SO₄⁼ y 0.35 kg/ha de NO₃⁻ y 0.54 kg/ha de SO₄⁼, estas cantidades fueron depositadas en los años antes mencionados.

Para el estudio de la laguna, ésta se dividió en tres regiones: Norte, Centro y Sur, cuyas características fisicoquímicas varían de acuerdo a su cercanía con la entrada del Golfo de México hacia el Norte y con el Rio Caño Grande hacia el Sur, las estaciones 2 "El tubo" y 10 "Caño Grande" son las más cercanas a estos dos afluentes, los valores promedio de pH correspondientes a estas dos zonas fueron: 8.20 unidades y 7.97 unidades respectivamente, mientras que en la estación 6 "Postes" el valor promedio fue de 8.09 unidades el cual corresponde a la zona Centro del cuerpo de agua, como se puede observar el pH desciende de Norte a Sur.

Con respecto al valor de pH, se observó que la región Norte el valor mínimo fue 7.61 unidades y el máximo de 9.31 unidades, mientras en la región Centro fueron de 7.21 unidades y 9.31 unidades respectivamente, los valores correspondientes a la región Sur fueron de 5.83 unidades y 10.12 unidades respectivamente.

La Capacidad de Neutralización Ácida de la laguna “La Mancha”, se calculó con el método propuesto por la United States Environmental Protection Agency (USEPA), dicha metodología fue la suma de la concentración de cationes, menos la suma de la concentración de los aniones, la cuantificación de los iones fueron; Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y HCO_3^- . Los resultados obtenidos fueron; para la zona Norte de 18455.224 $\mu\text{eq/L}$, para la zona Centro de 15236,22 $\mu\text{eq/L}$ y para la zona Sur de 15208,11 $\mu\text{eq/L}$. De acuerdo a la clasificación de la EPA, los datos anteriores nos indican que el cuerpo de agua es sano, quiere decir que la laguna tiene la capacidad de neutralizar el depósito ácido mejor conocido como “lluvia ácida”.

CONCLUSIONES

En este trabajo se establecieron tres objetivos los cuales fueron:

- Evaluar la acidez de la lluvia en la zona de estudio, ante este propósito se recopiló información y se determinó que el pH de la lluvia es más ácido en los meses correspondientes al periodo estacional II siendo de 4.96 unidades, como confirmación de esta acidez, se obtuvieron las concentraciones más altas de los depósitos de SO_4^- y NO_3^- en el año en que hubo mayor volumen de precipitación, el cual fue el año 2005, dichos resultados fueron; 1.439 L/m^2 , 0.61 kg/ha de SO_4^- y 0.30 kg/ha de NO_3^- .
- Otro de los objetivos fue caracterizar mediante su constitución y parámetros fisicoquímicos el cuerpo de agua "La Mancha", con el cual se determinó que la laguna es alcalina, teniendo hacia el Norte mayor concentración de sales que le ayudan a conservar un pH alcalino, esto generado por la influencia del Golfo de México, sin embargo este efecto desciende de Norte a Sur, la alcalinidad se encuentra en un intervalo de 8.20 a 7.97 unidades respectivamente.
- La Capacidad de Neutralización Ácida, se determinó a partir de las concentraciones de sales presentes en este cuerpo de Agua, de acuerdo a la metodología propuesta por la EPA, mediante el cual se obtuvieron resultados que permitieron establecer que es buena.

La Capacidad de Neutralización Ácida se calculó, pero no se pudo relacionar con el depósito ácido como se planteó en la meta, debido a la escasa información disponible, los datos proporcionados de la laguna no fueron suficientes y no tienen una secuencia de tiempo, lo cual no permite realizar un estudio completo. Cabe aclarar que no se consideraron factores como; el clima y las condiciones químicas biológicas, como parte del proceso metabólico en la alcalinidad del cuerpo de agua.

Considerando el daño que ha causado el depósito ácido "lluvia ácida" en los cuerpos de agua en países como: Estados Unidos, Canadá, Suecia entre otros, es importante evaluar la Capacidad de Neutralización Ácida de los cuerpos de agua como son: lagos, lagunas, ríos, con ó sin afluentes, para prevenir y/o corregir el posible descenso del pH, ante este problema se hicieron algunas recomendaciones.

RECOMENDACIONES

En este trabajo se hicieron dos tipos de recomendaciones de forma general y particular, para disminuir las emisiones de los precursores de la lluvia ácida y para estudios de cuerpos de agua a futuro.

Para disminuir las emisiones de SO_2 y NO_x , las siguientes recomendaciones de forma general son:

- Realizar acciones que ayuden a disminuir los índices de contaminación de SO_2 y NO_x , para evitar y/o disminuir los daños ocasionados por el depósito ácido en los cuerpos de agua y así prolongar la vida que hay en los ecosistemas.
- Disminuir los límites permisibles de contaminación de SO_2 y NO_x , generando combustible con bajos contenidos de azufre.
- Hacer uso de nueva tecnología, para generar energía eléctrica limpia.

Para prevenir y corregir el descenso del pH y los daños que se puedan presentar en un cuerpo de agua debido al depósito ácido, de forma general se recomienda:

- Realizar estudios a diversos cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, con afluentes y sin afluentes), de manera continua y sistemática.
- Evaluar los recursos materiales y humanos que se requieren para realizar los análisis fisicoquímicos necesarios que solicita la EPA, para la aplicación de su metodología, así como la formación de un equipo interdisciplinario de investigadores y especialistas que se relacionen con este tipo de estudios.

Para realizar un estudio adecuado sobre la capacidad de neutralización del cuerpo de agua, se hacen las siguientes recomendaciones de forma particular:

- Realizar estudios fisicoquímicos a la laguna “La Mancha”, periódicamente estableciendo un horario de medición.
- Hacer medición de pH al cuerpo de agua de forma “in situ” en periodos de 24 hrs para poder establecer un perfil.
- Realizar las mediciones de pH y los muestreos, fijando dos ó más profundidades para hacer los comparativos.
- En el caso de la temporada de lluvia ó los días en que llueva, hacer la medición de pH en el cuerpo de agua después de cada evento de lluvia, anotando la hora del inicio y término del depósito ácido (lluvia ácida).
- Calcular la Capacidad de Neutralización Ácida adecuando el método propuesto por la EPA (método específico para lagos), de acuerdo al tipo de cuerpo de agua que se esté estudiando.

BIBLIOGRAFÍA

- Actopan, "Veracruz de Ignacio de la llave, Enciclopedia de los Municipios de México", **2005**.
- Adminoarso, "Conferencia Estocolmo 1972". www.oarsoaldea.net/agenda21/es/node/Nov. **2004**.
- Álamo E., Rodríguez P., "Lluvia ácida", Revista del Sur - Red del Tercer Mundo, Secretaría para América Latina, Uruguay, No. 78, Abril **1998**.
- Alarcón J. A. L., "Lluvia ácida en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Análisis y trascendencia", Tesis de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM, (**en trámite**).
- Barreiro G. Ma. T., Balderas C. J., "Evaluación de algunas comunidades de productores primarios de la laguna de "La Mancha", Veracruz", Anales del Instituto de Ciencias del mar y Limnología, Octubre **1991**. (biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1991)
- Botello V. A., Rendon J. O., Gold B. G., Hernández A. C., "Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental Diagnósticos y Tendencias", 2^{da} edición, U. A. de Campeche, U. N. A. M., I.N. de Ecología., SEMANART, U. Juárez A. de Tabasco, U. I. A., G. del Edo. de Ver., COEPA, H Ayuntamiento de Coatzacoalcos, Veracruz **2005**.
- Bravo A. H., Sosa E. R., Sánchez A. P., Alarcón J. A. L., Jaime P. M., Hernández N. P., Retama M. A., Gómez R. C., Soto A. R., Kahl J. D., Bueno L. E., "Evaluación de la Contaminación Atmosférica en el Sur del Golfo de México. Campaña Oceanográfica SGM-08 Universidad Nacional Autónoma de México, **2004**.
- Bravo A. H., Sosa E. R., Torres J. E., "Ozono y lluvia ácida en la Ciudad de México", Revista Ciencias No. 22, Abril **1991**. Pp. 33.
- Bravo A. H., Soto A. R., Sosa E. R., Sánchez A. P., Alarcón J. A. L., Kahl J., Ruiz B. J., "Effect of Acid Rain on Building Material of the El Tajín Archaeological Zone, in Veracruz, México". Environmental Pollution. Vol. 144, **2006**.
- Campos G. I., "Saneamiento Ambiental, 2^a edición, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, **2003**, Pp. 84-85.
- Cárdenas A. P., "Química 2", Zapopan, Jalisco México, Umbral editorial S. A. de C. V., 1^a edición **2005**. Pp. 66.
- Caro E. R., Céspedes V. G., "Lluvia Ácida y Eutrofización", Universidad de Chile, Facultad de Cs, Físicas y Matemáticas. Dpto. de Ingeniería Química. 25 de Junio de **2004**, Elementos de Contaminación Atmosférica. Pp. 8.
- Casas C. Ma. C., Alarcón J. M., "Meteorología y clima", Universidad Politécnica de Catalunya S. L., edición UPC, Diciembre **1999**, Pp. 28-29.
- Castillo R. F., Roldan R. Ma. D., Blasco P. R., Huertas R. Ma. J., Caballero D. F. J., Moreno V. C., Luque R., Martínez M., "Biotecnología Ambiental", Editorial Tébar, S. L., Madrid **2005**, Pp. 245.

- Cervantes S. A., Rivera G. P., de la Paz L. J. M., “Estadística Práctica para el Análisis de Datos”, SPSS. Una herramienta para el análisis estadístico de datos. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Academia de Estadística y Computo Científico, **2004**, Pp. Cap. 2.
- Contreras E. F., “Las Lagunas Costeras Mexicanas”. Editorial Centro de Ecodesarrollo, Secretaria de Pesca. 1ª edición, México, D.F. **1985**. Pp. 253.
- Cruz T. J. C., “Hidrocarburos alifáticos y aromáticos en sedimentos de la laguna de “La Mancha”, Veracruz”, Proyecto; Diagnóstico Ecológico de los Humedales Costeros de la región Centro-Norte del Estado de Veracruz 2005-2006, Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Departamento de Hidrobiología, CBS-UAMI, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa Departamento de Hidrobiología, México D. F., Abril **2006**, Pp. 10, 16.
- Devore L. J., “Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias”, 5ª edición, Editorial Thomson Learning, México D. F. **2001**, Pp. 41-43.
- Figueruelo J. E., Marino D. M., “Química Física del Ambiente y de los Procesos Medio Ambientales”, Editorial Reverte S.A. México D. F., **2004**. Pp. 518
- Flores A. F., García C. A., Toledano G. A., “Sistemática y Algunos aspectos Ecológicos de los moluscos de la laguna de “La Mancha”, Veracruz, México”, Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, D. F., Contribución No. 637 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, agosto de **1987**.
- Gallardo T. A., García G. L., Lluvia ácida, Gobierno del D. F., Secretaria del Medio Ambiente, Dirección Gral. De Prevención y Control de la Contaminación, Red Automática de Monitoreo Atmosférico, Junio **1999**. (www.sma.df.gob.mx/simat/pdf/folletolluvia.pdf)
- Gilliespie J. R., Beltrán A., “Química”, Editorial reverte S. A., España, Barcelona **1990**, Pp. 64.
- Gilman, pH. D. P., “Response of Surface Water Chemistry to the Clean Air Act Amendments of 1990”, National Health and Environmental Effects Research Laboratory Research Triangle Park, NC 27711, **EPA** January **2003**, P.p. 9-34.
- Glynn H. J., Heinke W. G., “Ingeniería Ambiental”, Cap. III, Prentice Hall, México **1999**, P.p. 162.
- González, C. M. C. “Caracterización de las aguas de la cuenca del río Lerma a través de metodologías de especiación metálica y la construcción de gráficos Tillmans, de Langelier y Mojmir mach. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. División de Ciencias Básicas e Ingeniería, **1997**, Pp. 167-197.
- Harris C. D., “Análisis Químico Cuantitativo”, 3ª edición, Editorial Reverte, España **2007**, Pp. 236.

- Harris D. C., "Análisis Químico Cuantitativo", 2ª edición, Editorial Reverté, Barcelona **2001**, Pp. 273.
- Hein M., Arena S., "Fundamentos de Química", 10^{ma} edición, Editorial Thomson Learning, México D. F., 2001, Pp. 384-385.
- Jaquenod Z. S., "Derecho ambiental", Contaminación Atmosférica, Edit. DIKINSON, S. L., España **2004**, P. p. 84.
- Manahan E. S., "Introducción a la Química Ambiental", Universidad Nacional Autónoma de México, Editorial Reverte, México D. F., 1ª edición. **2007**, Pp. 409-410.
- Manahan S., (1994). Environmental Chemistry, 4^{ta} edition University of Missouri, Lewis Publisher, Columbia 1991 Pp. 286. www.sagangea.org/hojared/Hoja13.htm/junio, **2007**.
- Marques D. M. J., "Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas", Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, 2^{da} edición, México D. F. **2004**, Pp.191-206.
- Marín H. A., "Evaluación, prevención y control de precursores de lluvia ácida en el Estado de Veracruz", Tesis programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Departamento del Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM **2009**, Pp. 55-64.
- Martínez A. E., Díaz M Y., "Contaminación Atmosférica", Ciencia y técnica 45, Universidad de la Castilla-La Mancha, 1ª edición. España **2004**, Pp. 26.
- Martínez M. J. L., "Instrumentos Económicos para la Protección del medio Ambiente", DIKINSON S. L., Madrid **2008**, Pp. 40.
- Matus J., Cárdenas A. L., Barreiro-Güemes M. T., "Influencia de los factores climáticos sobre las variaciones espacio-temporales de algunos parámetros hidrológicos en la laguna de "La Mancha", IX Congreso Nacional de Oceanografía, México, **1992** Pp. 5.
- Mersereau M., Anguish D., The Canada-Wide Acid Rain Strategy for Post-2000 Strategy and Supporting Document Federal/Provincial/Territorial Ministers of Energy and Environment (Canada) Halifax, Nova Scotia October 19, **1998**.
- Moller R., Transporte urbano y desarrollo sostenible en América latina, Universidad del Valle, Santiago Colombia, Abril **2006**, Pp. 211.
- Novelo, R. A., La vegetación de la Estación Biológica El Morro de "La Mancha", Veracruz. **1978**, *Biótica* **3**, Pp. 9-23.
- NMX-AA-036-SCFI-2001, "Análisis de agua - determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba", **2001**.
- NAPAP Vol. II, Patricia M. Irving, "Acidic Deposition State of Science and Technology, Washington D.C. **1991**, P.p. 9/27.

- Odum P. E., Barret W. G., Chaos C. A., "Fundamentos de Ecología", 5ª edición. Thomson, **2006**, Pp.153.
- Pataki E. G., "Lluvia ácida la amenaza invisible, DEC", Departamento de Conservación Ambiental del Estado de Nueva York, División de Recursos del Aire, **2002**, (www.dec.state.ny.us/website/dar/index.html/2002).
- Peña, Arroyo, Gómez, Tapia, Gómez, "Bioquímica", Editorial Limusa, Balderas 95 México D. F., **2004**, Pp. 58, 59.
- Ponting C., "Historia verde del mundo", ediciones Paidós Ibérica S. A., España 1ª edición **1992**. Pp. 488.
- Ramírez V. S., "Influencia de las precipitaciones ácidas sobre el crecimiento radicular de lactuca sativa y amaranthus hypochondriacus", XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún, México, 27 al 31 de octubre, **2002**.
- Renner, R., "Proposed sediment contamination guidelines to look at chemical Mixtures". Environment Science and Technology, **1997**, Pp. 31:80A-81A.
- Rice M. R., Lewis J., Arcata, "Potential Streamflow Changes from Forest Decline Due to Air Pollution", Internationales Symposion INTERPRAEVENT **1988** – GRAZ, Tagungspublikation, Band 1, Pag 51-65.
- Rodríguez M. J. M., Marín G. R., "Físico-Química de aguas", Ediciones Díaz de Santos, Edigrafos S. A., Madrid España, **1999**, Pp. 30.
- Rodríguez D. A., López R. N. I., Quintero V. H E., Canales P. R. L., "Ciencia Tecnología y Ambiente, CENAGE Learning, 3ª edición, **2009**. Pp. 52.
- Ruiz G. M., "Diversidad de macro invertebrados epibiontes de raíces de mangle rojo (*rhizophora mangle* L.) en la Laguna de la Mancha", Tesis de Ecología y manejo de recursos naturales Veracruz, México, Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz, México **2002**.
- Ruiz O. P. A., Benavides B. H. O., "Lluvia Ácida", Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, **2007**, Lluvia ácida, Nota Técnica, p.p. 3-7.
- Sánchez, J., Reporte de Servicio Social. Análisis texturas de los sedimentos de la aguna de "La Mancha", Ver., México. UAM-I, México D.F. **1981**. Pp. 30.
- Seager J., "Atlas del estado medio ambiental", The International visual survey, ediciones Akal Madrid **1995**, Pp. 115.
- Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México, (SIMAT) Para la zona Metropolitana de la Ciudad de México, publicaciones referentes al tema de calidad del aire. (<http://www.sma.df.gob.mx/publicaciones/aire>), **2002**, Pp.11.
- Solís S. L. M., López A. J. A., Principios básicos de contaminación ambiental, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca México, 1ª edición **2003**, Pp. 69-75.

- Snoeyink L. V., Jenkins D., “Química del agua”, Balderas 95, 8^{va} reimpresión, Editorial Limusa S. A. de C. V., Grupo noriega editores, México D. F. **2002**, Pp. 182, 199.
- Spedding J. D., “Contaminación Atmosférica”, Dióxido de azufre (SO₂), Capítulo 5, Editorial Reverte, España **1981**, Pp. 35.
- Swedens, Geografía de Suecia Publicado por el Instituto Sueco Febrero del **2006**.
(www.sweden.se/upload/sweden_se/.../si/geografia_de_suecia).
- S. E. C. F., Diccionario forestal, Sociedad Española de Ciencias Forestales, grupo Mundi prensa, Madrid Barcelona, **2004**, Pp. 326.
- Tejada M. A., Acevedo F., Jáuregui E., “Atlas climático del Estado de Veracruz”, Universidad Veracruzana, Textos Universitarios, 1^a edición. Abril de **1989**, Xalapa Veracruz.
- Terán L. J., Goossens B., “Atlas del Estado Medio Ambiental”, The International Visual Survey, ediciones Akal, Madrid **1995**. Pp. 115.
- Torres G. F. A., “Efecto de la lluvia ácida en materiales pétreos del patrimonio histórico del Estado de Campeche”, Tesis, Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Ingeniería, Centro de investigación en Corrosión, **2009**.
- Umland J. B., Bellama J. M., “Química general”, 3^{ra} edición, Editorial Thomson Learning, México D.F. **2000**. Pp. 579-581.
- Valverde V. T., Meave del C. J. A., Carabias L. J. Cano S. Z., “Ecología y Medio Ambiente”, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1^a edición, Pearson Educación de México S. A. de C. V., **2005**, Pp. 172.
- Velasco S. H. E.; “Lluvia ácida en los bosques del poniente del valle de México”, XXVIII Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) del Instituto Nacional de Ecología (INE), Cancún México, 27 al 31 de octubre, **2002**.
- Villalobos et al., “Cuadernos de divulgación estudio hidrobiológico de la laguna de “La Mancha”, Municipio de Actopan, Ver”. 1979-1980, No. 15, INIREB, Jalapa, Veracruz, **1984**. Pp. 1-51.
- Williams H J., Kolb k. D., “Química para el nuevo milenio”, Prentice Hall Hispanoamericana, 8^{va} edición, Naucalpan de Juárez Edo. De México, **2000**, Pp. 307.
- Zuck M., Garibay V., Iniestra R., López Ma. T., Rojas L., Laguna I., “Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México”, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, un estudios de caso en Tuxpan Veracruz, Octubre **2006**, México D. F. Pp. 29.

ANEXO 1

Tabla A 1.1 Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2003.

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	7-ene	2.00	5.25	24.50	0.010	LD	0.150	0.340	0.630	1.722	LD	1.430
1	8-ene	2.50	4.78	17.00	1.030	LD	0.090	0.110	0.710	3.109	LD	1.573
1	24-ene	2.00	5.20	23.70	0.010	LD	0.090	0.110	0.710	0.169	LD	1.989
		6.50	5.08	21.73	0.350		0.110	0.187	0.683	1.666		1.664
1	21-mar	1.50	6.48	76.49	16.860	1.320	0.530	0.900	1.500	15.216	3.264	9.301
1	9-abr	20.50	5.18	9.51	1.112	0.234	0.081	0.330	0.282	1.470	0.561	1.703
1	15-abr	1.00	4.84	58.70	1.393	0.140	0.054	0.118	0.516	1.006	0.201	9.287
		21.50	5.01	34.11	1.253	0.187	0.068	0.224	0.399	1.238	0.381	5.495
1	24-may	11.00	6.01	19.50	2.787	0.714	0.144	0.196	0.661	2.761	1.211	2.588
1	27-may	15.50	4.90	25.35	0.440	1.141	0.110	0.200	0.250	1.725	1.832	2.580
1	29-may	3.00	4.86	23.10	1.732	0.229	0.337	0.268	0.005	2.551	0.737	2.070
		29.50	5.26	22.65	1.653	0.695	0.197	0.221	0.305	2.346	1.260	2.413
1	5-sep	8.00	4.29	29.46	LD	LD	LD	LD	1.300	1.800	1.300	1.600
1	13-sep	30.00	4.49	17.29	0.540	0.120	0.180	0.080	0.090	0.780	0.330	1.200
1	14-sep	23.50	4.98	12.50	LD	LD	LD	LD	LD	2.020	0.550	0.580
1	15-sep	48.00	5.42	8.77	0.950	0.100	0.010	0.100	0.010	1.150	0.360	0.750
1	16-sep	9.00	5.29	7.01	0.990	LD	0.110	0.080	0.070	0.980	0.350	0.720
1	17-sep	2.00	5.49	4.79	0.170	LD	LD	0.007	0.030	0.720	0.100	0.500
1	20-sep	3.50	4.56	19.12	0.920	0.097	0.010	0.060	0.005	1.870	1.370	1.790
1	28-sep	64.00	4.66	10.39	LD	LD	LD	LD	LD	0.860	LD	LD
1	29-sep	18.50	5.40	3.13	0.010	LD	LD	0.010	LD	0.850	LD	LD
1	30-sep	35.00	5.28	11.32	1.130	0.290	0.010	0.060	0.010	1.740	0.320	0.640
		241.50	4.99	12.38	0.67	0.15	0.06	0.06	0.22	1.28	0.59	0.97
1	2-dic	5.00	4.43	1.08	3.850	0.180	0.260	0.660	0.930	4.640	0.690	4.020
1	3-dic	7.50	5.19	16.20	2.130	0.250	0.200	0.470	0.480	1.670	1.370	1.790
1	4-dic	3.00	4.69	20.52	1.370	LD	0.110	0.380	0.970	1.820	1.230	0.530
		15.50	4.77	12.60	2.450	0.215	0.190	0.503	0.793	2.710	1.097	2.113
2	4-jun	9.50	5.55	10.09	0.005	0.543	0.321	0.100	0.195	0.632	0.950	0.740
2	5-jun	29.50	5.30	8.85	0.005	0.221	0.318	0.331	0.376	0.597	0.640	0.740
2	17-jun	23.50	5.26	13.61	1.130	LD	0.309	0.277	0.287	1.978	0.410	0.750
2	19-jun	14.00	5.20	10.06	0.476	LD	0.295	0.086	0.035	1.356	0.285	LD
2	21-jun	1.00	4.80	23.18	0.269	LD	0.299	0.112	0.030	1.020	0.420	0.980
2	23-jun	19.00	5.35	10.36	1.070	0.150	0.020	0.300	0.170	2.896	LD	1.050
2	26-jun	19.00	4.81	21.72	0.490	LD	0.020	0.100	0.200	3.140	LD	1.270
2	27-jun	31.00	5.09	10.85	0.020	0.050	0.020	LD	LD	1.250	0.360	LD
2	28-jun	15.00	5.10	8.11	0.310	LD	0.020	0.220	0.150	1.290	LD	LD
2	29-jun	3.50	5.38	8.53	0.570	0.180	0.010	0.080	0.020	1.140	LD	0.430
		165.00	5.18	12.54	0.43	0.23	0.16	0.18	0.16	1.53	0.51	0.85
2	7-jul	17.00	4.97	23.72	2.580	LD	0.060	0.260	0.030	4.400	LD	1.140
2	8-jul	85.00	5.07	8.89	0.680	LD	0.040	0.180	0.100	1.000	0.340	0.390
2	9-jul	13.00	5.20	25.91	7.900	LD	0.150	0.430	0.190	5.110	0.260	0.980
2	10-jul	12.50	5.35	22.91	0.570	0.830	0.010	0.080	0.020	4.220	0.390	1.320
2	16-jul	4.50	4.87	18.62	0.810	LD	0.120	0.280	0.260	2.630	0.420	1.470
2	17-jul	21.00	5.63	19.17	0.860	0.240	0.130	0.320	0.350	1.950	0.120	1.230
2	19-jul	16.00	5.50	11.50	0.270	LD	0.080	0.150	0.210	LD	1.370	1.790
2	20-jul	8.00	4.63	21.82	0.660	0.150	0.110	0.260	0.280	1.870	0.930	1.840
2	26-jul	60.00	5.79	21.73	1.200	LD	0.190	0.260	0.410	4.150	LD	1.370
2	27-jul	41.00	5.68	6.55	0.870	LD	0.150	0.300	0.320	1.150	3.770	0.060
2	28-jul	14.00	5.37	8.14	0.410	0.220	0.110	0.200	0.280	1.200	0.340	0.600
2	29-jul	1.00	5.66	18.07	0.430	0.130	0.090	0.190	0.160	2.820	0.630	1.170
		293.00	5.31	17.25	1.44	0.31	0.10	0.24	0.22	2.77	0.86	1.11
2	1-ago	8.00	5.80	11.23	0.550	LD	0.190	0.280	0.600	1.170	LD	LD
2	4-ago	2.00	6.35	39.53	1.340	0.400	0.230	0.760	0.740	6.510	0.580	3.010
2	5-ago	9.50	4.94	9.95	0.190	LD	LD	LD	LD	1.150	0.340	0.780
2	13-ago	5.00	5.15	13.64	0.530	LD	0.130	0.250	0.250	1.960	2.930	0.600
2	14-ago	60.00	5.18	8.53	0.440	0.130	0.100	0.190	0.160	1.250	0.360	0.640
2	16-ago	1.00	5.61	24.46	0.440	0.130	0.100	0.190	0.160	1.800	1.300	1.600
2	18-ago	14.50	4.67	21.91	0.700	LD	0.100	0.230	0.220	2.480	LD	1.300
2	19-ago	20.00	5.20	6.04	0.260	LD	0.090	0.170	0.180	0.630	LD	LD
2	20-ago	18.50	4.97	7.99	0.180	LD	LD	LD	LD	0.330	0.550	0.010
2	21-ago	0.50	5.01	21.18	0.430	LD	0.100	0.250	0.340	1.870	1.350	1.650
2	23-ago	31.50	4.56	22.27	0.400	LD	0.110	0.190	LD	1.850	0.800	0.820
2	29-ago	2.00	5.33	12.87	0.550	0.150	0.160	0.290	0.280	1.770	0.480	0.610
2	30-ago	0.50	4.81	17.71	0.270	LD	LD	0.110	LD	0.300	26.600	2.770
		173.00	3.99	9.64	0.33	0.29	0.16	0.15	0.16	1.18	0.31	0.54

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
	2-oct	3.00	5.54	6.77	0.860	LD	0.400	0.370	0.300	1.250	0.360	0.010
2	4-oct	3.00	5.50	6.21	0.240	0.100	0.010	0.010	0.010	0.910	0.280	0.620
2	5-oct	1.00	5.62	0.93	0.010	LD	0.010	0.010	0.010	0.090	LD	0.010
2	6-oct	13.00	5.30	7.22	0.460	0.140	0.060	0.020	0.010	0.720	LD	LD
2	7-oct	9.00	4.98	10.12	0.430	0.110	0.060	0.030	LD	0.780	0.340	0.080
2	8-oct	18.00	5.62	1.23	0.010	0.090	LD	LD	LD	0.250	0.010	0.010
2	13-oct	20.00	4.75	10.33	0.240	0.100	0.010	0.010	0.010	0.450	0.360	0.680
2	15-oct	6.00	4.35	15.31	0.250	LD	0.010	0.010	LD	0.870	LD	1.800
2	18-oct	20.00	5.24	5.85	0.590	0.200	0.010	0.010	0.010	1.150	3.770	0.060
2	31-oct	4.50	4.48	34.06	3.050	0.440	0.090	0.290	0.170	6.510	0.580	3.010
		97.50	5.14	9.80	0.61	0.17	0.07	0.08	0.07	1.30	0.81	0.70
2	8-nov	12.00	5.13	7.26	0.280	LD	0.010	0.024	0.010	0.780	0.210	LD
2	11-nov	0.50	5.25	21.44	0.590	0.200	0.010	0.010	0.010	2.500	0.750	2.000
		23.50	5.15	14.58	1.46	0.20	0.04	0.10	0.10	1.88	0.72	2.30
2	2-dic	5.00	4.43	1.08	3.850	0.180	0.260	0.660	0.930	4.640	0.690	4.020
2	3-dic	7.50	5.19	16.20	2.130	0.250	0.200	0.470	0.480	1.670	1.370	1.790
2	4-dic	3.00	4.69	20.52	1.370	LD	0.110	0.380	0.970	1.820	1.230	0.530
		15.50	4.77	12.60	2.45	0.22	0.19	0.50	0.79	2.71	1.10	2.11

Tabla A 1.2 Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2004.

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	6-ene	1.00	4.63	44.82	4.950	LD	0.520	0.810	1.000	7.230	0.790	4.590
1	8-ene	0.50	4.95	55.08	6.020	0.530	10.480	1.100	1.210	14.770	1.200	3.420
1	17-ene	2.00	4.78	48.28	2.960	1.680	0.450	0.980	2.060	2.580	2.700	5.270
1	24-ene	2.00	4.63	36.72	LD	LD	LD	LD	LD	5.520	1.930	3.750
1	28-ene	2.00	4.53	42.66	0.730	0.870	0.010	0.080	0.410	3.620	1.350	3.560
1	31-ene	10.00	4.82	14.80	0.900	0.210	0.320	0.510	0.530	1.600	0.580	0.850
		17.50	4.72	40.39	3.112	0.823	2.356	0.696	1.042	5.887	1.425	3.573
1	26-feb	1.50	6.88	80.35	10.970	LD	2.470	2.810	1.450	8.390	0.690	1.800
1	28-feb	1.00	5.25	54.00	5.890	0.800	2.680	1.060	1.080	11.430	3.210	4.120
		2.50	6.07	67.18	8.430	0.800	2.575	1.935	1.265	9.910	1.950	2.960
1	23-mar	9.50	5.04	23.33	2.460	0.180	0.170	0.340	0.380	3.530	0.710	1.650
1	24-mar	2.00	5.00	22.46	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
1	29-mar	0.50	4.64	67.50	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
		12.00	4.89	37.76	2.460	0.180	0.170	0.340	0.380	3.530	0.710	1.650
1	5-abr	1.00	5.67	74.74	1.760	0.850	1.000	3.340	2.350	12.620	5.260	6.880
1	9-abr	1.00	5.67	39.74	2.710	1.140	1.470	0.650	2.090	4.710	3.630	3.790
1	27-abr	70.00	5.02	14.10	1.440	0.411	0.140	0.220	0.020	1.630	0.580	1.470
		72.00	5.45	42.86	1.970	0.800	0.870	1.403	1.487	6.320	3.157	4.047
1	8-may	4.00	4.89	27.66	2.090	6.520	0.450	0.260	0.200	2.310	1.660	2.360
1	15-may	85.00	5.32	21.84	LD	LD	LD	LD	LD	1.370	1.060	2.840
1	18-may	3.00	5.41	14.06	0.640	0.660	0.170	0.210	LD	2.390	0.850	1.040
1	20-may	1.50	4.88	27.56	3.450	0.470	0.170	0.430	0.140	3.450	1.950	1.510
1	21-may	39.00	4.82	10.80	1.170	0.210	0.200	0.360	0.030	0.850	0.340	1.180
		39.00	5.06	20.38	1.838	1.965	0.248	0.315	0.123	2.074	1.172	1.786
1	21-sep	1.50	5.88	46.41	7.190	1.050	0.690	0.740	0.840	21.610	3.570	5.970
1	30-sep	28.00	5.16	3.43	0.010	LD	0.010	0.010	0.010	0.010	0.200	0.200
		29.50	5.52	24.92	3.600	1.050	0.350	0.375	0.425	10.810	1.885	3.085
1	14-dic	10.00	4.50	31.31	0.700	0.420	0.480	0.470	0.550	3.600	1.250	3.300
2	3-jun	17.50	5.20	27.77	4.440	0.160	0.290	0.580	0.200	5.200	0.530	1.870
2	4-jun	54.00	5.29	7.92	LD	LD	LD	LD	LD	1.590	1.140	1.280
2	5-jun	35.00	5.15	8.33	0.780	0.170	0.120	0.250	LD	1.530	1.030	1.860
2	7-jun	21.00	5.12	11.87	1.170	0.210	0.200	0.360	0.030	1.190	0.610	1.590
2	8-jun	29.00	5.45	8.44	LD	LD	LD	LD	LD	1.240	1.310	0.890
2	10-jun	17.00	5.01	17.80	2.740	LD	0.240	0.790	0.380	2.890	1.320	1.310
2	17-jun	4.50	4.61	36.00	2.440	LD	0.400	0.500	0.430	5.340	0.940	0.540
2	18-jun	3.00	6.09	32.40	3.610	0.420	0.470	0.540	0.130	4.070	0.970	1.110
2	19-jun	27.00	5.54	20.80	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
2	27-jun	27.00	5.41	18.20	LD	LD	LD	LD	LD	2.370	0.750	0.560
		235.00	5.29	18.95	2.530	0.240	0.287	0.503	0.234	2.824	0.956	1.223
2	2-jul	0.50	5.72	40.70	LD	LD	LD	LD	LD	1.610	0.420	0.650
2	6-jul	34.00	5.35	15.80	2.295	LD	0.201	0.286	0.165	1.240	1.310	0.890
2	9-jul	2.50	5.37	5.70	1.750	LD	0.130	0.280	0.290	2.890	1.320	1.310
2	11-jul	36.00	5.32	6.68	1.200	LD	0.070	0.130	0.090	0.090	1.070	1.860
2	12-jul	56.50	5.59	4.90	0.430	LD	0.033	0.030	0.025	0.650	LD	LD

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	27-jul	1.50	4.78	18.70	1.520	0.200	0.200	0.300	0.520	2.830	1.020	2.070
		131.00	5.36	15.41	1.439	0.200	0.127	0.205	0.218	1.552	1.028	1.356
2	2-ago	10.00	5.21	7.00	0.720	0.063	0.470	0.024	0.010	0.780	LD	LD
2	10-ago	8.00	5.17	8.80	0.720	LD	0.320	0.330	0.310	1.270	LD	0.690
2	13-ago	21.00	5.12	13.00	0.310	0.310	0.330	0.260	0.220	0.520	0.650	0.290
2	14-ago	1.50	5.34	13.30	1.410	0.250	0.320	0.190	0.270	0.900	LD	LD
2	19-ago	5.50	5.72	9.60	0.710	0.300	0.310	0.320	0.250	1.610	LD	LD
2	20-ago	5.50	6.32	104.60	7.320	LD	0.920	0.970	2.350	14.700	1.300	2.800
2	21-ago	9.50	5.25	13.30	2.180	LD	0.230	0.320	0.420	2.310	LD	0.320
2	25-ago	17.00	4.83	18.20	2.020	0.230	0.000	0.320	0.260	2.390	LD	0.510
2	26-ago	6.00	5.58	33.90	6.120	0.140	0.930	0.670	0.700	5.960	LD	1.630
2	28-ago	13.50	4.97	11.30	0.550	LD	0.100	0.320	0.420	0.850	LD	3.010
		97.50	5.35	23.30	2.206	0.216	0.393	0.372	0.521	3.129	0.975	1.321
2	3-oct	50.00	4.91	12.00	1.120	0.160	0.210	0.090	0.090	1.610	0.420	0.650
2	4-oct	17.00	4.94	10.83	1.120	0.010	0.070	0.070	0.010	1.360	0.610	0.570
2	5-oct	21.50	4.88	13.96	1.450	0.010	0.050	0.140	0.010	1.980	0.280	0.820
2	10-oct	3.00	5.39	11.41	0.850	0.500	0.290	0.120	0.170	LD	LD	LD
2	31-oct	9.00	4.64	21.85	1.230	0.080	0.050	0.090	0.010	2.340	0.850	1.870
		97.50	4.95	14.01	1.154	0.152	0.134	0.102	0.058	1.823	0.540	0.978
2	15-nov	7.50	4.71	25.97	3.020	0.021	0.160	0.320	0.190	5.200	0.530	1.870
2	14-dic	10.00	4.50	31.31	0.700	0.420	0.480	0.470	0.550	3.600	1.250	3.300

Tabla A 1.3 Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2005.

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	5-ene	5.50	4.79	33.72	3.520	0.560	0.590	0.740	0.730	4.120	0.590	1.780
1	19-ene	6.50	4.93	19.69	1.810	0.520	0.600	0.590	0.660	2.740	0.010	1.710
		12.00	4.86	26.71	2.665	0.540	0.595	0.665	0.695	3.430	0.300	1.745
1	4-feb	5.00	4.99	10.21	0.630	0.360	0.490	0.470	0.550	1.250	0.540	2.080
1	19-feb	15.00	4.87	23.92	1.750	0.740	0.540	0.490	0.600	2.630	0.890	1.120
		20.00	4.93	17.07	1.190	0.550	0.515	0.480	0.575	1.940	0.715	1.600
1	2-mar	2.00	4.09	82.62	LD	LD	LD	LD	LD	5.360	2.620	9.940
1	4-mar	1.50	5.41	44.86	2.500	0.750	0.540	0.650	0.760	6.940	1.640	3.950
1	11-mar	0.50	6.56	56.97	6.870	0.890	0.810	1.160	1.190	11.670	2.800	4.690
1	12-mar	5.00	4.56	54.85	3.090	0.870	0.570	0.720	0.900	4.150	2.530	3.760
		9.00	5.16	59.83	4.153	0.837	0.640	0.843	0.950	7.030	2.398	5.585
1	3-may	6.00	6.1	63.50	4.140	0.790	0.470	0.490	2.970	6.890	2.460	5.380
1	4-may	5.00	6.25	76.30	12.420	1.800	0.640	0.860	1.040	6.270	3.220	5.450
1	6-may	34.00	5.58	17.40	1.490	0.620	0.310	0.220	0.340	LD	LD	LD
1	21-may	4.00	5.07	28.40	1.230	1.370	0.290	0.110	0.710	LD	LD	LD
		49.00	5.75	46.4	4.820	1.145	0.428	0.420	1.265	6.580	2.840	5.415
1	2-sep	22.00	5.16	10.38	0.701	0.168	0.168	0.051	0.092	1.300	0.570	1.070
1	3-sep	43.00	4.91	8.90	0.468	0.092	0.102	0.066	0.065	0.900	0.420	0.700
1	5-sep	20.00	5.17	6.99	0.667	0.090	0.010	0.077	0.116	0.940	0.360	0.610
1	6-sep	39.00	4.72	12.63	0.444	0.207	0.140	0.043	0.089	0.840	0.410	0.830
1	14-sep	25.50	5.18	10.08	0.751	0.073	0.010	0.069	0.096	1.470	0.400	0.700
1	17-sep	9.50	4.95	7.44	0.451	0.152	0.121	0.037	0.059	0.860	0.540	0.660
1	16-sep	42.00	4.72	18.83	1.222	0.087	0.010	0.162	0.182	2.290	0.540	1.350
1	20-sep	5.00	4.68	13.08	0.686	0.199	0.119	0.010	0.070	1.330	0.680	1.230
1	26-sep	10.00	LD	LD	1.826	0.103	0.133	0.210	0.272	3.480	0.860	1.620
1	28-sep	9.50	4.82	10.50	0.835	LD	0.049	0.075	0.164	1.800	0.380	1.150
		225.50	4.92	10.98	0.805	0.130	0.086	0.080	0.121	1.521	0.516	0.992
2	15-jun	39.00	5.37	6.85	1.085	LD	LD	0.049	0.078	1.270	0.280	0.460
2	16-jun	10.00	5.21	5.91	0.533	LD	LD	0.050	0.051	0.790	LD	LD
2	21-jun	2.50	5.14	16.87	2.628	LD	0.161	0.170	0.251	2.500	0.580	1.050
2	22-jun	20.00	5.05	5.11	0.259	LD	LD	0.006	0.023	0.500	LD	0.540
2	24-jun	7.00	4.89	11.24	1.745	LD	LD	0.098	0.119	1.920	0.420	0.790
2	26-jun	6.00	5.33	8.84	0.580	0.180	0.140	0.070	0.130	1.100	0.050	0.390
2	28-jun	7.00	5.15	13.78	2.061	LD	LD	0.110	0.135	2.270	0.340	0.650
2	29-jun	9.00	4.91	12.72	1.341	LD	LD	0.053	0.074	1.550	0.400	0.930
		100.50	5.13	10.17	1.279	0.180	0.151	0.076	0.108	1.488	0.345	0.687
2	2-jul	5.00	5.05	10.23	0.749	LD	LD	0.035	0.128	0.680	0.810	1.190
2	6-jul	9.00	5.19	15.32	0.784	0.426	0.137	0.112	0.268	1.450	1.670	1.050
2	12-jul	2.00	3.86	71.30	2.191	0.397	0.120	0.207	0.440	3.180	0.860	7.340
2	13-jul	117.00	5.12	4.75	0.270	LD	LD	0.049	0.040	0.500	LD	LD

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	14-jul	18.00	5.07	4.76	0.206	LD	LD	0.015	0.020	0.450	0.360	LD
2	16-jul	24.00	5.02	10.23	1.089	LD	0.067	LD	LD	1.360	0.360	0.610
2	17-jul	14.00	4.57	20.80	1.700	LD	LD	LD	LD	2.580	0.440	1.440
2	18-jul	36.50	4.95	11.51	1.360	LD	0.058	0.084	0.080	1.650	0.410	0.740
2	22-jul	32.00	4.69	22.40	1.604	0.010	0.108	0.169	0.084	3.370	0.600	1.600
2	25-jul	5.00	5.52	4.49	0.353	LD	0.047	0.147	0.236	0.550	0.270	3.270
2	26-jul	20.00	5.35	0.97	1.410	LD	0.164	0.122	0.304	1.490	0.360	0.900
2	27-jul	15.00	5.41	15.24	1.787	LD	0.067	0.141	0.475	2.170	0.680	1.850
		297.50	4.98	16.00	1.125	0.278	0.096	0.108	0.208	1.619	0.620	1.999
2	6-ago	16.00	5.11	8.47	0.845	LD	0.039	0.060	0.058	1.170	0.650	0.410
2	7-ago	6.00	5.32	10.33	1.209	LD	0.055	0.084	0.206	1.480	0.650	1.460
2	13-ago	51.00	5.17	8.25	0.401	LD	LD	0.260	0.046	0.590	0.580	0.650
		467.00	5.18	11.16	1.282	LD	0.103	0.119	0.119	1.695	0.851	0.829
2	4-oct	54.00	5.48	6.47	0.739	0.077	0.010	0.076	0.084	1.160	LD	LD
2	6-oct	4.00	4.60	6.12	0.256	0.121	0.051	0.066	0.129	0.530	LD	LD
2	7-oct	1.00	5.37	12.22	0.177	0.130	0.010	0.025	0.044	1.260	0.370	1.630
2	11-oct	48.00	4.76	12.90	0.504	LD	LD	0.080	0.112	1.010	0.700	1.470
2	25-oct	21.00	5.25	12.47	0.943	0.644	0.172	0.070	0.086	1.920	0.620	1.330
2	28-oct	67.00	4.61	22.00	1.032	0.238	0.064	0.098	0.155	2.000	0.840	1.700
2	29-oct	3.50	4.75	16.24	1.420	0.289	0.147	0.117	0.169	2.710	0.840	1.340
2	31-oct	25.00	4.84	13.02	0.501	0.071	0.036	0.043	0.043	1.020	0.580	1.450
		223.50	4.96	12.68	0.697	0.224	0.070	0.082	0.103	1.451	0.658	1.487
2	1-nov	0.50	4.36	42.60	1.350	0.010	0.049	0.149	0.007	5.410	0.630	3.540
2	7-nov	1.50	4.94	29.70	2.193	0.371	0.174	0.191	0.184	1.930	0.910	5.200
2	8-nov	5.00	4.99	22.30	0.733	0.010	0.029	0.066	0.010	1.460	0.410	1.000
2	9-nov	13.00	5.13	8.53	1.318	0.010	0.010	0.092	0.034	1.520	LD	0.500
2	10-nov	1.50	4.52	24.30	1.563	0.088	0.132	0.142	0.112	2.700	0.800	2.370
2	11-nov	2.50	4.82	15.21	1.069	0.010	0.177	0.095	0.082	1.860	0.600	0.880
2	17-nov	7.50	4.88	12.98	0.697	0.185	0.053	0.085	0.498	1.140	0.840	2.410
2	21-nov	2.00	4.37	41.60	3.800	0.253	0.180	0.526	0.703	6.410	1.900	3.240
		33.50	4.75	24.65	1.590	0.117	0.101	0.168	0.204	2.804	0.870	2.393

Tabla A 1.4 Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2006.

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	1-May	9.00	5.33	36.40	2.870	1.600	0.260	0.330	0.650	LD	LD	LD
1	3-May	6.00	5.42	41.70	4.050	1.090	0.280	0.560	0.730	1.400	0.810	0.418
1	12-May	4.50	5.93	19.30	1.840	0.420	0.490	0.830	0.500	0.530	0.234	0.203
1	13-May	1.80	5.88	47.80	3.780	0.430	0.570	0.760	0.790	0.410	0.096	0.127
1	29-May	6.50	5.17	25.00	1.509	0.232	0.299	0.345	0.463	0.606	0.187	0.336
		27.80	5.55	34.04	2.810	0.754	0.380	0.565	0.627	0.737	0.332	0.271
1	3-Sep	25.00	5.04	7.63	0.160	0.060	0.230	0.030	0.350	0.066	0.030	0.187
1	6-Sep	8.00	4.92	13.23	LD	LD	LD	LD	LD	0.000	0.000	0.027
1	11-Sep	7.00	4.72	17.17	1.110	0.140	0.570	0.590	0.850	0.091	0.020	0.121
1	13-Sep	15.00	5.19	6.70	LD	LD	LD	LD	LD	0.000	0.000	0.027
1	14-Sep	7.00	5.30	5.76	0.470	LD	0.040	0.070	0.100	0.031	0.000	0.020
1	20-Sep	31.00	5.26	5.36	0.250	1.670	0.130	0.130	0.180	0.091	1.041	0.126
1	25-Sep	66.00	5.20	5.80	0.600	0.070	0.260	0.140	0.210	0.447	0.093	0.311
		171.25	5.09	8.81	0.518	0.485	0.246	0.192	0.338	0.104	0.169	0.117
1	3-Dec	6.00	6.00	35.70	0.299	0.238	0.046	0.015	0.010	0.208	0.339	0.030
1	4-Dec	5.50	6.04	4.49	0.074	0.277	LD	0.004	LD	0.043	0.362	0.017
1	9-Dec	3.00	6.45	47.60	2.220	0.010	0.670	1.190	1.980	0.832	0.007	0.987
		14.50	6.16	29.26	0.864	0.175	0.358	0.403	0.995	0.361	0.236	0.344
2	5-Jun	4.00	4.75	24.10	1.900	1.200	LD	LD	0.600	0.069	0.025	0.036
2	20-Jun	2.00	4.41	27.20	1.263	0.117	0.371	0.225	0.267	0.031	0.005	0.007
2	22-Jun	18.00	4.43	26.70	0.847	0.008	0.729	0.171	0.132	0.201	0.044	0.249
2	23-Jun	9.00	4.80	18.68	1.120	0.018	0.274	0.228	0.227	0.131	0.038	1.650
2	24-Jun	45.00	4.87	11.55	0.438	0.161	0.203	0.155	0.156	0.209	0.130	0.146
2	28-Jun	25.00	4.61	21.40	0.561	0.236	0.046	0.145	0.131	0.170	0.157	0.236
2	29-Jun	30.00	5.23	13.88	1.157	0.048	0.186	0.261	0.180	0.443	0.042	0.089
2	30-Jun	33.00	5.16	10.30	0.721	0.288	0.247	0.207	0.220	0.282	0.072	0.084
		166.00	4.78	19.23	1.001	0.260	0.294	0.199	0.239	0.192	0.064	0.312
2	1-Jul	13.00	5.09	7.69	0.600	0.010	0.010	0.020	0.060	0.030	0.014	0.017
2	2-Jul	9.00	4.66	18.99	1.040	0.220	0.260	0.230	0.210	0.050	0.021	0.042
2	9-Jul	48.00	5.17	7.30	0.810	0.240	0.270	0.100	0.090	0.217	0.120	0.078
2	10-Jul	18.00	5.17	11.90	0.956	0.104	0.146	0.192	0.186	0.087	0.020	0.042

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	11-Jul	19.00	4.86	14.16	1.451	0.235	LD	LD	0.384	0.128	0.046	0.053
2	14-Jul	10.00	4.68	28.90	2.900	0.340	0.340	0.520	0.290	0.144	0.035	0.051
2	15-Jul	10.00	4.98	5.85	0.800	0.320	0.190	0.190	0.310	0.058	0.017	0.027
2	20-Jul	14.00	5.53	14.33	1.810	LD	0.170	LD	1.360	0.125	0.000	0.144
2	21-Jul	72.00	5.23	6.04	0.780	0.150	0.090	0.110	0.100	0.279	0.113	0.114
2	22-Jul	21.00	5.33	6.44	0.770	LD	0.170	LD	0.040	0.085	0.000	0.020
2	23-Jul	46.00	5.42	4.90	0.630	LD	LD	0.140	0.010	0.135	0.000	0.029
2	24-Jul	48.00	5.39	1.77	0.250	LD	0.130	0.100	0.080	0.073	0.000	0.056
		330.54	5.13	10.69	1.066	0.202	0.178	0.178	0.260	0.118	0.032	0.056
2	5-Aug	21.00	4.93	14.32	1.460	0.130	0.080	0.290	0.010	0.163	0.031	0.041
2	7-Aug	65.00	5.31	8.63	0.690	0.010	0.180	0.490	0.310	0.266	0.007	0.212
2	8-Aug	19.00	4.80	11.01	0.760	LD	0.200	1.170	LD	0.086	LD	0.048
2	14-Aug	5.00	5.01	19.60	2.150	0.180	0.480	1.090	1.730	0.062	0.010	0.077
2	15-Aug	9.00	5.36	7.40	0.490	0.010	0.300	LD	0.770	0.031	0.001	0.062
2	21-Aug	10.50	4.64	19.87	0.840	LD	0.270	0.580	1.420	0.054	LD	0.158
2	23-Aug	43.00	5.26	4.57	0.500	0.010	0.470	LD	0.230	0.172	0.005	0.117
2	24-Aug	10.00	5.14	8.24	3.340	LD	0.170	0.210	0.190	0.177	LD	0.027
2	27-Aug	23.00	4.91	17.39	0.898	LD	0.041	0.072	0.113	0.109	LD	0.066
2	31-Aug	19.00	5.45	5.28	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.011
		299.50	5.09	10.97	1.149	0.068	0.229	0.034	0.597	0.128	0.011	0.081
2	14-Oct	17.00	4.75	17.93	1.020	0.610	0.130	0.760	0.570	0.467	0.581	0.615
2	3-Nov	1.00	6.48	0.20	0.337	0.060	LD	0.041	0.106	0.016	0.006	0.008
2	12-Nov	3.00	6.62	92.00	6.170	0.580	1.350	3.610	8.990	0.974	0.182	1.963
2	19-Nov	21.00	5.22	15.96	0.210	LD	LD	0.043	0.102	0.206	LD	0.340
2	20-Nov	6.00	5.11	11.92	1.644	LD	0.070	0.138	0.290	0.472	LD	0.194
2	21-Nov	2.00	5.33	17.33	14.070	0.530	2.950	9.650	19.240	1.474	0.111	2.812
		33.00	5.75	27.48	4.486	0.390	1.457	2.696	5.746	0.628	0.100	1.063

Tabla A 1.5 Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2007.

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	27-ene	4.00	6.48	134.00	10.300	2.250	1.170	0.350	3.160	16.912	7.771	7.600
1	4-feb	10.00	5.77	8.90	0.260	0.200	0.100	0.070	0.160	0.491	0.755	0.435
1	11-feb	4.00	5.87	68.20	13.260	0.210	0.010	0.090	1.350	20.418	0.807	3.305
		14.00	5.82	38.55	6.760	0.205	0.055	0.080	0.755	10.454	0.781	1.870
1	13-mar	3.00	5.71	262.00	33.400	3.150	0.050	0.030	7.400	51.452	10.971	17.854
1	14-mar	2.00	6.50	321.00	22.200	3.100	0.030	0.030	12.400	34.196	10.697	29.775
1	30-mar	19.00	5.30	73.10	0.630	2.390	0.600	0.250	2.000	1.513	8.543	5.041
		24.00	5.84	218.70	18.743	2.880	0.227	0.103	7.267	29.054	10.070	17.556
1	3-abr	2.00	5.43	133.90	8.370	3.700	0.750	0.070	5.120	13.562	12.975	12.466
1	5-abr	5.00	5.97	35.80	1.620	0.220	0.020	0.020	0.700	2.511	0.824	1.731
		7.00	5.70	84.85	4.995	1.960	0.385	0.045	2.910	8.037	6.900	7.099
1	11-may	13.00	5.85	143.10	9.000	5.600	0.700	6.400	3.500	7.189	32.220	32.358
1	19-may	4.50	5.47	56.40	2.517	1.178	0.503	0.420	2.100	5.472	3.272	5.250
1	24-may	18.00	5.10	33.20	1.560	0.530	0.246	0.192	0.960	3.340	1.840	3.000
1	25-may	50.00	5.37	13.40	0.600	0.400	0.200	0.080	0.400	1.400	0.896	1.152
1	26-may	4.00	4.72	45.00	2.732	0.405	0.546	0.221	1.107	5.940	1.125	2.768
1	30-may	2.00	5.00	86.50	8.044	0.779	1.609	0.374	1.872	13.990	1.731	3.743
		91.50	5.25	62.93	4.076	1.482	0.634	1.281	1.656	6.222	6.847	8.045
1	1-sep	35.00	6.47	6.42	0.179	0.300	0.036	LD	0.011	0.420	0.900	0.026
1	2-sep	1.50	4.57	18.70	0.649	LD	0.130	LD	0.472	1.519	0.683	1.132
1	4-sep	16.00	4.41	22.10	0.160	LD	0.173	0.119	0.597	2.024	0.500	1.433
1	7-sep	48.00	5.00	13.48	0.692	LD	0.138	0.051	0.253	1.620	0.620	0.607
1	8-sep	19.00	4.86	8.04	0.120	0.068	0.079	0.037	0.183	0.930	0.120	0.440
1	9-sep	22.00	4.41	14.98	0.090	LD	LD	LD	0.110	0.430	0.120	1.390
1	12-sep	3.00	4.67	19.40	1.234	0.282	0.247	0.022	0.080	2.890	0.500	0.260
1	15-sep	26.00	4.22	22.10	0.050	LD	LD	LD	0.090	0.750	0.100	1.679
1	16-sep	13.00	4.33	16.44	0.090	0.060	LD	LD	0.200	1.100	0.218	1.558
1	23-sep	4.00	5.52	32.10	1.976	0.323	0.395	0.135	0.676	4.628	0.572	1.622
1	27-sep	39.00	4.96	12.51	0.620	0.177	0.124	0.086	0.428	1.451	0.313	1.026
1	28-sep	106.00	4.53	13.85	0.403	LD	0.081	0.094	0.468	0.945	1.200	1.124
1	29-sep	52.00	4.38	13.44	0.092	LD	0.018	0.125	0.300	0.216	2.200	1.498
1	30-sep	2.00	4.23	57.10	2.818	LD	0.564	0.150	0.750	6.600	0.230	1.800
		386.50	4.75	19.33	0.655	0.202	0.180	0.091	0.330	1.823	0.591	1.114

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	3-dic	3.00	4.88	14.00	1.110	0.070	0.180	0.170	0.350	1.871	1.058	1.473
1	4-dic	14.50	5.42	13.27	1.020	LD	0.150	0.190	0.380	1.706	0.236	1.094
1	10-dic	77.00	4.60	19.68	2.390	0.660	0.290	0.310	0.340	3.941	3.831	2.022
1	14-dic	2.00	4.30	96.80	1.720	0.440	0.010	0.030	1.490	2.656	4.623	5.982
1	16-dic	39.00	4.94	22.20	2.740	0.200	0.500	0.150	0.600	4.670	1.401	1.991
		135.50	4.83	33.19	1.796	0.343	0.226	0.170	0.632	2.969	2.230	2.512
2	9-jun	5.00	5.40	109.90	22.000	0.350	0.440	0.180	0.780	35.200	1.452	2.063
2	20-jun	5.50	6.00	248.00	28.729	1.581	3.906	0.572	3.200	47.500	7.340	6.860
2	25-jun	8.00	5.64	42.10	3.437	0.470	0.687	0.144	0.720	8.051	0.832	1.727
		18.50	5.68	133.33	18.055	0.800	1.678	0.299	1.567	30.250	3.208	3.550
2	3-jul	23.00	4.54	58.70	4.218	0.305	0.844	0.241	1.207	9.880	0.541	2.896
2	7-jul	1.50	4.60	235.00	31.168	1.411	6.234	1.542	7.708	58.000	2.500	18.500
2	12-jul	20.00	4.78	28.30	1.675	0.219	0.335	0.112	0.560	3.922	0.388	1.343
2	13-jul	17.00	5.30	15.82	0.956	0.103	0.191	0.067	0.335	2.239	0.183	0.804
2	15-jul	1.00	5.15	62.20	4.225	2.100	0.845	0.022	1.110	9.896	0.673	2.570
2	16-jul	10.00	4.37	36.60	1.602	0.214	0.320	0.201	1.004	3.751	0.920	2.410
2	24-jul	5.00	4.38	64.60	4.100	0.308	0.820	0.313	1.563	9.602	0.546	3.751
2	25-jul	13.00	4.84	13.35	0.808	0.221	0.162	0.107	0.534	1.893	0.392	1.282
		90.50	4.75	64.32	6.09	0.61	1.22	0.33	1.75	12.40	0.77	4.19
2	7-ago	83.00	4.85	9.10	0.260	LD	0.077	0.051	0.256	0.898	LD	0.614
2	15-ago	2.00	5.43	56.90	3.317	1.552	0.663	0.284	1.421	7.770	2.750	3.410
2	17-ago	21.00	4.54	11.63	0.301	0.155	0.060	0.068	0.340	1.570	0.274	0.816
2	23-ago	74.00	5.54	107.10	10.500	LD	1.853	0.233	1.164	21.700	LD	2.794
2	24-ago	6.00	6.66	501.00	66.500	2.958	8.983	1.833	4.583	105.200	5.240	22.000
2	26-ago	1.00	5.89	104.30	9.820	1.863	1.964	0.571	2.854	23.000	3.300	6.850
2	27-ago	70.00	6.03	22.70	1.776	0.400	0.355	0.102	0.508	4.160	0.060	1.220
		280.00	5.49	102.55	11.76	1.19	1.79	0.41	1.48	21.01	2.00	4.93
2	30-ago	25.00	5.89	64.00	9.388	0.009	1.878	0.163	0.815	14.450	0.030	1.956
2	31-ago	11.00	4.80	7.35	0.092	0.009	0.059	0.010	0.030	0.455	0.030	0.542
		596.00	5.35	35.68	4.74	0.01	0.97	0.09	0.42	7.45	0.03	1.25
2	2-oct	9.00	4.09	17.05	0.010	0.010	LD	LD	LD	1.748	0.395	1.109
2	10-oct	47.00	4.92	7.32	0.417	LD	LD	LD	LD	0.642	LD	0.378
2	12-oct	1.00	3.81	9.11	0.757	LD	0.151	0.052	0.260	0.110	LD	0.624
2	20-oct	27.00	5.83	18.94	0.915	0.093	0.183	0.100	0.501	1.409	0.322	1.202
2	21-oct	23.00	4.66	8.80	0.358	LD	0.072	0.067	0.335	0.551	LD	0.803
2	23-oct	8.00	4.76	38.20	3.751	0.543	0.750	0.186	0.932	5.773	1.872	2.237
2	28-oct	1.50	6.08	94.70	10.813	LD	2.163	0.420	2.100	16.643	LD	5.041
		116.50	4.88	27.73	2.43	0.22	0.66	0.17	0.83	3.84	0.86	1.63
2	23-nov	5.00	5.97	32.50	1.380	0.550	0.190	0.280	0.510	2.296	1.961	1.275
2	27-nov	27.00	5.64	50.20	1.950	LD	0.220	0.200	2.710	3.200	0.142	6.614
2	28-nov	8.00	5.87	10.15	0.600	LD	0.060	0.090	0.320	0.978	0.084	0.833
2	30-nov	18.00	4.72	11.96	0.740	0.010	0.010	0.060	0.120	1.148	1.216	1.203
		58.00	5.55	26.20	1.17	0.28	0.12	0.16	0.92	1.91	0.85	2.48

Tabla A 1.6 Datos estadísticos de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) y periodo estacional II (lluvia abundante) 2008.

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	2-mar	3.00	6.90	198.00	20.125	0.500	2.425	5.238	5.350	37.100	6.980	11.770
1	13-abr	5.00	7.34	475.00	37.280	LD	7.160	7.140	12.940	101.890	14.700	28.340
1	14-abr	8.00	6.68	64.70	5.865	0.133	0.703	1.558	1.608	14.940	1.760	13.350
		13.00	7.01	269.85	21.57	0.13	3.93	4.35	7.27	58.42	8.23	20.85
1	18-may	1.00	6.47	490.00	54.000	LD	9.760	10.240	11.120	109.380	17.790	28.290
1	19-may	3.00	7.61	224.00	27.250	0.400	1.190	9.420	1.420	41.000	2.800	7.040
1	26-may	7.00	5.54	27.30	1.430	1.270	0.520	0.380	0.720	3.270	5.650	3.690
1	28-may	2.00	6.34	46.60	3.408	0.286	1.316	0.836	0.953	8.760	2.190	3.110
1	29-may	6.00	5.68	29.70	3.717	0.282	0.184	0.339	0.103	5.430	0.940	2.270
		19.00	6.33	163.52	17.96	0.56	2.59	4.24	2.86	33.57	5.87	8.88
1	5-sep	1.50	5.01	17.30	1.992	LD	LD	0.237	0.357	3.030	1.060	0.950
1	6-sep	3.00	4.72	26.40	0.880	0.160	0.160	0.210	0.320	1.670	1.170	1.320
1	7-sep	40.00	5.14	7.65	0.530	0.140	0.170	0.220	0.310	1.020	2.510	0.600
1	8-sep	19.00	5.30	4.32	0.162	LD	LD	0.053	0.082	0.320	0.370	0.340
1	14-sep	6.00	4.75	36.10	3.577	0.080	0.213	0.424	0.232	7.410	2.060	1.710
1	16-sep	24.00	4.88	12.51	0.185	0.314	1.260	LD	0.289	1.410	1.080	0.800
1	23-sep	5.00	5.04	10.82	0.150	0.299	1.019	LD	0.301	1.140	1.030	0.820
1	24-sep	29.00	5.34	8.23	0.139	LD	0.947	LD	0.307	1.060	LD	0.790

Periodo Estacional	Fecha de muestra	Precipitación pluvial	pH	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	25-sep	11.00	5.05	7.88	0.118	LD	0.804	LD	0.236	0.900	0.130	0.630
1	26-sep	9.00	5.26	26.76	0.845	LD	5.747	0.043	0.416	6.431	LD	1.120
		147.50	5.05	15.80	0.86	0.20	1.29	0.20	0.29	2.44	1.18	0.91
1	1-dic	1.00	4.76	LD	1.275	0.296	8.669	0.171	1.542	9.700	1.020	4.410
1	2-dic	5.00	5.30	23.73	0.467	0.424	3.176	0.105	0.972	3.554	1.460	2.710
1	3-dic	6.00	5.25	22.46	0.405	0.441	2.753	0.100	0.924	3.080	1.520	2.580
1	22-dic	14.00	5.00	32.89	0.677	0.232	4.603	0.151	1.371	5.150	0.800	3.900
1	23-dic	2.00	5.08	30.30	0.682	0.433	4.638	0.108	0.985	5.190	1.490	2.780
		28.00	5.08	27.35	0.70	0.37	4.77	0.13	1.16	5.33	1.26	3.28
2	2-jun	2.00	7.02	132.70	4.453	0.418	30.279	0.220	3.517	33.880	1.440	5.690
2	3-jun	47.00	5.30	11.77	0.242	0.084	1.644	LD	0.221	1.840	0.290	0.550
2	4-jun	5.00	4.67	13.77	0.296	0.276	2.011	0.041	0.372	2.250	0.950	1.050
2	7-jun	27.00	5.28	14.25	1.269	0.286	0.244	0.224	0.214	2.440	1.830	1.020
2	8-jun	23.00	4.98	10.90	0.226	0.636	1.537	LD	0.331	1.720	2.190	0.910
2	10-jun	17.00	5.15	10.98	0.630	0.180	0.200	0.260	0.260	1.250	2.060	0.650
2	11-jun	2.00	4.68	12.00	0.131	0.496	0.894	0.058	0.525	1.000	1.710	1.490
2	12-jun	6.00	4.60	LD	0.401	0.129	LD	0.047	LD	0.950	0.320	1.120
2	13-jun	34.00	5.20	17.29	0.267	0.145	1.814	0.044	0.416	2.030	0.500	1.130
2	21-jun	4.00	3.81	65.50	1.938	0.146	0.194	0.330	0.326	3.930	2.240	7.080
2	22-jun	26.00	4.46	21.60	0.742	0.042	0.113	0.222	0.207	0.840	1.340	2.010
2	23-jun	1.00	4.30	LD	1.378	LD	0.183	0.338	0.067	2.540	1.070	2.980
2	24-jun	1.00	5.60	LD	2.548	0.114	0.267	0.418	0.391	2.160	1.930	5.590
2	26-jun	1.00	5.96	83.40	8.930	0.720	0.800	1.730	1.978	18.620	3.480	7.070
2	27-jun	29.00	5.02	11.36	0.156	0.377	1.064	0.044	0.408	1.190	1.300	1.130
2	28-jun	35.00	5.16	13.90	0.970	0.100	0.550	0.280	0.310	1.850	1.420	0.970
2	29-jun	31.00	5.25	24.50	0.615	0.206	4.183	0.063	0.590	4.680	0.710	1.620
2	30-jun	25.00	4.75	18.53	0.156	0.154	1.064	0.070	0.638	1.190	0.530	1.810
		316.00	5.07	30.83	1.41	0.27	2.77	0.27	0.63	4.69	1.41	2.44

Los análisis de aniones y cationes se realizaron con un equipo HPLC Waters bomba 432,515, con una columna de intercambio catiónico M / D y Hamilton PRPX 100, algunas celdas de la tabla, muestran el límite de detección (LD), lo cual indica una concentración menor a 3 veces la señal de ruido (Tabla A 1.7).

Tabla A 1.7 Límite de detección (ppm).

Na ⁺	0.03 ppm
NH ₄ ⁺	0.04 ppm
K ⁺	0.05 ppm
Mg ₂ ⁺	0.04 ppm
Ca ₂ ⁺	0.06 ppm
Cl ⁻	0.08 ppm
NO ₃ ⁻	0.11 ppm
SO ₄ ⁼	0.11 ppm

PARÁMETROS PONDERADOS POR AÑO, POR PERIODO ESTACIONAL (I Y II).

Tabla A 1.8 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2003.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	2003	2,00	4,998	21,369	0,402	0,040	0,108	0,181	0,685	1,777	0,110	1,657
1	2003	2,50	4,998	21,370	0,399	0,040	0,110	0,180	0,690	1,780	0,110	1,660
1	2003	2,00	4,998	21,370	0,402	0,040	0,110	0,180	0,690	1,780	0,110	1,660
1	2003	1,50	6,480	76,490	16,860	1,320	0,530	0,900	1,500	15,216	3,264	9,301
1	2003	20,50	5,157	11,801	1,125	0,229	0,080	0,320	0,293	1,448	0,545	2,056
1	2003	1,00	5,157	11,800	1,130	0,230	0,080	0,320	0,290	1,450	0,540	2,060
1	2003	11,00	5,077	22,941	1,447	0,889	0,146	0,205	0,378	2,196	1,489	2,531
1	2003	15,50	5,077	22,940	1,450	0,890	0,150	0,210	0,380	2,200	1,490	2,530
1	2003	3,00	5,077	22,940	1,450	0,890	0,150	0,210	0,380	2,200	1,490	2,530
1	2003	8,00	4,825	11,296	0,484	0,099	0,054	0,059	0,087	1,196	0,327	0,595
1	2003	30,00	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	23,50	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	48,00	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	9,00	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	2,00	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	3,50	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	64,00	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	18,50	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	35,00	4,825	11,300	0,480	0,100	0,050	0,060	0,090	1,200	0,330	0,590
1	2003	5,00	4,720	11,810	2,538	0,179	0,202	0,514	0,720	2,657	1,124	2,265
1	2003	7,50	4,720	11,810	2,540	0,180	0,200	0,510	0,720	2,660	1,120	2,270
1	2003	3,00	4,720	11,810	2,540	0,180	0,200	0,510	0,720	2,660	1,120	2,270

Tabla A 1.9 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2003.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	2003	4-jun	6	9,50	5,148	11,746	0,428	0,119	0,157	0,188	0,191	1,617
2	2003	5-jun	6	29,50	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	17-jun	6	23,50	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	19-jun	6	14,00	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	21-jun	6	1,00	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	23-jun	6	19,00	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	26-jun	6	19,00	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	27-jun	6	31,00	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	28-jun	6	15,00	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	29-jun	6	3,50	5,148	11,750	0,430	0,120	0,160	0,190	0,190	1,620
2	2003	7-jul	7	17,00	5,253	14,783	1,217	0,100	0,106	0,238	0,231	2,265
2	2003	8-jul	7	85,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	9-jul	7	13,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	10-jul	7	12,50	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	16-jul	7	4,50	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	17-jul	7	21,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	19-jul	7	16,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	20-jul	7	8,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	26-jul	7	60,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	27-jul	7	41,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	28-jul	7	14,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	29-jul	7	1,00	5,253	14,780	1,220	0,100	0,110	0,240	0,230	2,270
2	2003	1-ago	8	8,00	4,920	12,722	0,411	0,077	0,100	0,180	0,164	1,373
2	2003	4-ago	8	2,00	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	5-ago	8	9,50	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	13-ago	8	5,00	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	14-ago	8	60,00	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	16-ago	8	1,00	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	18-ago	8	14,50	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	19-ago	8	20,00	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	20-ago	8	18,50	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	21-ago	8	0,50	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	23-ago	8	31,50	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	29-ago	8	2,00	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	2003	30-ago	8	0,50	4,920	12,720	0,410	0,080	0,100	0,180	0,160	1,370
2	2003	2-oct	10	3,00	4,943	8,366	0,463	0,134	0,044	0,043	0,043	0,964
2	2003	4-oct	10	3,00	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	5-oct	10	1,00	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	6-oct	10	13,00	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	7-oct	10	9,00	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	8-oct	10	18,00	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	13-oct	10	20,00	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	15-oct	10	6,00	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	18-oct	10	20,00	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	31-oct	10	4,50	4,943	8,370	0,460	0,130	0,040	0,040	0,040	0,960
2	2003	8-nov	11	12,00	5,098	11,200	1,794	0,043	0,052	0,144	0,136	1,551
2	2003	11-nov	11	0,50	5,098	11,200	1,790	0,040	0,050	0,140	0,140	1,550
2	2003	14-nov	11	11,00	5,098	11,200	1,790	0,040	0,050	0,140	0,140	1,550

Tabla A 1.10 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2004.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	2004	1,00	4,739	27,179	1,394	0,433	0,570	0,495	0,684	3,089	1,094	2,283
1	2004	0,50	4,739	27,180	1,390	0,431	0,570	0,495	0,684	3,089	1,094	2,283
1	2004	2,00	4,739	27,180	1,390	0,433	0,570	0,495	0,684	3,089	1,094	2,283
1	2004	2,00	4,739	27,180	1,390	0,433	0,570	0,495	0,684	3,089	1,094	2,283
1	2004	2,00	4,739	27,180	1,390	0,433	0,570	0,495	0,684	3,089	1,094	2,283
1	2004	10,00	4,739	27,180	1,390	0,433	0,570	0,495	0,684	3,089	1,094	2,283
1	2004	1,50	5,633	69,811	8,938	0,344	2,554	2,110	1,302	9,606	1,698	2,728
1	2004	1,00	5,633	69,810	8,938	0,344	2,554	2,110	1,302	9,606	1,698	2,728
1	2004	9,50	5,007	25,025	1,954	0,151	0,145	0,278	0,313	2,811	0,585	1,329
1	2004	2,00	5,007	25,020	1,954	0,151	0,145	0,278	0,313	2,811	0,585	1,329
1	2004	0,50	5,007	25,020	1,954	0,151	0,145	0,278	0,313	2,811	0,585	1,329
1	2004	1,00	5,029	15,298	1,462	0,427	0,170	0,269	0,081	1,825	0,687	1,577
1	2004	1,00	5,029	15,300	1,462	0,427	0,170	0,269	0,081	1,825	0,687	1,577
1	2004	70,00	5,029	15,300	1,462	0,427	0,170	0,269	0,081	1,825	0,687	1,577
1	2004	4,00	5,089	18,652	0,480	0,305	0,110	0,149	0,056	1,292	0,872	2,281
1	2004	85,00	5,089	18,650	0,480	0,305	0,110	0,149	0,056	1,292	0,872	2,281
1	2004	3,00	5,089	18,650	0,480	0,305	0,110	0,149	0,056	1,292	0,872	2,281
1	2004	1,50	5,089	18,650	0,480	0,305	0,110	0,149	0,056	1,292	0,872	2,281
1	2004	39,00	5,089	18,650	0,480	0,305	0,110	0,149	0,056	1,292	0,872	2,281
1	2004	1,50	5,186	5,519	0,501	0,130	0,057	0,064	0,075	1,221	0,402	0,587
1	2004	0,50	5,186	5,520	0,501	0,130	0,057	0,064	0,075	1,221	0,402	0,587
1	2004	28,00	5,186	5,520	0,501	0,130	0,057	0,064	0,075	1,221	0,402	0,587
1	2004	10,00	4,500	31,310	0,700	0,420	0,480	0,470	0,550	3,600	1,250	3,300

Tabla A 1.11 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2004.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	2004	17,50	5,238	14,102	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	54,00	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	35,00	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	21,00	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	29,00	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	17,00	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	4,50	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	3,00	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	27,00	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	27,00	5,238	14,100	0,860	0,088	0,118	0,210	0,099	1,885	0,896	1,159
2	2004	0,50	5,413	8,528	1,162	0,042	0,091	0,132	0,090	0,721	0,720	0,841
2	2004	34,00	5,413	8,530	1,162	0,042	0,091	0,132	0,090	0,721	0,720	0,841
2	2004	2,50	5,413	8,530	1,162	0,042	0,091	0,132	0,090	0,721	0,720	0,841
2	2004	36,00	5,413	8,530	1,162	0,042	0,091	0,132	0,090	0,721	0,720	0,841
2	2004	56,50	5,413	8,530	1,162	0,042	0,091	0,132	0,090	0,721	0,720	0,841
2	2004	1,50	5,413	8,530	1,162	0,042	0,091	0,132	0,090	0,721	0,720	0,841
2	2004	10,00	5,101	19,092	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	8,00	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	21,00	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)
2	2004	1,50	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	5,50	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	5,50	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	9,50	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	17,00	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	6,00	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	13,50	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	1,00	5,101	19,090	1,675	0,156	0,319	0,331	0,409	2,333	0,292	0,925
2	2004	50,00	4,893	13,268	1,193	0,115	0,140	0,099	0,055	1,666	0,468	0,796
2	2004	17,00	4,893	13,270	1,193	0,115	0,140	0,099	0,055	1,666	0,468	0,796
2	2004	21,50	4,893	13,270	1,193	0,115	0,140	0,099	0,055	1,666	0,468	0,796
2	2004	3,00	4,893	13,270	1,193	0,115	0,140	0,099	0,055	1,666	0,468	0,796
2	2004	2,00	4,893	13,270	1,193	0,115	0,140	0,099	0,055	1,666	0,468	0,796
2	2004	9,00	4,893	13,270	1,193	0,115	0,140	0,099	0,055	1,666	0,468	0,796
2	2004	11,00	4,710	25,970	3,020	0,021	0,160	0,320	0,190	5,200	0,530	1,870

Tabla A 1.12 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2005.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)
1	2005	5,50	4,860	26,121	2,594	0,538	0,595	0,659	0,692	3,373	0,276	1,742
1	2005	6,50	4,860	26,121	2,594	0,538	0,595	0,659	0,692	3,373	0,276	1,742
1	2005	5,00	4,897	20,493	1,470	0,645	0,528	0,485	0,588	2,285	0,803	1,360
1	2005	15,00	4,897	20,493	1,470	0,645	0,528	0,485	0,588	2,285	0,803	1,360
1	2005	2,00	4,468	59,474	2,522	0,667	0,463	0,582	0,706	5,302	2,417	5,217
1	2005	1,50	4,468	59,474	2,522	0,667	0,463	0,582	0,706	5,302	2,417	5,217
1	2005	0,50	4,468	59,474	2,522	0,667	0,463	0,582	0,706	5,302	2,417	5,217
1	2005	5,00	4,468	59,474	2,522	0,667	0,463	0,582	0,706	5,302	2,417	5,217
1	2005	6,00	5,573	29,953	2,909	0,822	0,362	0,309	0,764	1,546	0,715	1,300
1	2005	5,00	5,573	29,953	2,909	0,822	0,362	0,309	0,764	1,546	0,715	1,300
1	2005	34,00	5,573	29,953	2,909	0,822	0,362	0,309	0,764	1,546	0,715	1,300
1	2005	4,00	5,573	29,953	2,909	0,822	0,362	0,309	0,764	1,546	0,715	1,300
1	2005	22,00	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	43,00	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	20,00	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	39,00	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	25,50	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	9,50	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	42,00	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	5,00	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	10,00	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941
1	2005	9,50	4,893	11,207	0,756	0,119	0,080	0,084	0,115	1,416	0,476	0,941

Tabla A 1.13 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2005.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)
2	2005	39,00	5,155	8,092	1,011	0,048	0,058	0,053	0,078	1,229	0,248	0,530
2	2005	10,00	5,155	8,092	1,011	0,048	0,058	0,053	0,078	1,229	0,248	0,530
2	2005	2,50	5,155	8,092	1,011	0,048	0,058	0,053	0,078	1,229	0,248	0,530
2	2005	20,00	5,155	8,092	1,011	0,048	0,058	0,053	0,078	1,229	0,248	0,530
2	2005	7,00	5,155	8,092	1,011	0,048	0,058	0,053	0,078	1,229	0,248	0,530
2	2005	6,00	5,155	8,092	1,011	0,048	0,058	0,053	0,078	1,229	0,248	0,530
2	2005	7,00	5,155	8,092	1,011	0,048	0,058	0,053	0,078	1,229	0,248	0,530
2	2005	9,00	5,155	8,092	1,011	0,048	0,058	0,053	0,078	1,229	0,248	0,530
2	2005	5,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	9,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	2,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	117,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	18,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	24,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	14,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	36,50	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	32,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	1,50	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na+ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K+ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl- (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	2005	5,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	20,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	15,00	4,962	9,756	0,874	0,051	0,071	0,078	0,110	1,326	0,364	0,744
2	2005	4,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	16,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	6,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	51,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	68,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	38,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	9,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	78,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	19,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	33,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	111,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	32,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	2,00	5,123	14,180	0,000	0,040	0,104	0,162	0,100	2,530	0,446	0,774
2	2005	54,00	4,830	13,975	0,768	0,174	0,056	0,079	0,109	1,449	0,569	1,169
2	2005	4,00	4,830	13,975	0,768	0,174	0,056	0,079	0,109	1,449	0,569	1,169
2	2005	1,00	4,830	13,975	0,768	0,174	0,056	0,079	0,109	1,449	0,569	1,169
2	2005	48,00	4,830	13,975	0,768	0,174	0,056	0,079	0,109	1,449	0,569	1,169
2	2005	21,00	4,830	13,975	0,768	0,174	0,056	0,079	0,109	1,449	0,569	1,169
2	2005	67,00	4,830	13,975	0,768	0,174	0,056	0,079	0,109	1,449	0,569	1,169
2	2005	3,50	4,830	13,975	0,768	0,174	0,056	0,079	0,109	1,449	0,569	1,169
2	2005	25,00	4,830	13,975	0,768	0,174	0,056	0,079	0,109	1,449	0,569	1,169
2	2005	0,50	4,868	16,217	1,272	0,083	0,058	0,120	0,188	1,873	0,536	1,534
2	2005	1,50	4,868	16,217	1,272	0,083	0,058	0,120	0,188	1,873	0,536	1,534
2	2005	5,00	4,868	16,217	1,272	0,083	0,058	0,120	0,188	1,873	0,536	1,534
2	2005	13,00	4,868	16,217	1,272	0,083	0,058	0,120	0,188	1,873	0,536	1,534
2	2005	1,50	4,868	16,217	1,272	0,083	0,058	0,120	0,188	1,873	0,536	1,534
2	2005	2,50	4,868	16,217	1,272	0,083	0,058	0,120	0,188	1,873	0,536	1,534
2	2005	7,50	4,868	16,217	1,272	0,083	0,058	0,120	0,188	1,873	0,536	1,534
2	2005	2,00	4,868	16,217	1,272	0,083	0,058	0,120	0,188	1,873	0,536	1,534

Tabla A 1.14 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2006.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na+ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K+ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl- (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	2006	9,00	5,378	32,849	2,699	0,903	0,331	0,492	0,608	0,582	0,298	0,245
1	2006	6,00	5,378	32,849	2,699	0,903	0,331	0,492	0,608	0,582	0,298	0,245
1	2006	4,50	5,378	32,849	2,699	0,903	0,331	0,492	0,608	0,582	0,298	0,245
1	2006	1,80	5,378	32,849	2,699	0,903	0,331	0,492	0,608	0,582	0,298	0,245
1	2006	6,50	5,378	32,849	2,699	0,903	0,331	0,492	0,608	0,582	0,298	0,245
1	2006	25,00	5,131	6,959	0,397	0,378	0,204	0,123	0,228	0,231	0,268	0,193
1	2006	8,00	5,131	6,959	0,397	0,378	0,204	0,123	0,228	0,231	0,268	0,193
1	2006	7,00	5,131	6,959	0,397	0,378	0,204	0,123	0,228	0,231	0,268	0,193
1	2006	15,00	5,131	6,959	0,397	0,378	0,204	0,123	0,228	0,231	0,268	0,193
1	2006	7,00	5,131	6,959	0,397	0,378	0,204	0,123	0,228	0,231	0,268	0,193
1	2006	31,00	5,131	6,959	0,397	0,378	0,204	0,123	0,228	0,231	0,268	0,193
1	2006	66,00	5,131	6,959	0,397	0,378	0,204	0,123	0,228	0,231	0,268	0,193
1	2006	6,00	6,079	26,324	0,611	0,206	0,177	0,268	0,437	0,275	0,279	0,223
1	2006	5,50	6,079	26,324	0,611	0,206	0,177	0,268	0,437	0,275	0,279	0,223
1	2006	3,00	6,079	26,324	0,611	0,206	0,177	0,268	0,437	0,275	0,279	0,223

Tabla A 1.15 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2006.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na+ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K+ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl- (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	2006	4,00	4,807	15,726	0,769	0,177	0,244	0,187	0,183	0,249	0,088	0,225
2	2006	2,00	4,807	15,726	0,769	0,177	0,244	0,187	0,183	0,249	0,088	0,225
2	2006	18,00	4,807	15,726	0,769	0,177	0,244	0,187	0,183	0,249	0,088	0,225
2	2006	9,00	4,807	15,726	0,769	0,177	0,244	0,187	0,183	0,249	0,088	0,225
2	2006	45,00	4,807	15,726	0,769	0,177	0,244	0,187	0,183	0,249	0,088	0,225
2	2006	25,00	4,807	15,726	0,769	0,177	0,244	0,187	0,183	0,249	0,088	0,225
2	2006	30,00	4,807	15,726	0,769	0,177	0,244	0,187	0,183	0,249	0,088	0,225
2	2006	33,00	4,807	15,726	0,769	0,177	0,244	0,187	0,183	0,249	0,088	0,225
2	2006	13,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,138	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	9,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,138	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na+ (ppm)	NH4+ (ppm)	K+ (ppm)	Mg2+ (ppm)	Ca2+ (ppm)	Cl- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4= (ppm)
2	2006	48,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,138	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	18,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,138	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	19,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,138	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	10,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,138	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	10,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,138	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	14,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,228	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	72,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,237	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	21,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,247	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	46,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,314	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	48,00	5,162	7,723	0,843	0,130	0,320	0,119	0,168	0,154	0,092	0,066
2	2006	75,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	21,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	65,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	19,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	5,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	9,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	10,50	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	43,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	10,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	23,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	19,00	5,115	8,523	0,725	0,037	0,188	0,279	0,240	0,163	0,081	0,102
2	2006	17,00	4,750	17,930	1,020	0,610	0,130	0,760	0,570	0,467	0,581	0,615
2	2006	1,00	5,255	21,744	1,856	0,119	0,348	0,967	2,104	0,395	0,113	0,601
2	2006	3,00	5,255	21,744	1,856	0,119	0,348	0,967	2,104	0,395	0,113	0,601
2	2006	21,00	5,255	21,744	1,856	0,119	0,348	0,967	2,104	0,395	0,113	0,601
2	2006	6,00	5,255	21,744	1,856	0,119	0,348	0,967	2,104	0,395	0,113	0,601
2	2006	2,00	5,255	21,744	1,856	0,119	0,348	0,967	2,104	0,395	0,113	0,601

Tabla A 1.16 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2007.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na+ (ppm)	NH4+ (ppm)	K+ (ppm)	Mg2+ (ppm)	Ca2+ (ppm)	Cl- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4= (ppm)
1	2007	4,00	6,480	134,000	10,300	2,250	1,170	0,350	6,000	16,912	7,771	7,600
1	2007	10,00	5,916	25,843	3,974	0,203	0,074	0,076	0,500	6,184	0,770	1,255
1	2007	4,00	5,916	25,843	3,974	0,203	0,074	0,076	0,500	6,184	0,770	1,255
1	2007	3,00	5,373	117,371	6,524	13,517	0,023	0,070	0,005	0,021	0,002	0,017
1	2007	2,00	5,373	117,371	6,524	9,218	0,015	0,064	0,002	0,010	0,001	0,008
1	2007	19,00	5,373	117,371	6,524	6,820	0,227	0,080	1,464	3,879	3,707	3,563
1	2007	2,00	5,738	63,829	3,549	1,214	0,229	0,034	1,963	5,669	4,296	4,799
1	2007		5,738	63,829	3,549	1,214	0,229	0,034	1,963	5,669	4,296	4,799
1	2007	13,00	5,275	40,816	2,333	1,211	0,341	1,029	1,097	3,278	5,677	6,278
1	2007	4,50	5,275	40,816	2,333	1,211	0,341	1,029	1,097	3,278	5,677	6,278
1	2007	18,00	5,275	40,816	2,333	1,211	0,341	1,029	1,097	3,278	5,677	6,278
1	2007	50,00	5,275	40,816	2,333	1,211	0,341	1,029	1,097	3,278	5,677	6,278
1	2007	4,00	5,275	40,816	2,333	1,211	0,341	1,029	1,097	3,278	5,677	6,278
1	2007	2,00	5,275	40,816	2,333	1,211	0,341	1,029	1,097	3,278	5,677	6,278
1	2007	35,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	1,50	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	16,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	48,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	19,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	22,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	3,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	26,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	13,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	4,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	39,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	106,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	52,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	2,00	4,572	14,178	0,359	0,084	0,086	0,004	0,310	1,026	0,876	1,049
1	2007	3,00	4,721	20,732	2,306	0,445	0,329	0,244	0,436	3,847	2,697	1,960
1	2007	14,50	4,721	20,732	2,306	0,445	0,329	0,244	0,436	3,847	2,697	1,960
1	2007	77,00	4,721	20,732	2,306	0,445	0,329	0,244	0,436	3,847	2,697	1,960
1	2007	2,00	4,721	20,732	2,306	0,445	0,329	0,244	0,436	3,847	2,697	1,960
1	2007	39,00	4,721	20,732	2,306	0,445	0,329	0,244	0,436	3,847	2,697	1,960

Tabla A 1.17 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2007.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
2	2007	5,00	5,626	121,638	15,973	0,768	1,577	0,281	1,473	27,117	2,934	3,344
2	2007	5,50	5,626	121,638	15,973	0,768	1,577	0,281	1,473	27,117	2,934	3,344
2	2007		5,626	121,638	15,973	0,768	1,577	0,281	1,473	27,117	2,934	3,344
2	2007	23,00	4,667	38,257	2,705	0,264	0,541	0,179	0,907	6,086	0,495	2,177
2	2007	1,50	4,667	38,257	2,705	0,264	0,541	0,179	0,907	6,086	0,495	2,177
2	2007	20,00	4,667	38,257	2,705	0,264	0,541	0,179	0,907	6,086	0,495	2,177
2	2007	17,00	4,667	38,257	2,705	0,264	0,541	0,179	0,907	6,086	0,495	2,177
2	2007	1,00	4,667	38,257	2,705	0,264	0,541	0,179	0,907	6,086	0,495	2,177
2	2007	10,00	4,667	38,257	2,705	0,264	0,541	0,179	0,907	6,086	0,495	2,177
2	2007	5,00	4,667	38,257	2,705	0,264	0,541	0,179	0,907	6,086	0,495	2,177
2	2007	13,00	4,667	38,257	2,705	0,264	0,541	0,179	0,907	6,086	0,495	2,177
2	2007	23,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	83,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	2,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	21,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	74,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	6,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	1,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	70,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	25,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	11,00	5,101	49,354	5,119	0,206	0,892	0,157	0,698	9,898	0,243	1,901
2	2007	9,00	4,737	14,318	0,855	0,085	0,161	0,074	0,304	1,441	0,302	0,899
2	2007	47,00	4,737	14,318	0,855	0,085	0,161	0,074	0,304	1,441	0,302	0,899
2	2007	1,00	4,737	14,318	0,855	0,085	0,161	0,074	0,304	1,441	0,302	0,899
2	2007	27,00	4,737	14,318	0,855	0,085	0,161	0,074	0,304	1,441	0,302	0,899
2	2007	23,00	4,737	14,318	0,855	0,085	0,161	0,074	0,304	1,441	0,302	0,899
2	2007	8,00	4,737	14,318	0,855	0,085	0,161	0,074	0,304	1,441	0,302	0,899
2	2007	1,50	4,737	14,318	0,855	0,085	0,161	0,074	0,304	1,441	0,302	0,899
2	2007	5,00	5,139	31,282	1,339	0,075	0,130	0,148	1,387	2,179	0,624	3,677
2	2007	27,00	5,139	31,282	1,339	0,075	0,130	0,148	1,387	2,179	0,624	3,677
2	2007	8,00	5,139	31,282	1,339	0,075	0,130	0,148	1,387	2,179	0,624	3,677
2	2007	18,00	5,139	31,282	1,339	0,075	0,130	0,148	1,387	2,179	0,624	3,677

Tabla A 1.18 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas) 2008.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
1	2008	3,00	6,900	198,000	20,125	0,500	2,425	5,238	5,350	37,100	6,980	11,770
1	2008	5,00	6,835	222,508	0,000	0,968	0,000	0,357	0,000	2,476	0,000	5,333
1	2008	8,00	6,835	222,508	0,000	0,968	0,000	0,357	0,000	2,476	0,000	5,333
1	2008	1,00	5,747	85,500	9,204	0,652	1,090	2,361	1,207	16,072	3,987	5,004
1	2008	3,00	5,747	85,500	9,204	0,652	1,090	2,361	1,207	16,072	3,987	5,004
1	2008	7,00	5,747	85,500	9,204	0,652	1,090	2,361	1,207	16,072	3,987	5,004
1	2008	2,00	5,747	85,500	9,204	0,652	1,090	2,361	1,207	16,072	3,987	5,004
1	2008	6,00	5,747	85,500	9,204	0,652	1,090	2,361	1,207	16,072	3,987	5,004
1	2008	1,50	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	3,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	40,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	19,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	6,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	24,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	5,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	29,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	11,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	9,00	5,088	11,053	0,471	0,124	0,901	0,112	0,275	1,620	1,095	0,741
1	2008	1,00	5,080	27,660	3,211	0,328	4,099	0,129	1,182	4,587	1,129	3,343
1	2008	5,00	5,080	27,660	3,211	0,328	4,099	0,129	1,182	4,587	1,129	3,343
1	2008	6,00	5,080	27,660	3,211	0,328	4,099	0,129	1,182	4,587	1,129	3,343
1	2008	14,00	5,080	27,660	3,211	0,328	4,099	0,129	1,182	4,587	1,129	3,343
1	2008	2,00	5,080	27,660	3,211	0,328	4,099	0,129	1,182	4,587	1,129	3,343

Tabla A 1.19 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2008.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)
2	2008	2,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	47,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	5,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	27,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	23,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	17,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	2,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	6,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	34,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	4,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	26,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	1,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	1,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	1,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	29,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	35,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	31,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	25,00	4,953	16,668	0,586	0,207	1,482	0,127	0,376	2,227	1,112	1,293
2	2008	36,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	4,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	18,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	27,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	21,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	12,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	2,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	5,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	41,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	6,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	23,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	2,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	3,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	36,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	18,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	1,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	3,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	3,00	4,930	15,399	0,522	0,323	1,214	0,159	0,529	2,020	1,068	1,843
2	2008	12,50	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	8,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	45,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	34,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	3,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	4,50	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	48,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	12,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	7,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	4,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101

Tabla A 1.20 Datos estadísticos ponderados de la lluvia ácida para el periodo estacional II (lluvia abundante) 2008.

Periodo Estacional	Año	Precipitación pluvial	pH ponderado	Conductividad eléctrica	Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)
2	2008	42,00	4,889	13,729	0,304	0,250	1,102	0,067	0,380	1,436	0,914	1,101
2	2008	191,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	6,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	1,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	23,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	10,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	4,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	5,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	7,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	2,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	4,00	4,599	17,705	0,126	0,083	0,859	0,067	0,606	0,961	0,286	1,717
2	2008	17,00	4,896	14,710	0,389	0,139	2,648	0,064	0,545	2,963	0,478	1,531
2	2008	3,50	4,896	14,710	0,389	0,139	2,648	0,064	0,545	2,963	0,478	1,531
2	2008	5,00	4,896	14,710	0,389	0,139	2,648	0,064	0,545	2,963	0,478	1,531

DATOS DE LA LAGUNA "LA MANCHA".

Tabla A 1.21 Datos estadísticos de la laguna "La Mancha", para las estaciones 1 y 3 (2000-2001).

No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm	No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm
1	Chapopote	2,60	4750	7,75	1,78E-08	6,62	34	3	Puerto Viejo	1,40	2662000	7,72	1,91E-08	6,54	32
1	Chapopote	2,60	4930	7,89	1,29E-08	6,44	28	3	Puerto Viejo	1,60	3074000	7,77	1,70E-08	6,23	31
1	Chapopote	2,60	4850	7,80	1,58E-08	6,32	34	3	Puerto Viejo	1,50	2875000	7,76	1,74E-08	6,39	33
1	Chapopote	27,70	43200	8,34	4,57E-09	6,87	15	3	Puerto Viejo	27,10	42400	8,26	5,50E-09	6,53	30
1	Chapopote	27,70	43260	8,21	6,17E-09	6,01	15	3	Puerto Viejo	21,50	34010	8,25	5,62E-09	2,59	30
1	Chapopote	27,80	43410	8,34	4,57E-09	6,68	15	3	Puerto Viejo	27,20	46750	8,25	5,62E-09	5,51	20
1	Chapopote	27,80	43300	8,39	4,07E-09	5,43	15	3	Puerto Viejo	25,40	39590	8,21	6,17E-09	4,31	20
1	Chapopote	27,80	43430	8,50	3,16E-09	6,30	15	3	Puerto Viejo	27,00	42380	8,27	5,37E-09	5,64	21
1	Chapopote	27,10	42420	8,31	4,90E-09	1,43	15	3	Puerto Viejo	26,70	41840	8,25	5,62E-09	4,51	21
1	Chapopote	11,60	19500	8,59	2,57E-09	5,61	25	3	Puerto Viejo	12,80	21350	8,17	6,76E-09	4,82	45
1	Chapopote	11,60	19530	8,49	3,24E-09	5,64	25	3	Puerto Viejo	12,80	21370	8,09	8,13E-09	1,11	45
1	Chapopote	11,10	18140	8,35	4,47E-09	5,15	28	3	Puerto Viejo	12,80	21360	8,12	7,59E-09	4,77	40
1	Chapopote	11,60	19540	8,22	6,03E-09	5,44	28	3	Puerto Viejo	12,80	21360	8,06	8,71E-09	2,05	40
1	Chapopote	11,90	19970	8,35	4,47E-09	3,59	31	3	Puerto Viejo	12,90	21490	8,36	4,37E-09	4,88	40
1	Chapopote	11,80	19850	8,10	7,94E-09	4,13	31	3	Puerto Viejo	11,00	19050	7,93	1,17E-08	1,13	40
1	Chapopote	32,70	50200	8,19	6,46E-09	7,63	11	3	Puerto Viejo	32,10	51600	8,16	6,92E-09	7,85	20
1	Chapopote	30,40	47000	8,24	5,75E-09	5,44	11	3	Puerto Viejo	33,80	51700	8,09	8,13E-09	2,01	20
1	Chapopote	32,50	55300	8,43	3,72E-09	7,30	15	3	Puerto Viejo	38,50	58000	8,29	5,13E-09	7,60	17
1	Chapopote	31,20	48000	8,30	5,01E-09	2,44	15	3	Puerto Viejo	36,90	55700	8,13	7,41E-09	1,03	17
1	Chapopote	32,60	50000	8,46	3,47E-09	6,30	15	3	Puerto Viejo	30,20	47300	8,23	5,89E-09	7,51	27
1	Chapopote	29,30	44250	8,01	9,77E-09	1,57	15	3	Puerto Viejo	31,70	48800	8,15	7,08E-09	2,18	27

Tabla A 1.22 Datos estadísticos de la laguna "La Mancha", para las estaciones 2 y 4 (2000-2001).

No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm	No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm
2	El tubo	2,90	5460	7,98	1,05E-08	6,30	17	4	Higuienta	1,10	2242000	7,77	1,70E-08	6,89	24
2	El tubo	2,70	5080	7,79	1,62E-08	5,88	23	4	Higuienta	1,30	2511000	7,78	1,66E-08	6,76	40
2	El tubo	2,70	5060	7,81	1,55E-08	5,55	25	4	Higuienta	1,20	2400000	8,35	4,47E-09	6,68	15
2	El tubo	28,80	44810	8,44	3,63E-09	6,68	15	4	Higuienta	28,40	44140	8,22	6,03E-09	6,42	20
2	El tubo	28,30	44090	8,47	3,39E-09	6,15	15	4	Higuienta	28,30	44090	8,20	6,31E-09	5,58	20
2	El tubo	28,70	44830	8,43	3,72E-09	6,47	13	4	Higuienta	28,40	44160	8,18	6,61E-09	5,57	27
2	El tubo	27,60	44520	8,44	3,63E-09	5,80	13	4	Higuienta	28,40	44180	8,16	6,92E-09	5,22	27
2	El tubo	28,80	44790	8,35	4,47E-09	6,71	15	4	Higuienta	28,60	44000	8,22	6,03E-09	5,65	28
2	El tubo	27,60	42880	8,38	4,17E-09	4,39	15	4	Higuienta	28,80	44600	8,20	6,31E-09	5,47	28
2	El tubo	12,50	20890	8,54	2,88E-09	7,36	83	4	Higuienta	12,70	21220	8,06	8,71E-09	6,18	50
2	El tubo	13,20	21910	8,48	3,31E-09	5,58	83	4	Higuienta	12,70	21240	8,06	8,71E-09	4,95	50
2	El tubo	12,40	20680	8,67	2,14E-09		70	4	Higuienta	12,80	21350	8,37	4,27E-09	5,35	50
2	El tubo	13,10	21710	8,58	2,63E-09	5,25	70	4	Higuienta	12,80	21350	8,29	5,13E-09	4,99	50
2	El tubo	12,60	21010	8,62	2,40E-09	6,57	81	4	Higuienta	12,80	21380	8,27	5,37E-09	5,12	45
2	El tubo	13,00	19740	8,56	2,75E-09	5,87	81	4	Higuienta	12,70	21150	8,23	5,89E-09	4,46	45
2	El tubo	57,80	82600	8,86	1,38E-09	8,97	11	4	Higuienta	39,00	32350	7,66	2,19E-08	7,53	10
2	El tubo	29,10	45600	8,01	9,77E-09	6,92	11	4	Higuienta	38,80	58400	7,93	1,17E-08	6,48	10
2	El tubo	59,50	85000	9,31	4,90E-10	11,04	16	4	Higuienta	38,30	57900	7,89	1,29E-08	6,32	19
2	El tubo	28,90	81100	9,28	5,25E-10	3,74	16	4	Higuienta	38,10	57500	7,61	2,45E-08	6,54	19
2	El tubo	58,50	78500	8,43	3,72E-09	10,39	13	4	Higuienta	31,70	48900	7,70	2,00E-08	6,53	18
2	El tubo	56,50	82300	9,18	6,61E-10	9,48	13	4	Higuienta	36,30	55100	7,95	1,12E-08	6,47	18

Tabla A 1.23 Datos estadísticos de la laguna "La Mancha", para las estaciones 5, 6 y 7 (2000-2001).

No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm	No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm
5	El Crucero	1,70	3309000	7,57	2,69E-08	5,68	22	7	Pajarera	0,60	1172000	9,64	2,29E-10	4,70	51
5	El Crucero	1,80	3450000	7,68	2,09E-08	5,53	20	7	Pajarera	0,50	1021000	8,96	1,10E-09	4,45	53
5	El Crucero	1,70	3213000	7,63	2,34E-08	5,26	25	7	Pajarera	0,40	872000	7,34	0,00E+00	4,62	44
5	El Crucero	23,40	37070	8,35	4,47E-09	6,75	25	7	Pajarera	23,30	36980	8,16	6,92E-09	6,30	48
5	El Crucero	23,40	37100	8,36	4,37E-09	6,31	25	7	Pajarera	22,70	36030	8,15	7,08E-09	5,31	48
5	El Crucero	19,10	33970	8,25	5,62E-09	5,57	15	7	Pajarera	22,80	35060	8,15	7,08E-09	5,79	28
5	El Crucero	22,70	36070	8,13	7,41E-79	4,82	15	7	Pajarera	23,40	36880	8,05	8,91E-09	3,76	28
5	El Crucero	23,20	36800	8,31	4,90E-09	5,95	19	7	Pajarera	23,20	36910	8,05	8,91E-09	5,05	23
5	El Crucero	22,90	36460	8,23	5,89E-09	5,15	19	7	Pajarera	20,70	33270	8,03	9,33E-09	1,39	23
5	El Crucero	9,80	16700	8,63	2,34E-09	6,94	100	7	Pajarera	10,50	17760	8,44	3,63E-09	6,70	113
5	El Crucero	13,20	21850	8,51	3,09E-09	1,90	100	7	Pajarera	11,80	19700	8,46	3,47E-09	6,50	113
5	El Crucero	9,80	16700	8,63	2,34E-09	6,34	81	7	Pajarera	10,70	18100	8,48	3,31E-09	6,28	80
5	El Crucero	10,00	16930	8,55	2,82E-09	3,43	81	7	Pajarera	11,20	18890	8,40	3,98E-09	4,46	80
5	El Crucero	9,80	16700	8,63	2,34E-09	6,66	84	7	Pajarera	11,00	18510	8,46	3,47E-09	6,17	89
5	El Crucero	11,10	18640	8,55	2,82E-09	4,36	84	7	Pajarera	11,10	18730	8,38	4,17E-09	5,19	89
5	El Crucero	42,40	20100	7,89	1,29E-08	6,28	20	7	Pajarera	15,90	26910	7,85	1,41E-08	4,41	16
5	El Crucero	31,30	48100	7,21	6,17E-08	2,65	20	7	Pajarera	17,40	28850	7,82	1,51E-08	4,30	16
5	El Crucero	12,90	21200	7,97	1,07E-08	6,25	20	7	Pajarera	18,40	29240	7,91	1,23E-08	6,36	23
5	El Crucero	24,60	38680	7,67	2,14E-08	1,02	20	7	Pajarera	18,80	30600	7,92	1,20E-08	5,36	23
5	El Crucero	15,50	26850	7,96	1,10E-08	6,21	23	7	Pajarera	11,10	19040	7,82	1,51E-08	5,17	48
5	El Crucero	17,70	28820	7,95	1,12E-08	5,11	23	7	Pajarera	13,90	24590	7,72	1,91E-08	1,24	48

Tabla A 1.24 Datos estadísticos de la laguna "La Mancha", para las estaciones 6 y 8 (2000-2001).

No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm	No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm
6	Postes	0,60	1129000	9,31	4,90E-10	5,62	34	8	Caño Izote	1,50	2935000	8,75	1,78E-09	5,05	59
6	Postes	0,60	1127000	8,61	2,45E-09	5,59	32	8	Caño Izote	1,10	2396000	8,44	3,63E-09	4,60	61
6	Postes	0,60	1240000	8,74	1,82E-09	5,25	28	8	Caño Izote	1,00	1879000	8,10	7,94E-09	4,09	61
6	Postes	22,80	36280	8,20	6,31E-09	5,17	35	8	Caño Izote	28,40	44160	8,12	7,59E-09	3,68	31
6	Postes	22,20	35360	8,06	8,71E-09	1,83	35	8	Caño Izote	28,30	44100	8,05	8,91E-09	2,42	31
6	Postes	22,80	36280	8,19	6,46E-09	4,85	20	8	Caño Izote	28,40	44330	8,08	8,32E-09	3,33	35
6	Postes	21,30	35350	8,10	7,94E-09	1,34	20	8	Caño Izote	28,40	44290	8,05	8,91E-09	2,38	35
6	Postes	22,80	36230	8,11	7,76E-09	4,81	22	8	Caño Izote	28,40	44260	8,05	8,91E-09	2,94	40
6	Postes	22,50	35860	8,07	8,51E-09	3,12	22	8	Caño Izote	28,20	44040	8,00	1,00E-08	1,96	40
6	Postes	9,60	16410	8,56	2,75E-09	7,17	101	8	Caño Izote	11,40	18190	8,48	3,31E-09	5,80	100
6	Postes	12,30	20260	8,42	3,80E-09	4,30	101	8	Caño Izote	13,10	20820	8,45	3,55E-09	3,37	100
6	Postes	9,60	16230	8,56	2,75E-09	6,61	95	8	Caño Izote	12,20	20550	8,45	3,55E-09	5,76	90
6	Postes	9,70	16480	8,34	4,57E-09	3,63	95	8	Caño Izote	13,00	21580	8,44	3,63E-09	3,04	90
6	Postes	9,50	16090	8,56	2,75E-09	6,50	91	8	Caño Izote	12,50	20850	8,31	4,90E-09	4,42	111
6	Postes	9,80	16570	8,34	4,57E-09	2,57	91	8	Caño Izote	12,30	20550	8,43	3,72E-09	3,43	111
6	Postes	17,60	28440	8,21	6,17E-09	8,49	23	8	Caño Izote	25,20	38870	7,54	2,88E-08	4,06	23
6	Postes	17,70	28820	7,43	3,72E-08	5,36	23	8	Caño Izote	24,70	38940	7,48	3,31E-08	2,51	23
6	Postes	16,40	26900	7,71	1,95E-08	8,96	22	8	Caño Izote	19,00	21500	7,33	4,68E-08	3,48	28
6	Postes	15,50	25450	8,15	7,08E-09	1,91	22	8	Caño Izote	25,30	22170	7,61	2,45E-08	0,98	28
6	Postes	15,60	25790	7,75	1,78E-08	6,26	24	8	Caño Izote	13,40	22470	7,77	1,70E-08	4,30	25
6	Postes	15,10	24730	7,36	4,37E-08	3,60	24	8	Caño Izote	13,60	22790	7,75	1,78E-08	1,51	25

Tabla A 1.25 Datos estadísticos de la laguna "La Mancha", para las estaciones 9 y 10 (2000-2001).

No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm	No. Estación	Estación	Salinidad ‰	Conductividad eléctrica (µS/L)	pH	iones de H ⁺	O. D. (mg/L)	Profundidad cm
9	Plaza Sábalo	0,20	343500	6,87	1,35E-07	5,58	67	10	Caño Grande	0,40	900000	7,11	7,76E-08	4,23	85
9	Plaza Sábalo	0,10	215000	10,12	7,59E-11	6,05	126	10	Caño Grande	0,50	994000	8,99	1,02E-09	3,98	65
9	Plaza Sábalo	0,20	482000	9,14	7,24E-10	5,06	93	10	Caño Grande	0,40	744000	9,72	1,91E-10	4,01	125
9	Plaza Sábalo	26,70	42000	7,80	1,58E-08	5,16	55	10	Caño Grande	27,80	43270	7,74	1,82E-08	3,32	48
9	Plaza Sábalo	25,80	40640	7,90	1,26E-08	2,02	55	10	Caño Grande	28,00	43710	7,63	2,34E-08	1,75	48
9	Plaza Sábalo	26,60	41460	7,85	1,41E-08	1,88	66	10	Caño Grande	28,10	43870	7,81	1,55E-08	1,61	63
9	Plaza Sábalo	25,50	40200	7,94	1,15E-08	1,45	66	10	Caño Grande	27,70	42600	8,06	8,71E-09	1,71	63
9	Plaza Sábalo	25,40	38060	7,88	1,32E-08	1,64	76	10	Caño Grande	26,40	41510	7,06	8,71E-08	2,31	25
9	Plaza Sábalo	25,50	40330	7,75	1,78E-08	1,32	76	10	Caño Grande	25,70	40570	8,02	9,55E-09	1,25	55
9	Plaza Sábalo	11,60	18640	8,20	6,31E-09	6,83	118	10	Caño Grande	10,90	18370	8,34	4,57E-09	6,85	116
9	Plaza Sábalo	12,30	19520	8,09	8,13E-09	2,13	118	10	Caño Grande	13,00	21540	8,30	5,01E-09	3,18	116
9	Plaza Sábalo	10,70	18080	8,13	7,41E-09	5,25	126	10	Caño Grande	11,60	19490	8,39	4,07E-09	5,53	125
9	Plaza Sábalo	11,60	19440	8,12	7,59E-09	1,83	126	10	Caño Grande	12,40	20680	8,29	5,13E-09	2,52	125
9	Plaza Sábalo	11,20	18870	8,01	9,77E-09	6,02	99	10	Caño Grande	10,10	17600	8,31	4,90E-09	5,32	111
9	Plaza Sábalo	11,60	19510	8,12	7,59E-09	1,73	99	10	Caño Grande	12,90	21430	8,29	5,13E-09	3,91	111
9	Plaza Sábalo	8,60	21780	7,45	3,55E-08	2,72	34	10	Caño Grande	20,40	31850	7,50	3,16E-08	3,17	30
9	Plaza Sábalo	14,10	23540	7,29	5,13E-08	2,52	34	10	Caño Grande	30,80	47900	7,30	5,01E-08	1,41	30
9	Plaza Sábalo	21,70	36930	6,72	1,91E-07	2,33	31	10	Caño Grande	23,50	34140	7,36	4,37E-08	2,92	36
9	Plaza Sábalo	27,50	43090	6,58	2,63E-07	1,01	31	10	Caño Grande	32,00	49800	7,30	5,01E-08	1,57	36
9	Plaza Sábalo	29,00	40540	5,83	1,48E-06	2,76	10	10	Caño Grande	29,50	47500	7,45	3,55E-08	3,57	42
9	Plaza Sábalo	32,70	50300	6,40	3,98E-07	0,98	12	10	Caño Grande	33,90	52900	7,36	4,37E-08	1,79	42

Tabla A 1.26 Datos estadísticos de la Laguna "La Mancha", del año 2011.

Estación	Fecha de muestreo	Profundidad (m)	pH	H ⁺	OH ⁻	Conductividad eléctrica (µS/cm)	CATIONES					ANIONES			
							Na ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (µeq/L)
10.- Caño grande	27-feb-11	0.3 m	7,98	1,05E-08	-2,20E+02	1,43E+04	3,18E+03	LD	3,13E+05	3,18E+02	1,50E+02	4,96E+03	LD	6,55E+02	2,03E+03
			7,98	1,05E-08	-2,20E+02	1,43E+04	3,16E+03	LD	3,13E+05	3,10E+02	1,50E+02	4,96E+03	LD	6,60E+02	2,06E+03
			7,95	1,14E-08	-2,19E+02	1,43E+04	3,13E+03	LD	3,13E+05	3,13E+02	1,50E+02	4,96E+03	LD	5,90E+02	2,06E+03
9.- Plaza de Sábalo	27-feb-11	0.3 m	8,02	9,55E-09	-2,20E+02	1,44E+04	3,06E+03	LD	3,13E+05	2,58E+02	9,25E+01	4,74E+03	LD	6,48E+02	1,97E+03
			8,07	8,51E-09	-2,21E+02	1,44E+04	3,06E+03	LD	3,13E+05	2,73E+02	9,00E+01	4,87E+03	LD	6,58E+02	1,97E+03
			8,03	9,33E-09	-2,20E+02	1,44E+04	3,17E+03	LD	3,13E+05	2,68E+02	8,75E+01	4,41E+03	LD	5,63E+02	1,97E+03
6.- Postes	27-feb-11	0.3 m	8,09	8,13E-09	-2,21E+02	1,44E+04	3,06E+03	LD	3,13E+05	2,63E+02	5,25E+01	4,79E+03	LD	6,30E+02	1,89E+03
			8,09	8,13E-09	-2,21E+02	1,44E+04	3,10E+03	LD	3,13E+05	2,48E+02	5,50E+01	4,80E+03	LD	6,00E+02	1,90E+03
			8,09	8,15E-09	-2,21E+02	1,44E+04	3,10E+03	LD	3,13E+05	2,88E+02	5,00E+01	4,80E+03	LD	5,73E+02	1,92E+03
5.- El cruceo	27-feb-11	0.3 m	8,18	6,64E-09	-2,22E+02	1,65E+04	3,68E+03	LD	3,13E+05	3,38E+02	1,15E+02	5,86E+03	LD	7,30E+02	2,08E+03
			8,20	6,32E-09	-2,22E+02	1,65E+04	3,68E+03	LD	3,13E+05	3,43E+02	1,10E+02	5,87E+03	LD	6,45E+02	2,08E+03
			8,18	6,67E-09	-2,22E+02	1,65E+04	3,79E+03	LD	3,13E+05	3,33E+02	1,05E+02	5,87E+03	LD	7,28E+02	2,09E+03
2.- El tubo	27-feb-11	0.3m	8,20	6,28E-09	-2,22E+02	1,75E+04	4,19E+03	LD	1,95E+05	3,25E+02	6,25E+01	6,19E+03	LD	7,60E+02	1,98E+03
			8,20	6,32E-09	-2,22E+02	1,75E+04	4,25E+03	LD	1,22E+05	3,28E+02	6,50E+01	6,18E+03	LD	7,23E+02	1,94E+03
			8,20	6,31E-09	-2,22E+02	1,75E+04	4,19E+03	LD	3,13E+05	3,33E+02	6,75E+01	6,19E+03	LD	7,70E+02	1,99E+03

ANEXO 2

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DEL pH DE LA LLUVIA, PARA LOS DOS PERIODOS ESTACIONALES (I Y II).

En la Tabla A 2.1 se muestran diferentes datos de los parámetros que permiten analizar, con más detalle el comportamiento de los valores de los pH en la lluvia ácida, en cada periodo estacional, dichos parámetros son: la media, la varianza, la desviación estándar, el sesgo, entre otros, además permiten hacer un comparativo entre los dos periodos estacionales.

Tabla A 2.1 Descripción de los parámetros estadísticos del pH para los periodos estacionales I y II.

pH			
Parámetros estadísticos		Periodo estacional I	Periodo estacional II
Media		5.11	5.00
95% intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4.98	4.98
	Límite superior	5.03	5.03
5% Media recortada		5.06	5.01
Mediana		5.08	4.96
Varianza		0.23	0.03
Desviación estándar		0.48	0.18
Mínimo		4.47	4.60
Máximo		6.90	5.63
Rango		2.43	1.03
Rango intercuartílico		0.45	0.26
Sesgo		1.52	0.04
Kurtosis		2.92	0.20

DIAGRAMAS DE TALLO Y HOJA PARA LOS PERIODOS ESTACIONALES I Y II.

En la Tabla A 2.2 se muestran diagramas con doble tallo. Los valores del pH tienen dos dígitos principales, por esta razón presentan un doble tallo los diagramas.

Tabla A 2.2 Diagrama de tallo y hoja del pH para el periodo estacional I (lluvia escasa ó secas).

pH	
Frecuencia	Tallo y Hoja
4	44. 7777
15	45. 0777777777777777
13	47. 222222444444
20	48. 222222226699999999
2	49. 00
31	50. 0001113338888888999999999999
11	51. 3333336699
6	52. 777777
8	53. 77788888
4	55. 7777
2	56. 33
6	57. 455555
2	59. 22
7	Extremos (≥ 6.08)
Grosor del tallo: 10.0	
Grosor de la hoja: 1 case(s)	

Tabla A 2.3 Diagrama de tallo y hoja del pH para el periodo estacional II (lluvia abundante).

pH	
Frecuencia	Tallo y Hoja
9	46. 000000000
8	46. 77777777
8	47. 14444444
1	47. 5
16	48. 1111111133333333
24	48. 7777777999999999999999
42	49. 002222222222223333333333333333334444444444
27	49. 55555555555555666666666666
52	51. 000000000000000000000000222222222222222222222224444
30	51. 55555555566666666666666666666666
10	52. 4444444444
17	52. 5555555555555555
6	54. 111111
2	Extremos (≥ 5.63)
Grosor del tallo: 10.0	
Grosor de la hoja : 1 case(s)	

HISTOGRAMAS PARA LOS PERIODOS ESTACIONALES I Y II (2003-2008).

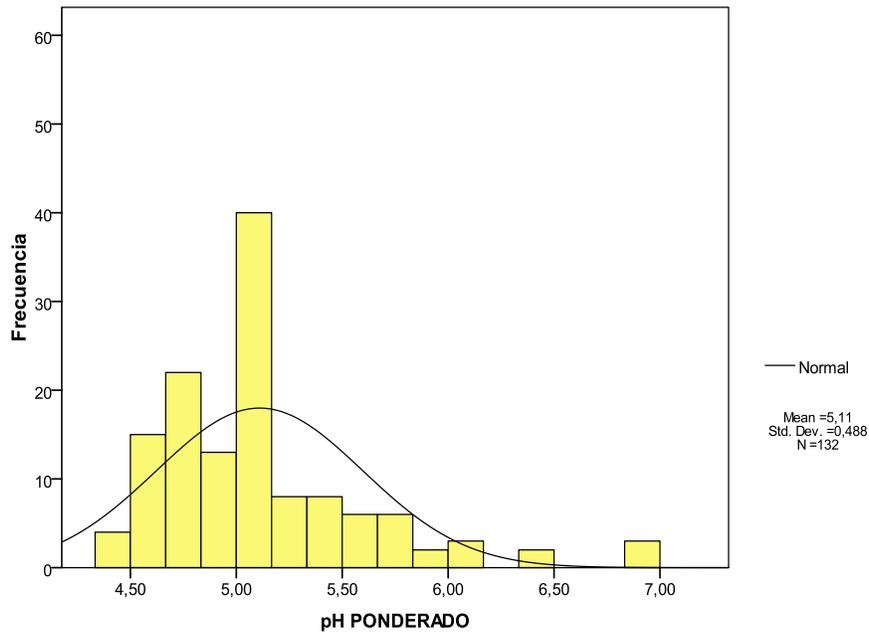


Figura A 2.1 Histograma para el periodo estacional I (lluvias escasas ó secas).

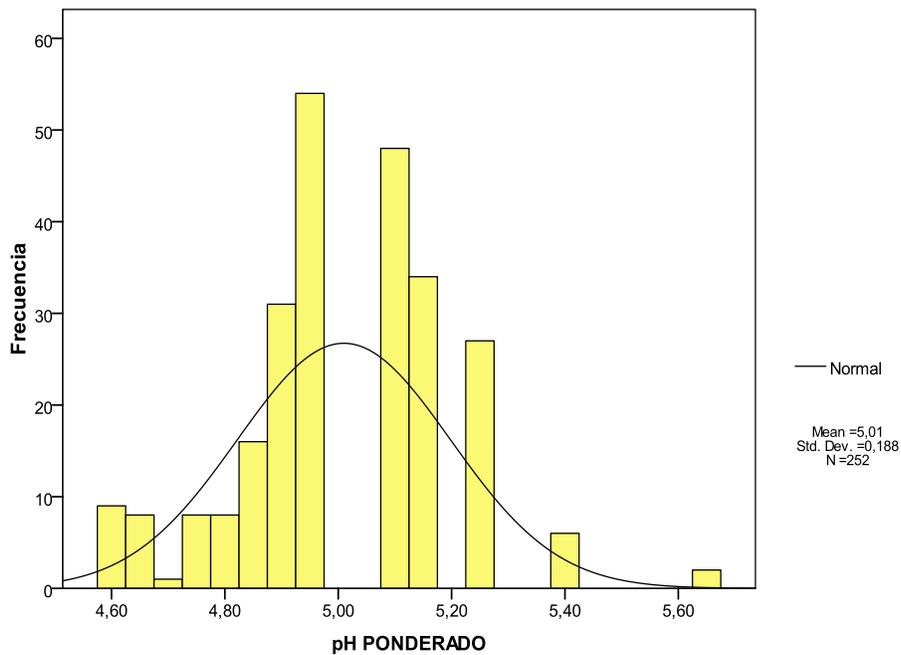


Figura A 2.2 Histograma para el periodo estacional II (lluvia abundante).

Tabla A 2.4 Estadístico anual del pH ponderado del año 2003 al 2008.

		pH					
		2003	2004	2005	2006	2007	2008
Media		4.94	5.05	4.88	5.16	4.82	4.86
95% Confianza de intervalo para la media	Límite inferior	4.99	4.84	5.08	4.75	4.82	4,82
	Límite superior	5.10	4.92	5.24	4.89	4.89	4,89
5% mediana trunca		4.95	5.05	4.89	5.13	4.81	4.86
Mediana		4.93	5.10	4.89	5.13	4.72	4.93
Varianza		0.01	0.03	0.02	0.07	0.06	0.01
Desviación estándar		0.11	0.19	0.14	0.28	0.24	0.13
Mínimo		4.72	4.50	4.47	4.75	4.57	4.60
Máximo		5.15	5.41	5.12	6.08	5.28	4.95
Rango		0.43	0.91	0.66	1.33	0.70	0.35
Rango intercuartilico		0.21	0.33	0.10	0.12	0.53	0.04
Sesgo		0.19	-0.57	-1.43	1.72	0.59	-1.49
Kurtosis		-0.55	0.19	3.52	4.83	-1.30	0.43

PRUEBA DE WILCOXON.

La prueba es de tipo no paramétrica para datos que no presentan una distribución normal, sirve para comparar dos muestras dependientes, y consiste en sumar los rangos de signo frecuente.

- ✓ Para todo valor de probabilidad igual o menor que 0.05, se rechaza H_0 .
- ✓ Para todo valor de probabilidad mayor que 0.05, se acepta H_0 .

Planteamiento de la hipótesis.

- Hipótesis alterna (H_a): existe diferencia significativa en el pH entre cada año.
- Hipótesis nula (H_0): no existe diferencia significativa en el pH entre los años.

Tabla A 2.5 Prueba con los signos de Wilcoxon.

Rangos		N	Rango promedio	Suma de rangos
pH_2004 - pH_2003	Rangos negativos	8 ^a	13.50	108.00
	Rangos positivo	49 ^b	31.53	1545.00
	Empates	0 ^c		
	Total	57		
pH_2005 - pH_2004	Rangos negativos	53 ^d	30.47	1615.00
	Rangos positivo	4 ^e	9.50	38.00
	Empates	0 ^f		
	Total	57		
pH_2006 - pH_2005	Rangos negativos	5 ^g	3.00	15.00
	Rangos positivo	47 ^h	29.00	1363.00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	52		
pH_2007 - pH_2006	Rangos negativos	52 ⁱ	26.50	1378.00
	Rangos positivo	0 ^k	.00	.00
	Empates	0 ^l		
	Total	52		
pH_2008 - pH_2007	Rangos negativos	31 ^m	39.42	1222.00
	Rangos positivo	34 ⁿ	27.15	923.00
	Empates	0 ^o		
	Total	65		

a. pH_2004 < pH_2003
b. pH_2004 > pH_2003
c. pH_2004 = pH_2003
d. pH_2005 < pH_2004
e. pH_2005 > pH_2004
f. pH_2005 = pH_2004
g. pH_2006 < pH_2005
h. pH_2006 > pH_2005
i. pH_2006 = pH_2005
j. pH_2007 < pH_2006
k. pH_2007 > pH_2006
l. pH_2007 = pH_2006
m. pH_2008 < pH_2007
n. pH_2008 > pH_2007
o. pH_2008 = pH_2007

Tabla A 2.6 Resultados de la prueba de Wilcoxon.

Prueba estadística ^c					
	pH_2004 - pH_2003	pH_2005 - pH_2004	pH_2006 - pH_2005	pH_2007 - pH_2006	pH_2008 - pH_2007
Z	-5.715 ^a	-6.271 ^b	-6.143 ^a	-6.283 ^b	-0.978 ^b
Sig. asintót (2-bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.328
a. Basado en los rangos negativos.					
b. Basado en los rangos positivos.					
c. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon					

ANEXO 3

Tabla A 3.1 Descripción estadística del pH de la laguna "La Mancha" del año 2000-2001.

Descripción Estadística del pH		1.- Chapopote	2.- El tubo	3.- Puerto viejo	4.- Higuierita	5.- El crucero	6.- Postes	7.- Pajarera	8.- Caño Izote	9.- Plaza Sábalo	10.- Caño grande
95% Intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8.14	8.31	8.03	7.94	7.93	8.02	7.98	7.90	7.29	7.62
	Límite superior	8.35	8.69	8.20	8.16	8.31	8.42	8.41	8.25	8.14	8.22
5% media trunca		8.25	8.50	8.12	8.05	8.14	8.21	8.16	8.08	7.69	7.87
Mediana		8.31	8.47	8.16	8.16	8.23	8.20	8.15	8.08	7.88	7.81
Varianza		0.05	0.17	0.03	0.05	0.16	0.19	0.23	0.14	0.87	0.43
Desviación estándar		0.22	0.41	0.18	0.23	0.41	0.44	0.48	0.38	0.93	0.65
Mínimo		7.75	7.79	7.72	7.61	7.21	7.36	7.34	7.33	5.83	7.06
Máximo		8.59	9.31	8.36	8.37	8.63	9.31	9.64	8.75	10.12	9.72
Rango		0.84	1.52	0.64	0.76	1.42	1.95	2.30	1.42	4.29	2.66
Rango intercuartilico		0.27	0.28	0.18	0.39	0.75	0.49	0.57	0.68	1.04	0.94
Sesgo		-0.88	0.24	-1.17	-0.54	-0.52	0.09	1.27	-0.33	0.31	1.00
Curtosis		0.19	0.19	0.53	-1.02	-0.57	0.98	3.24	-0.69	1.50	1.31

DIAGRAMAS DE TALLO Y HOJA DEL pH DE LA LAGUNA "LA MANCHA", 2000-2001.

Tabla A 3.2 Diagrama de tallo y hoja para la estación 1 "Chapopote".

Tabla A 3.3 Diagrama de tallo y hoja para la estación 2 "El tubo".

Estación 1 = Chapopote	
Frecuencia	Tallo y hoja
2	Extremos ($= < 7.80$)
1	78. 9
	79.
1	80. 1
2	81. 09
3	82. 124
7	83. 0144559
3	84. 369
2	85. 09
Grosor del tallo: 10.0	
Hoja: 1 caso (s)	

Estación 2 = El tubo	
Frecuencia	Tallo y hoja
4	Extremos ($= < 8.01$)
2	83. 58
6	84. 334478
3	85. 468
2	86. 27
	87.
1	88. 6
3	Extremos ($> = 9.18$)
Grosor de tallo: 10.0	
hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.4 Diagrama de tallo y hoja para la estación 3 "Puerto viejo".

Estación 3 = Puerto Viejo	
Frecuencia	Tallo y hoja
3	Extremos ($= < 7.77$)
1	79. 3
3	80. 699
5	81. 23567
8	82. 13555679
1	83. 6
Grosor de tallo: 10.0	
Hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.5 Diagrama de tallo y hoja para la estación 4 "Higuerita".

Estación 4 = Higuerita	
Frecuencia	Tallo y hoja
2	76. 16
3	77. 078
1	78. 9
2	79. 35
2	80. 66
2	81. 68
7	82. 0022379
2	83. 57
Grosor de tallo: 10.0	
hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.6 Diagrama de tallo y hoja para la estación 5 "El crucero".

Estación 5 = El Crucero	
Frecuencia	Tallo y hoja
1	7. 2
8	7. 56668999
6	8. 122333
6	8. 555666
Grosor del tallo: 1.00	
Hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.7 Diagrama de tallo y hoja para la estación 6 "Postes".

Estación 6 = Postes	
Frecuencia	Tallo y hoja
2	7. 34
2	7. 77
11	8. 00111122334
5	8. 55567
1	Extremos (≥ 9.3)
Grosor de tallo: 1.00	
Hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.8 Diagrama de tallo y hoja para la estación 7 "Pajarera".

Estación 7 = Pajarera	
Frecuencia	Tallo y hoja
1	7. 3
6	7. 788899
12	8. 000111344444
1	8. 9
1	Extremos (≥ 9.6)
Grosor de tallo: 1.00	
hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.9 Diagrama de tallo y hoja para la estación 8 "Caño Izote".

Estación 8 = Caño Izote	
Frecuencia	Tallo y hoja
2	7. 34
4	7. 5677
14	8. 00000113444444
1	8. 7
Grosor de tallo : 1.00	
Hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.10 Diagrama de tallo y hoja para la estación 9 "Plaza Sábalo".

Estación 9 = Plaza Sábalo	
Frecuencia	Tallo y hoja
1	Extremos ($= < 5.8$)
1	6. 4
3	6. 578
2	7. 24
6	7. 788899
6	8. 001112
	8.
1	9. 1
1	Extremos ($> = 10.1$)
Grosor de tallo: 1.00	
hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.11 Diagrama de tallo y hoja para la estación 10 "Caño Grande".

Estación 10 = Caño Grande	
Frecuencia	Tallo y hoja
7	7. 0133334
4	7. 5678
8	8. 00223333
1	8. 9
1	Extremos ($> = 9.7$)
Grosor de tallo: 1.00	
hoja: 1 caso (s)	

Tabla A 3.12 Prueba de Wilcoxon para el pH de la laguna, de cada una de las estaciones, correspondientes al periodo 2000-2001.

Rangos									
		N	Rango promedio	Suma de rangos			N	Rango promedio	Suma de rangos
pH_2 - pH_1	Rango negativo	6 ^a	6.50	39.00	pH_7 - pH_6	Rango negativo	11 ^p	10.18	112.00
	Rango positivo	15 ^b	12.80	192.00		Rango positivo	10 ^q	11.90	119.00
	Empates	0 ^c				Empates	0 ^r		
	Total	21				Total	21		
pH_3 - pH_2	Rango negativo	20 ^d	11.38	227.50	pH_8 - pH_7	Rango negativo	14 ^s	10.61	148.50
	Rango positivo	1 ^e	3.50	3.50		Rango positivo	5 ^t	8.30	41.50
	Empates	0 ^f				Empates	2 ^u		
	Total	21				Total	21		
pH_4 - pH_3	Rango negativo	15 ^g	10.53	158.00	pH_9 - pH_8	Rango negativo	19 ^v	10.26	195.00
	Rango positivo	6 ^h	12.17	73.00		Rango positivo	2 ^w	18.00	36.00
	Empates	0 ⁱ				Empates	0 ^x		
	Total	21				Total	21		
pH_5 - pH_4	Rango negativo	5 ^j	11.50	57.50	pH_10 - pH_9	Rango negativo	5 ^y	11.30	56.50
	Rango positivo	15 ^k	10.17	152.50		Rango positivo	16 ^z	10.91	174.50
	Empates	1 ^l				Empates	0 ^{aa}		
	Total	21				Total	21		
pH_6 - pH_5	Rango negativo	15 ^m	8.33	125.00					
	Rango positivo	6 ⁿ	17.67	106.00					
	Empates	0 ^o							
	Total	21							

- a. pH_2 < pH_1
- b. pH_2 > pH_1
- c. pH_2 = pH_1
- d. pH_3 < pH_2
- e. pH_3 > pH_2
- f. pH_3 = pH_2
- g. pH_4 < pH_3
- h. pH_4 > pH_3
- i. pH_4 = pH_3
- j. pH_5 < pH_4
- k. pH_5 > pH_4
- l. pH_5 = pH_4
- m. pH_6 < pH_5
- n. pH_6 > pH_5
- o. pH_6 = pH_5
- p. pH_7 < pH_6
- q. pH_7 > pH_6
- r. pH_7 = pH_6
- s. pH_8 < pH_7
- t. pH_8 > pH_7
- u. pH_8 = pH_7
- v. pH_9 < pH_8
- w. pH_9 > pH_8
- x. pH_9 = pH_8
- y. pH_10 < pH_9
- z. pH_10 > pH_9
- aa. pH_10 = pH_9

Tabla A 3.13 Resultados de la prueba de Wilcoxon

Prueba estadística ^c									
	pH_2 - pH_1	pH_3 - pH_2	pH_4 - pH_3	pH_5 - pH_4	pH_6 - pH_5	pH_7 - pH_6	pH_8 - pH_7	pH_9 - pH_8	pH_10 - pH_9
Z	-2.660 ^a	-3.894 ^b	-1.479 ^b	-1.774 ^a	-.330 ^b	-.122 ^a	-2.155 ^b	-2.764 ^b	-2.051 ^a
Sig. asintót (2- bilateral)	0.008	0.000	0.139	0.076	0.741	0.903	0.031	0.006	0.040
a. Basado en los rangos negativos.									
b. Basado en los rangos positivos.									
c. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon									

Tabla A 3.14 Datos estadísticos de la concentración de los iones. Para las estaciones 2, 5, 6, 9 y 10, para el cálculo de Capacidad de Neutralización Ácida de la laguna "La Mancha" del año 2011.

	ppm	10.- Caño Grande (µeq/L)	ppm	9.- Plaza Sábalo (µeq/L)	ppm	6.- Postes (µeq/L)	ppm	5.- El crucero (µeq/L)	ppm	2.- El tubo (µeq/L)
H ⁺ (mol/L)	1,09E-08	1,09E-02	9,13E-09	9,13E-03	8,19E-09	8,19E-03	6,66E-09	6,66E-03	6,36E-09	6,36E-03
Na ⁺	3,33E+03	1,45E+05	3,39E+03	1,47E+05	3,29E+03	1,43E+05	3,94E+03	1,71E+05	4,21E+03	1,83E+05
NH ₄ ⁺	4,00E-02	2,22E+00	4,00E-02	2,22E+00	4,00E-02	2,22E+00	4,00E-02	2,22E+00	4,00E-02	2,22E+00
K ⁺	1,34E+02	3,43E+03	1,23E+02	3,13E+03	9,83E+01	2,51E+03	1,08E+02	2,77E+03	1,53E+02	3,92E+03
Mg ²⁺	2,96E+02	1,22E+04	2,66E+02	1,09E+04	3,35E+02	1,38E+04	3,33E+02	1,37E+04	3,28E+02	1,35E+04
Ca ²⁺	7,83E+01	1,96E+03	1,01E+02	2,52E+03	5,25E+01	1,31E+03	1,31E+02	3,27E+03	1,02E+02	2,54E+03
Cl ⁻	4,67E+03	1,32E+05	4,96E+03	1,40E+05	4,86E+03	1,37E+05	5,87E+03	1,66E+05	6,19E+03	1,75E+05
NO ₃ ⁻	1,10E-01	1,77E+00	1,10E-01	1,77E+00	1,10E-01	1,77E+00	1,10E-01	1,77E+00	1,10E-01	1,77E+00
SO ₄ ⁼	6,23E+02	1,30E+04	6,35E+02	6,61E+03	6,01E+02	6,25E+03	6,34E+02	6,60E+03	7,51E+02	7,82E+03
HCO ₃ ⁻	1970,92	2050,73	2050,73	2050,73	1902,40	1902,40	2082,08	2082,08	1968,43	1968,43
OH ⁻ (mol/L)	9,20E-07	9,20E-01	1,10E-06	1,10E+00	1,22E-06	1,22E+00	1,50E-06	1,50E+00	1,57E-06	1,57E+00
pH	7,97		8,04		8,09		8,18		8,20	

ANEXO 4

Emisiones de contaminantes de NO_x y SO_x en México por entidad Federativa del año 2006 (SEMARNAT, 2006).

Tabla A 4.1 Emisiones de NO_x y SO_x, (ton/año) por Estado en México.

Entidad Federativa	NO _x	SO _x
Aguascalientes	9,668	7,060
Baja California	41,213	44,401
Baja California Sur	13,042	20,600
Campeche	43,236	151,756
Coahuila	157,200	175,090
Colima	22,959	192,149
Chiapas	22,411	94,126
Chihuahua	64,782	91,301
Distrito Federal	89,549	6,389
Durango	20,796	27,342
Guanajuato	50,102	134,055
Guerrero	31,622	191,124
Hidalgo	63,323	358,640
Jalisco	84,237	39,560
México	113,950	47,311
Michoacán	47,362	30,976
Morelos	14,610	13,863
Nayarit	9,826	2,856
Nuevo León	77,114	99,901
Oaxaca	32,155	61,820
Puebla	36,109	18,134
Querétaro	13,158	8,717
Quintana Roo	12,247	3,136
San Luis Potosí	30,232	85,457
Sinaloa	38,946	105,531
Sonora	41,279	159,775
Tabasco	28,805	148,836
Tamaulipas	56,592	155,267
Tlaxcala	10,010	5,631
Veracruz	110,520	342,392
Yucatán	20,402	29,828
Zacatecas	17,172	3,495
Total	1,424,628	2,856,516

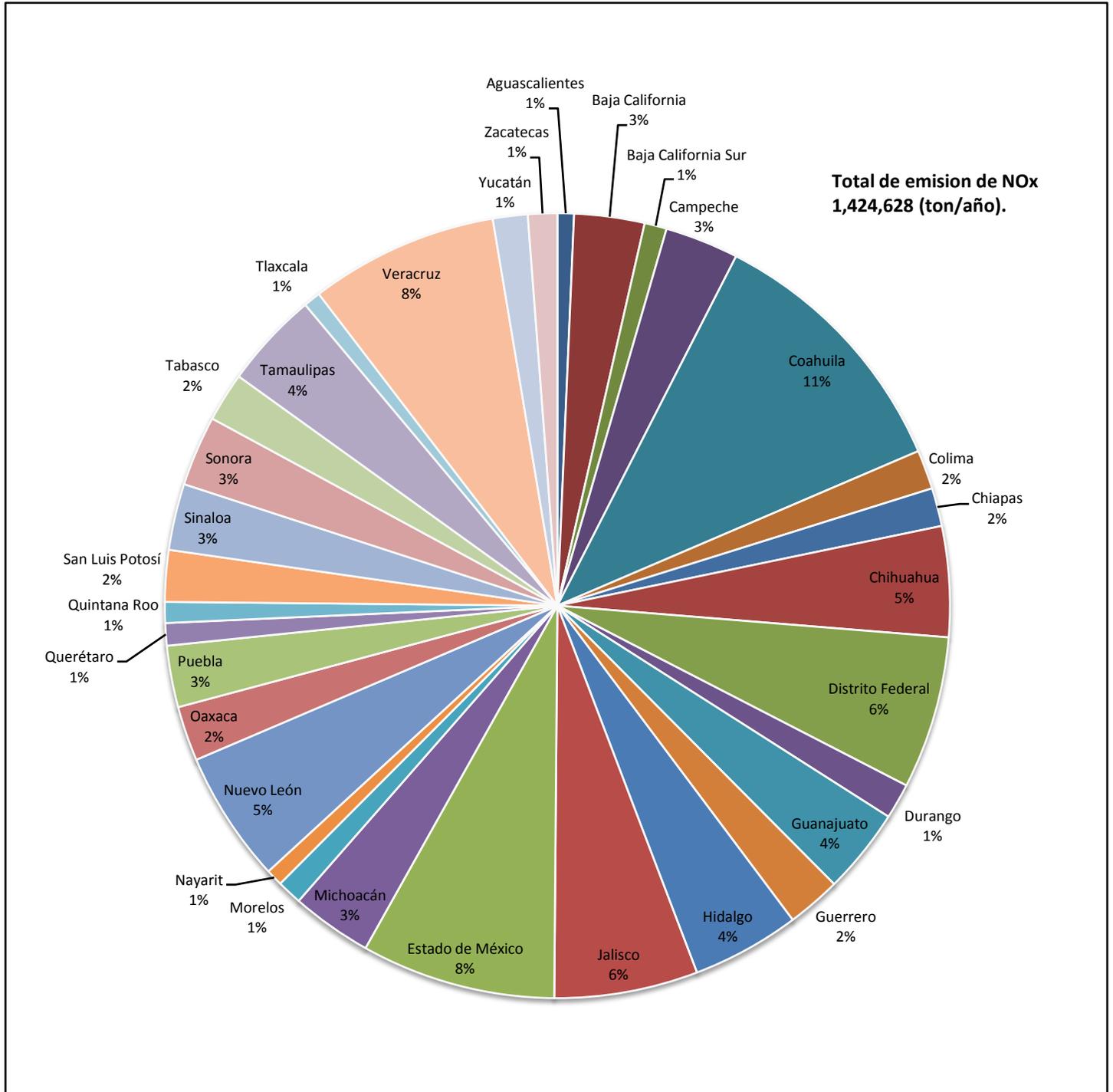


Figura A 4.1 % de emisión de contaminante de NOx, por Estado en México, 2006.

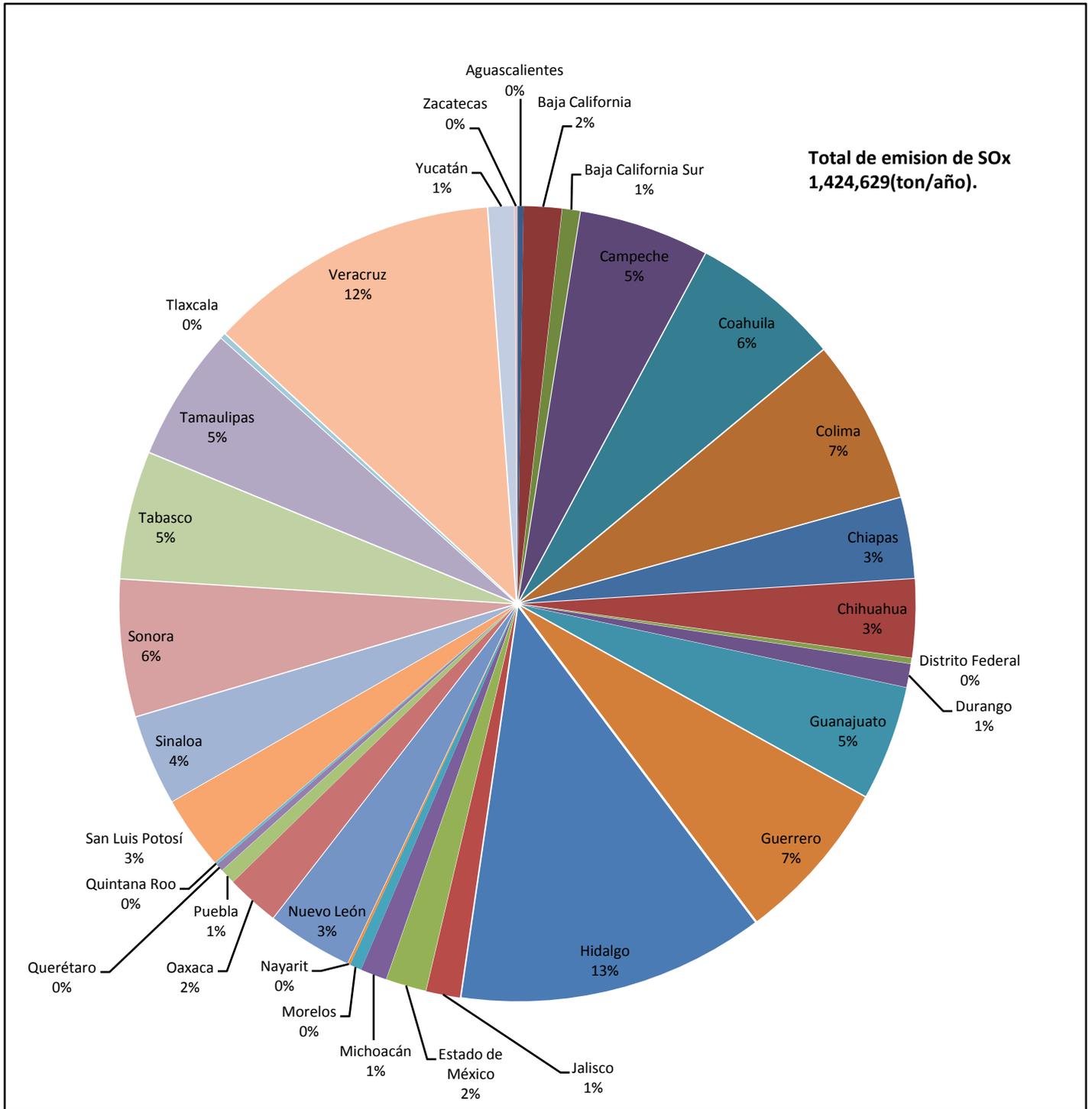


Figura A 4.2 % de emisión de contaminante de SOx, por Estado en México, 2006.

Tabla A 4.2 Clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo a su ‰ de salinidad.

Clasificación	‰ de Salinidad
Agua dulce	0 - 0.5
Agua salobre oligohalina	0.5 – 3.0
Agua salobre mesohalina	3 - 10
Agua salobre polihalina	10 - 17
Agua de mar oligohalina	17 - 30
Agua de mar mesohalina	30 - 34
Agua de mar polihalina	34 - 38
Salmuera	38 - 150
Hiperhalina	> 150