24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

DETERMINACION QUIMICA DE LA DEPOSICION SECA EN *Cupressus sp.* y *Quercus sp.* EN EL PARQUE NACIONAL "DESIERTO DE LOS LEONES" DURANTE EL PERIODO SECO DE 1993.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

REYES CABAÑAS DANIEL

U N A M
FES
ZARAGOZA

LO HUMANO ES
DE NUESTRA REFLEXION

AREA: **CONTAMINACION ATMOSFERICA**

DIRECTOR DE TESIS: M. En C. GERMAN CALVA VASQUEZ

281153

MEXICO, D.F. 2000

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

EL PRESENTE TRABAJO LO DEDICO:

CON TODO MI AMOR A MI ESPOSA **PATY**, QUIEN ME HA DADO SU AMOR COMPRENSIÓN Y APOYO PARA LOGRAR JUNTOS OTRA DE NUESTRAS METAS **GRACIAS, "TE AMO"**

A MIS HIJOS:
DANY y BEBE QUE LLENAN DE ORGULLO MI VIDA.

A MIS PADRES:
ALICIA Y DAVID QUE HAN BRINDADO TODO PARA LOGRAR MIS OBJETIVOS

A MIS HERMANOS:
BERTHA, JULIO, DAVID, LUIS, FELIPE, SUSANA, ISABEL, MIGUEL Y JOEL. PORQUE SIGAMOS COMPARTIENDO UNA FAMILIA UNIDA.

A TODA LA FAMILIA QUE ES PARTE DE MI VIDA.

A MIS AMIGOS:
QUE SIN CONDICION HAN ESTADO CONMIGO, NO ME ES POSIBLE MENCIONAR A TODOS PUES TENGO LA FORTUNA DE CONTAR CON LA AMISTAD DE MUCHOS

A LA BANDA:
MARTHA, CLEMENCIA, ROCIO, RAUL, JUAN LUIS, JORGE, ALVARO, FRANCISCO MANUEL, RUBEN ...

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO DE MANERA ESPECIAL AL **M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ** DIRECTOR DE TESIS Y AMIGO, POR SU INFINITA PACIENCIA, SU GRAN APOYO Y ESTÍMULO PERSONAL PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A LA **BIÓL. MA. DE LOS ÁNGELES GALVÁN VILLANUEVA**, DEL LABORATORIO DE CONTAMINACIÓN, POR SU AYUDA INCONDICIONAL DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO

AL **MTRO. IGNACIO REGLA** DEL LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA POR LAS FACILIDADES OTORGADAS.

A LOS MIEMBROS DEL JURADO:

M. en C. ELISEO CANTELLANO DE ROSAS
M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ
Q.F.I. MARÍA DE LA LUZ LÓPEZ MARTÍNEZ
M. en C. EFRAÍN ÁNGELES CERVANTES
BIOL. MA. DE LOS ÁNGELES GALVÁN VILLANUEVA

POR SUS VALIOSAS SUGERENCIAS QUE SIN DUDA CONTRIBUYERON A MEJORAR ESTE TRABAJO.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE HAN CONTRIBUIDO A MI DESARROLLO PROFESIONAL.

CONTENIDO

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN 1

II. MARCO TEÓRICO 5

2.1 Composición química del aire 5

2.2 Mecanismos de depositación 6

2.3 Depositación Húmeda (Lluvia ácida) 8

2.4 Depositación seca 9

2.5 Depositación en la vegetación 10

2.6 Efectos en la vegetación 11

III. ANTECEDENTES 12

3.1 Métodos de Monitoreo de la Depositación 12

3.2 Métodos para la colecta de la depositación húmeda 12

3.3 Métodos para la colecta de la depositación seca 13

3.4 Métodos de acumulación en superficies 13

IV. HIPOTESIS 17

V. OBJETIVOS 18

5.1 Objetivo General 18

5.2 Objetivos Específicos 18

VI. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO 19

6.1 Ubicación 19

6.2 Clima 20

6.3 Hidrología 22

6.4 Flora 22

6.5 Fauna 24

VII. MATERIAL Y MÉTODO 26

VIII. RESULTADOS Y DISCUSION 30

8.1 Evaluación de técnicas 30

8.2 Análisis de las gráficas de concentración de los parámetros 34

8.3 Análisis de las gráficas de comparación de medias de los registros temporales de cada ion 45

8.4 Análisis de las gráficas de comparación de medias de cedro vs encino por cada ion 49

8.5 Análisis de las gráficas de correlación canónica para todos los parámetros.. 53

IX. CONCLUSIONES 56

X. RECOMENDACIONES 57

XI. BIBLIOGRAFÍA 58

XII. ANEXOS ..... i-xiii

ÍNDICE DE CUADROS

1. Composición química del aire (Handbook of Air Pollution 1968) pág. 5
2. Ecosistema al norte del bosque de Hardwood (procesos de depositación) pág. 15
3. Comparación de las técnicas útiles para la cuantificación de iones que constituye la Depositación ácida. pág. 32,33
4. Correlación canónica (coeficientes) pág. 54

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Principales mecanismos de depositación (Integrado de Wellburn 1991, Hutchinson and Havas 1980, Smith 1982). pág. 7
2. Patrón de movimiento ionico desde la atmósfera (precipitación total) a través del follaje del árbol en el Bosque Huntington. (Raynal, *et al* 1985). pág. 14
3. Mapa de localización del Parque Nacional "Desierto de los Leones" (COCODER 87, Ecologia Rural) pág. 25
4. % de Flora presente en el Desierto de los Leones. pág. 24
5. Procedimiento general para la determinación química del lavado de follaje en *Cupressus sp* y *Quercus sp* pág. 29.
6. Concentración de sodio en cedro durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 35
7. Concentración de sodio en encino durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 35
8. Concentración de potasio en cedro durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 37
9. Concentración de potasio en encino durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 37
10. Concentración de amonio en cedro durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 39
11. Concentración de amonio en encino durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 39
12. Concentración de cloruros en cedro durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 41
13. Concentración de cloruros en encino durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 41
14. Concentración de nitratos en cedro durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 42
15. Concentración de nitratos en encino durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 42
16. Concentración de sulfatos en cedro durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 44

17. Concentración de sulfatos en encino durante la temporada de secas en Desierto de los Leones. pág. 44
18. Gráficas de comparación de medias de los registros temporales por cada ion (cationes) en el "Desierto de los Leones" (a.- sodio, b.- potasio y c.- amonio) pág. 46
19. Gráficas de comparación de medias de los registros temporales por cada ion (aniones) en el "Desierto de los Leones" (a.- cloruros, b.- nitratos y c.- sulfatos) pág. 48
20. Gráficas de comparación de medias de los registros de depositación entre cedro y encino por cada ion (cationes) en el "Desierto de los Leones" (a.- sodio, b.- potasio y c.- amonio) pág. 50
21. Gráficas de comparación de medias de los registros de depositación entre cedro y encino por cada ion (aniones) en el "Desierto de los Leones" (a.- cloruros, b.- nitratos y c.- sulfatos) pág. 51
22. Gráficas de correlación canónica de los registros de depositación entre cationes y aniones en el "Desierto de los Leones" (a.- gráfica de correlación canónica variables No. 1, b.- gráfica de correlación canónica variables No. 2 y c.- gráfica de correlación canónica variables No. 3) pág. 55

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Flora presente en el Parque Nacional "Desierto de los Leones". pág. i
2. Diagramas de flujo para la determinación de Na^+, K^+, NH_4^+, Cl^-, $SO_4^=$ y NO_3^-. pág. iv
3. Preparación de reactivos para la determinación de Cl^-, NH_4, SO_4 y de NO_3. pág. vii
4. Tablas de ANDEVA para cationes vs época de la (Figura 12) pág. x
5. Tablas de ANDEVA para aniones vs época de la (Figura 13) pág. xi
6. Tablas de ANDEVA para cationes vs especie de la (Figura 14) pág. xii
7. Tablas de ANDEVA para aniones vs especie de la (Figura 15) pág. xiii

RESUMEN

Los procesos de la remoción de contaminantes de la atmósfera son: **depositación húmeda** y **depositación seca**, a los cuales se les puede aplicar una gran variedad de técnicas a fin de cuantificar los distintos eventos (*througfall, stemflow,wshout, rainout, bulk precipitation, dry flallout, gas and aerosol impactation,* entre otros) que en ellos intervienen, centrándose el estudio a escala de los ecosistemas boscosos. De ahí la relativa facilidad en colecta de la depositación húmeda, para la aplicación de métodos analíticos (los más estudiados), en contraste al proceso de la depositación seca.

El presente estudio se encamina hacia la cuantificación de la depositación seca y su acumulación en las superficies foliares, debido a que no existe un mecanismo de lavado como sucede con la depositación húmeda. Al menos durante cinco meses que dura el período seco y el depósito en las hojas de los árboles de la cuenca de México. De acuerdo a Hutchinson y Havas (1980) La depositación seca (soluble en agua sobre la superficie del dosel), se cuantifican las concentraciones del material seco que lo componen.

Por lo anterior fue necesario implementar los procedimientos adecuados para la cuantificación de los compuestos solubles que han sido depositados en las superficies de las hojas y su efecto temporal durante la época de secas (Kovacs 1982, Kozlowski 1986) en periodos bimestrales (diciembre-febrero-abril). El estudio se realizó en El parque Nacional Desierto de los Leones ubicado al suroeste de la ciudad de México el cual esta sometido a los contaminantes emitidos desde la ciudad por circunstancias climáticas. Se determinaron los iones de Na^+, K^+, NH_4^+, Cl^-, NO_3^- y $SO_4^=$ así como el pH de los iones solubles obtenidos del follaje de *Quercus rugosa* y *Cupressus lindelyi*. Las técnicas analíticas elegidas fueron: (fotoflamometría) Na^+ y K^+, (Método del fenato) NH_4^+, (Método turbidimétrico) Cl^- y $SO_4^=$ y (Método del ion selectivo) NO_3^-, por ser los más adecuados y estar dentro de las técnicas referidas por la Organización Mundial Meteorológica.

Con los resultados se tiene la evidencia de altas concentraciones de sodio en las dos especies, misma que disminuye de diciembre a febrero y aumento en abril. Las concentraciones encontradas para cada especie muestran el siguiente patrón Cedro Na>K>SO4>NH4>Cl> NO3

Encino Na> NH4>K>SO4>NO3>Cl

Mediante un análisis de varianza se determinó que existe mayor concentración de Na^+, K^+, Cl^-, $SO_4^=$, en cedro durante el período seco y evidencia una extracción de cationes desde el follaje.

No se encontró diferencia significativa en el depósito del ion NH_4^+ y NO_3^- durante los tres bimestres secos, por lo contrario los iones de Na, K^+, Cl^-, y $SO_4^=$. Se determinó la diferencia en él deposito para cedro y encino de Na^+, K^+, Cl^-, NO_3^- y $SO_4^=$, no así para el NH_4^+.

I. INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México concentra las actividades económicas, políticas y culturales más importantes del país, por ser el producto de una expansión urbana, alberga una quinta parte de la población total de la República Mexicana. La ciudad tiene la mayor cantidad de fuentes naturales y artificiales de contaminación: áreas erosionadas, basura y defecación a cielo abierto, filtraciones al subsuelo de aguas no tratadas, fábricas, talleres, termoeléctricas, refinerías, industrias químicas del cemento y de fertilizantes, fundidoras, baños públicos, incineradores industriales y domésticos, millones de vehículos automotores de combustión interna y aviones. (Bravo 1987, Fuentes 1991, Legorreta 1991, INEGI, 1995)

Los combustibles que se usan son inadecuados y con la introducción de la nueva gasolina NOVA-PLUS ha reducido las concentraciones de Pb en el ambiente pero no así para el O_3, los combustóleos y el diesel tienen altos niveles de azufre. La cantidad de partículas suspendidas en la atmósfera de la Ciudad de México es muy alta y tiene un gran contenido de azufre debido a las fuentes ineficientes de combustión aunado al enrarecimiento del oxígeno en la altitud de la Ciudad de México. (Kennet 1994)

El diesel y el combustóleo tienen cantidades variables de azufre que van desde 0.4 a 3.5% en peso, los óxidos de nitrógeno se producen en toda combustión; ambos contribuyen a la contaminación atmosférica, por lo tanto en la Ciudad de México se emiten grandes cantidades de contaminantes atmosféricos los cuales son principalmente gases y partículas, estas ultimas se han registrado a razón de 300 µg/m3 en el norte, 130 en el sur mismas que rebasan las Normas de Calidad del Aire Mexicanas y de E.E.U.U. (Fuentes 1991) y que finalmente por circunstancias climáticas tienen contacto con las zonas boscosas que se encuentran cercanas a esta.

El bosque tiene un papel fundamental para la vida dado que es fuente de riqueza, por lo que provee al hombre de la materia prima para la construcción de todos aquellos objetos cuya fabricación en madera es necesaria o posible, le proporciona carbón y leña que utiliza como combustibles, le facilitan además alimentos, resinas y esencias para la elaboración de múltiples productos industriales. Además de estas funciones, los bosques son un elemento necesario para la regulación del clima y del ciclo del agua (por su capacidad de retención de humedad), forman una barrera contra la violencia de los vientos y fijan las arenas movedizas (COCODER, 1987).

Pero la más importante función biológica del bosque recae en que alberga gran cantidad de especies animales y vegetales algunas de las cuales llegan a ser endémicas.

En las zonas boscosas, la vegetación arbórea es el primer estrato en captar una gran cantidad de sustancias químicas dentro del ecosistema, por lo que son un participante activo de la depositación ácida (Bredeimer 1988; Shriner 1980), misma que es un factor determinante que explica el efecto degradatorio de los ecosistemas boscosos europeos de acuerdo a estudios realizados por (Hutchinson y Havas 1980, D'itrii 1982, Schutt & Cowling 1985, Graham *et al.*, 1986, Hennessey *et al.* 1986, Kozlowski, 1986, Ulrich 1990). Sin embargo, no ha sido posible establecer una relación de directa entre la depositación ácida y la muerte masiva de arboles (Pitelka and Raynal, 1989, Stout 1989, Nicholson *et al.* 1977)

Se asume que el daño observado en los arboles, es debido a la concentración en el aire de sustancias acidificantes, nitrogenadas, fotooxidantes y microcontaminantes orgánicos. La depositación de estos contaminantes atmosféricos primarios y sus productos de reacción atmosférica sobre el dosel del bosque y suelo, puede causar ataque directo a las hojas de las plantas y cambios en la química del suelo (Mathy, P.; D Reidel: Dordrecht,1988)

Existen diferentes mecanismos de incorporación de los contaminantes al ecosistema boscoso como son:

a) Depositación Húmeda en la cual hay participación de lluvia, nieve, neblina o rocío y

b) Depositación Seca en ausencia de lluvia (Hutchinson y Havas 1980).

Se ha puesto principal atención al estudio de la depositación ácida húmeda "lluvia ácida" (Cowling 1980) y sus efectos en vegetación, suelo, ríos y lagos etc. estos han sido ampliamente descritos en numerosas investigaciones (Larsen, 1967; Likens, 1982; Georgopolus y Seinfield, 1982; Lek y Kav, 1984; Baker *et al*, 1894). Los contaminantes acumulados en la atmósfera y superficies naturales o artificiales son removidos por la lluvia hacia el suelo o cuerpos de agua, aumentando la acidez en dichos cuerpos receptores.

Diversos estudios han demostrado que durante eventos de lluvia, la composición inicial de compuestos y elementos se modifica al pasar a través del follaje de la vegetación (*Throughfall*) y se encontró que existe extracción (*leaching*) de elementos principalmente intercambio de iones H^+ por cationes (Mg^{+2}, Ca^{+2}, K^+ y Na^+.) del interior de las hojas (Hoffmann *et al* 1980, Paoletti 1989, R. Van & Draaijers 1994, Butler & Likens 1995)

De los compuestos que se incorporan al ecosistema durante la depositación húmeda y seca, se ha determinado que los más agresivos son los derivados del azufre y nitrógeno. ($SO_4^{=}$, NO_3^{-}, NH_4^{+}), los cuales, son principales componentes del material particulado, gaseoso y en solución, encontrándose en forma de sales, ácidos, bases, etc. El Na^{+} y el K^{+} son componentes importantes para la nutrición vegetal, también actúan en las reacciones de neutralización de ácidos formando sales y son elementos que se extraen por los ácidos (nítrico y sulfúrico principalmente) en las superficies foliares; y finalmente el Cl^{-} que es el más abundante de los compuestos halogenados encontrándose de manera particulada o en solución en forma de sales y ácidos (HCl y NaCl) principalmente.

Aunque no se cuenta con referencias que argumenten el decremento de la masa forestal por efecto directo e indirecto de la depositación ácida, se ha observado que el patrón de daño en mortalidad ascendente para la Cuenca de la Ciudad de México es de 40 o 50 % y una pérdida de superficie forestal de 14 mil hectáreas (CORENA, 1995)

El estudio de los diferentes mecanismos de incorporación de estos elementos y compuestos al ecosistema, particularmente el bosque del Desierto de los Leones (situado al sur de la ciudad de México) permitirá encontrar las posibles relaciones que pudieran explicar la afectación del decline forestal.

Durante la época de secas, los arboles presentan un gran estrés debido a la acumulacion de los contaminantes sobre las hojas y, a falta de un mecanismo eficiente de limpieza, se llega a ocasionar un severo daño, tales como, afecciones en la productividad de la planta, disminuyendo la actividad fotosintética de las hojas y a largo plazo la muerte del árbol. Por lo que el conocimiento de las concentraciones de las especies químicas que quedan retenidos en las superficies foliares de *Quercus rugosa* **(encino)** y *Cupressus lindelyi* **(cedro)** durante el período seco en el Parque Nacional del Desierto de los Leones nos ayudaría comprender mejor los mecanismos químicos que pueden afectar a este bosque.

Este bosque tiene la característica de ser uno de los "pulmones" más importantes para la Ciudad de México, sin embargo, por circunstancias climáticas le llegan una gran cantidad de polvos, aerosoles y gases, es decir, esta sometido a una gran contaminación. De ahí que el presente estudio nos ayudará a conocer la fuente o fuentes que están contribuyendo a este hecho. Los resultados de las investigaciones en el Bosque del Desierto de los Leones indican, que posee una riqueza de especies de aves importantes (10 endémicas) para México además de fungir como zona

de paso para muchas especies migratorias, este Parque Nacional es un ecosistema muy importante para la sobrevivencia de la riqueza de especies animales y vegetales. Además de proporcionar un área de estudio para la investigación de diferentes especialidades, sin embargo, todo esto está amenazado peligrosamente debido a la gran contaminación de partículas suspendidas, Ozono, Oxidos de Nitrógeno, Oxidos de Azufre, etc. que se generan por las diversas industrias localizadas en el Nor-Noereste de la Ciudad de México.

Las partes Norte, Noreste se han caracterizado por sus altas concentraciones de partículas suspendidas, que llegan a ser del orden de 1,500 microgramos por metro cúbico, estas se mueven en dirección al viento que se ha caracterizado por tener dirección norte a sur llegando hacia las cercanías de la Sierra del Ajusco y del Desierto de los Leones

Es importante mencionar que existen pocos trabajos en México relacionados con el estudio de la Depositación Ácida Húmeda y sin embargo se ha menospreciado la importancia de la Depositación Ácida Seca, por lo que este trabajo es uno de los pocos encaminados en este estudio, ya que aún se desconocen los mecanismos de incorporación, afectación y traslocación de los distintos iones sobre el ecosistema boscoso, así mismo al carecer de estudios relativos al realizado en este proyecto es necesario la implementación de procedimientos adecuados para el desarrollo de una investigación total.

II. MARCO TEORICO

2.1 Composición química del aire.

Se puede definir la contaminación del aire como la presencia en la atmósfera de uno o mas contaminantes o sus combinaciones, en cantidades tales y con tal permanencia que sean o puedan afectar la vida humana, de animales, de plantas o de la propiedad, que interfiera con el goce de la vida, la propiedad o el ejercicio de las actividades (Kennet, 1994).

Un método para definir un contaminante del aire consiste, en especificar la composicion del aire atmosférico seco "limpio" o "normal", y luego clasificar todos los otros materiales o las cantidades aumentadas de dichos materiales presentes en la composición del aire atmosférico, como contaminantes, si su presencia daña personas, plantas, animales o materiales. En la tabla 1 se muestra la composición química del aire atmosférico seco, que se encuentra usualmente en áreas rurales y sobre el océano, lejos de las masas de terreno.

Cuadro 1: Composición química del aire

SUSTANCIA	VOLUMEN (por ciento)	CONCENTRACION (ppm)
Nitrógeno	78.084 ± 0.004	780,900
Oxígeno	20.946 ± 0.002	209,400
Argón	0.934 ± 0.001	9,300
Dióxido de carbono	0.033 ± 0.001	315
Neón		18
Helio		5.2
Metano		1.2
Criptón		0.5
Hidrógeno		0.5
Xenón		0.08
Dióxido de nitrógeno		0.02
Ozono		0.01-0.04

FUENTE: Handbook of Air Pollution, 1968

El aire atmosférico contiene también de 1 a 3 por ciento en volumen de vapor de agua, y trazas de dióxido de azufre, formaldehído, yodo, cloruro de sodio, amoniaco, monóxido de carbono, metano, un poco de polvo y polen. Según la definición presentada, el monóxido de carbono, los vapores de los hidrocarburos o el ozono en concentraciones mayores a 0.04 ppm, se considerarían como contaminantes del aire.

En consecuencia son considerados contaminantes del aire:

1. - Materia particulada o partículas. (SALES DE SO_4, NO_3)
2. - Compuestos que contienen azufre. (SO, SO_2, SO_4)
3. - Compuestos orgánicos. (HIDROCARBUROS)
4. - Compuestos que contienen nitrógeno. (NO_x, NH_4)
5. - Monóxido de carbono.
6. - Compuestos halogenados. (Cl, Br, F y I.)
7. - Compuestos radiactivos.

Estos contaminantes son emitidos hacia la atmósfera y son dispersados por los vientos horizontales y conectivos en áreas regionales y continentales, estos son eliminados de la atmósfera por depositación seca y húmeda (precipitación).

2.2 Mecanismos de depositación

Existen dos grandes procesos para la remoción de contaminantes desde la atmósfera: .Depositación Húmeda y Depositación Seca (figura 2)

En años recientes, ecologistas y otros han llegado a incrementar su interés hacia los ecosistemas naturales no únicamente en materia de Depositación húmeda (lluvia y nieve) sino también en forma de Depositación particulada y gaseosa. Este interés esta ilustrado por algunas conferencias recientes y simposiums relacionados hacia el tema de "depositación ácida" y sus efectos. (Dochinger and Seliga, 1976).

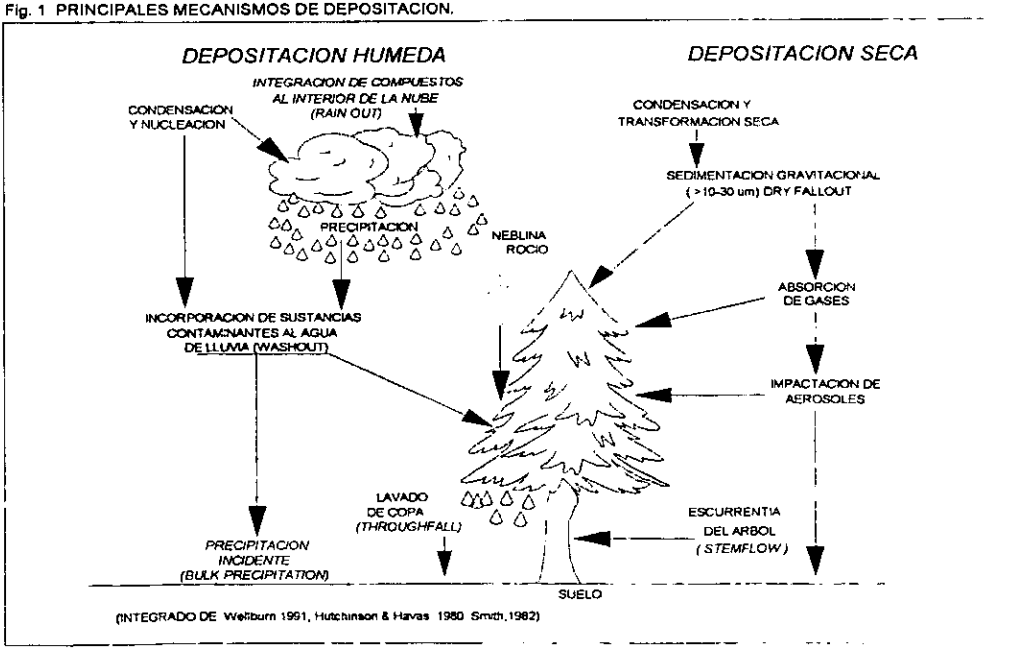
Algunos estudios de Depositación seca van encaminados hacia la Depositación de los sulfatos y nitratos principalmente debido a que son las especies dominantes de los compuestos particulados. Por su naturaleza higroscópica de aerosoles (SO_4 y NO_3) y se presentan en forma de

gotas (Garland, 1969) Así mismo este material tiene una velocidad de Depositación de 0.1 cm/s o menos por lo que la Depositación Seca es un ineficiente mecanismo de remoción para estos materiales desde la atmósfera (Fowler, 1977).

Por otro lado y con respecto a la velocidad de la depositación (John *et al*, 1984) han estimado cantidades relativas de Depositación Húmeda y Seca en el área de los Angeles, también se han estimado así el porcentaje de remoción húmeda y seca para el SO_2 encontrando una relación de 2:1, al este de Inglaterra (Davies and Mitchel, 1983)

Los procesos de remoción para la acidificación incluyen la disolución de los componentes en solución acuosa, la existencia de agua en las superficies de la vegetación puede influenciar grandemente las velocidades de Depositación (Garland and Branson, 1977; Fowler, 1977). Pero las cantidades de agua sobre las superficies de las hojas son diferentes durante el año. La química de la depositación sobre las superficies de las hojas principalmente azufre y nitrógeno dan lugar a diferentes cursos de los cuales algunos son especulativos y otros aún no han sido dilucidados (Grennfelt, Bengtson, Skarby), también la apertura y tamaño de estomas afecta limitadamente la velocidad depositacional del SO_2 durante la época seca.

Fig. 1 PRINCIPALES MECANISMOS DE DEPOSITACION.



2.3 Depositación Húmeda (Lluvia ácida)

El agua que se transfiere gravitacionalmente desde la atmósfera (lluvia) hacia la superficie terrestre y se impacta directamente en las superficies receptoras es llamada **Depositación húmeda incidente (*Bulk Precipitation*)**, durante su recorrido hacia el suelo puede ser interceptada por el dosel del bosque, lo cual provoca un lavado de la copa del árbol y el agua que pasa a través del follaje y toma el nombre de "*Throughfall*" = Depositación seca+Depositacion Húmeda incidente y finalmente como método inferencial se determina la composición de contaminantes acumulados en el follaje "*Net throughfall*" mediante la diferencia de "*Throughfall*" menos "*Bulk Precipitation*".

El agua pura (fuera de otros constituyentes) existe solamente como un concepto químico y tiene un valor de pH de 7.0. Sin embargo en el caso del agua de lluvia, aún en aquellas regiones que no presentan influencias de emisiones antropogénicas, existen varios factores que tienden a afectar el pH, como es el CO_2.

La concentración natural en la atmósfera a 20°C alcanza un valor pH de 5.6 y con la presencia de otros gases generados naturalmente (óxidos de nitrógeno "NO_x" y dióxido de azufre "SO_2") y la ausencia de iones neutralizadores tales como Amonio "NH_4" y polvo de roca caliza, el valor de pH probablemente se acercaría a 5.0 equivalente a H=10 mg/lt. (Galloway *Et al,* 1982).

El pH de la precipitación atmosférica depende de la naturaleza química y proporciones relativas de ácidos y bases en solución. A grandes rasgos el promedio de concentración de ácido libre depende de la variabilidad temporal de componentes naturales o antropogénicos de la precipitación.

Así la lluvia ácida es un término general que relaciona a los ácidos y otros contaminantes potencialmente ácidos en la lluvia, nieve o nubes de vapor cuyo pH es menor que 5.0; a pesar de esto, las precipitaciones con pH mayor no siempre pudieran ser consideradas libres de influencias antropogénicas, debido a que el agua de lluvia es un buffer natural (Howells, 1990)

El bióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y el ácido sulfhídrico durante su transporte y dispersión sufren una serie de reacciones hasta su conversión de sulfatos y nitratos con la consiguiente formación de iones de hidrógeno, ácido sulfúrico, ácido nítrico y de otras especies ácidas, estas reacciones pueden darse en el interior de las gotas de lluvia (***rainout***), en el interior de la nube (***washout***) o bien en fase gaseosa y los compuestos resultantes se incorporan en el agua de lluvia (Galloway *et al,* 1982).

El punto de la Depositación puede estar cerca o lejos de su fuente dependiendo de la altura, fuente y de la naturaleza química de la atmósfera, o bien de la abundancia del agua líquida y a su fuerza.

2.4 Depositación seca

Los contaminantes también pueden ser captados por el dosel de la vegetación en ausencia de precipitación pluvial por el proceso de depositación seca (Chamberlain, 1960), el cual esta definido de acuerdo a Hutchinson & Havas(1980) como la remoción del material desde la atmósfera cuando este no precipita, así mismo el autor lo clasifica en tres categorías:

a) Sedimentación (*Dry Fallout*) se refiere a la caída gravitacional de las partículas y esta se incrementa con el diámetro aerodinámico de las mismas, siendo importantes los diámetros mayores a 200 micras; aunque este tamaño de las partículas guarda una velocidad de depositación, esta es insignificante comparada con el desplazamiento por movimientos verticales de la atmósfera.

Las partículas arrastradas por el aire pueden ser en sí químicamente inertes o activas, podrían ser inertes pero absorber de la atmósfera sustancias que las active químicamente; o si no, se pueden combinar con otras tantas para formar especies químicamente activas, estas pueden causar daños químicos directos, ya sea por su corrosividad intrínseca o por la acción de sustancias químicas corrosivas absorbidas o adsorbidas, por partículas inertes emitidas a la atmósfera.

b) Aerosoles: son materiales pequeños y se depositan gravitacionalmente, más bien se impactan y deposita sobre las superficies y son de un tamaño menor a 10 μ y están formado por las reacciones atmosféricas fase-gas que crean aerosoles submicrón (p.e. $(NH_4)2SO_4$; NH_4NO_3, etc.).

Los nitratos y sulfatos son los compuestos particulados dominantes del nitrógeno y el azufre, pero por su naturaleza higroscópica forman aerosoles de NO_3 y SO_4 que se presentan generalmente en forma de gotas lo cual es muy importante para la Depositación en las superficies foliares.

c) Gases: Se encuentran presentes en la atmósfera (SO_x, NO_x, CO_2, O_3, entre otros.) y son absorbidos por el follaje o suelos En la vegetación los gases contaminantes pueden ser acumulados en las hojas por disolución con agua, absorbidos por las cutículas de las hojas, en fluidos intercelulares pasando a través de los estomas.

La mayor concentración de partículas y gases contaminantes se producen durante el invierno , en esta temporada no se presentan lluvias y los vientos son variados permitiendo que las partículas se mantengan suspendidas por un tiempo mas largo en la atmósfera aumentando el nivel de peligrosidad

2.5 Depositación en la vegetación

La vegetación es un receptor importante de las emisiones atmosféricas principalmente por su gran área de superficie. La Depositación seca no puede ser apartada de los estudios del papel de la atmósfera en los ciclos geoquímicos, particularmente cuando un constituyente de la Depositación Seca proviene del dosel en una forma disponible (solubles en agua); mientras que los elementos transportados hacia el dosel en una forma insoluble pueden tener consecuencias limitadas, un elemento de alta solubilidad puede ser movilizado cuando se expone a la humedad del follaje, esto puede tener un efecto nutricional o tóxico para la comunidad de plantas receptoras. En áreas forestales hay una variabilidad grande de la depositación la cual se atribuye a la diferencia de especies arbóreas, densidad del dosel (Hutchinson and Havas, 1980, Draaijers *et al,* 1991,1992)

En términos de efectos en la interacción de contaminantes, dos fenómenos mayores pueden ser clasificados como procesos; uno toma lugar en la superficie de la hoja y el otro usa la superficie de la hoja para realizar una reacción superficial, por lo tanto la hoja puede ser un participante activo o pasivo en este proceso (D'itri, 1982).

Durante el avance de la época de secas el follaje de la vegetación puede ser humedecido por la formación de niebla lluvia o rocío, en climas de media altitud uno puede esperar que las superficies de las hojas llegan a ser más eficientes para la depositación seca de gases o quizá más eficientes en la retención de partículas debido a los efectos de tensión superficial (Unsworth and Fowler, 1976). Cuando las hojas son humedecidas con rocío, la tensión superficial disminuye mucho (cercana a cero). Como el dióxido de Azufre se disuelve en la capa o película de humedad de la superficie de las hojas por lo que el pH del rocío disminuye, la superficie de la hoja está incluida en la interacción dinámica con la atmósfera (Vaughan, 1976) lista con un número de factores extrínsecos que operan en la superficie de la hoja el cual puede modificar significativamente la absorción subsecuente y procesos asociados de traslocación con depositación de partículas. Estos factores incluyen humedad, precipitación, ciclo de luz, masa de la hoja, y tamaño de la partícula de aerosol.

La Depositación Seca está considerada como "crónica" por la exposición acumulada en la vegetación, hacia los constituyentes atmosféricos.

2.6 Efectos en la vegetación

Una de las primeras manifestaciones observadas por (Bonneau, 1989) fue el debilitamiento del árbol por la pérdida de sus hojas, en las coníferas la perdida foliar empieza por las agujas más viejas, seguido de amarillamiento de agujas de *Picea* tanto en individuos adultos como en jóvenes. En arboles de hoja caduca existe aclarado de las coronas; en las coniferas la degradación de la copa se produce del exterior al interior.

Los síntomas del daño de la contaminación, son más claro para coníferas que en arboles de hoja ancha, bajas dosis de contaminantes causan clorosis, especialmente en agujas viejas ocasionando un desprendimiento prematuro, unas altas concentraciones de SO_2 inducen la quemadura de las hojas(Evans & Miller, 1975; Jager, 1976; Norby & Kozlowski, 1981)

El daño a la vegetación por fluoruro desde fuentes industriales fue descrito alrededor de los 50's, el ozono es el más importante fitotóxico en el complejo fue primero identificado por Richards *et al.* en 1958, el P.A.N. (peroxiacetil-nitrato) fue identificado en 1961 por Stephens *et al.* como causa del vidriado y bronceado debajo de la superficie de ciertas hojas sensitivas; el dióxido de Nitrógeno ha sido considerado generalmente de menor importancia porque esta es el principio del daño a la vegetación sin ser demasiado altos que por los provocados por el SO_2.

El daño visible generalmente es clasificado como agudo y crónico, el daño agudo generalmente causa muerte celular aunque esto solo puede afectar una pequeña parte de una hoja dada, esto es por causa de la disrupción de membranas celulares con una pérdida del contenido celular, seguido por muerte celular. El desarrollo subsecuente de patrones necróticos tienden hacia las características de un determinado contaminante. Los síntomas agudos están asociados con cortas exposiciones (medidas en horas) a concentraciones variadas de contaminantes y usualmente aparecen con 24h. después de la exposición.

El daño crónico puede ser ligero o severo. La disrupción o actividad celular normal puede estar seguida por clorosis u otro color o cambio de pigmento que pueden causar eventualmente muerte celular. El daño crónico aparece como una senescencia foliar temprana con o sin absición foliar. Los patrones de daño están generalmente caracterizados por un contaminante dado y es fácilmente confundido con síntomas causados por enfermedades parasitarias, insectos, factores nutricionales u otras tensiones ambientales. (Treshow; 1985, Koslowski; 1986; Kennet, 1994).

III. ANTECEDENTES

3.1 Métodos de Monitoreo de la Depositación

Las dificultades en la medición de la depositación húmeda y seca son muy diferentes, en primera instancia, porque la depositación húmeda es más fácil de colectar, mientras que la depositación seca es la combinación de algunos procesos complejos (caída gravitacional, impactación de aerosoles, intercambio gaseoso), lo cual dificulta la colecta y la implementación de una técnica que reproduzca los mecanismos de depositación natural. La relativa facilidad para la colecta de depositación húmeda, las metodologías de investigación están más avanzadas, los cuales se documentan en reportes de algunas investigaciones sobre el diseño de colectores, selección de periodo de muestreo, estabilidad de la muestra, etc. (Granat, 1974, WMO, 1978, Berry *et al.* 1975, Galloway and Likens, 1976,) y en México por Báez *et al.* 1997.

3.2 Métodos para la colecta de la depositación húmeda

La colecta de precipitación total (Depositación húmeda y seca) fue descrita en Hubbard Brook desde 1963. Sin embargo, desde 1975 un esfuerzo más intenso se realizó cuando se determinó la contribución de componentes húmedos y secos en la precipitación total de este ecosistema.

Para la colecta de **precipitación húmeda (lluvia, granizo o nieve/agua nieve)** se utiliza en campo, un embudo colector que se abre al momento de iniciarse la lluvia. (Galloway and Likens 1978,Galloway and Parker, 1980), también Gatz, *et al.*, 1971, Turner and Brunsdon, 1978, Raynor y McNeil, 1979, utilizaron equipos automáticos para colectar la lluvia, y colecta por fracciones. El análisis de la estabilidad ionica de muestras de la precipitación (Peden & Skowron, 1978) constituye un factor determinante en las reacciones de absorción y desabsorción, de ahí la diferencia entre los resultados de equipos manuales y automáticos. Otra variante es la colocación de los contenedores mencionados pero estos permanecen abiertos todo el tiempo tanto cuando llueve como cuando no llueve, obteniendo así la **precipitación húmeda y seca total**. La lluvia durante su transcurso hacia el suelo atraviesa por el dosel del bosque (***Throughfall***) por lo que la contribución de la lluvia mas el lavado que ejerce sobre el follaje se colecta mediante la colocación de contenedores bajo el dosel (tubos de plástico cortados por mitad a lo largo) y cuando ocurren los eventos de lluvia se colecta el agua que gotea. (Galloway and Parker, 1980, Erissman, 1994)

3.3 Métodos para la colecta de la depositación seca

Como ya lo mencionamos los procesos que intervienen en la depositación seca son complejos, uno de ellos es la caída gravitacional de partículas (***Dry fallout***), de las cuales se han medido sus velocidades de depositación sobre las superficies (follaje, suelo, cuerpos de agua, etc.). Uno de métodos más utilizados es la colocación de contenedores abiertos en campo (Erissman 1992), así mismo se han estimado la velocidad de impactación y absorción de gases y aerosoles (Galloway and Parker, 1980). Miranda, *et al*, (1992) utilizaron una Unidad de filtros apilados la cual separa las partículas con tamaños de 2.5 a 15 μm (gruesas) y menores a 2.5 mm (finas "aerosoles")

3.4 Métodos de acumulación en superficies

La depositación seca puede estimarse midiendo la depositación en la superficie misma directamente o indirectamente, utilizando en campo superficies de teflón, cajas petri, platos anchos, Papel filtro entre otras, las cuales se aproximan a las superficies naturales (Schlesinger and Reiners 1974). De acuerdo con Galloway and Parker, 1980 y Erisman 1994 este método simula escasamente la situación actual de las superficies foliares ya que existen muchos factores que influyen directamente de los cuales mencionamos algunos: geometría de la hoja, rugosidad, humedad, cantidad de estomas(tamaño, número y abiertos o cerrados)

Lindberg *et al.* (1976) mencionan que el método directo consiste en el lavado controlado de partes escindidas de plantas en donde las muestras son tomadas periódicamente y el agua de lavado incrementa su concentración y composición por la adición de la depositación seca acumulada

Lindberg and Turner lavaron hojas y ramas de algunas especies expuestas a concentraciones conocidas de un aerosol, en tales lavados se observaron materiales "robados" desde el tejido de la planta y como ya lo hemos mencionado todos los materiales absorbidos y depositados en la hoja del árbol, por otro lado Lindberg & Shriner, 1982 mencionan que con la cantidad de depositación seca soluble en agua sobre la superficie del dosel es posible estimar las concentraciones superficie –área del material seco depositado en la hoja.

Sin embargo el lavado de las hojas se ha realizado mas ampliamente utilizando **el método de *Throughfall* (a través del follaje)**, cuya finalidad es observar el efecto de los contaminantes sobre las hojas de los arboles, las cuales han sido lavadas por la lluvia o neblina ácida, tanto en condiciones de campo como en experimentos de laboratorio

La respuesta del follaje de la planta a la exposición de lluvia ácida simulada se ha realizado por Wood and Borman, 1975,1977,1979; Fiaras and Lepe, 1975; Ferenbaugh. 1976; Shriner, 1976; Evans, Gmur & Da Costa, 1979; Evans, 1981; Paoletti *et al* 1989.

Estudios teóricos y experimentales han puntualizado hacia el intercambio de H+ como el principal mecanismo de Extracción (Leaching) de cationes desde la superficie foliar (Tukey, 1966; Wood and Borman, 1975; Hindawi *et al*, 1980; Batskoy and Klein, 1983; Evans *et al*, 1985.

Raynal *et al*, 1985 evaluaron el flujo del movimiento iónico en dos bosques (fig. 2), donde estuvieron expuestos a la misma concentración de precipitación total, durante el periodo de un año, alrededor de 65 a 74 cm de agua fue interceptada por el follaje de latifoliadas y coníferas respectivamente

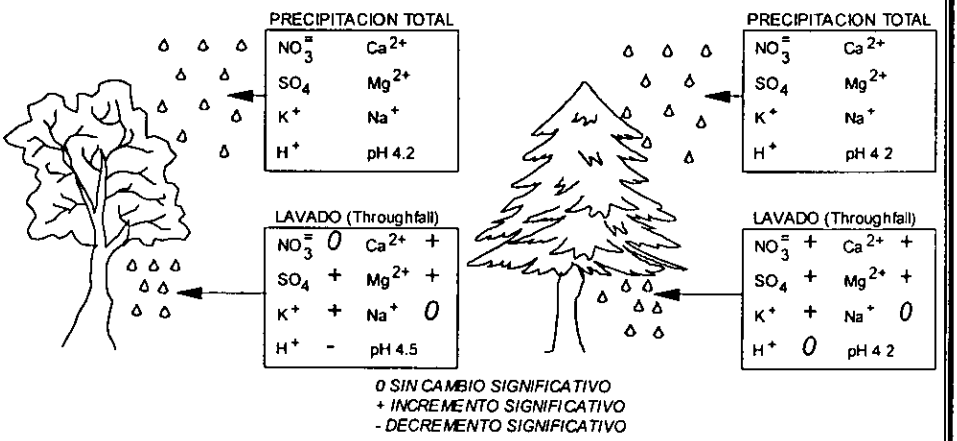


Fig. 2 Patrón de movimiento iónico desde la atmósfera (Precipitación total) a través del follaje del árbol en Huntington Forest, E.E.U.U. (Raynal *et al*, 1985).

Los resultados evidencian que el flujo de sulfatos, potasio, calcio y magnesio es más alto en el lavado que en la precipitación. El flujo de nitrato y sodio se afecta muy poco en arboles de copa ancha. El follaje de latifoliadas retiene iones hidrogeno, por lo tanto el flujo decrece ligeramente en el follaje de coníferas y finalmente el flujo de sulfatos y de calcio fue mayor en coníferas.

Un estudio similar fue realizado por Dudley y Rayna 1982 donde cuantificaron la precipitación total y el lavado en coníferas del bosque de Adirondrack obteniendo el siguiente orden de concentraciones.

Cationes $H^+ > NH_4^+ > Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > K^+$

Aniones $SO_4^= > NO_3^- > Cl^- > PO_4^{3-}$

Estos resultados fueron similares en la precipitación total y el lavado del dosel del bosque.

Un estudio más completo donde determinaron los diferentes procesos en los que interviene el ion Sulfuro (S) fue realizado por Eaton, 1982 obteniendo las siguientes concentraciones:

Cuadro 2 Ecosistema al norte del bosque de Hardwood (procesos de depositación)

Proceso	Kg-S/ha/año
Depositación neta gaseosa	5.8
Depositación particulada	0.3
Contribución del suelo (Litter fall)	5.8
Lavado de follaje + lavado de tallos + lavado de tronco (Throughfall and stemflow)	21.0
Translocación	1.3
Precipitación Total	12.7
Depositación gaseosa más impactación particulada	6.1

Muhlbaier (1984) estimó velocidades depositación de los iones nitratos, sulfatos, cloruros sodio y potasio durante las cuatro estaciones del año en el Suroeste de Michigan, concluyendo que para la época seca (invierno) que $NO_3 > SO_4 > Cl > Na > K$. Otro tipo de experimentos es el tratamiento de exposición de ácidos (neblina), detergentes sobre superficies foliares de *Quercus ilex, Fagus sylvatica, Acer opalus, Evonimus japonicus* y *Phaseolus vulgaris* y han sido explicados por Paoletti *et al.* 1989, donde observaron que los cationes son preferentemente extraídos a pH bajos y por otro lado a pH bajos más un surfactante (detergente) en el follaje hubo una pequeña reducción de la extracción para los elementos investigados.

Las investigaciones se han centrado principalmente a la medición del lavado de follaje durante la época de lluvia (***Throughfall***) por ser un método barato, fácil de implementar en campo, que considera la alta variabilidad espacial de la depositación seca y existe incertidumbre en otros métodos, es así como se obtuvo la estimación de la depositación seca (Van E.K. & Draaijers, 1994 De acuerdo con la National Dry Deposition Network (NDDN) la cual es parte del Clean Air Status and Trends Network (CASTNET) de los E.E.U.U. menciona que es posible obtener mediante técnicas inferenciales el cálculo de la depositación seca total, donde:

Net Throughfall = Throughfall + Stemflow – Bulk deposition

Butler & Likens, 1995

En otras palabras, el lavado neto del follaje (***Net Throughfall***) es posible obtenerlo de la suma de la concentración del agua de la precipitación que ha atravesado el follaje (***Throughfall***) más la concentración del agua de lluvia que ha recorrido tallos y tronco (***Stemflow***) menos la concentración total del agua de lluvia (***Bulk deposition***); la concentración obtenida es depositación seca más la recolección foliar interna (Nighlard, 1970; Eaton *et al.* 1973, Heninrichs and Marey, 1980).

Kovacs, Klinsek y Podani (1982) lavaron hojas con agua destilada para medir la acumulación de contaminantes en arboles urbanos de Budapest donde hicieron un muestreo de 1 Kg de masa a intervalos de 30 días a 400,000 individuos. Los resultados obtenidos evidencian que las concentraciones de N, P, K y Cu decrecen durante el periodo vegetativo: Ca, Mg S, Fe, Mg, Pb y Cd aumentan durante el periodo vegetativo y Mn y Zn permanecen sin cambios.

En comparación con las zonas rurales se encontró que:

	Acer platanoides		*Aesculus hippocastanum*	
	urbana (ppm)	**rural (ppm)**	**Urbana (ppm)**	**rural (ppm)**
K	**1.42**	**1.11**	**1.27**	**1.57**
Na	**0.14**	**0.06**	**0.32**	**0.05**

Es mas alta la concentración para sodio y potasio en zonas urbanas que en zonas rurales.

IV. HIPOTESIS

Al inicio de la época de seca, la acumulación de material particulado, aerosoles y gases va aumentando conforme avanza la temporada, debido a la falta de un mecanismo de limpieza o lavado del dosel de los arboles, el cual ocurre durante la época de lluvias (Depositación húmeda) llevando consigo el material depositado en el dosel del árbol hacia el suelo, por lo que se esperará que las concentraciones de los distintos iones capturados en la superficie foliar de *Quercus rugosa* y *Cupressus lindelyi* vayan también en aumento; de ahí, que se espere una relación directamente proporcional de la concentración vs tiempo transcurrido.

Por lo tanto:

[1] **Ho:** $\mu_{DA\text{-}DIC} = \mu_{DA\text{-}FEB} = \mu_{DA\text{-}ABR}$ (ION x TIEMPO)

[2] **Ho:** $\mu_{QUERCUS} = \mu_{CUPRESSUS}$ (ION x ESPECIE)

Entonces al tomar muestras escindidas de follaje del mismo árbol durante la época de secas y determinar los iones de las fracciones solubles de estas, se espera encontrar que las concentraciones de los diferentes cationes y aniones principalmente Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Amonio (NH_4^+), Cloruros (Cl^-), Nitratos (NO_3^-) y Sulfatos ($SO_4^{=}$), irán en aumento conforme transcurre el tiempo.

Es importante señalar que aunque se realiza el estudio durante la época de secas, por las características del bosque se ve afectada dicha regla de correspondencia la presencia de agua (en forma de rocío, neblina, transpiración foliar y del suelo) ya que tiene una gran participación en este fenómeno de depositación, debido a la disolución de los compuestos, lo cual aumenta su velocidad de sedimentación así como su absorción foliar

La reacción de los óxidos de azufre (SOx) y óxidos de nitrógeno (NOx) con agua dan lugar a la formación de ácido sulfúrico y ácido nítrico respectivamente, los cuales al ser depositados sobre las hojas extraen los nutrientes en particular Na, K, Ca y Mg con una mayor rapidez que la empleada por las raíces en reemplazarlos. También el ozono podría agravar la extracción de nutrientes al degradar la estructura cérea impermeable de las hojas.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

DETERMINAR LA DEPOSITACIÓN ÁCIDA SECA EN DOS POBLACIONES ARBÓREAS A TRAVÉS DE SU ACUMULACIÓN EN LA SUPERFICIE DEL FOLLAJE EN EL BOSQUE "DESIERTO DE LOS LEONES"

5.2 Objetivos Específicos

- DETERMINACIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA TÉCNICA MÁS RECOMENDABLE PARA CUANTIFICAR EL LAVADO DE FOLLAJE

- CUANTIFICAR LOS PARÁMETROS QUÍMICOS: SODIO (Na^+), POTASIO (K^+), AMONIO (NH_4^+), CLORUROS (Cl^-), NITRATOS (NO_3^-), SULFATOS ($SO_4^=$) y pH DE LAS MUESTRAS COLECTADAS PARA LAS ESPECIES DE *Quercus rugosa* y *Cupressus lindelyi*

- COMPARAR LA CUANTIFICACION DE LOS PARAMETROS QUIMICOS EN RELACION AL TIEMPO, CADA DOS MESES DURANTE EL PERIODO SECO.PARA LAS DOS ESPECIES ARBOREAS.

VI. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

6.1 Ubicación

El 15 de Noviembre de 1887 por decreto del presidente Venustiano Carranza, el "Desierto de los Leones" se elevó a la categoría de Parque Nacional siendo este el primer Parque Nacional de México con el nombre de Parque Cultural y Recreativo "Desierto de los Leones" el cual se encuentra situado al suroeste de la Ciudad de México en la Delegación Cuajimalpa entre las coordenadas:

Latitud norte	190 2'21" (Extremo norte)
	190 15'18"06 (Extremo sur)
Longitud oeste	990 20'18"10 (Extremo oeste)
	990 20'18"09 (Extremo este)

Se localiza en el vértice que forman la sierra de Las Cruces y las estribaciones septentrionales de la sierra del Ajusco; el terreno donde se localiza el Parque consta de dos ramales montañosos que parten del cerro de San Miguel, uno de ellos va hacia el noroeste formado por los cerros Pretorio, Ixtlauatongo, Santo Domingo y La Forestal, el otro hacia el noreste formado por el cerro Cruz de Colíca y otros localizados fuera del límite del Parque; entre uno y otro ramal existe una cañada por la que corre el río San Borja, al oeste del cual, en la zona norte del Parque se localiza el llamado cerro central, sobre el que se encuentra situado el convento). En la zona sur se encuentra la mayor altura del parque con 3,797 msnm. que corresponde al cerro de San Miguel. con una altitud media de 3250 msnm. con elevaciones de 2,700 y 3,775 msnm.

El Parque tiene una superficie de 2,132 Has, de una forma poligonal alargada cuyo eje sigue rumbo al suroeste-noroeste con una superficie total de 1,529 Has. según el plano de expropiacion del 19 de diciembre de 1983 de la Secretaría de la Reforma Agraria (S.R.A.).

De acuerdo a Freyemut 1952 y Sosa 1952 los límites del Parque son:

Al norte	La Venta de Cuajimalpa y los Bosques de Buenavista.
Al este	Los montes Comunales de la Magdalena Contreras y Santa Rosa Xochiac.
Al oeste	Los montes Comunales de Acupilco.
Al sur.	La continuación de este último bosque, el cerro de San Miguel y los montes Comunales de la Magdalena Contreras.

6.2 Clima

Según la clasificación de Köepen modificada por Garcia en 1973, el tipo de clima del "Desierto de los Leones" corresponde a:

C (w2) (w) (B') ig

Donde:

C (w2)	Templado con lluvias en verano, % de lluvia invernal entre 5 y 10-12 de la anual, precipitación del mes seco 40 mm.; en el mes más húmedo con lluvias en verano.
w	% de la lluvia invernal 5 de la anual, verano fresco temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22°C.
B'	Semifrío con verano fresco largo, oscilación del mes más frio de -3øC a 18°C.
i .-	Isotermal, oscilación de 5°C.
g	Indica marcha de temperatura tipo ganges, es decir, que el mes más caliente es antes de junio.

Según el Servicio Meteorológico Mexicano (SARH 1978), señala que existen en el parque 8 ambientes climáticos que van desde el fresco subhúmedo al muy frío subhúmedo, modificándose progresivamente de norte a sur conforme el relieve se vuelve más abrupto y al aumentar la elevación los vientos dominantes desplazan masas de aire frío.

Temperatura

La temperatura media anual es de 9.8°C la máxima se presenta en mayo (primavera) y el promedio anual es de 12.7°C mientras que la mínima en enero (invierno) con un promedio anual de 8.4°C.

Precipitación pluvial

El régimen tiene dos periodos claramente definidos a lo largo del año, la temporada húmeda se verifica durante 7 meses iniciándose en abril con lluvias moderadas, intensificándose en junio alcanzando máxima precipitación de julio a septiembre y en el mes de octubre decrece y de noviembre a marzo es de secas.

Vientos

El viento es el componente horizontal del movimiento del aire, este movimiento es el que se registra en las estaciones meteorológicas ordinarias y se caracteriza por presentar los parámetros de velocidad y dirección. En acuerdo a un estadío técnico realizado en el Parque (COCODER: Bustamante 1985) y después de un análisis de los datos recopilados, en 13 estaciones meteorológicas en las que se incluyen las ubicadas dentro del mismo. Los registros reportan la condición viento en calma, velocidad menor a 1m/s o sin viento que ocupan las cuatro épocas con los porcentajes siguientes:

Primavera	33.7 %	Verano	35.8 %
Otoño	32.7 %	Invierno	28.5 %

En las cuatro épocas del año el comportamiento general consiste en lo siguiente:

Calma	32.6 %	Suroeste	5.4 %
Norte	31.3 %	Este	4.3 %
Sur	11.6 %	Noreste	2.7 %
Oeste	6.1 %	Noroeste	2.3 %

El Desierto de los Leones se ve influenciado por los vientos del Norte y se refiere a que estos acarrean las sustancias contaminantes producidas por los complejos industriales ubicados en aquella zona.

6.3 Hidrología

En el área del Parque Nacional tiene origen el arroyo Agua de Leones y el río Santo Desierto que son los afluentes del río Hondo y Mixcoac respectivamente. El arroyo agua de Leones pierde su nombre al unirse con El Borracho, continuando este hasta después de coincidir con el río Ajolote para formar el río Hondo.

El río Mixcoac tiene su origen en un conjunto de pequeños afluentes: Llorona, Palomas, Pileta, San Miguel, La Portería, Zorrillos, San José, Monarcos, Arco de las Canoas, Cuacuma, Ocotes, Chapulines, Lobos, San Borja, este último junto con el Agua de los Leones se consideran los ríos permanentes y al unirse forman el río Santo Desierto (Cocoder, 1986).

6.4 Flora

Río de la Loza y Traveri (Sosa 1952) presentan listados florísticos de Helechos y otras criptógamas principalmente de gramíneas y compuestas, entre otras familias.
Sosa menciona los siguientes estratos para el Desierto de los Leones estrato rasante, estrato herbáceo, estrato arbustivo y estrato arbóreo.

Estrato rasante

También es conocido como tapiz e incluye a las plantas menores a los 5 cm; protege al suelo contra la erosión superficial y la lixiviación en el suelo. Los hongos de la clase Basidiomicetos constituyen las principales especies de este estrato y se les encuentra en forma abundante bajo la cubierta boscosa, estos hongos son los principales saprófitos y proliferan debido a la intensa humedad y estado de vejez del agua. Integran este estrato 5 especies.

Estrato herbáceo

Es un estrato muy abundante cuya altura varía de centímetros hasta una altura máxima de metro y medio cuando es muy abundante impide la penetración de la luz hasta el estrato rasante provocando un aumento de humedad facilitando la proliferación de este último, por otra parte permite la infiltración de agua hasta las capas más profundas del suelo y con ello, un aumento en la humedad. de lixiviación y erosión superficial. Integran este estrato 35 especies (anexo)

Estrato arbustivo

Su altura máxima es de 5 m y si es muy abundante va a inhibir el desarrollo del estrato herbáceo al impedir la penetración de la luz; una de las especies más abundantes que integran este estrato es Baccharius conferta, también llamado madre del oyamel pues con su follaje extendido proporciona las condiciones de sombra necesaria para el crecimiento del árbol mencionado Integran este estrato 16 especies.

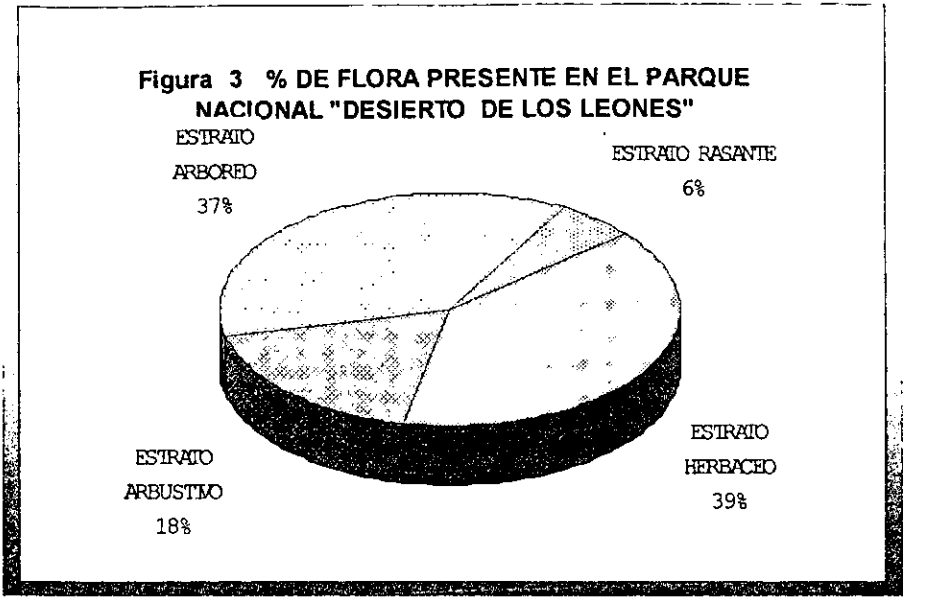
Estrato arbóreo

Este estrato esta constituido básicamente por las especies Oyamel (*Abies religiosa*) y una variedad de pino (*Pinus hartwegii*).

Algunos de los arboles de estas especies son viejos y decrépitos e incluso se encuentran muertos en pie, esto se debe a la presencia de plagas tales como *Dendroetunus adjuntus*, ya que la hembra adulta de esta especie perfora múltiples túneles en la zona del floema del árbol.

Abies religiosa y *Pinus hartwegii* ocupan dos niveles altitudinales diferentes. El nivel más bajo 2700 a 3500 msnm. se encuentra constituido básicamente por *Abies religiosa*. Se encuentran presentes 33 especies arbóreas en este parque(anexo)

Según el listado florístico obtenido por el inventario del INIF(1984) en muestreos realizados en septiembre de 1983 a marzo de 1984 en el parque se encuentran: 34 Familias, 100 Géneros, 164 especies y 27 son del estrato arbóreo 47 del arbustivo y 79 del herbáceo.



6.5 Fauna

La fauna existente en el parque, ha sido reportada por pocos trabajos, en los cuales su registro data principalmente a mediados de siglo por otra parte la información de estos se localiza en forma aislada.

Uno de los trabajos más completos que abarcan cuatro clases de vertebrados que podrían integrar a la fauna silvestre del Parque son los de Smith y Taylor (1950) y Ceballos y Galindo (1984), en ellos se mencionan 8 especies de anfibios, 25 de reptiles, 18 de aves y 10 de mamíferos.

Actualmente se lleva acabo un inventario y diagnóstico de los recursos naturales por la Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural del D.D.F. (COCODER) del proyecto de fauna silvestre presente en el parque, los resultados reportados son los siguientes:

Se registraron un total de 53 especies de aves, 45.28% fue de aves migratorias y 7% son endémicas de la avifauna de México.

Se registraron 11 especies de mamíferos medianos y grandes que representan a 7 familias y 61% de la mastofauna para la sierra del Ajusco.

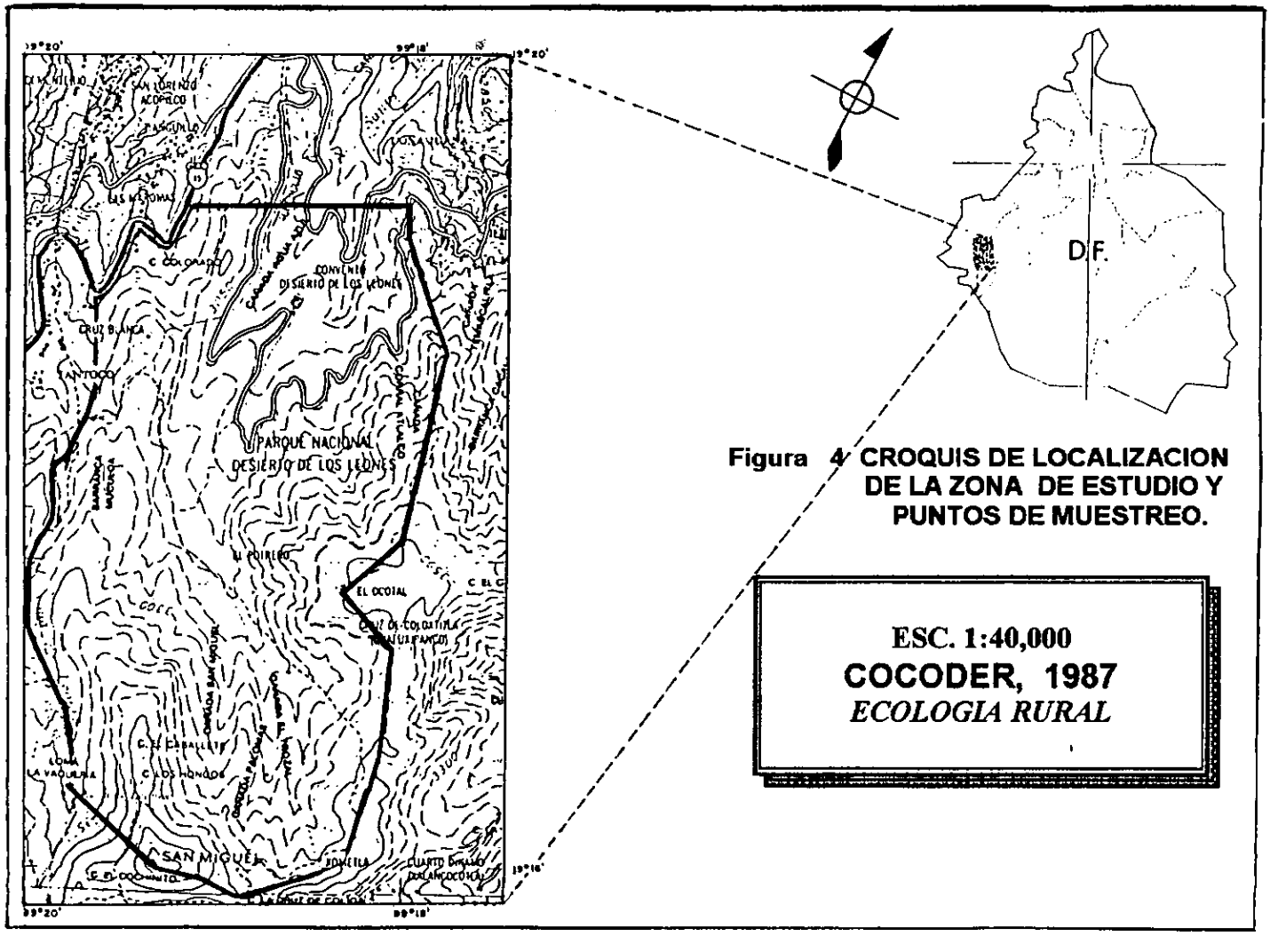


Figura 4 CROQUIS DE LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO Y PUNTOS DE MUESTREO.

VII. MATERIAL Y METODO

El Desierto de los Leones se eligió por ser uno de los Parques Nacionales más importantes para los habitantes del Distrito federal y por poseer un bosque en condiciones de afectación por la depositación ácida.

Con el apoyo de las cartas de vegetación escala 1:25,000, así como los estudios florísticos donde realizan descripciones de abundancia y distribución de las especies a estudiar, con ello se localizaron las especies potenciales para realizar el presente estudio a saber:

Cupressus lindelyi (**Cedro**) Su estructura de follaje permite la retención de partículas y polvos en sus intersticios.

Quercus rugosa (**Encino**), La superficie rugosa permite la retención de polvos, partículas, humedad en contraste con arboles de hoja lisa

Estas especies se caracterizan por ser de hoja perenne además de ser más susceptibles a la contaminación

Las especies arbóreas elegidas se localizan en un mismo gradiente altitudinal (3,000 y 3,2000 msnm.). Mediante una selección estratificada al azar se ubicaron cuatro puntos de muestreo, ubicados en el mapa topográfico, en cada punto se escogieron 3 parejas de arboles (cedro y encino y en cada árbol, se colectaron 3 muestras de follaje (figura 4), durante tres periodos de la época de secas.

Obteniendo un total de 36 muestras para Cedro y 36 muestras para Encino para cada período.

Para cada período de muestreo, se realizó lo siguiente:

ENCINO.

Se tomaron 5 hojas escindidas a fin de asegurar de 100 a 110 cm^2 de superficie de captación; realizando un total de tres colectas (repeticiones) por cada árbol. (Kovacs in Steubing,1982, Paoletti, 1989)

CEDRO.

Se tomaron partes de follaje a fin de asegurar ~15 gramos de masa de captación; realizando un total de tres colectas (repeticiones) por cada árbol. (Kovacs in Steubing,1982, Paoletti, 1989)

El procedimiento realizado en campo fue el siguiente: (Figura 5)

- En el ENCINO las hojas se cortaron en su base para completar un total de 5 hojas aproximadamente por muestra (100 cm^2) y para CEDRO se tomaron muestras de aproximadamente 15 gramos (Kovacs 1982)
- Las muestras tomadas se introdujeron en envases de polietileno con 200 ml de agua desionizada durante 2 días para la obtención del lavado de acuerdo a (Kovacs 1982, Tukey in Koslowski 1982, Sequeira 1988, Prakasa 1992), volumen mínimo necesario para la cuantificación de la concentración de los diferentes iones, posteriormente se extrajo el follaje y se tomaron medidas morfométricas (Area para ENCINO y Peso para CEDRO.) Para obtener una relación área-concentración-tiempo para ENCINO y masa-concentración-tiempo para CEDRO.
- La solución de lavado se filtró para eliminar partículas no solubles y restos de follaje, el mantenimiento de la solución de lavado se realizó de acuerdo a (Galloway & Likens 1979, Peden & Skowrown, 1980).
- Para establecer las técnicas que ayudarían a determinar los iones Na^+, K^+, NH_4^+, Cl^-, NO_3^-, $SO_4^=$, y pH fue necesario hacer una revisión y elección de las más adecuadas para su implementación en el laboratorio (Rodier 1978, Peden (*Methods for Collection & Análisis of Precipitación)* 1986, Padilla 1989, y O.M.M. (Organización Mundial Meteorológica), Standard Methods 1992, de acuerdo con los recursos que cuenta la FES ZARAGOZA.

De dichas técnicas se tomaron en cuenta los siguientes criterios para la determinación de los iones.

- Disponibilidad de los reactivos necesarios para cada técnica en el Laboratorio de Contaminación Atmosférica de la Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza" o en su defecto tener un precio accesible para su adquisición.
- La técnica debe de tener un rango de sensibilidad alto con respecto a los valores esperados del deposito seco atmosférico.
- Rapidez de la técnica para permitir el análisis de muestras en serie.
- Minimización del error experimental por la reducción pasos en el procedimiento.
- Repetibilidad, Exactitud y Precisión.
- Además de coincidir con los métodos sugeridos por la Organización Mundial Meteorológica (O.M.M.)

En las colectas fue necesario implementar precauciones para minimizar errores experimentales en la toma de muestra las cuales son las siguientes:

a) En la toma de muestra los colectores deben de estar completamente secos y tapados.

b) El agua extractora debe de ser la misma que se use para la preparación de reactivos y curvas patrón. (con esto se reduce el error en la determinación de las concentraciones de iones de la solución de lavado, al ajustar a cero la solución patrón de nuestra curva).

c) Para el Encino se debe de evitar colectar hojas incompletas, dañadas, nuevas o pequeñas.

Incompletas.- No reflejan el área foliar de captación

Dañadas.- Ya estuvieron sujetas a un efecto ajeno al estudio realizado.

Nuevas o pequeñas.- No refleja la variabilidad temporal de estudio.

Maduras.- Tamaño adecuado para la colecta, significa que ya ha pasado por una temporada húmeda y/o seca anterior a la del estudio.

d) Las muestras tomadas deben de ser de la parte media del árbol y alrededor de este.

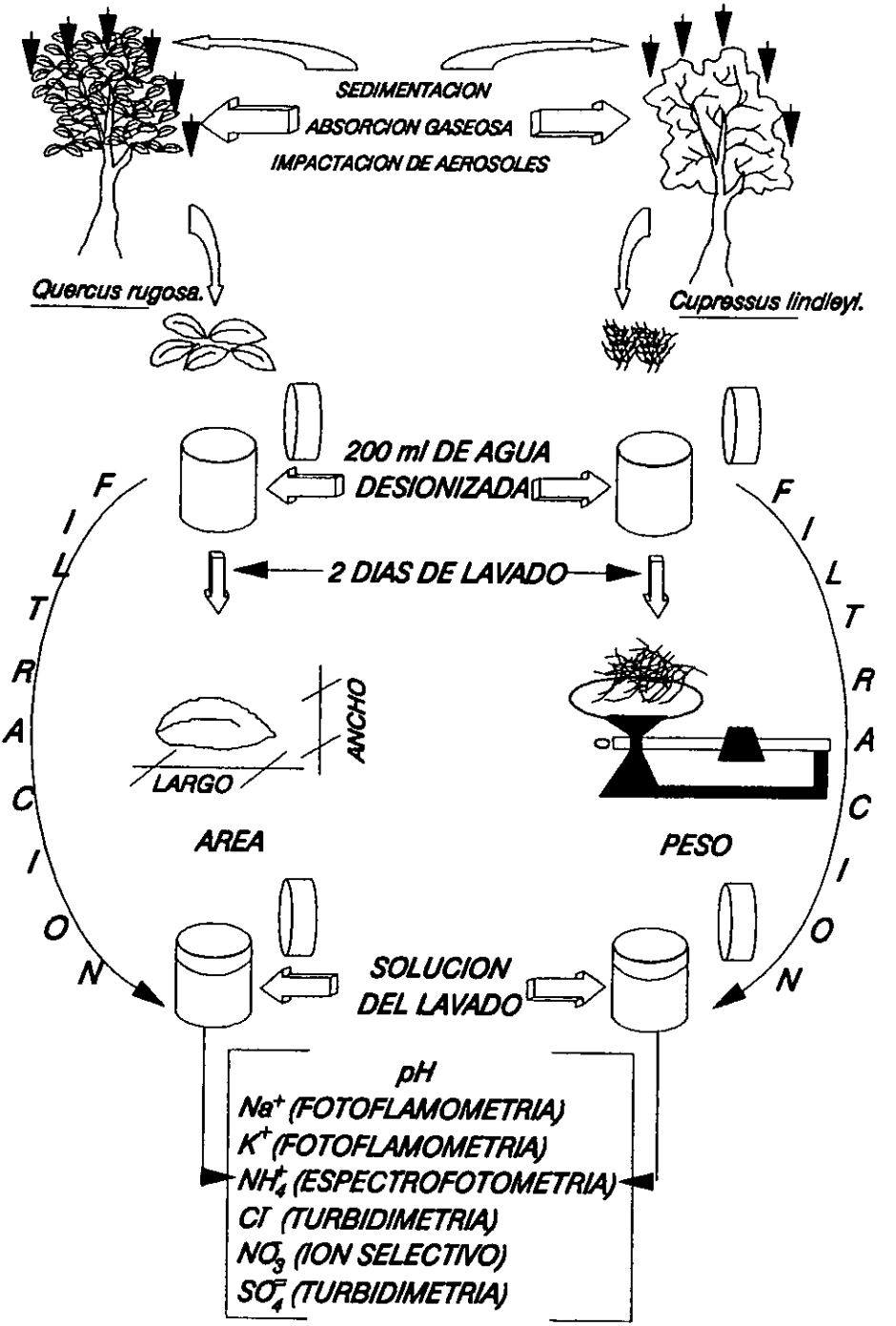
e) Se deben usar tijeras para cortar y pinzas para asir el follaje con cuidado de no remover lo que se encuentra en su superficie.

f) Se debe evitar el contacto con las manos en el interior de los contenedores ni con las muestras (la transpiración natural de las manos puede afectar las concentraciones de iones) (Galloway and Parker, 1980).

- La tabulación de datos se realizó con la ayuda del paquete EXCEL Ver. 5 y 97, La graficación con el paquete EXCEL ver.5 y 97, para el tratamiento estadístico se utilizó STAT GRAPHICS ver. 5.

- Para establecer la relación visual de la concentracion-área-tiempo y concentración-peso-tiempo fue necesario hacer gráficas de polígonos a fin de determinar la variabilidad en la concentración en cada uno de los iones.
- Posteriormente se procedió a la aplicación de una ANOVA a fin de probar la diferencia de medias (Tukey con 95 % de confianza) entre ion vs tiempo (diciembre-febrero-abril) y ion vs especie (cedro-encino)
- El efecto conjunto entre aniones y cationes fue probado con un análisis de correlación canónica.

Fig. 5 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA DETERMINACION QUIMICA DEL LAVADO DE FOLLAJE DE Cupressus sp. y Quercus sp.



VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Evaluación de técnicas

Para el estudio del fenómeno de la Depositación Seca, intervienen dos factores determinantes; en el primero se consideran las técnicas analíticas y en el segundo, el material biológico o biomonitor, es decir, superficie de exposición o captación.

Primero nos ocuparemos de las técnicas y sus correspondientes procedimientos (métodos), así de entre las más convencionales para la determinación del depósito seco considerando las ventajas y desventajas se procedió a realizar una búsqueda bibliográfica extensiva, comparando las técnicas entre sí, propuestas por (Rodier 1978, Standard Methods 18° Ed. 1992, Peden (*Methods for Collection & Análisis of Precipitación*) 1986, Padilla1 989, Ecological Materials y O.M.M. (Organización Mundial Meteorológica). En tales referencias se sugieren las técnicas más apropiadas para la cuantificación de algunos iones que conforman el depósito atmosférico, con relación al tipo de proceso que se pretende evaluar (*throughfall, stemflow, rainout, bulk precipitation, net Throughfall, dry-fallout*, entre otros)

Cuando se tuvieron dos o más métodos para la determinación de un ion, la selección de uno u otro dependió de los siguientes factores: la calidad relativa (repetibilidad y exactitud) de los instrumentos, precisión requerida, número de muestras y facilidad relativa de operación de los mismos, minimizando al máximo la posibilidad del error experimental.

Si bien es cierto que las técnicas convencionales fueron primeramente propuestas por la OMM, también lo es el hecho de que fueron rápidamente adecuados porque se obtuvieron de una matriz líquida, puesto que para las partículas, primero se tendría que atrapar en filtros (papel de celulosa o teflón) o bien en soluciones que químicamente inmovilizaran el contaminante en cuestión. Así, a medida que el procedimiento se fuera realizando de manera más automatizada (sensores) también se fue incluyendo diversos materiales, entre ellos los biológicos, como es el caso de las hojas y las cortezas del árbol.

Tukey 1982 in Kozlowski, Erisman 1992, llegaron a concluir que el utilizar material sintético inocuo presenta desventajas con relación a los biológicos, de ahí que las técnicas se hicieran cada vez más escrupulosas.

Finalmente y a manera de resumen, la matriz líquida (lavado de las hojas) se considera la elevada solubilidad de los iones (partículas) por lo se determinaron las siguientes técnicas

PARÁMETRO	TECNICA
Na^+	METODO DE FOTOFLAMOMETRICO
K^+	METODO DE FOTOFLAMOMETRICO
NH_4^+	METODO DEL FENATO
Cl^-	METODO TURBIDIMETRICO
NO_3^-	METODO DE ION SELECTIVO
$SO_4^{=}$	METODO TURBIDIMETRICO SO_4Ba_2

Cabe mencionar de la necesidad de diluir muestras 1:2.5, 1:5 y 1:10 en las diferentes determinaciones de $Na,^+$ K^+, NH_4^+, Cl^-, NO_3^- y $SO_4^{=}$, porque se encontró mayor concentración de lo esperado.

Así también fue necesario el apoyo del Laboratorio de Química Orgánica (Dr. Ignacio Regla) de la FES "Zaragoza", para sintetizar el ácido sulfámico reactivo útil en la determinación de NO_3^- por el método ion selectivo.

En el **cuadro 3** se muestra el análisis de las técnicas más importantes para la determinación de los diferentes iones contenidos en la solución del lavado de follaje de cedro y encino.

Cuadro 3 Comparación de las técnicas útiles para la cuantificacion de los Iones que constituye la Depositación Acida.

C A T I O N E S

PARAMETRO	TECNICA	AUTOR	COMENTARIOS	SENSIBILIDAD
SODIO	METODO FOTOMETRICO DE EMISION DE LLAMA	STANDARD METHODS 15TH ED.	ES UN METODO RAPIDO Y ANALITICO	100 microgramos/L
(Na^+)	**METODO FOTOFLAMOMETRICO**	**J.RODIER, 1976.**	**MISMO METODO DESCRITO EN SATANDARD METHODS EL CUAL FUE ELEGIDO, POR SU RAPIDEZ, SENCILLEZ Y PERMITE DETERMINACIONES EN SERIE PARA LA DETERMINACION DE LAS MUESTRAS Y EL CALCULO DE LA CURVA PATRON.**	**3 mg/L POR 1 % DE ABSORCION.**
	METODO COLORIMETRICO	J.RODIER, 1978	NO PERMITE LA DETERMINACIÓN DE TRAZAS Y ES RELATIVAMENTE POCO PRECISO	1 mg/L
	METODO GRAVIMETRICO	J.RODIER, 1978. ECOLOGICAL MATERIALS	PARA AGUAS CON GRAN CANTIDAD DE SODIO, POR LO QUE NO ES ADECUADO	NO REPORTADO
POTASIO	METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION ATOMICA	J.RODIER, 1978.	EL METODO ES EL MISMO DE LA REFERENCIA DEL STANDARD METHODS POR LO QUE SE VERIFICAN LAS DOS REFERENCIAS	3 mg/L POR 1 % DE ABSORCION.
(K^+)	METODO COLORIMETRICO	J.RODIER, 1978.	NO PERMITE LA DETERMINACION DE TRAZAS Y ES RELATIVAMENTE POCO PRECISO EN COMPARACION CON EL METODO ELEGIDO	1 mg/L
	METODO FOTOFLAMOMETRICO	**STANDARD METHODS 15TH ED. Y ECOLOGICAL MATERIALS**	**ESTE METODO PERMITE DETERMINACIONES EN SERIE POR LO QUE FUE ES EL MAS IDONEO PARA LA ADECUACION DE LA INVESTIGACIÓN, ASI COMO SU ALTA PRESICION.**	**0.1mg/L**
AMONIO	METODO DE DESTILACION Y METODO NESSLER	ECOLOGICAL MATERIALS	SE REQUIEREN ALICUOTAS DESTILADAS DE 50 ml Y 100 ml, ESPECTIVAMENTE Y SON METODOS LARGOS	*-2% EN VOLUMEN (NO APLICABLE) y 0.2 mg/l ADECUADO PERO METODO NO APLICABLE
(NH_4^+)	**METODO DEL FENATO**	**STANDARD METHODS 15TH ED.**	**METODO DE TRES PASOS QUE PERMITE LA DETERMINACION EN SERIE, ES SENSIBLE Y RAPIDO, SIENDO ESTE MAS ADECUADO PARA LA INVESTIGACION.**	**0.43 mg/L**
	METODO TRITIMETRICO (VALORACION)	STANDARD METHODS 15TH ED	SE APLICA EN MUESTRAS QUE HAN SIDO DESTILADAS ANTERIORMENTE	5-100 mg/L
	METODO DEL AZUL DE INDOFENOL	J.RODIER 1978 Y ECOLOGICAL MATERIALS	50 ML DE AGUA MUESTRA REQUERIDA A ANALIZAR CON LA PARTICIPACION DE MUCHOS REACTIVOS Y ES MUY EXTENSO EL METODO	2 MICROGRAMOS /L

A N I O N E S

PARAMETRO	TECNICA	AUTOR	COMENTARIOS	SENSIBILIDAD
CLORUROS	**METODO TURBIDIMETRICO**	**STANDARD METHODS 15TH ED.**	**CON UNA REACCION SENCILLA SE OBTIENE UNA SUSPENSION ESTABLE Y FACIL DE MEDIR EN NEFELOMETRO.**	
(Cl^-)	METODO DE MOHR (VALORACION)	J. RODIER, 1978.	NO PERMITE LA DETERMINACION DE TRAZAS Y ES RELATIVAMENTE POCO PRECISO	
	METODO VOLUMÉTRICO (TITULACION CON TYOCIANATO)	STEWART, GRIMSHAW, PARKINSON, 1976.	NO SE RECOMIENDA PARA LA DETERMINACION EN SERIE DE MUESTRAS, NO ES MUY EXACTO.	0.5 mg. DE Cl, LA PRESICION DEPENDE DEL OPERADOR.
	METODO COLORIMETRICO CON TYOCIANATO	STEWART, GRIMSHAW, PARKINSON, 1976., ECOLOGICAL MATERIALS	TARDA 24 HORAS EN OBTENER LA 1ª LECTURA, NO RECOMENDABLE PARA DETERMINACIONES EN SERIE Y.SEGÚN SNADELL 1959 ESTE METODO TIENE LIMITACIONES.	NO REPORTADA EN PARKINSON Y 0.5 mg EN ECOL. MAT.
	METODO POLAROGRAFICO	STEWART, GRIMSHAW, PARKINSON, 1976.	EN EL SEGUIMUENTO DEL METODO SE CONSIDERA LA EVAPORACION DE ALIQUOTAS, DISOLUCION DEL RESIDUO Y PREPARACION DE LA SOLUCION PARA LA DETERMINACION DEL ION	SENSIBILIDAD 50 MICROGRAMOS/ML Y LA DETECCION LIMITE ES DE 0.5 MICROGRAMOS/ML
	METODO DE CHARPENTIER VOLHARD	J.RODIER, 1978.	NO PERMITE LA DETERMINACION DE TRAZAS Y ES RELATIVAMENTE POCO PRECISO, METODO LARGO	NO REPORTADO
NITRATOS	METODO DE LA BRUCINA	METHODS DEVELOPMENT AND QUALITY ASSURANCE RESEARCH LABORATORY U.S. 1974.	40 a 50 ML DE ALIQUOTA A ANALIZAR, EL METODO ES EXTENSO POR LO QUE NO ES ADECUADO PARA LAS DETERMINACIONES EN SERIE.	0.1 A 2 mg/L
(NO_3^-)	METODO DEL ELECTRODO DE ION SELECTIVO (INSTRULAB)	INSTRULAB, S.A. DE C.V	METODO PROPORCIONAD POR LA EMPRESA EL CUAL ES EL MISMO A LA REFERENCIA DEL STANDARD METHODS AUNQUE PRESENTA INFORMACION INCOMPLETA.	0.1 A 14,000 ppm.
	NITRATE ELECTRODO SCREENING METHOD	**STANDARD METHODS 15TH ED.**	**RAPIDO, FACIL Y SENSIBLE PARA DETERMINAR**	**0.14 mg a 1,400 mg**
	METODO DEL SALICILATO SODICO	J.RODIER, 1978.	METODO MUY LARGO Y HAY QUE ELIMINAR MUCHAS INTERFERENCIAS POR LO QUE NO ES MUY ESPECIFICO	1 mg/L
	METODO IONOMETRICO	J.RODIER, 1978	REACIVOS QUE NO SE LOCALIZAN EN LA FES Y SU COTIZACION ES MUY ALTA	1 mg/L
	METODO 2-6 XILENOL	J.RODIER, 1978 Y ECOLOGICAL MATERIALS	METODO MUY LARGO PARA CADA MUESTRA, AUNADO CON LA NECESIDAD DE UTILIZAR 125 ml POR MUESTRA Y DESTILAR, ENTONCES NO ES PRACTICO SU SELECCION.	0.005 g/L (mg)
	METODO GRAVIMETRICO	J.RODIER, 1978	METODO MUY EXTENSO, DE ANTEMANO SE RECHAZAPARA EVITAR ERROR EXPERIMENTAL,	0.01 g/L
SULFATOS	**METODO TURBIDIMETRICO (NEFELOMETRICO) SO_4BA_2**	**STANDARD METHODS 15TH ED. Y J RODIER, 1978**	**CON UNA REACCION SENCILLA SE OBTIENE UNA SUSPENSION ESTABLE Y FACIL DE MEDIR EN NEFELOMETRO.**	**1 mg/L**
($SO_4^{=}$)	METODO VOLUMETRICO	J RODIER 1978	NO SE LOCALIZAN LOS REACTIVOS EN LA FES	PARA MUESTRAS DE 5ml HAY PRESICION DE +- 10 % Y PARA 50 ml DE + 1 %
	METODO CONDUCTIMETRICO	J RODIER 1978	50 ml DE AGUA Y SE NECESITA UN EQUIPO ESPECIAL (CONDUCTIMETRO ESPECIAL CON BURETA DE PISTON SINCRONIZADO)	NO REPORTA

8.2 Análisis de las gráficas de concentración de los parámetros

- **Cationes**

SODIO. (figura 6 y 7) La tendencia para el cedro y encino muestra que la concentración de diciembre a febrero disminuye y en abril aumenta obteniéndose la mayor concentración a final de la temporada. Cabe destacar que el sodio es el de mayor registro cuantificado respecto al resto de los iones. Que varía desde 450 a 800 ppm y 400 a 1,000 ppm para cedro y encino respectivamente.

La alta movilidad del sodio durante el lavado provoca que exista mayor concentración durante el lavado foliar (Parker, 1982). Es un hecho que en áreas marinas, el sodio es un componente principal de la depositación; en el interior del continente este se incorpora al ecosistema en forma de polvos y aerosoles; ahora bien, es probable que exista una fuente contaminante que esté aportando altas concentraciones de sodio, pero es evidente que existe extracción de sodio por efecto de lavado del follaje. Así mismo se muestra una participación acumulativa de este ion y por lo tanto se conserva mayor tiempo en el follaje. Además el sodio se mueve desde el floema del árbol hacia las hojas provocando lavado e incorporación al suelo (Kramer y Koslowski 1979)

El calcio (3.6 %), **Sodio** (2.8 %), potasio (2.6 %) y magnesio (2.1 %) se encuentran formando parte de la corteza terrestre y por ende están presentes en las rocas y en el suelo (Rainswall *et al* 1983), por su parte el papel que juegan cada uno e los iones en el balance de los ecosistemas (Skiffengton 1987, Bredemeimer 1988, Sequeira 1981) es de gran importancia. Así los cationes que están retenidos en la pared celular son desplazados por el (H^+) hidronio del ácido sulfúrico (H_2SO_4), lixiviando hacia el suelo en forma de sales de sulfato. Los registros medios de pH obtenidos durante los tres bimestres para cedro y encino (5.24, 5.26 diciembre, 5.77, 6.20 febrero y 5.64, 5.96 abril) respectivamente, evidencian el papel buffer que juegan dichos cationes y atenúan el efecto directo de la depositación ácida.

Figura 6 CONCENTRACION DE SODIO EN CEDRO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"

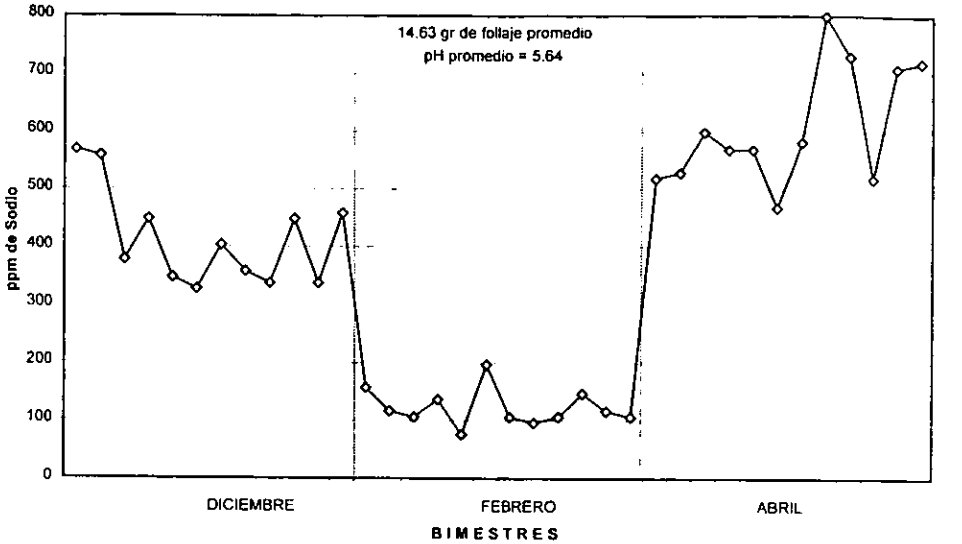
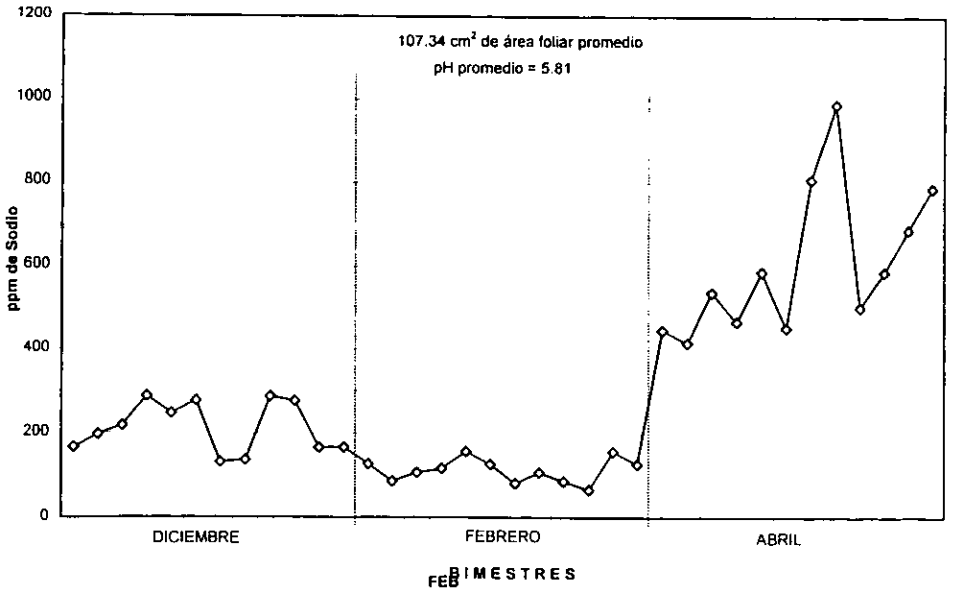


Figura 7 CONCENTRACION DE SODIO EN ENCINO DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



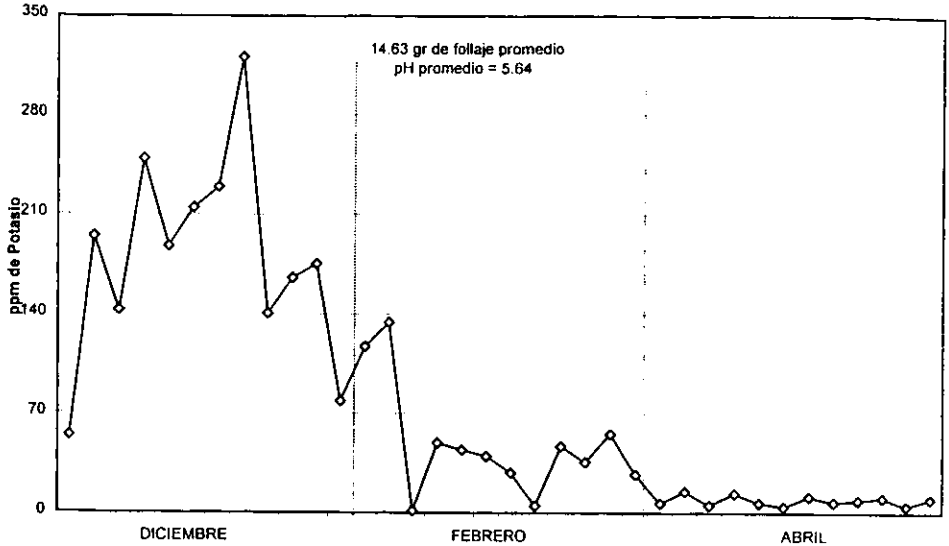
POTASIO. (figuras 8 y 9) Se observa que cuando aumenta la época de estiaje, disminuye su concentración por lo que muestra evidencia de una relación inversa, de aquí las concentraciones que se obtuvieron para el cedro están en el intervalo de 0-320 ppm y para el encino de 0 a 30 ppm,

Tomando en cuenta que este catión participa así como el sodio, en las reacciones de neutralización y es altamente móvil en las superficies foliares (Paoletti *et al* 1992). El hidronio induce a la célula guarda a retener más potasio dentro de ella, alterando el potencial osmótico y consecuente apertura y cierre estomatal de ahí que se explique la disminución en la concentración.(Assman *et al* 1985). Las concentraciones foliares son altas generalmente: Stone and Kszystyniak, (1977) encontraron que el 40 % de Potasio foliar de Pino rojo puede ser rastreado de una fertilización aplicada 23 años con anterioridad, por lo que esta permanencia afecta el reciclaje del lavado del dosel hacia el suelo (*throughfall*).

El potasio por lo general muestra altas concentraciones durante el lavado del follaje por acción de la lluvia y se ha encontrado que la concentración de los nutrientes inorgánicos de potasio depositados en la precipitación es baja, entonces es clara la extracción efectuada en el follaje del árbol. (Parker 1983)

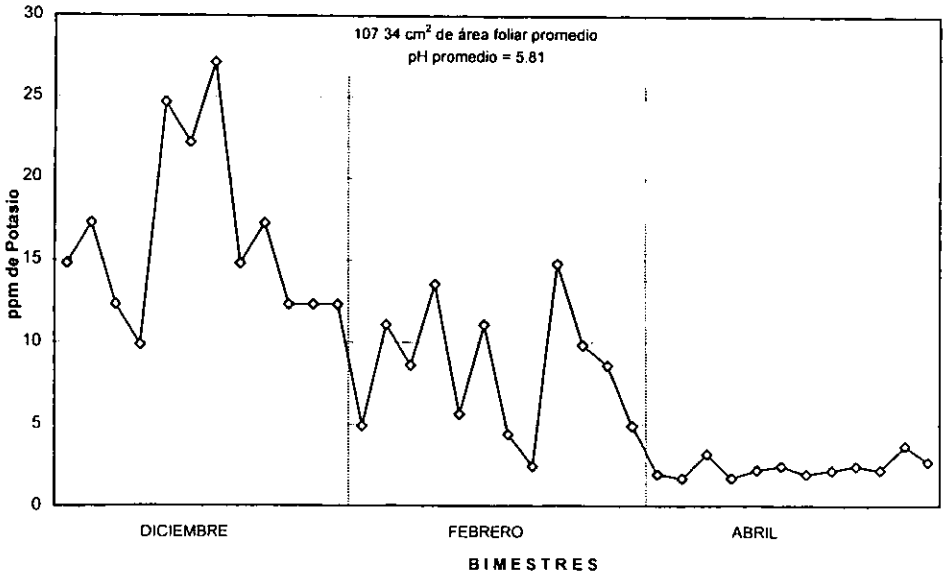
El potasio también es un ion altamente móvil desde el floema del árbol que se dirige hacia las hojas provocando lavado de las mismas y su consecuente incorporación al suelo. (Kramer y Koslowski 1979)

Figura 8 CONCENTRACION DE POTASIO EN CEDRO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



A

Figura 9 CONCENTRACION DE POTASIO EN ENCINO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



AMONIO (figura 10 y 11) Existe alta variabilidad del deposito, la concentración más alta es para el mes de diciembre y los más bajos para el mes de abril, tal variación nos indica que el ion amonio esta reaccionando continuamente, incluso no únicamente como efecto dañino en el follaje sino como efecto nutricional por la aportación de nitrógeno (Parker, 1982) El amoniaco es uno de los compuestos volátiles que condicionan la apertura y cierre de estomas, determinando la velocidad de ingreso de diferentes iones, así es cuando se asimila el nitrógeno y se presenta una fertilización metabólica.

El amonio queda retenido durante el lavado del follaje por efecto de la lluvia, los niveles foliares de amonio presentes en los arboles son altos y bajos en el lavado del follaje(Parker 1983, Paoletti *et al* 1992).|

Berner (1996) menciona que las fuentes de amonio atmosférico incluyen descomposición bacteriana de excretas humanas o animales domésticos, descomposición bacteriana de materia orgánica nitrogenada en suelos, descomposición de fertilizantes, quema de carbón (el cual contiene compuestos orgánicos nitrogenados) y combustión de biomasa. En comparación con las concentraciones de amonio registrados en la lluvia (0.01 a 1.0 ppm), los registros para la depositación seca encontrados van desde (0.5 a 50 ppm).

Figura 10 CONCENTRACION DE AMONIO EN CEDRO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"

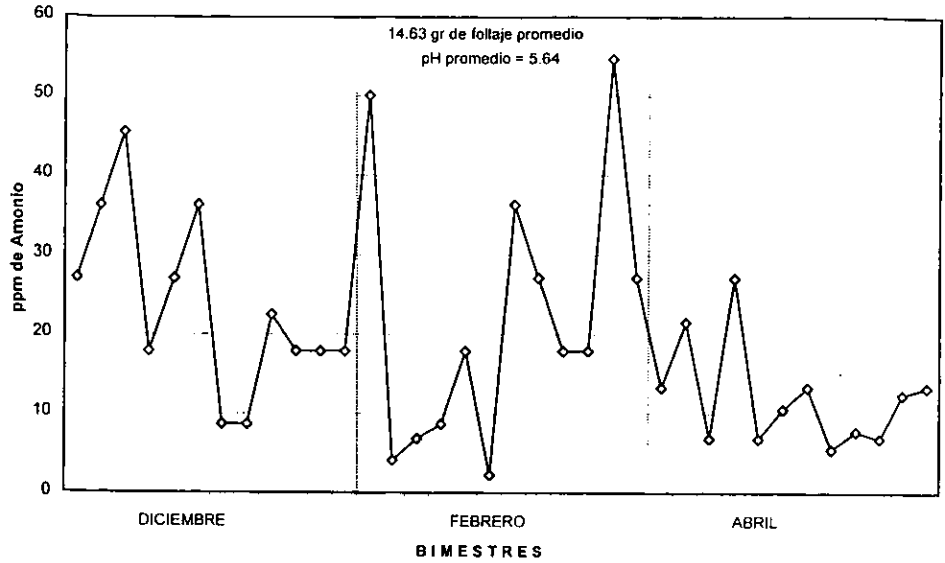
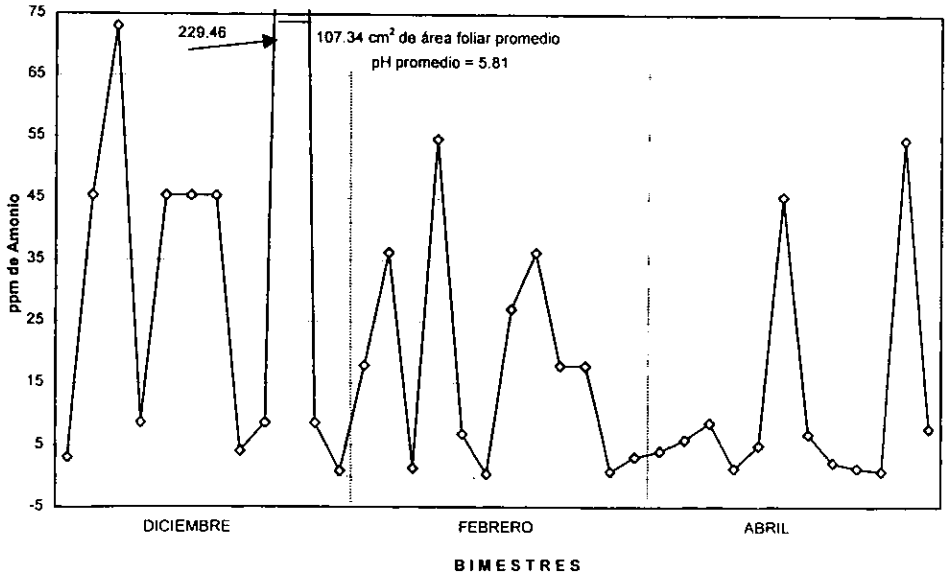


Figura 11 CONCENTRACION DE AMONIO EN ENCINO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



- **Aniones**

CLORUROS. En la (figuras 12 y 13) observamos que la concentración de cloruros disminuye conforme avanza la época de secas para el cedro, variando en un rango de 16 a 45 ppm diciembre, febrero de 4 a16 ppm y abril de 1 a 5 ppm. En contraste para el encino, el rango entre los tres bimestres varia de 0 a 10 ppm donde se traslapan datos de los tres bimestres indicando un depósito al parecer constante durante el periodo seco. La concentración del cloro en la atmósfera, proveniente de zonas industriales (Gwyneth 1990) y al reaccionar con la humedad ambiental y/o de las superficies forma Acido clorhídrico que tiene una participación importante en la acidez de la solución y como ya se ha mencionado la acidez presente en las superficies foliares agrava la extracción de cationes. (Paoletti *et al* 1992)

Los aerosoles de cloruros en la depositación seca son capturados por el follaje estos son lavados hacia el suelo por la lluvia; Parker (1983) menciona que una tercera parte del cloro depositado en el ecosistema boscoso proviene desde la filtración de la depositación seca. Aunque el cloro se deposita rápidamente ya que los radios de depositación son altos, hay una baja extracción o retención pues los contenidos foliares y su movilidad son bajos, esto nos indica que la mayoría del cloro encontrado proviene desde la depositación seca atmosférica de gases o partículas.

NITRATOS. (figuras 14 y 15) Se observó que la concentración para los tres bimestres y las dos especies es al parecer constante sin embargo tienen una fluctuación entre 6 a 14 ppm en cedro y de 9 a 15 ppm en el encino, lo que muestra la diferencia en la depositación entre las dos especies como fue demostrado por Van and Draaijers (1994) quienes encontraron alta variabilidad espacial en la depositación seca para tres especies arbóreas. Esta conducta es debida muy probablemente a la intensidad en la síntesis de NOx por el efecto del ciclo fotoquímico, en conjunto con el ion amonio son los principales aportadores de nitrógeno hacia las plantas por vía estomatal aunado al efecto de apertura y cierre estomatal causado por el SO_2 y NO_2 atmosférico), Al igual que el amonio, el nitrógeno del nitrato queda retenido en el follaje, las hojas y los microorganismos que viven en las superficies de las mismas, pueden asimilar el nitrógeno muy rápidamente.

El nitrógeno en el aire está presente en forma gaseosa (NOx, HNO_3) y aerosoles pequeños de NH_4SO_4 y N orgánico. Es escaso el conocimiento del proceso de la captación de los NOx sobre el follaje.

Figura 12 CONCENTRACION DE CLORUROS EN CEDRO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"

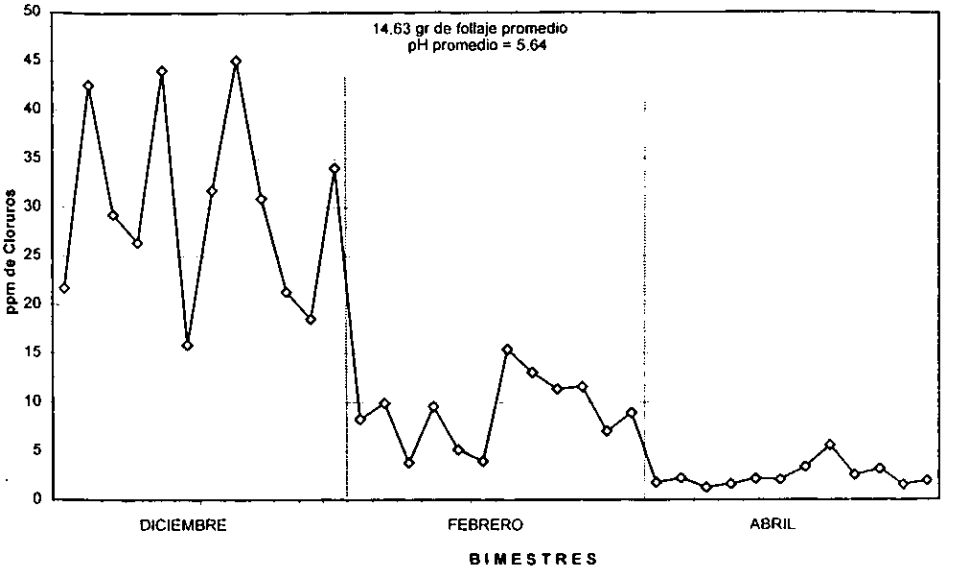


Figura 13 CONCENTRACION DE CLORUROS EN ENCINO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"

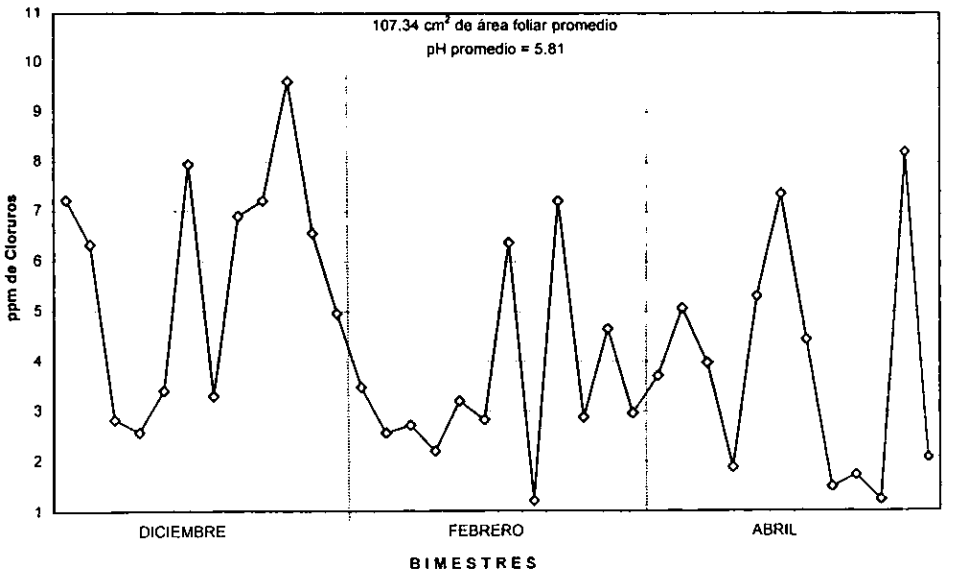


Figura 14 CONCENTRACION DE NITRATOS EN CEDRO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"

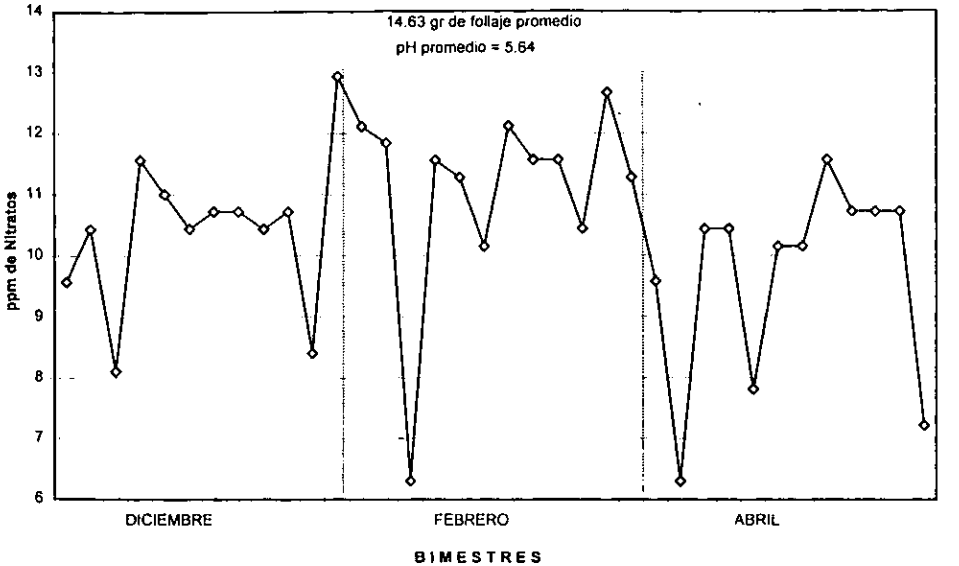
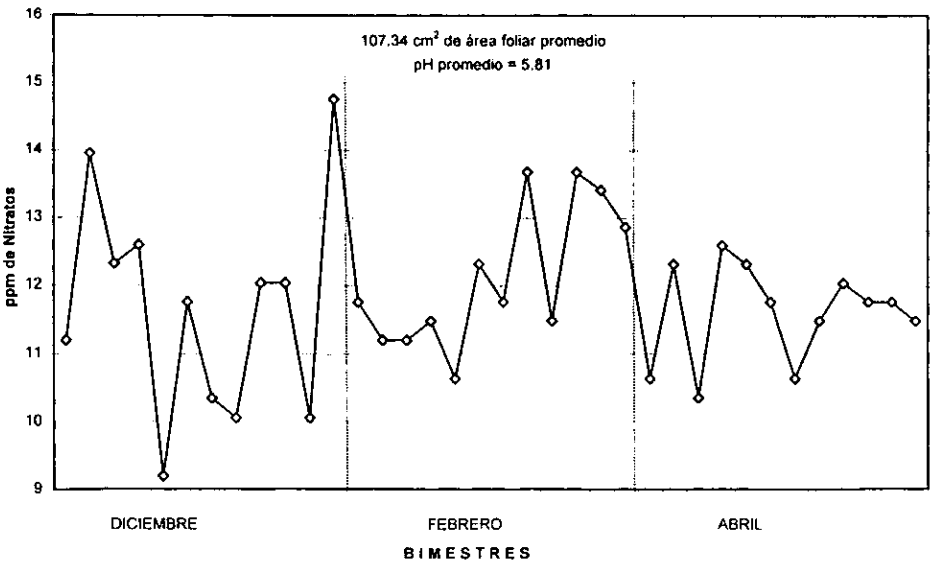


Figura 15 CONCENTRACION DE NITRATOS EN ENCINO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



SULFATOS. (figuras 16 y 17) La tendencia a la disminución de la concentración conforme avanza la época de secas es evidente en las dos especies, pero hay alta variabilidad en las depositación, principalmente durante el mes de febrero, tal variación podría deberse a la alta reactividad para este ion, ya que es el que interacciona con los demás iones depositados en las hojas (en forma de Acido sulfúrico H_2SO_4). La alta movilidad del ion (Hoffmann *et al*, 1980) lo caracteriza como un participante activo en las reacciones acido-base. El ion sulfato reacciona principalmente con los cationes presentes en las superficies foliares y hacia el interior de las mismas, sustituyéndolos por iones hidronio (Raynal 1985). La depositación seca es amplia y son muchas las especies atmosféricas que contienen azufre, la especie dominante gaseosa es el dióxido de azufre que probablemente se oxida transformándose a ácido sulfúrico, por otro lado la especie dominante en forma particulada o aerosol está presente en forma de sulfatos. La aportación de iones hidronio a las superficies foliares a partir del ácido sulfúrico da como resultado la reacciones de sustitución directamente de los cationes presentes en la superficie y el interior de la hoja y su posterior incorporación al suelo. Sin embargo es poca la información que aclare los mecanismos de incorporación del sulfato en la depositación seca. (Hutchinson and Havas 1981)

Figura 16 CONCENTRACION DE SULFATOS EN CEDRO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"

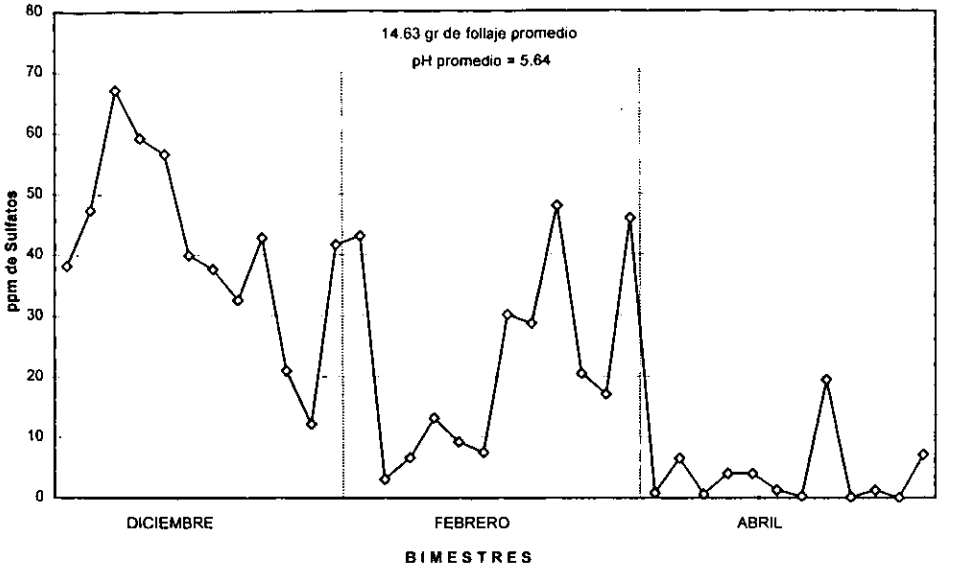
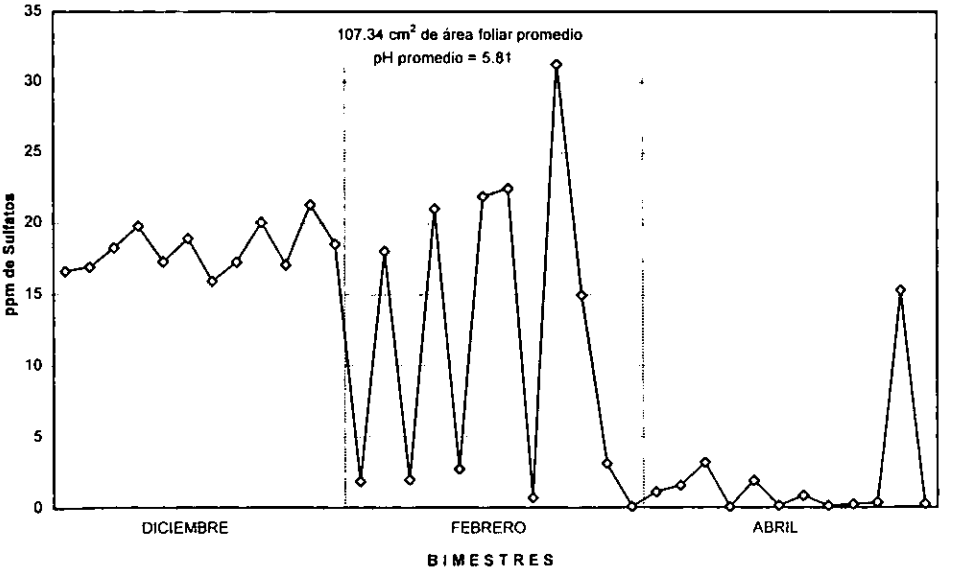


Figura 17 CONCENTRACION DE SULFATOS EN ENCINO, DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



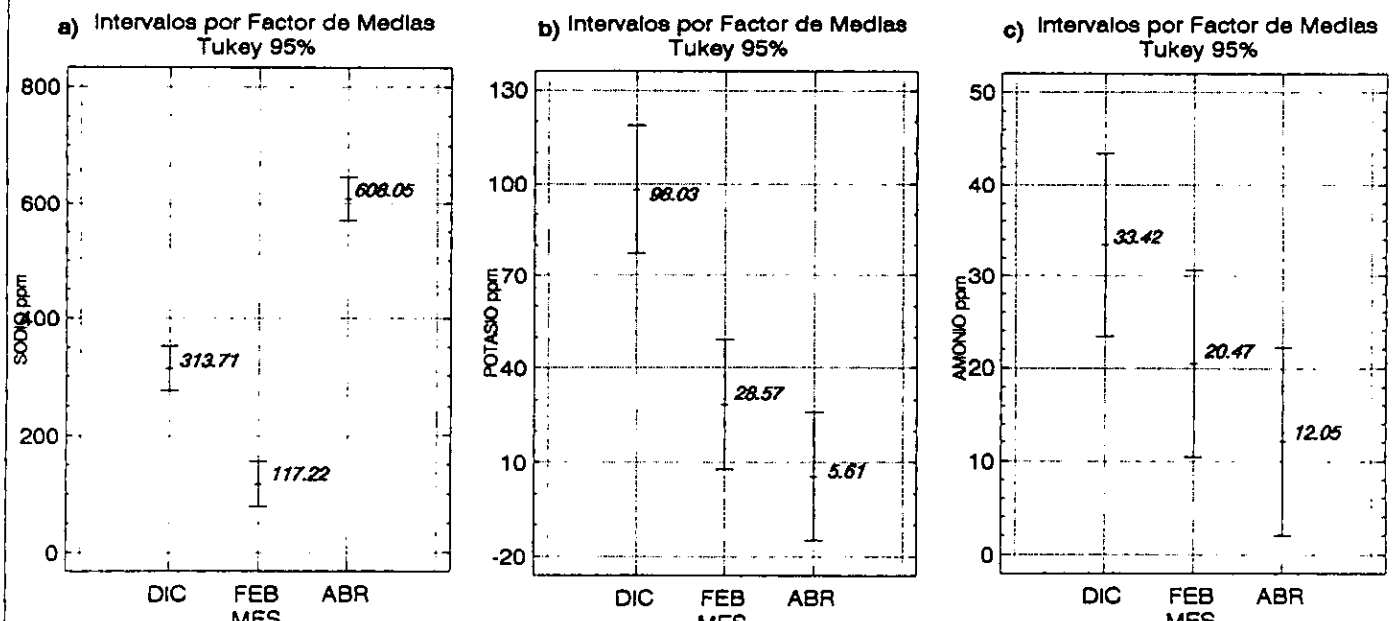
8.3 Análisis de las gráficas de comparación de medias de los registros temporales de cada ion

Con la prueba de intervalos para el factor de medias de Tukey con un grado de confianza del 95 % se observó lo siguiente:

- **Cationes (figura 18)**

Para el ion **sodio** la media de la depositación inicial del mes de diciembre muestra 313.71 ppm. disminuyendo a 117.22 ppm de febrero e incrementándose hasta 608.59 ppm de abril. por lo que hay diferencia temporal en el deposito de este ion, así mismo tiene una tendencia acumulativa al final de la época seca, conforme se planteo inicialmente, sin embargo es de considerarse la extracción del sodio desde el interior de las hojas. Por otro lado el **potasio** presenta tendencia de disminución de la depositación. En el mes de diciembre con una media de 98.03 ppm disminuye su concentración para el mes de febrero a 28.57 ppm y disminuye aún mas hasta abril con 5.61 ppm. Obsérvese que la concentración inicial y final tiene una diferencia importante. entonces el deposito inicial es significativamente diferente al inicio de la época de secas y disminuye permaneciendo constante durante los bimestres de febrero a abril, De aquí se observa un efecto inverso al trabajo planteado; finalmente el **amonio** muestra que conforme avanza la época de estiaje disminuye su concentración en forma gradual y solo existe diferencia significativa entre la depositación inicial y la depositación final con un a diferencia de 33.42 ppm hasta 12.059. Al igual que el potasio hay una tendencia inversa, que indica que al avance de latemporada va en disminución la concentración.

Figura 18 GRAFICAS DE COMPARACION DE MEDIAS DE LOS REGISTROS TEMPORALES POR CADA ION (CATIONES) EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"

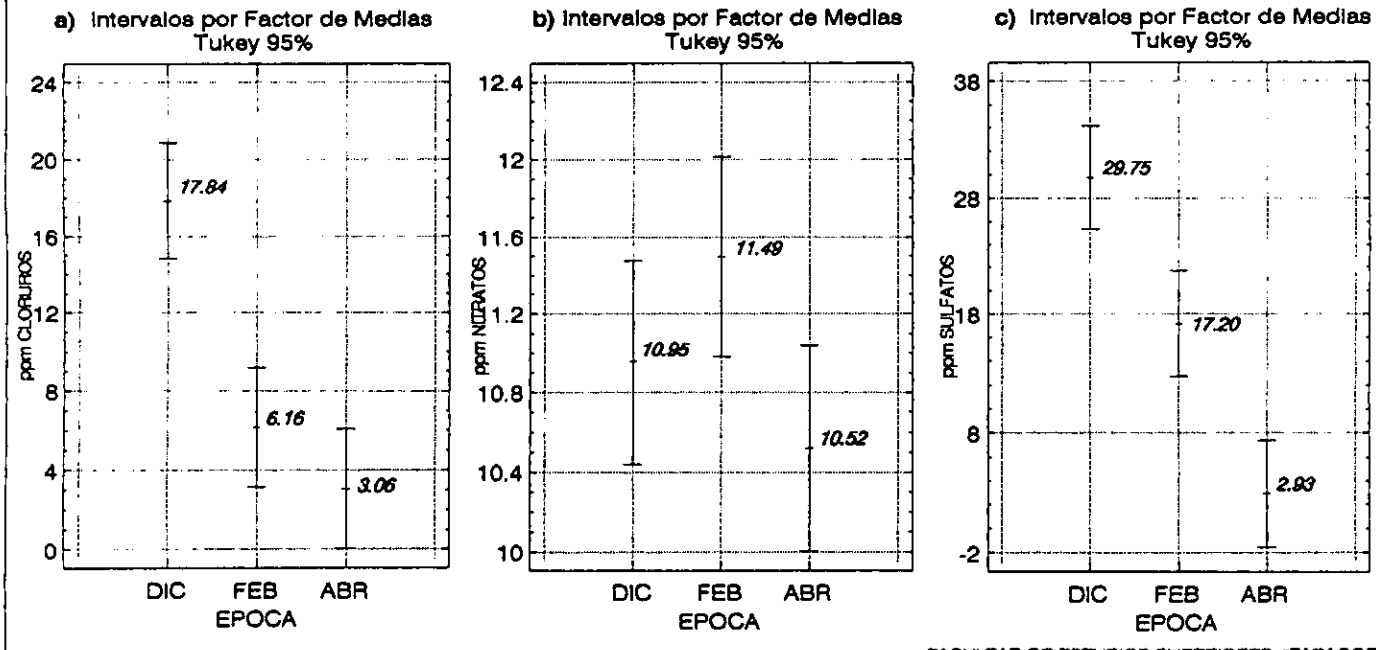


FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"
LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

- **Aniones (figura 19)**

Para los **cloruros** hay diferencia estadística significativa entre Diciembre con Febrero y abril, por lo que el deposito es mas alto en el inicio de temporada secas, no así para febrero y abril donde permanece constante, durante el mes de diciembre se registro una media de 17.84 ppm para el mes de febrero 6.16 ppm y permanece sin diferencia significativa hasta abril con 3.06 ppm. De manera similar al potasio, la concentración disminuye conforme avanza el periodo seco; con la concentración de **nitratos** no hay diferencia significativa entre los tres bimestres, por lo tanto el deposito es constante durante todo el periodo, confirmado por el valor de medias a saber: Diciembre 10.95 ppm, Febrero 11.49 ppm y Abril 10.52 ppm.; finalmente para **sulfatos** hay diferencia significativa durante todo el periodo de secas por lo que hay depositación heterogénea de acuerdo con los valores de las medias de 29.75 ppm de diciembre, 17.20 ppm de febrero hasta 2.93 ppm de abril. mismos que tienden a disminuir en concentración conforme avanza la temporada de secas.

Figura 19 GRAFICAS DE COMPARACION DE MEDIAS DE LOS REGISTROS TEMPORALES POR CADA ION (ANIONES) EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"
LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

8.4 Análisis de las gráficas de comparación de medias de cedro vs encino por cada ion

Con una comparación de medias (μ) de los registros de la depositación seca se determinó con sí existe diferencia significativa para cada ion. (Na^+, K^+, NH_4^+, Cl^-, NO_3^- y $SO_4^=$) depositado en las especies de Cedro y Encino,

Se utilizo la prueba de intervalos para el factor de medias de Tukey con un grado de confianza del 95 % y se observó lo siguiente:

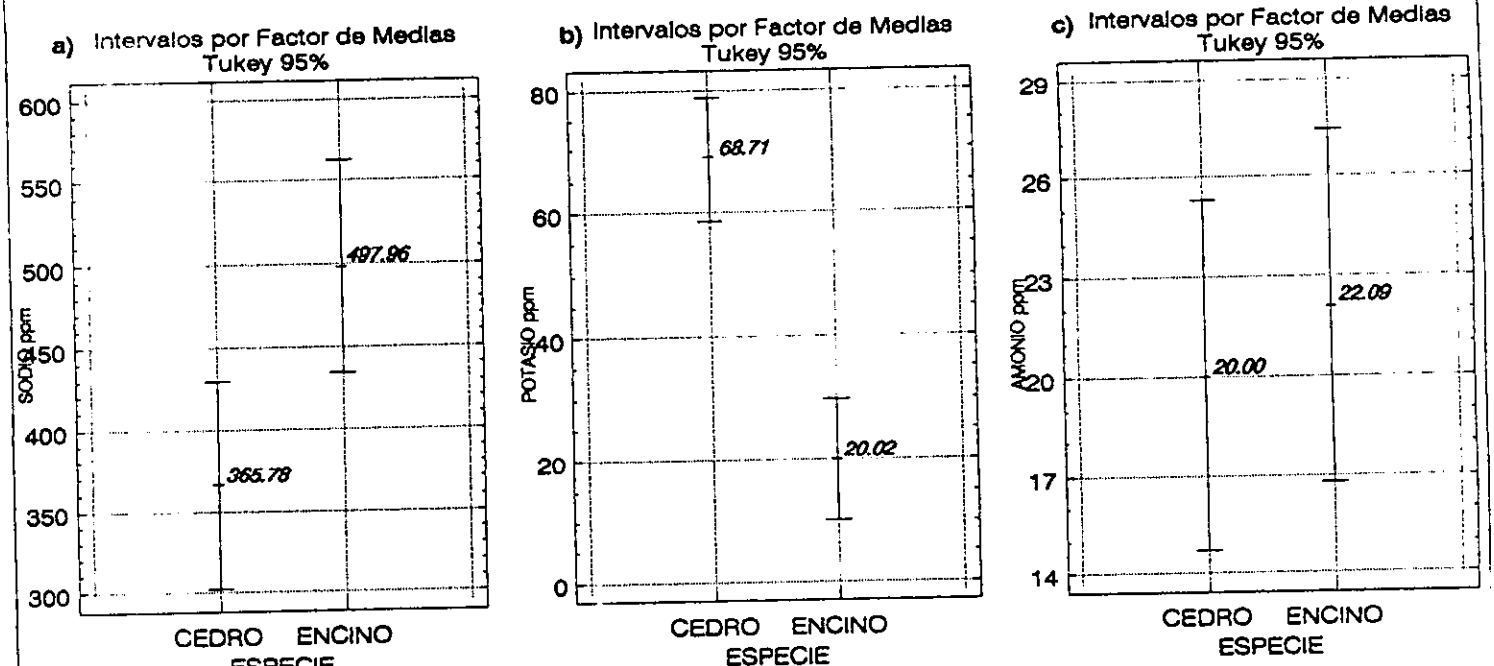
- **Cationes (figura 20)**

En las concentraciones de **sodio** existe variabilidad en la depositación entre el cedro y el encino causada probablemente por las diferencias inherentes a cada especie (Altura, forma de la copa, densidad foliar, área foliar, aspereza, nervaduras, humedad, entre otras), de aquí, el encino es el que presenta mayor depositación; así mismo el **potasio** presenta una tendencia similar al sodio, sin embargo se observa que existe mayor depositación para el cedro con una media de 68.71 ppm y en el encino de 20.02 ppm; por otro lado el **amonio** se observa que el efecto de la depositación entre cada una de las especies, es similar, por lo que el comportamiento del ion es homogéneo.

- **Aniones (figura 21)**

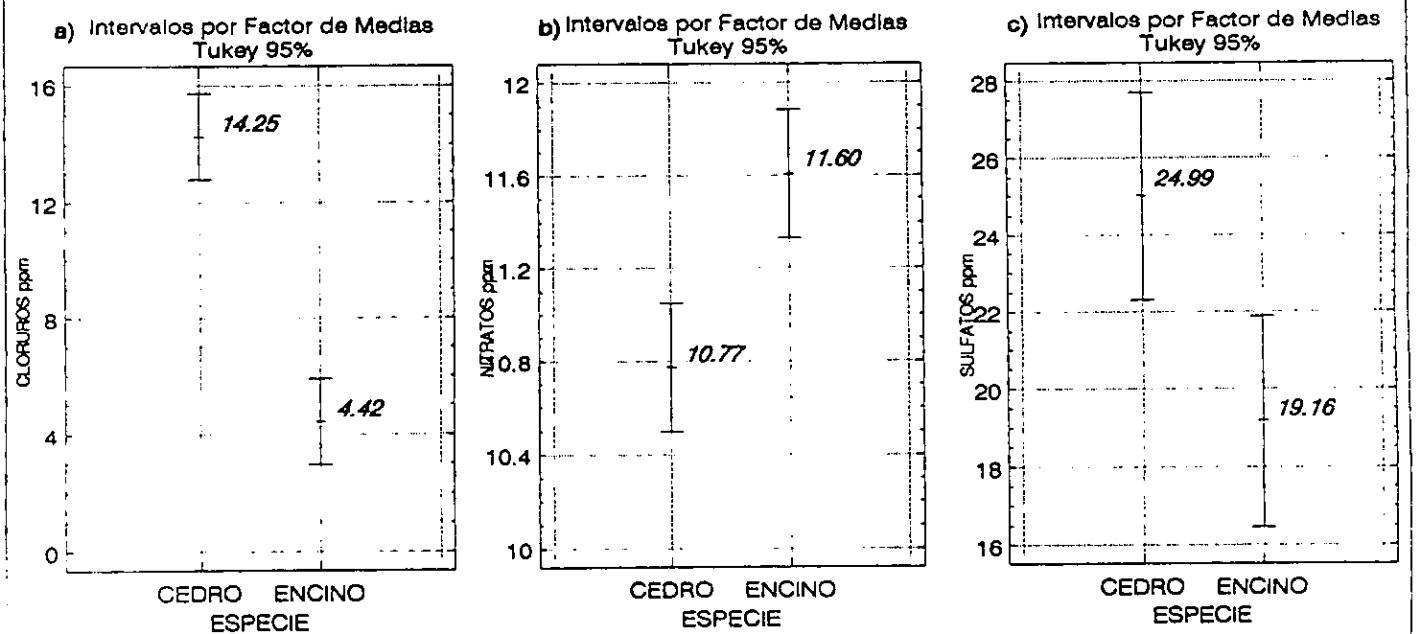
La concentración de **cloruros** entre las dos especies muestra que la depositación es diferente y el nivel mayor fue para el cedro con una media de 14.25 ppm y para el encino de 4.42; la depositación de **nitratos** muestra una diferencia significativa entre la depositación de cedro y encino, captando mayor concentración el encino con una media de 11.60 ppm y el cedro 10.77 ppm.; por ultimo en la depositación de los **sulfatos** hay diferencia significativa entre la depositación de cedro y encino, con un mayor deposito para el cedro 24.99 ppm y para el encino 19.16 ppm

Figura 20 GRAFICAS DE COMPARACION DE MEDIAS DE LOS REGISTROS DE DEPOSITACION CEDRO y ENCINO POR CADA ION (CATIONES) EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"
LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

Figura 21 GRAFICAS DE COMPARACION DE MEDIAS DE LOS REGISTROS DE DEPOSITACION ENTRE CEDRO y ENCINO POR CADA ION (ANIONES) EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"
LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

En resumen la diferencia encontrada en sodio, potasio, cloruros, nitratos y sulfatos nos indica que el cedro y el encino pese a cohabitar en el mismo ecosistema y estar expuestos a la misma intensidad y frecuencia del deposito, este se acumula de manera heterogénea, su heterogeneidad se explica por las diferencias de cada especie como son: la arquitectura de la copa, densidad, altura, tamaño y forma de la hoja, nervaduras, intersticios en follaje, número y tamaño de estomas, alelopatía, entre otros. (D'itri, 1982), así mismo la respuesta a cada especie ionica es diferente en cuanto a su absorción, lavado, extracción entre otras.

El amonio es la excepción donde se deposita homogéneamente en las dos especies, se podría inducir que la rápida absorción por el follaje, permite el aprovechamiento del nitrógeno para fines nutricionales. (Parker 1983)

Las concentraciones encontradas para cada especie muestran el siguiente patrón:

Cedro $Na^{+}>K^{+}>SO_4^{=}>NH_4^{+}>Cl^{-}> NO_3^{-}$ **Encino** $Na^{+}> NH_4^{+}>K^{+}>SO_4^{=}>NO_3^{-}>Cl^{-}$

Existe dominancia de cationes para ambas especies, de ahí que el pH encontrado varíe en los valores de: 5.24, 5.77 y 5.93 para **cedro**; 5.26, 6.20 y 5.96, para **encino** en los meses de diciembre, febrero y abril respectivamente. Se hace evidente el efecto buffer a la depositación ácida en el follaje, por lo tanto estas especies ayudan a la neutralización de los ácidos presentes en la depositación ácida seca.

A diferencia de los resultados obtenidos por Dudley y Rayna 1982 ($H^{+}>NH_4^{+}>Ca^{2+}>Na^{+}>Mg^{2+}>K^{+}$), se encontró que el sodio cuantificado en nuestro estudio, es el mayor participante de la depositación, esta tendencia solo se ha identificado en las áreas marítimas; $SO_4^{=}>NO_3^{-}>Cl^{-} >PO_4^{3-}$ en los aniones se presenta una tendencia similar a la reportada por loa autores.

8.5 Análisis de las gráficas de correlación canónica para todos los parámetros

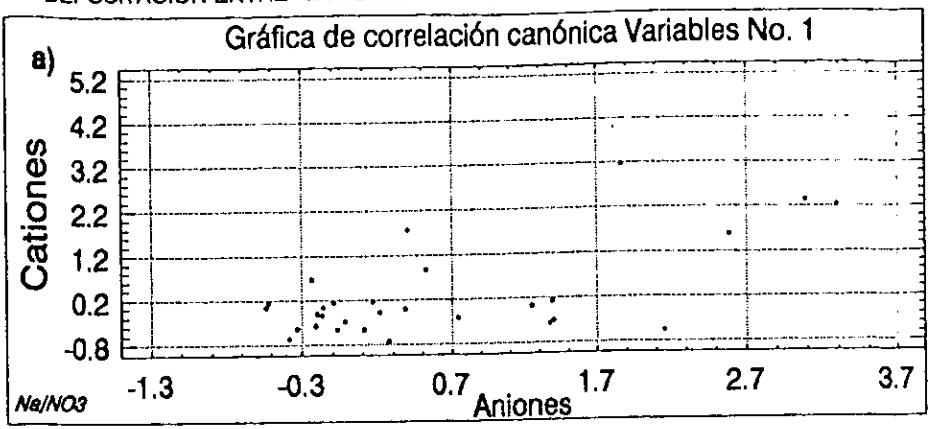
Se realizó el análisis de correlación canónica para todos los parámetros determinados, una de las ventajas que provee esta prueba recae en que es una extensión del análisis de regresión múltiple, su objetivo es correlacionar simultáneamente algunas variables métricas dependientes y algunas variables métricas independientes, (en la regresión existe solo una variable dependiente). La correlación canónica realiza una combinación linear en cada set de variables (cationes y aniones) ambas dependientes e independientes, de tal manera que maximiza la relación entre ellos.

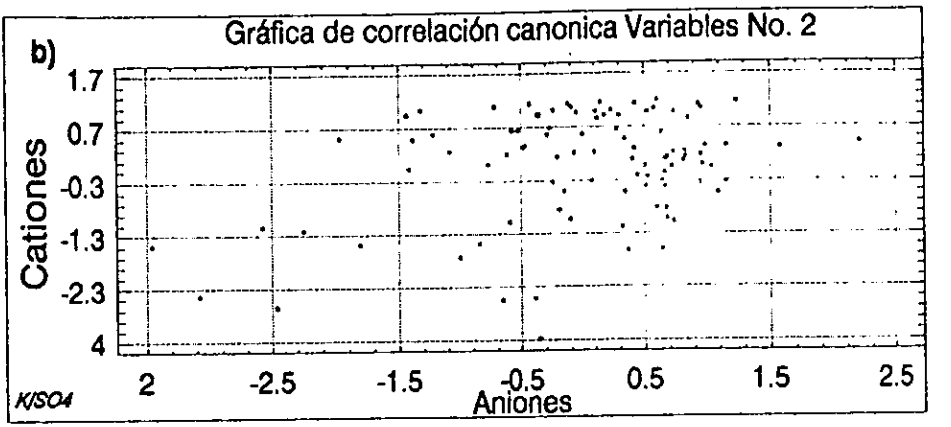
Como se mencionó anteriormente, la depositación seca implica que un conjunto de cationes y aniones se impactan sobre la vegetación, los cuales se ponen en actividad química al interaccionar con el vapor de agua atmosférico o con la evapotranspiración de las hojas hasta llegar al equilibrio químico, de ahí de la importancia de probar con una correlación canónica la relación de los conjuntos de cationes (Na^+, K^+, NH_4^+) vs aniones (Cl^-, NO_3^-, $SO_4^=$), como se muestra en el **cuadro 3** ahora bien, se puede interpretar que la combinación lineal derivada de los dos conjuntos fue la relación Na/NO_3, puesto que arrojó el mayor nivel de correlación (0.7463) con una $p< 0.0000$ cuya prueba Ji^2 fue del 85%. Sin embargo, en las subsecuentes correlaciones de las combinaciones lineales entre K/SO_4 y NH4/Cl cuyos registros mostraron 0.99598 y 0.81023 respectivamente. derivados de sus correspondientes variaciones residuales, toda vez, de haber sido derivado el efecto del primero por (K/NO_3), nos permite hacer la interpretación ecológica. La entrada de nitrógeno de nitratos permite el suministro de este elemento para procesos de producción de follaje por vía estomatal, y en respuesta aumenta la lixiviación de Na^+ de las hojas, aunado a la alta movilidad de este último.

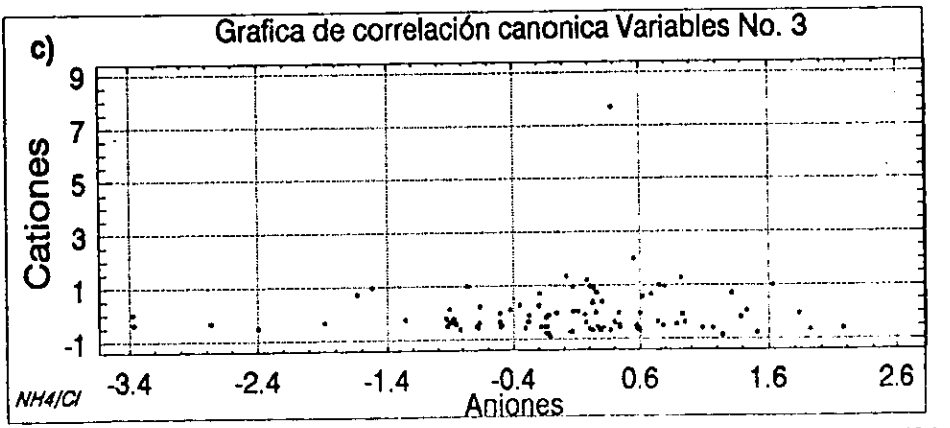
TABLA 4 CORRELACION CANONICA (coeficientes)

Número	Eigen valor	Correlación canónica	Lambda Wilks	Chi-cuadrada	D.F.	Nivel de Significancia
1	0.5570	0.7463	0.3944	85.122	9	0.0000
2	0.1066	0.3265	0.8903	10.634	4	0.0310
3	0.0035	0.0589	0.0589	0.318	1	0.5729
Coeficientes para Variables Canónicas del Primer Set						
Na^+		-0.04979		-1.00945		-0.09607
K^+		0..99598		0.01276		-0.11057
NH_4^+		0.06119		-0.26679		0.97757
Coeficientes para Variables Canónicas del Segundo Set						
NO_3^-		-0.15920		0.17680		0.97583
$SO_4^=$		0.29362		-1.11582		0.13809
Cl^-		0.81023		0.82678		0.03961

Figura 22. GRAFICAS DE CORRELACION CANONICA DE LOS REGISTROS DE DEPOSITACION ENTRE CATIONES Y ANIONES EN EL "DESIERTO DE LOS LEONES"







FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"
LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

IX. CONCLUSIONES

De todos los cationes, el sodio es el mayor participante de la depositación seca en ambas especies

Las concentraciones encontradas para cada especie muestran el siguiente patrón:

Cedro $Na^{+}>K^{+}>SO_4^{=}>NH_4^{+}>Cl^{-}> NO_3^{-}$ **Encino** $Na^{+}> NH_4^{+}>K^{+}>SO_4^{=}>NO_3^{-}>Cl^{-}$

Existe mayor concentración de Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, $SO4^{=}$, registrada en el cedro durante el periodo seco y evidencia una extracción de cationes desde el follaje. y que confirma la existencia de acumulación de partículas atrapadas principalmente entre los intersticios que forma su follaje.

No se encontró diferencia significativa en el depósito del ion NH_4^{+} y NO_3^{-} durante los tres bimestres secos, por lo contrario los iones de Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, y $SO_4^{=}$ muestran variabilidad temporal.

Se determinó diferencia en él deposito seco para cedro y encino para Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, NO_3^{-} y $SO_4^{=}$, no así para el NH_4^{+}.

El cedro es más susceptible a la depositación pues al retener mayor concentración de partículas y al estar en contacto con el rocío o neblina que humedece el follaje, aumenta las reacciones ácido-base (extracción) que se pudieran presentar, afectando mas severamente al sistema foliar. (Cabe mencionar que se observo en campo necrosis foliar localizada, principalmente en puntas y afectando hacia el interior.

Por lo anterior se desprende que el encino por su morfología de su hoja, retiene menos las partículas, sin embargo de acuerdo a la bibliografía el efecto recaerá directamente hacia el suelo, mismo que puede ser motivo de estudio e ir dilucidando los mecanismos presentes en el ecosistema.

En ambas especies la dominancia de cationes fue evidente, siendo de primordial importancia el efecto buffer que juegan dentro de los procesos de depositación ácida.

X. RECOMENDACIONES

Para entender aun más la interrelación existente entre los contaminantes depositados en el follaje de los arboles, es necesario extender el estudio tanto en los diferentes bosques que rodean la cuenca de la ciudad de México como en la utilización de otras especies arbóreas (p.e. Pino, Oyamel)

De la misma manera es necesario aumentar en el estudio, un análisis mas completo de cationes y aniones.

Los factores que influyen en el decline forestal son muy complejos, en nuestro caso se determino la concentración de diferentes especies iónicas presentes en las superficies de las hojas, sin embargo hay que realizar un estudio más integral, incluyendo depositación húmeda, lavado del tronco, cuantificación en corteza, análisis de suelo.

Quedan algunas interrogantes por resolver como son ¿Cual es la cantidad de iones extraídos del interior del sistema-foliar para determinar con precisión el aporte externo? ¿Cuales son los mecanismos presentes para la incorporación de compuestos en las hojas?

XI. BIBLIOGRAFIA

1. Adams D. P. and Walter P., 1985, "ACID DEPOSITION" Enviromental Economic and policy Issues, Ed. Plenum Press N.Y. and London U.S.A., 17-30.
2. Allen J. P., 1968,"PINES MONITOR AIR POLLUTION" Rev. Conserv. Bull. Vol 33 No 4 july/august; 24-28.
3. Báez A.P., Belmont R.D. Azpra E., Torres M.B. and Padilla H.G.; 1997; "CLOUD WATER AND PRECIPITATION CHEMISTRY AT POPOCATEPETL VOLCANO; A HIGH ELEVATION SITE"; Journal Envirom. Qual.; 26:253-258.
4. Báez A.P., Belmont R.D. and Padilla H.G.; 1997; "CHEMICAL COMPOSITION OF PRECIPITATION AT TWO SAMPLING SITES IN MEXICO: A 7-YEAR STUDY"; Atmospheric Enviroment, Vol. 31 No. 6; 915-925.
5. Berner K.., Berner E. A.; 1996; "GLOBAL ENVIROMENT (Water, Air and Geochemical Cycles)"; Prentice Hall; U.S.A.; 376.
6. Bonneau M. and Landmann G.; 1989 "¿DE QUÉ ESTA ENFERMO EL BOSQUE?" Mundo Científico; Vol. 9 No. 88 pp.190-192.
7. Bonneau M. and Landmann G., 1989; "EL DETERIORO DE LOS BOSQUES EUROPEOS", Mundo Científico, No 188 Vol IX pp 192-205.
8. Bravo H. A., Perrin G. F., Sosa G. R. y Torres J. R.; 1987; "CONTAMINACION ATMOSFÉRICA POR FUENTES MÓVILES ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO" 3er Encuentro Iberoamericano sobre la Ciudad, Jornadas técnicas sobre Medio Ambiente. 27-31 de junio de 1987. Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.
9. Bravo H. A., Sosa R. E. y Torres R. J.; 1991; "OZONO Y LLUVIA ÁCIDA EN LA CIUDAD DE MÉXICO"; Ciencias; Abril , No. 22, pp. 33-40.
10. Bredemeimer M.; 1988; "FOREST CANOPY TRANSFORMATION OF ATMOSFERIC DEPOSITION"; Water Air and Soil Pollution, 40, 121-138.
11. Butler T.J. and Likens G. E.; 1995; "A DIRECT COMPARISON OF THROUGHFALL PLUS STEMFLOW TO ESTIMATES OF DRY AND TOTAL DEPOSITION FOR SULFUR AND NITROGEN"; Atmospheric Enviroment; Vol. 29, No. 11: pp. 1253-1265.
12. Chan W. H., Lucio M. A., Stevens R.D., Samuel, V. R. J.; 1984.; "A PRECIPITATION SAMPLER INTERCOMPARISON"; Water, Air and Soil Pollution; 23, 1-13
13. Cheremisinoff P. N.; 1981; "AIR/PARTICULATE, INSTRUMENTACION AND ANALYSIS"; Ann Arbor Science; U.S.A.; 34-65.
14. COCODER (DDF), 1987, Plan de Actividades del Centro de Capacitación y Adiestramiento de Ecoguardas, Carretera Panorámica al Ajusco Km. 25.5, Dic-87.
15. Coon E. E. and Stump P.F.; 1984; BIOQUÍMICA FUNDAMENTAL"; 3ª Edición. Ed. Limusa, México, pp. 15-37.
16. CORENA (DDF); INIF; 1995, Reunión de expertos en parásitos y contaminación que afectan los bosques del D.F.; Centro de Capacitación y Adiestramiento de Ecoguardas, Carretera Panorámica al Ajusco Km. 25.5, Dic-87.
17. Cowling E. B. And Linthurst R. A.; 1981; "THE ACID PRECIPITATION PHENOMENONAND ITS ECOLOGICAL CONSEQUENCES"; Bioscience; 31:9; 549-574.

18. Dak S. N. and Wko K. M.; 1980; "PHOTOCHEMISTRY OF COS, CS2, CH3SCH3 AND H2S; IMPLICATION FOR THE ATMOSPHERIC SILFUR CYCLE"; Atmospheric Enviroment; 14: 1223-1239.
19. Dawson B. S. y Trapp R. G.; 1993; "BIOESTADÍSTICA MÉDICA"; Ed Manual moderno; Mex, D.F.;115-163.
20. D'itri M. F.; 1982; "ACID PRECIPITATION (Effects on ecological sistems)"; ANN ARBOR SCIENCE; U.S.A.; pp.483.
21. Erissman J. W., Beier C., Draaijers G. and Lindberg S.; 1994; "REVIEW OF DEPOSITION MONITORING METHODS", Tellus, 46B No 2.
22. Evans L. S., Curry T. M. And Lewin K. F.; 1981; "RESPONSES OF LEAVES OF *Phaseolus vulgaris* L. TO SIMULATED ACIDIC RAIN"; New Phytol; 88:403-420.
23. Fenn M. E., Poth M. A., Bytnerowicz A. and Riechers G. H.; 1995; "THROUGHFALL CHEMISTRY OF PONDEROSA PINE EXPOSED TO WET AND DRY ACIDIC DEPOSITION, DROUGHT, OZONE AND NITRIC ACID"; Can. For. J. Res., 25:88-100.
24. Fuentes G.V.; 1991; "CONTAMINACION POR PARTICULAS SUSPENDIDAS EN LA ATMOSFERA DEL VALLE DE MEXICO"; Ciencias; No 22, Abril, pp 45-49.
25. Ganor E., Levin Z. and Pardess D.; 1994; "DETERMINIG THE ACIDITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF FOG, HAZE AND CLOUD DROPLETS IN ISRAEL"; Atmospheric Enviroment; Vol. 29, No. 12, pp. 1821-1832.
26. Hair Jr. J. F., Anderson R. E., Tatham R. L. and. Black W. C.; 1992; "MULTIVARIATE DATA ANALYSIS WITH READIGS" 3ª Edición, Macmilan Publishing Company, USA, pp 544
27. Hartel O.; 1981; "MONITORING OF AIR POLLUTANS BY PLANTS (Methods and problems)"; Dr. W Junk Publishers the Hague; Proceedings of the internacional Worshop: Osnabiuck (F.R.G.); pp. 24-25
28. Howells G.; 1990; "ACID RAIN AND ACIS WATERS"; Ellis Horwood; Gran Britain: pp.213
29. Hughes M. K.; 1971; "TREE BIOCONTENT; NET PRODUCTION AND LITTER FALL IN A DECIDUOS WOODLAND"; OIKOS; 22:62-73.
30. Hutchinson T.C. and Havas M; 1980; "EFFECTS OF ACID PRECIPITATION ON TERESTRIAL ON ECOSYSTEMS"; Published in coodination with Nato. Scientific Affairs Division; New York; pp.654.
31. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales; 1984; Censo Nacional de los Recursos Naturales de la República Mexicana.
32. Instituto Nacional de Energía, Geografía e Informática (INEGI) 1995, Censo poblacional.
33. Ingle J. D.; 1988; "SPECTROCHEMICAL ANALYSIS"; Prentice Hall Englewoods Cliffs: New Jersey, pp. 513-515.
34. Jacobson J.S., Lassoie J.P., Osmeloski J. and Yamada K.; 1989; "CHANGES IN FOLIAR ELEMENTS IN RED SPRUCE SEEDLINGS AFTER EXPOSURE TO SULFURIC AND NITRIC ACID MIST"; Water Air and Soil Pollution; 48:141-159.
35. Jauregui E.; 1989; " THE DUST STORMS OF MEXICO CITY"; Internacional Journal of Climatology; Vol. 9, 169-180.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

36. Johannes A. y Chen L., Dackson K. and Suleski T.; 1986; "MODELING OF THROUGFALL CHEMISTRI AND INDIRECT MEASUREMENT OF DRY DEPOSITION "; Water Air and Soil Pollution; 30:211-216.
37. Johnson J. D.; 1984; "A RAPID TECHNIQUE FOR ESTIMATING TOTAL SURFACE AREA OF PINE NEEDLES" Forest Sci.; Vol. 30, No. 4, pp. 913-921..
38. Joslin J.D., Mc. Duffie C. and Brewer P.F.; 1988; "ACID CLOUD WATER AND CATION LOSS FROM RED SPRUCE FOLIAGE", Water Air and Soil Pollution, 39, 355-363.
39. Kennet W., Cecil F. W.; 1994; "CONTAMINACIÓN DEL AIRE, Origen y Control"; Ed. Limusa; Mex. D.F.; pp.637.
40. Koslowski T.T.; 1986, "RESPONSES OF WOODY PLANTS TO ENVIROMENTAL POLLUTION", Forestry Abstracts, vol. 47 No. 1.
41. Kóvacs M. O. and Klincsek P. P.; 1982; "THE LEAVES OF CITY TREES AS ACUMULATION INDICATORS **IN** Steubing I. And Jager H. J. Eds.; 1982; "MONITORING OF AIR POLLUTION BY PLANTS", D.R.W. Junk Publishers the Hague. F.R.G.
42. Legorreta J.; 1991; "LA GRAVE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO"; Ciencias; No. 22, abril, 55-61.
43. Lannefors H. O. and Witman B. B.; 1985; "AEROSOL CHARACTERISTICS IN A MATURE CONIFEROUS FOREST-Metodology, composition, sources and spatial concentration variation"; Atmosferic Enviromen; Vol. 19 No. 2 pp 349-362.
44. Lindberg S.E. and Harris R.C.; 1981; "THE ROLE OF ATMOSPHERIC DEPOSITION IN A EASTERN U.S. DECIDUOS FOREST"; Water, Air and Soil Pollution; Vol 16, No 14. 26-30.
45. Lindfors S. V., Joffre M and Juhanidasmski; 1993; "METEOROLOGICAL VARIABILITY OF THE WET AND DRY DEPOSITION OF SULFUR AND NITROGEN COMPOUNDS OVER THE BALTIC SEA", Water Air and Soil Pollution, 66, 1-28
46. Lorenz R. and Murphy Jr E. Ch.; 1985; "THE DRY DEPOSITION OF SULFUR DIOXIDE ON A LOBLOLLY PINE PLANTATION"; Atmosferic Enviroment; Vol. 19 No. 5 pp. 797-802.
47. Lötschert and Köhm H.J.; 1977; "CHARACTERISTICS OF TREE BARK AS AN INDICATOR IN HIGH-INMISSION AREAS"; Oecología (Berl.); 27: 47-64.
48. Lovett G. M. And Lindberg S. E.; 1993; "ATMOSPHERIC DEPOSITION AND CANOPY INTERACCIONS OF NITROGEN IN FOREST"; Can. J. For. Res.; 23:1603-1616.
49. Lovett G. M., Reiners W. A. and Olson R. K.; 1982; "Report, CLOUD DROPLET DEPOSITION IN SUBALPINE BALSAM IN FOREST HYDROLOGICAL AND CHEMICAL IMPUTS" Science, Vol 18-24 December, pp. 1303.
50. Macfadyen A. and Ford E.D.; 1983; "Advances IN ECOLOGICAL RESEARCH"; Academic Press; Great Britain; pp. 382.
51. Madsen B.C., Kheoh T., Hinkle C. R.and Dreschel T.; 1992; " PRECIPITATION CHEMISTRY IN EAST CENTRAL FLORIDA FROM 1978 TO 1987"; Water, Air and Soil Pollution; 65:7-21.
52. Marques de Cantú M. J.; 1988; "PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA PARA CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS"; UNAM; México; pp 657.

53. METHODS DEVELOPMENT AND QUALITYASSURANCE RESEARCH LABORATORY U.S. ENVIROMENTAL PROTECCION AGENCY. OFFICE OF TECHNOLOGY TRANSFER, Washington D.C.; 1974; 197-200.
54. Miranda J., Morales J.R., Cahill T.A., Aldape F. And Flores J.M.; 1992; ASTUDY OF ELEMENTAL CONTENTS IN ATMOSPHERIC AEROSOLS IN MEXICO CITY"; Atmósfera; 5: 95-108.
55. Mohler C.L., Marks P.L. and Spougel D.G.; 1978; "STAND STRUCTURE AND ALLOMETRY OF TREES DURING SELF-THINING OF PURE STAND"; Journal of Ecology; 599-614.
56. Muhlbaier D. J. and Cadle S. H.; 1984; "THE EFFECT OF LOCAL EMISSIONS ON WET AND DRY DEPOSITION IN SOUTHEASTERN MICHIGAN"; Atmosferic Enviromen: Vol. 18 No. 5 pp 1009-1015.
57. Muhlbaier D. J. and Cadle S. H; 1985; "WET AND DRY MONITORING IN SOUTHEASTERN MICHIGAN"; Atmosferic Enviromen; Vol. 19 No. 5 pp 789-796.
58. Overrein L. N.; 1976; "A PRESENTATION OF THE NORWEGIAN PROJECT Acid precipitation-effects on forest and fish"; Water, Air and Soil Pollution; 6: 167-172.
59. Padilla H. G.; sept-1989; "ESTUDIO ANALITICO DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LA PRECIPITACION PLUVIAL EN EL VALLE DE MEXICO" Tesis para Maestría: C.U. Mex. D.F.
60. Padilla H.G., Belmont R.D., Torres M.C., García R.M- y Báez A. P.; 1997; "A FIELD COMPARISON OF CLOUD WATER COLLECTORS IN A MOUNTAINOUSREGION UNDER LOW WINDSPEED CONDITION IN EASTERN MEXICO"; Atmósfera; 9: 189-199.
61. Paoletti R. E. and Barbolani G. E; 1989, "EFFECTS OF ACID FOG AND DETERGENTS ON FOLIAR LEACHING OF CATIONS", Water Air and Soil Pollution, 45: 49-61.
62. Paoletti R. E., Udisti R., Pantani F. and Barbolani E.; 1989, "ELEMENTAL LEACHING FROM *Quercus ilex L.* IN RESPONSE TO SIMULATED ACIDIC FOG", Water Air and Soil Pollution, 47: 35-46
63. Páramo, V. H, Guerrero M.A., Morales M. A., Morales R. E. Y Contreras D. B.; 1987; "ACIDEZ DE LAS PRECIPITACIONES EN EL D.F."; Ciencia y Desarrollo; No. 72, Ene-Feb: 59-65.
64. Parker G.G.; 1983; "THROUGHFALL AND STEMFLOW IN THE FOREST NUTRIENT CYCLE" IN Macfadyen A. and Ford E.D.; 1983; "Advances IN ECOLOGICAL RESEARCH", Academic Press; Great Britain; pp. 382.
65. Peden M. E. & Skowron M. L.; 1978; "IONIC STABILITY OF PRECIPITATION SAMPLES"; Atmosferic Enviroment; Vol. 12; pp 2343-2349
66. Peden Mark E. & M. Skowron Loretta; 1986; "METHOD FOR COLLECTION & ANALISIS OF PRECIPITATION "; Illinois Stak Water Survey Analitical Chemistry Unit; Champing Illinois; pp.375.
67. Prakasa R. P.S., Khemani L.T., Momin G.A., Safai P.D., and Pillai A. G.; 1992, "MEASUREMENTS OF WET AND DRY DEPOSITION AT AN URBAN LOCATION IN INDIA", Atmosferic Enviroment, Vol. 26B No 1 pp. 73-78.

68. Rehfuess K.E.; 1989; "ACIDIC DEPOSITION EXTENT AND IMPACTON FOREST SOILS, NUTRITION, GROWTH AND DISEASE PHENOMENA IN CENTRAL EUROPE"; Water, Air and Soil Pollution; 48:1-20.
69. Reiners W. A.; 1972; "NUTRIENT CONTENT OF CANOPY THROUGFALL IN TREE MINESOTA FOREST"; OIKOS; 23:14-22.
70. Reuss J. O.; 1977; "CHEMICAL AND BIOLOGICAL RELATIONSHIPS RELEVANT TO THE EFFECT OF ACID RAINFALL ON THE SOIL-PLANT SYSTEM" Water, Air and Soil Pollution; 7:461-478.
71. Rierkerk H. and Korhnak L.V.; 1992; " RAINFALL AND RUNOFF CHEMISTRY OF FLORIDA PINE FLATS WOODS"; Water, Air and Soil Pollution; 65:59-68.
72. Rodier J. 1978; "ANÁLISIS DE LAS AGUAS"; Ed. Omega; pp 1047.
73. Rzedowski J.; 1978; "VEGETACION DE MEXICO"; LIMUSA; México; pp.432.
74. Seinfield J. H.; 1986; "ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS OF AIR POLLUTION, Ed. John Wiley & Sons; U.S.A.
75. Sequeira R.; 1976; "MOONSONAL DEPOSITIONOF SEA SALT AND AIR POLLUTANTS OVER BOMBAY"; TELLUS; XXVIII:3; 275-282.
76. Sequeira R.; 1981; "ACID RAIN: Some preeliminary results from global data analysis"; Geophysical Research Letters; vol. 8, No :2, February; 147-150.
77. Sequeira R.; 1982; "ACID RAIN: Ann Assessment Based on Acid-Base Consideration"; Journal of the Air Pollution Control Association; XXXII: 3; 241-245.
78. Shriner D. S., Chester R. R. and Lindberg S. E.; 1980; "ATMOSFERIC SULFUR DEPOSITION (Enviromental Impact and Healt Effects"; Ann Arbor Science; EEUU.
79. Simmlert N. and Schulten H.-R.; 1989; "PATERN RECOGNITION OF SPRUCE TREE AN INTEGRATED, ANALITICAL APPROACH TO FORES DAMAGE"; Enviroment Science and Tecnology, 23:8 1000-1006.
80. Sisler et al; 1946; "INORGANIC SYN(2) INDEX MERC; pp. 178.
81. Skeffington R.A.; 1987; "TRANSPORT OF ACIDITY THROUGH ECOSYSTEMS" IN Unsworth M. H., Martin M.H. and Coughtrey P.J.; 1987; "POLLUTANT TRANSPORT AND FATE IN ECOSYSTEMS, *ESPECIAL PUBLICATION NUMBER 6 OF THE BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY*"; Blackwell Scientific Publications; Great Britain. Pp. 134-180
82. STANDARD METHODS, For the examination of Waters and Wastewater; 18th Edition; APHA-AWWA-WPFC.,U.S.A. 1992. pp 01-440
83. Steubing I. And Jager H. J. Eds.; 1982; "MONITORING OF AIR POLLUTION BY PLANTS", D.R.W. Junk Publishers the Hague, F.R.G. Sept, 24-25
84. Tyler G.; 1989; "THE IMPAC OF HEAVY METAL POLLUTION FOREST: A case study of Gusum, Sweden"; AMBIO; VII:1; 18-24.
85. Treshow M.; 1985; AIR POLLUTION AN PLANT LIFE" Ed. John Wiley & Sons L.T.D.; U.S.A.; pp. 479.
86. Unsworth M. H., Martin M.H. and Coughtrey P.J.; 1987; "POLLUTANT TRANSPORT AND FATE IN ECOSYSTEMS, *ESPECIAL PUBLICATION NUMBER 6 OF THE BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY*"; Blackwell Scientific Publications; Great Britain. Pp. 134-180.

87. Van E. R. and Draaijers G.P.J., "ESTIMATES OF ATMOSFERIC DEPOSITION AND CANOPY EXCHANGE FOR TREE COMMON TREE SPECIES IN THE NETHERLANDS". Water Air and Soil Pollution 73: 1994, 61-82.

88. Waring R.H.; 1987; "CHARACTERISTICS OF TREES PREDISPOSED TO DIE": Bioscience; september, Vol. 37, No. 8, pp. 569-573.

89. Willard H.H.; 1981, "MÉTODOS INSTRUMENTALES DE ANÁLISIS"; Continental, S.A : México, D.F.; pp. 127-129.

90. Wayne W. D.; 1995; "BIOESTADÍSTICA, BASE PARA EL ANÁLISIS DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD"; 5ª Ed, Limusa; México; pp. 539-566.

91. Wood T. and Bormann F.H.; 1977; "SHORT-TERM EFFECTS OF A SIMULATED ACID RAIN UPON THE GROWTH AND NUTRIENT RELATIONS OF *PINUS STROBUS. L.*". Water Air and Soil Pollution; 7: 479-488.

92. World Meteorological Organization (WMO) 1978, INTERNATIONAL OPERATIONAL HANDBOOK FOR MEASUREMENT OF BACKGROUND ATMOSPHERIC POLLUTION (WMO-No. 491)

93. Zhao D. and Sun B.; 1986; "AIR POLLUTION AND ACID RAIN IN CHINA"; AMBIO: XV:1, 1-5.

XII. ANEXOS

1. Flora presente en el Parque Nacional "Desierto de los Leones".

Estrato rasante

Nombre científico	Nombre vulgar
1. *Lactarius deliciosus*	Hongo enchilado (comestible)
2. *Miraconicum sp.*	Musgo
3. *Naematoloma fasciculare*	Hongo (venenoso)
4. *Russula delica*	Hongo "oreja de puerco" (comestible)
5. *Thuildium sp.*	Musgo

Estrato herbáceo

Nombre científico	Nombre vulgar
1. *Acaena elongata.*	Cadillo
2. *Acrosticum sp.*	Helecho
3. *Adriantum hapeziforme.*	Cilantrillo (Helecho)
4. *Agrostis sp.*	Gramínea
5. *Ambrosia elatior.*	Hierba amargosa
6. *Andropagon sp.*	Gramínea
7. *Arttemisa mexicana.*	Estrafante (Medicinal)
8. *Aspidium filix*	Helecho
9. *Avena elongata*	Gramínea
10. *Cucubita foetidissima.*	Hierba de la calabacilla
11. *Cuscuta umbellata.*	Cuscuta (parssita)
12. *Equisetum limosum.*	
13. *Eryngium gracile.*	Hierba del sapo (contra quemaduras)
14. *Euphorbia prostata.*	Hierba de la golondrina
15. *Festuca tolucensis.*	Gramínea
16. *Fragaria mexicana.*	Fresa
17. *Gnaphalium conordeum.*	Gordolobo (contra la tos)
18. *Kralesia seunoiflora.*	Zarzaparrilla (raíz medicinal)
19. *Litzea glancescens.*	Laurel (aromática)
20. *Lobellia lauxiflora.*	Aretillo de la India (medicinal)
21. *Loeselia mexicana.*	Espinosilla (medicinal)
22. *Marrubio vulgare.*	Marrubio (medicinal)
23. *Penstemon sp.*	Jarritos
24. *Plumbago pulchella.*	Hierba del negro (contra granos de la piel)
25. *Pnoradendron velutinum.*	Enredadera del encino
26. *Salvia cardinalis.*	Mirto cimarrón
27. *Salvia angustifolia.*	Cimarrona
28. *Salvia microphyla.*	Mirto real

29. *Senecio canicida.* Hierba del perro (contra la tosferina)
30. *Senecio plastanifolius.*
31. *Senecio prenanthoides.*
32. *Senecio sanguisorbae.* Rabanillo
33. *Senecio toluccanus.* Rabanillo
34. *Senecio salignus.* Jarilla o jara
35. *Valeriana subincisa.* Enredadera

Estrato arbustivo

Nombre científico	Nombre vulgar
1. *Arbutus glandulosa.*	
2. *Arbutus xalapensis.*	Madroño
3. *Arotestaphyos arguta.*	Madroño
4. *Baccharis conferta.*	Escobilla o escoba
5. *Baccharis multiflora.*	Escobilla
6. *Budleia americana.*	
7. *Budleia pertoliata.*	
8. *Fuchsia microphylla.*	Aretillo
9. *Juniperus sp.*	Enebro
10. *Prunus capulli.*	Capulín
11. *Quercus crassipes.*	
12. *Ribes affine.*	Capulincillo cimarrón
13. *Ribes ciliatum.*	Capulincillo
14. *Sálix cana.*	Sauce
15. *Senecio barba - johannis.*	Rabanillo
16. *Symphoricarpos microphyllus.*	Perilla

Estrato arbóreo

Familia

PINACEAE

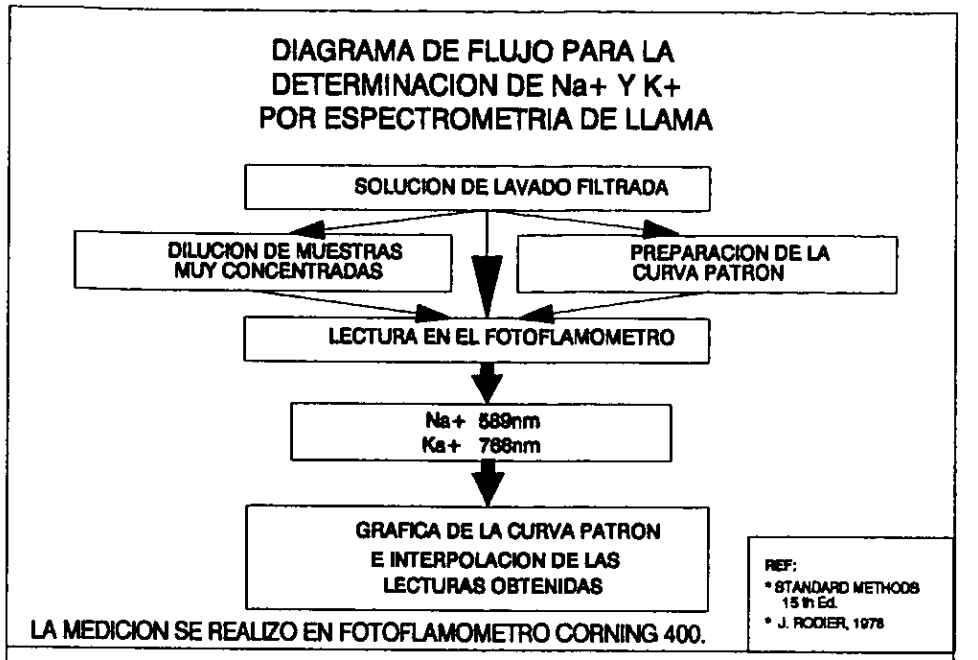
1. *Abies religiosa* (HBK) Cham. et Schl.
2. *Pinus ayacahuite veitlchii* Sham.
3. *Pinus hartwegii* Lindl.
4. *Pinus leiophylla* Schl.
5. *Pinus montezumae* Lamb.
6. *Pinus patula* Schl et Cham.
7. *Pinus patula var. longipedunculata* Loock.
8. *Pinus pseudostrobus* Lindl.
9. *Pinus radiata* D. Don.
10. *Pinus teocote* Schl et Cham.

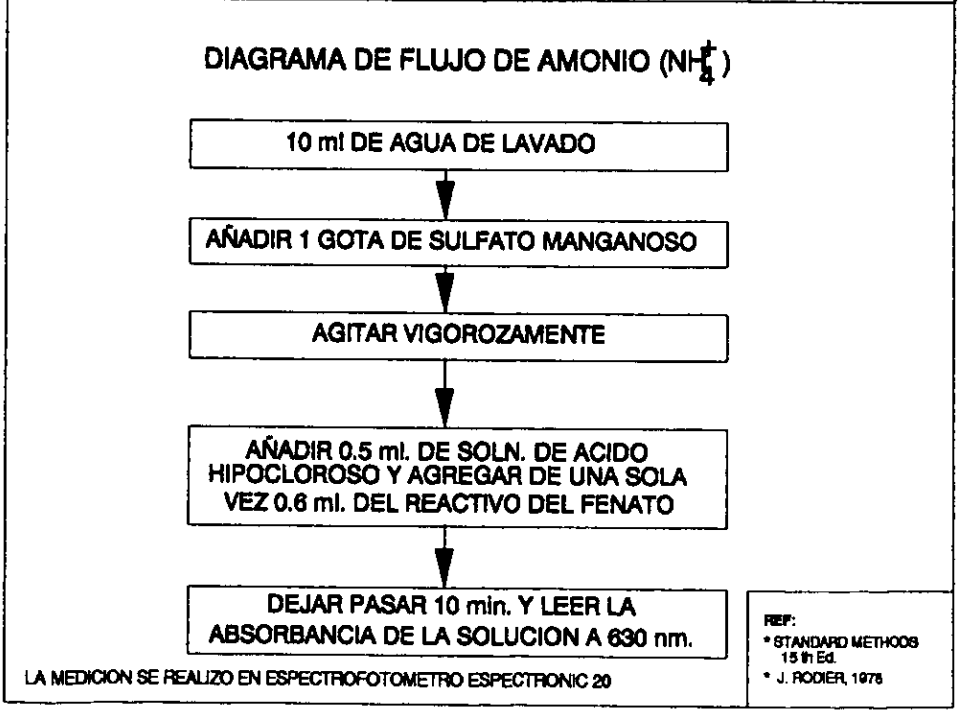
CUPRESACEAE

11. *Cupressus benthamii* Endl.
12. *Cupressus lindleyi* Clutzch.

PIPERACEAE
13. *Paeperomia campylotropa* Hill.
SALICACEAE
14. *Sálix lana* Mart et Gal.
15. *Sálix oxylepis* Schr.
GARRYACEAE
16. *Garrya laurifolia* Hartm.
BETULACEAE
17. *Alnus firmifolia* Fern.
18. *Alnus jorullensis* HBK.
FAGACEAE
19. *Quercus candicans* Nwe
20. *Quercus castanea* Nwe
21. *Quercus crassipes* H. et B.
22. *Quercus laurina* H. et B.
23. *Quercus mexicana* H.et B.
24. *Quercus microphylla* Nwe
25. *Quercus obtusata* H. et B.
26. *Quercus rugosa* Nwe
URTICACEAE
27. *Urtica dioica* L.
28. *Urtica subincisa* Benth.
29. *Urtica urens* L.
LORANTHACEAE
30. *Arcethobrum vaginatum* (Willd)
31. *Phoradendrun velutinum* (DC.)Nutt.
POLIGONACEAE
32. *Polygonum lapathifolium* L.
33. *Lumex flexicaulis* Rech F.

2. Diagramas de flujo para la determinación de Na, K, NH_4,Cl, SO_4 y NO_3.





LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA" U.N.A.M.

DIAGRAMA DE FLUJO DE CLORUROS (Cl)
POR EL METODO TURBIDIMETRICO

20 ml DE AGUA DE LAVADO

↓

AÑADIR 1 ml DE SLN. DE ACIDO NITRICO

↓

AÑADIR 1 ml DE REACTIVO ACONDICIONADOR

↓

AÑADIR 1 ml DE SLN. AL 5% DE $AgNO_3$Y AGITAR SUAVEMENTE

↓

MEDIR LA TURBIEDAD DESPUES DE 15 MINUTOS

LA MEDICION SE REALIZO EN NEFELOMETRO TURNER TD-40

REF:
- STANDARD METHODS 15 th Ed.
- J. RODIER, 1978

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETERMINACION DE SULFATOS (SO4=) POR EL METODO TURBIDIMETRICO

39 ml DE AGUA DE LAVADO

↓

ADICIONAR 1ml DE HCl 1/10

↓

ADICIONAR 5 ml DE SLN. DE BaCl + TWEEN 20 o SLN. DE BaCl + PVP

↓

AGITAR VIGOROZAMENTE Y REPOSAR 15 min.

↓

AGITAR DE NUEVO Y LEER EN EL ESPECTROFOTOMETRO A LA LONGITUD DE ONDA DE 650 nm

LA MEDICION SE REALIZO EN NEFELOMETRO TURNER TD-40

REF:
- STANDARD METHODS 15 th Ed.
- J. RODIER, 1978

LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA" U.N.A.M.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETERMINACION DE NITRATOS POR EL METODO DE ION SELECTIVO

10 ml DE AGUA DE LAVADO

↓

AÑADIR 10 mL DE SOLUCION BUFFER

↓

AGITAR DE MANERA CONSTANTE CON UN AGITADOR MAGNETICO POR 2-3 MINUTOS

↓

SUMERGIR LA PUNTA DEL ELECTRODO EN LA MUESTRA Y ANOTAR LA LECTURA DEL POTENCIAL DESPUES DE 1 MINUTO

↓

LEER LA CONCENTRACION A PARTIR DE LA CURVA DE CALIBRADO DE NO3.

REF:
* STANDARD METHODS 15 th Ed.
* J. RODIER, 1978

LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA" U.N.A.M.

3. Preparación de reactivos para la determinación de Cl, NH_4, SO_4 y de NO_3.

REACTIVOS PARA LA DETERMINACION DE CLORUROS: POR EL METODO TURBIDIMETRICO

FUNDAMENTO: LOS CLORUROS PRECIPITAN EN MEDIO ACIDO FORMANDO EL CLORURO DE PLATA EL PRECIPITADO SE ESTABILIZA UTILIZANDO UN REACTIVO ACONDICIONADOR

— SOLUCION DE HNO3

DILUIR 13 ml. DE HNO3 CONCENTRADO EN 100 ml. DE AGUA DESIONIZADA.

— SOLUCION DE REACTIVO ACONDICIONADOR

MEZCLAR 50 ml DE GLICERINA, 300 ml DE AGUA DESIONIZADA Y 100 ml DE ALCOHOL.

— SOLUCION DE AgNO3 AL 5 %

DISOLVER 5 g. DE AgNO3 Y AFORAR A 100 ml.

REF:
* STANDARD METHODS 15 th Ed.
* J. RODIER, 1978

REACTIVOS PARA LA DETERMINACION DE AMONIO POR EL METODO DEL FENATO.

FUNDAMENTO: EL ION AMONIO EN LA SOLUCION DE LAVADO REACCIONA CON EL ACIDO HIPOCLOROSO, FENOL Y CON UNA SOLUCION DE SULFATO MANGANOSO FORMANDO EL INDOFENOL AZUL EL CUAL SE DETERMINA COLORIMETRICAMENTE.

— SOLUCION DE MnSO4

DISOLVER 50 mg DE SULFATO MANGANOSO MONOHIDRATADO (MnSO4.H2O) EN 10 ml DE AGUA DESIONIZADA LIBRE DE AMONIACO.

— SOLUCION DE ACIDO HIPOCLOROSO

AÑADIR 10 ml DE UN BLANQUEADOR COMERCIAL A 40 ml DE AGUA DESIONIZADA LIBRE DE AMONIACO, AJUSTAR EL pH DE LA SOLUCION ENTRE 6.5 Y 7.0 AÑADIENDO HCl.

— REACTIVO DE FENATO

AÑADIR 2.5 ml DE NaOH Y 10 g DE FENOL (C8H5OH) EN 100 ml DE AGUA DESIONIZADA LIBRE DE AMONIACO (Preparar semanalmente)

— SOLUCION STOCK PARA LA CURVA DE AMONIO

DISOLVER 381.9 mg DE NH4Cl (Previamente Secado a 100°C) Y AFORAR A UN LITRO

— SOLUCION STANDARD DE AMONIO

DILUIR 5 ml DE LA SOLUCION STOCK A 1000 ml CON AGUA DESIONIZADA, DE AQUI 1 ml = 0.500 μg DE N = 0.607 μg DE NH4

REF:
* STANDARD METHODS 15 th Ed.
* J. RODIER, 1978

LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA" U.N.A.M.

PREPARACION DE LA CURVA DE CALIBRADO PARA $SO_4^{=}$

NUMERO DE LOS TUBOS	T	I	II	III	IV	V	VI
SOLUCION PATRON DE $SO_4^{=}$ (ml)	0	1	3	5	7	9	10
AGUA DESTILADA (ml)	39	38	36	34	32	30	29
ACIDO CLORHIDRICO 1/10	1	1	1	1	1	1	1
SOLUCION DE CLORURO BARICO ESTABILIZADA (ml)	5	5	5	5	5	5	5
CORRESP. EN mg/l DE $SO_4^{=}$	0	3	9	15	21	27	30

Principio: Los iones sulfatos precipitan en medio de ácido clorhídrico con Cloruro de Bario para formar cristales de Sulfato de Bario de un tamaño uniform la luz absorbida por del BaSO4 en suspensión se mide con un nefelómetro y la concentración se determina por comparación de la lectura de la curva estándar.

REACTIVOS:

— SOLUCION PATRON DE SULFATO SODICO DE 120 mg/l DE $SO_4^{=}$

SULFATO SODICO ANHIDRO ..... 0,1775 g

AGUA DESIONIZADA HASTA ENRASE ..... 1000 ml

— SOLUCION DE ACIDO CLORHIDRICO 1/10

— SOLUCION DE POLIVINIL-PIRROLIDONA O DE <<TWEEN 20>> AL 25%

— SOLUCION DE CLORURO BARICO ESTABILIZADO:

CLORURO BARICO ..... 10 g

SOLUCION DE <<TWEEN 20>> ..... 20 ml

o 5 ml DE SOLUCION DE POLIVINIL-PIRROLIDONA

AGUA DESTILADA HASTA ENRASE ..... 100 ml

REF:
* STANDARD METHODS 15 th Ed
* J. RODIER, 1978

REACTIVOS PARA LA DETERMINACION DE NITRATOS:
(POR EL METODO ION SELECTIVO)

PRINCIPIO: EL ELECTRODO DEL ION NITRATO ES UN SENSOR SELECTIVO QUE DESARROLLA U POTENCIAL ATRAVES DE UNA MEMBRANA DELGADA POROSA E INERTE QUE CONTIENE UN LIQUIDO DE INTERCAMBIO IONICO INMISCIBLE EN AGUA. EL ELECTRODO SOLO RESPONDE A LA ACTIVIDAD IONICA DE NO3 ALREDEDOR DE (0.14 A 1.4 mg NO3-N/L). EL BAJO LIMITE DE DETECCION ESTA DETERMINADO POR POR LA PEQUEÑA PERO FINITA SOLUBILIDAD DEL LIQUIDO DE INTERCAMBIO IONICO.

ACCION DE LOS REACTIVOS: LA SOLUCION BUFFER Ag2SO4 ELIMINA LAS INTERFERENCIAS POR Cl-, Br-, I-, S2-, Y CN-; EL ACIDO SULFAMICO ES NECESARIO PARA ELIMINAR EL NO2-; UN BUFFER CON UN pH DE 3.0 PARA ELIMINAR HCO3, PARA MANTENER UN pH Y FUERZA IONICA CONSTANTES; Y EL Al2(SO4)3 PARA ELIMINAR COMPLEJOS ORGANICOS.

— SOLUCION STOCK DE NITRATO

SECAR NITRATO DE POTASIO (KNO3) DURANTE 24 Hr A 105°C. DISOLVER 0.7218 g EN AGU DESIONIZADA Y DILUIR A 1000 ml, PRESERVAR CON 2 ml DE CLOROFORMO.

— SOLUCION STANDARD DE NITRATOS

DILUIR 1.0, 10 Y 50 ml DE LA SOLUCION STOCK DE NITRATOS Y AFORAR A 100 ml. CON DESIONIZADA PARA OBTENER LOS ESTANDARES DE 1.0, 10.0 Y 50 mg DE NO3-N/L RESP.

— SOLUCION BUFFER

DISOLVER 6.66 g DE Al2(SO4)3·18H2O, 3.12 g DE Ag2SO4, 1.24 g DE H3BO3 Y 1.94 g DE ACIDO SULFAMICO (H2NSO3H), EN APROXIMADAMENTE 400 mL DE AGUA. AJUSTAR EL pH A 3.0 ADICIONANDO LENTAMENTE 0.10 Normal DE NaOH. DILUIR A 1000 mL

— SOLUCION DE HIDROXIDO DE SODIO 0.1 NORMAL.

REF:
* STANDARD METHODS 15 th Ed.
* J. RODIER, 1978

LABORATORIO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA" U.N.A.M.

4. Tablas de ANDEVA para cationes vs época (Figura 12)

CATIONES

EPOCA vs SODIO (a)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	2929274.8	2	1464637.4	119.138	0.0000
Con grupos	848258.5	69	12293.6		
Total (corregido)	3777533.3	71			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

EPOCA vs POTASIO (b)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	111135.01	2	55567.506	15.602	0.0000
Con grupos	245746.37	69	3561.542		
Total (corregido)	356881.38	71			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

EPOCA vs AMONIO (c)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	5561.803	2	2780.9016	3.276	0.0437
Con grupos	58570.246	69	848.8442		
Total (corregido)	64132.050	71			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

5. Tablas de ANDEVA para aniones vs época (Figura 13)

ANIONES

EPOCA vs CLORO (a)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	2917.7813	2	1458.8907	19.195	0.0000
Con grupos	5244.1197	69	76.0017		
Total (corregido)	8161.9010	71			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

EPOCA vs NITRATOS (b)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	11.50854	2	5.7542684	2.564	0.0843
Con grupos	154.85129	69	2.2442216		
Total (corregido)	166.35983	71			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

EPOCA vs SULFATOS (c)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	8641.588	2	4320.7941	26.186	0.0000
Con grupos	11385.474	69	165.0069		
Total (corregido)	20027.062	71			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

6. Tablas de ANDEVA para cationes vs especie (Figura 14)

CATIONES

SODIO VS ESPECIE (a)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	419361.5	1	419361.54	4.192	0.0434
Con grupos	9404130.8	94	100043.94		
Total (corregido)	9823492.3	95			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

POTASIO VS ESPECIE (b)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	56899.48	1	56899.481	16.288	0.0001
Con grupos	328368.44	94	3493.281		
Total (corregido)	385267.92	95			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

AMONIO VS ESPECIE (c)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	104.727	1	104.72664	.144	0.7091
Con grupos	68315.677	94	726.76252		
Total (corregido)	68420.403	95			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

7. Tablas de ANDEVA para aniones vs especie (Figura 15)

ANIONES

CLORO VS ESPECIE (a)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	2317.8011	1	2317.8011	28.202	0.0000
Con grupos	7725.4433	94	82.1856		
Total (corregido)	10043.244	95			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

NITRATOS VS ESPECIE (b)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	16.71998	1	16.719978	8.221	0.0051
Con grupos	191.18776	94	2.033912		
Total (corregido)	207.90774	95			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

SULFATOS VS ESPECIE (c)

Gráfica de medias: Tukey Nivel de confianza: 95 Prueba de rango: Tukey

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	d.f.	Cuadrado medio	F-ratio	Sig. nivel
Entre grupos	816.620	1	816.61985	2.301	0.1326
Con grupos	33356.953	94	354.86120		
Total (corregido)	34173.573	95			

Valores 0 faltantes han sido excluidos.

Fe de erratas

En el título donde dice **deposición**, debe decir **depositación**.