

24  
Zey



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores  
"ZARAGOZA"

**“Evaluación del Potencial Contaminante de los Líquidos Percolados Producidos en un Enterramiento Controlado (Neza I) del Estado de México”**

**T E S I S**  
Que para obtener el Título de  
**B I O L O G O**  
P r e s e n t a  
*Ana Laura Maldonado Tena*

U N A M  
F E S  
Z A R A G O Z A



LO HUMANO ES  
DE NUESTRA EXPRESIÓN

México, D, F

Junio de 1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

**"EVALUACION DEL POTENCIAL CONTAMINANTE DE LOS LIQUIDOS  
PERCOLADOS PRODUCIDOS EN UN ENTERRAMIENTO  
CONTROLADO (NEZA I) DEL ESTADO DE MEXICO"**

**A U T O R A:  
ANA LAURA MALDONADO TENA**

**DIRECTOR DE TESIS:  
BIOL. LETICIA LOPEZ VICENTE**

**ASESOR ESTADISTICO:  
M. EN M. MARIA JOSE MARQUEZ DOS SANTOS DE CANTU**

**F.E.S. "ZARAGOZA"  
LABORATORIO DE CONTAMINACION L-301**

**1 9 9 5**

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS MUY QUERIDOS PADRES:**

Ing. Sergio Salvador Maldonado Lozano y Martha I. Tena de Maldonado  
Gracias por todo el cariño que siempre me han manifestado, por haberme dado todas las oportunidades y por apoyarme en todo momento. Sirva este trabajo como una muestra de lo mucho que los quiero y como pago por todos sus sacrificios y desvelos.

### **A MI ESPOSO:**

Q.F.B. Lázaro Pascual Laríos Hernández  
Gracias por tu amor, tu compañía, tu apoyo y sobre todo por tu paciencia. Uno de mis más preciados anhelos es que continuemos juntos haciéndole frente a la vida, siempre con valor, esperanza y sobre todo con amor.

### **A MI HIJO:**

Omar de Jesús

Con la más firme esperanza de lograr para tí lo mejor del mundo y que el día de mañana puedas hablar con orgullo de tus padres.

### **A MIS HERMANOS:**

Sergio Alberto, María Eugenia y Luis Fernando  
Sea este pues un aliciente para obtener todo lo que se propongan, y nunca olviden la unidad y el cariño de la familia en la que hemos crecido.

### **A MIS ABUELOS:**

Josefa, Esperanza✠, Salvador✠ y Esteban✠

Gracias por su cariño y su incondicional apoyo, siempre los recordaré por esos momentos tan especiales que solo los abuelos pueden brindar.

### **A MIS ASESORES:**

Biol. Leticia López Vicente

M. en C. Ma. Jose Marques Dos Santos

Como un reconocimiento por compartir conmigo su tiempo y su experiencia. Espero no haberlas defraudado y confío en que me permitan seguir contando con ustedes.

**A MIS SINODALES:**

M. en C. Esther M. García Amador

Biol. Aída Zapata Cruz

Biol. Joel Romero Carmona

Les agradezco infinitamente todas sus sugerencias y consejos para conseguir que este trabajo alcanzara una calidad satisfactoria.

**A LOS PROFESORES:**

Q.F.B. Georgina Rosales Rivera

Q.F.B. Margarita Guzmán Arellano

I.Q. Eduardo Loyo Arnaud

Gracias por honrarme con su amistad, con su apoyo y con sus sabios consejos.

**A MIS COMPAÑEROS DEL CENTRO DE ACOPIO**

Especialmente a la Biol. Ma. de los Angeles Galván Villanueva.

**A MIS COMPAÑEROS DEL L.I.B. IV.**

Especialmente al M. en C. Raúl Zavala Chavero y

Q.B.P. Francisco Alvarado Pérez.

**A LA F.E.S. ZARAGOZA.**

**A LA U.N.A.M.**

Principalmente doy gracias a Dios por haberme permitido culminar con éxito una etapa más de mi vida.

# CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN	3
I. INTRODUCCION	5
1. La basura	5
1.1. Conceptos y definiciones	5
1.2. Clasificación de la basura	5
1.2.1. Según la degradación biológica a la que esté sujeta	6
1.2.2. Según su fuente de generación	6
2. Elementos funcionales de un sistema de manejo de los residuos: El Ciclo de la Basura	7
2.1. La generación de residuos	8
Figura 1	9
Cuadro 1	10
Cuadro 2	11
Cuadro 3	11
2.2. La recolección y el transporte	11
2.3. La transferencia de los residuos	12
Cuadro 4	13
2.4. El destino final de los residuos sólidos	14
2.4.1. Los sitios de disposición final	13
2.4.2. Otros métodos de tratamiento de la basura	15
Cuadro 5	17
3. Los impactantes ambientales de los basureros: el biogás y los lixiviados.	18
3.1. El ciclo de vida de un sitio de disposición final (el relleno sanitario)	18
3.2. El biogás	19
Figura 2	20
Cuadro 6	21
3.2.1. Secuencia de degradación de los residuos	21
Figura 3	22
3.2.2. Efectos del biogás	24
3.3. Los lixiviados	25

3.3.1. Movimiento del agua a través de los residuos	25
Figura 4	26
3.3.2. Cantidad de lixiviados que se genera	27
3.3.3. Factores que afectan la generación (cantidad) de lixiviados	27
3.3.4. Composición de los lixiviados	31
3.3.5. Factores que afectan la composición (calidad) de los lixiviados	32
3.3.6. Los lixiviados en los basureros del D.F.	35
3.3.7. Efecto de los lixiviados	35
<b>II. ANTECEDENTES</b>	<b>37</b>
<b>III. JUSTIFICACION</b>	<b>39</b>
<b>IV. HIPOTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS</b>	<b>43</b>
<b>V. METODO</b>	<b>44</b>
<b>VI. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>48</b>
Mapa 1	50
<b>VII. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>51</b>
Cuadros de resultados (7-13)	53
Gráficas (1-19)	60
Análisis de resultados	69
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	<b>90</b>
<b>IX. RECOMENDACIONES</b>	<b>92</b>
<b>X. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>94</b>
<b>XI. APENDICES</b>	<b>100</b>

## RESUMEN

Se entiende por líquidos percolados aquellos que se producen en un basurero y cuyo origen principal puede ser la propia humedad de los residuos o la infiltración del agua de lluvia a través de él, siendo este último el origen de la gran mayoría de los líquidos percolados.

Estos líquidos efectúan un lavado de los residuos sólidos arrastrando (en solución o suspensión) todo tipo de contaminantes químicos y/o biológicos, siendo por esto potenciales contaminadores tanto del suelo como de capas de agua subterránea o cualquier otra fuente de abastecimiento de la misma a la cual lleguen, puesto que presentan movimientos horizontales y verticales que los desplazan a lo largo y ancho del terreno que ocupa el basurero.

Ubicado en Cd. Nezahualcoyotl, Estado de México se localiza el basurero Neza I (antes Bordo Xochiaca) el cual es operado como Enterramiento Controlado. Dentro del mismo se puede observar un afloramiento de lixiviados del que se obtuvieron las muestras de lixiviados empleadas en este estudio, las cuales fueron analizadas en el Laboratorio de Contaminación L-301 de la Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza" de la U.N.A.M.

Los análisis físicos y químicos realizados revelan que los lixiviados presentan un pH básico, con un gran contenido de sólidos disueltos y en suspensión. La conductividad eléctrica es alta lo cual indica la presencia de concentraciones elevadas de sales, principalmente de sodio y potasio según lo demuestran los resultados obtenidos. También el contenido de metales pesados (Cd, Cu, Fe, Pb y Zn) tanto disueltos como totales es alto y puede estar relacionado con la elevada concentración de materia orgánica encontrada.

Los resultados de los análisis estadísticos indican que se presenta una gran variabilidad en los datos (coeficientes de variación > 20 %) a excepción del pH. Los análisis de varianza demuestran que en general existen diferencias significativas tanto en los sitios de muestreo como en los meses de muestreo, lo cual es corroborado por las pruebas de rango múltiple realizadas. En la matrices de correlación de los diferentes parámetros se observa que los



sólidos disueltos es el constituyente que se encuentra relacionado con un mayor número de ellos.

El análisis de correlación entre la cantidad de lluvia acumulada 4, 7, 14 y 21 días antes del muestreo con los diferentes parámetros analizados no arrojan resultados concluyentes, por lo que no se puede afirmar que la precipitación es el único factor que influye en la generación y en la calidad de los líquidos percolados producidos en el basurero "Neza I".

Al comparar los resultados con los de otros estudios se observa que cuantitativamente son mayores. Finalmente cabe señalar que algunos valores determinados sobrepasan los que asigna la norma oficial mexicana para aguas residuales, aunque ésta no contempla el total de los parámetros analizados en este trabajo. Por este motivo se puede considerar que los lixiviados de este sitio de disposición representan un riesgo potencial de contaminación para el ambiente.

## I.- INTRODUCCION

# INTRODUCCION

## CAPITULO 1. LA BASURA.

### 1.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES.

El análisis de la problemática ambiental en el país muestra una marcada relación entre la contaminación y la orografía del medio, el tamaño y la dinámica del asentamiento urbano y el crecimiento económico. La presión ejercida por el incremento demográfico e industrial, y la falta de planeación integral del uso del suelo y sus recursos, han dado lugar a un desarrollo ambientalmente contaminado (Vizcaino, 1986).

Un residuo según el artículo III del Capítulo I de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988) es: "...cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control y tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó...". No obstante, el término basura resulta polémico puesto que algunos se refieren a ésta como un sinónimo de residuo, desperdicio o desecho, mientras que otros emplean todos estos de manera indistinta. Sin embargo el término "sólido" también puede resultar impreciso, ya que un desecho sólido se puede considerar como un desperdicio "paleable" (Leroy, 1987), aunque algunos de estos también pueden contener desechos líquidos ("bombeables") e inclusive generar contaminantes gaseosos (Vázquez, 1994).

La basura se puede definir como el conjunto de elementos heterogéneos resultantes de desechos o desperdicios del hogar, la comunidad y la industria en general (Unda, 1969; Trejo, 1986). Es importante establecer la diferencia entre basura y desecho, ya que este último se refiere a aquellos materiales que una vez utilizados en algún tipo de proceso doméstico, industrial y/o comunitario son susceptibles de ser reutilizados y/o reciclados siempre y cuando no hayan sido mezclados con otros materiales que demeriten su calidad, ya que dicha mezcla constituye lo que se conoce como basura.

## 1.2. CLASIFICACION DE LA BASURA.

Aunque la basura es una mezcla heterogénea, se puede clasificar dependiendo de:

### 1.2.1. La degradación biológica a la que está sujeta (Unda, 1969):

- Biodegradable, son aquellos residuos susceptibles de ser degradados por la actividad y metabolismo microbiano, como son los desechos alimenticios, restos de animales y plantas, el papel y sus derivados, los huesos, el trapo y la madera.
- No biodegradable, son aquellos que permanecen intactos ante la actividad y metabolismo microbiano, como son los materiales inertes (plástico, metales, vidrio y otros).

### 1.2.2. Su fuente de generación (Pfeffer, 1992):

- Residuos domésticos y residenciales, los cuales incluyen aquellos residuos provenientes de la preparación de alimentos y de los residuos del jardín, y que contienen materiales orgánicos putrescibles los cuales necesitan un manejo especial con el fin de disminuir los malos olores y la proliferación de fauna nociva. Bajo este rubro también se considera al papel y sus derivados, a los plásticos, vidrios y cerámicas, polvos y cenizas, así como a los restos de metal (latas, alambres, etc.), y a los muebles, aparatos, o colchones que sean inservibles.
- Residuos comerciales e institucionales, estos se originan en oficinas, bancos, restaurantes, escuelas y hospitales, y se pueden subdividir de manera similar a los residuos domésticos, e incluyen también restos de construcciones o demoliciones ("cascajo") y un tipo especial de desechos, los cuales caen bajo el rubro de Residuos Peligrosos, como son los residuos hospitalarios, los cuales pueden incluir sustancias explosivas, agentes tóxicos y químicos, materiales radiactivos o patológicos. Se considera un residuo peligroso a cualquier residuo que presente alguna o todas de las siguientes características: inflamable, corrosivo, reactivo, tóxico, radiactivo, fitotóxico, teratogénico, mutagénico e infeccioso (Gutiérrez, 1990). Debido a la naturaleza peligrosa de estos materiales se requiere de métodos especiales de recolección, manejo, transporte y disposición, por ejemplo aquellos materiales que se consideran biológico-infecciosos deben regirse por las normas CRETIB correspondientes (NOM-087-ECOL-1994).

- Residuos municipales, los cuales se originan de las funciones y servicios propios del municipio como son los residuos de calles producto de las operaciones de limpieza que incluyen tanto material inorgánico (arenas, gravas, etc.) como orgánico (por ejemplo los recortes de pasto y las hojas de los árboles de camellones, parques y jardines públicos); también se incluyen los restos de animales (heces y cadáveres), de vehículos abandonados, y los residuos generados por los turistas en playas, balnearios y zonas deportivas.

- Residuos industriales, estos comprenden tanto residuos generados por la actividad del personal como las de los propios procesos industriales. Los primeros son residuos de tipo comercial e institucional, y los segundos son remanentes de los procesos de manufactura únicos para cada tipo de industria.

- Residuos agropecuarios, resultantes de la actividad agrícola y pecuaria y que ocasionan problemas muy específicos. Dentro de estos se consideran a los residuos del propio ganado y los generados por su manutención, así como los restos de las cosechas y de aquellos implementos necesarios para su realización.

## CAPITULO 2. ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN SISTEMA DE MANEJO DE LOS RESIDUOS: EL CICLO DE LA BASURA.

Existe una serie de operaciones diferentes asociadas a un sistema de manejo de la basura. Cada operación tiene un propósito específico en la cadena de acciones necesarias para manejar los residuos sólidos adecuada y satisfactoriamente (Pfeffer, 1992). De este modo, el manejo de la basura se puede resumir en un ciclo (Figura 1), el cual comienza con su generación y su acumulación temporal, para después continuar con su recolección, transporte y transferencia, culminando con el destino final de los mismos (López, 1989). No obstante se debe de hacer énfasis en varios aspectos de este ciclo, los cuales representan el número mínimo de operaciones requeridas para el manejo de la basura (Vizcalno, 1986; Pfeffer, 1992).

### 2.1. LA GENERACION DE RESIDUOS.

Actualmente se vive un incremento en la generación de residuos provocada por el constante crecimiento de la población, lo cual plantea graves problemas para el manejo adecuado de éstos (González, 1987). Dicha generación es en países desarrollados muy alta, sin que por el momento exista una solución satisfactoria para no contaminar el ambiente (Caparó, 1983). E inclusive, los países no industrializados también tienen problemas con el manejo de los residuos que importan (Gutiérrez, 1990).

Para cualquier persona, la basura comienza cuando encuentra algo que ya no le es útil, y termina cuando deposita ese "algo" en una bolsa de plástico y lo saca de su casa. Sacar la basura parece algo sencillo, ya que puede dejarse en la calle, arrojarse a un lote baldío, entregarse al camión recolector o darla directamente al barrendero que limpia la calle (Castillo, 1990). Pero este problema de deshacerse de la basura generada en cada domicilio, no termina aquí, ya que es a partir de este momento cuando los verdaderos problemas comienzan. En el año de 1985 se generaron diariamente en el D.F. más de 10,000 tn de basura, a razón de 0.4 a 0.6 kg/habitante/día, y la estimación mundial se situó alrededor de los 8 millones de toneladas diarias (Trejo, 1986). Sin embargo, para 1990 se ha estimado que cada habitante de la Cd. de México, desecha diariamente un promedio de 1 kg de basura, lo que viene a hacer un total de 19,000 tn diarias (Castillo, 1990; Gutiérrez, 1990). El promedio diario por habitante en otros países es de:

# CICLO DE LA BASURA

---

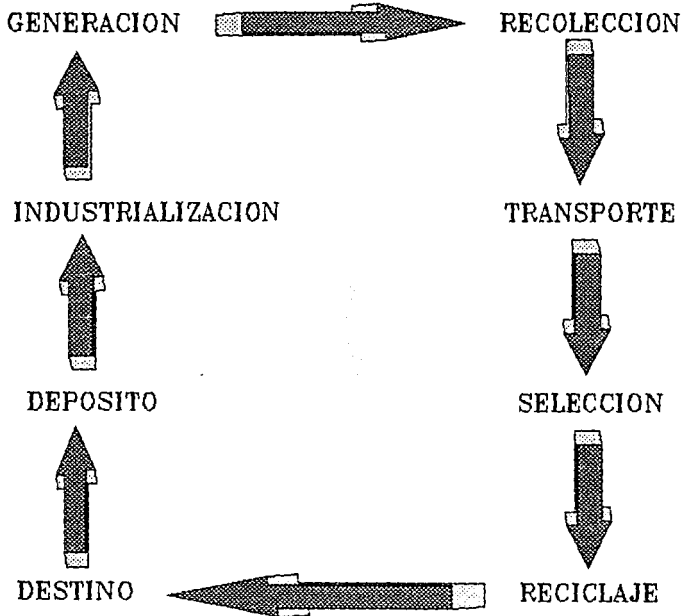


FIGURA 1.

Brasil 0.5 kg, Perú (Cuzco) 0.52 kg, Japón (Tokio) 1 kg, Francia (Paris) 1 kg y EE.UU. de 1-2.4 kg (Caparó, 1983; Vizcaíno, 1986).

Por lo anteriormente mencionado, es posible deducir que los niveles socioeconómicos más altos generan más basura que los niveles más bajos, ya que tienen la posibilidad de adquirir mayores volúmenes de satisfactores, y en consecuencia generan mayor cantidad de desperdicios. Así la cantidad y composición de los mismos puede cambiar de un lugar a otro, con el grado de desarrollo industrial y con las costumbres de cada ciudad, y en un mismo sitio puede variar con el tiempo (Trejo, 1986).

Así pues, la cantidad y composición de los residuos están determinadas por las características de la fuente generadora. Con respecto al país, éste se ha dividido en 5 zonas en las cuales la composición de los residuos es muy variada, como se observa en el cuadro 1. En el cuadro 2 se muestra la composición de los residuos sólidos en la zona del D.F. Y en el cuadro 3 se muestra la composición de los residuos urbanos en diferentes ciudades o países.

#### CUADRO 1.

##### COMPOSICION PORCENTUAL POR ZONAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

SUBPRODUCTOS	FRONTERIZA	NORTE	CENTRO	SUR
Cartón	3.01	4.28	4.16	4.51
Residuos finos	4.68	9.71	6.28	6.37
Hueso	0.52	0.59	0.94	0.61
Hule	0.71	0.78	0.90	0.31
Lata	3.13	2.46	2.10	2.80
Material ferroso	0.51	0.46	0.86	1.37
Material no ferroso	0.22	0.57	0.45	1.00
Papel	11.36	9.17	8.80	6.90
Pañal desechable	4.96	2.59	2.79	4.01
Plástico en película	2.68	3.79	3.32	3.96
Plástico rígido	2.80	2.38	1.96	2.38
Residuos de jardín	15.35	7.48	6.95	7.88
Residuos de comida	25.73	37.58	38.20	41.06
Trapo	2.52	1.94	2.00	1.25
Vidrio de color	3.98	3.36	2.86	3.95
Vidrio transparente	4.22	4.27	4.15	4.28
Otros	13.63	8.61	14.36	9.23
Totales	100.0	100.0	100.0	100.0

Tomado de: Vizcaíno, 1986.



CUADRO 2.

PORCENTAJE DE SUBPRODUCTOS DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EN EL D.F.

SUBPRODUCTO	PROMEDIO (%)	SUBPRODUCTO	PROMEDIO (%)
Algodón	0.23	Material ferroso	0.52
Cartón	3.34	Material no ferroso	0.21
Cuero	0.66	Papel	12.67
Residuos finos	0.95	Pañal desechable	3.06
Cartón encerado	1.44	Plástico	5.14
Fibra vegetal	5.00	Poliuretano	4.52
Fibra sintética	0.47	Poliestireno	0.33
Hueso	0.83	Residuos de comida	45.02
Hule	0.21	Residuos de jardín	4.04
Lata	1.62	Trapo	2.41
Loza y cerámica	0.75	Vidrio de color	2.55
Madera	0.59	Vidrio transparente	4.40
Material de construcción	0.78	Otros	3.20

Tomado de: Vizcaíno, 1986.

CUADRO 3.

COMPOSICION DE LA BASURA (EN %) EN OTRAS CIUDADES O PAISES

COMPONENTE	EE.UU.	INGLATERRA	MADRID	TAIPEI
Papel	33	43	18	24
Material putrescible	31	17	50	29
Metales	12	9	4	5
Vidrio	12	9	3	11
Textiles	4	3	2	8
Plásticos	3	5	4	12
Cenizas finas	2	12	6	9
Varios	3	2	3	2
Totales	100	100	100	100

Tomado de: Pfeffer, 1992.

2.2. LA RECOLECCION Y EL TRANSPORTE.

El urbanismo moderno exige que en todo núcleo de población se establezca un servicio que se ocupe de la recolección de residuos y de la limpieza de calles. Lo deseable es que la producción de residuos de una comunidad sea colectada rápida y eficientemente, sin producción de malos olores, polvos, ruidos o desorden (antes de que se contamine el ambiente), para un adecuado

tratamiento y disposición de los mismos, ya que son condiciones indispensables para un servicio de esta naturaleza (Unda, 1969; Caparó, 1983).

La eficiencia de la recolección depende de la correcta coordinación de diversos factores: la capacidad del vehículo colector, el número de personal encargado de la recolección, el tipo de residuos, el número de viajes por día, siendo el más importante el promedio de producción de residuos. Por tanto este proceso debe considerar la existencia de contenedores que se encuentren cercanos a las zonas habitadas en los cuales la población pueda vaciar diariamente los desechos. También debe de contar con vehículos adaptados con mecanismos para transferir la basura del contenedor a dichos transportes (Pfeffer, 1992).

En el D.F. se emplea para la recolección equipo más o menos moderno: barredoras mecánicas, camiones compactadores cerrados (con una capacidad de 12 o más metros cúbicos), trailers, camiones tubulares de volteo, etc. En cambio en la Zona Conurbada del Distrito Federal, las posibilidades para la recolección abarcan desde un perfeccionado sistema de "containers" como en Cd. Satélite, hasta carros de madera tirados por mulas como los utilizados en Cd. Nezahualcoyotl (Castillo, 1990; Caparó, 1983).

Tomando en cuenta el último censo de población, (INEGI, 1990), los sistemas de recolección sirven a una población de 82,763,740 habitantes que generan 59,085 toneladas de residuos sólidos por día. Sin embargo la eficiencia de estos sistemas es mediana y se estima una recolección de 41,359 toneladas por día, lo que significa aproximadamente un 70 % del total diario. De ahí que resulte vital proyectar rutas de recolección y transporte que reduzcan los recorridos. Una solución la constituyen las Estaciones de Transferencia.

### 2.3. LA TRANSFERENCIA DE LOS RESIDUOS.

Una vez que los vehículos recolectores han recibido la basura de las casas-habitación, comercios y de los barrenderos se dirigen a una de las Estaciones de Transferencia que existen en el D.F. (cuadro 4). En ellas trailers de gran capacidad son llenados con aproximadamente 20 a 25 toneladas de residuos provenientes de 7 u 8 viajes de camiones más pequeños (Castillo, 1990).

Una vez que el trailer está lleno, sale de la estación de transferencia para dirigirse a los sitios de disposición final que tengan asignados.

CUADRO 4.

ESTACIONES DE TRANFERENCIA LOCALIZADAS  
EN EL D.F. Y EN SU ZONA CONURBADA

DELEGACIÓN O MUNICIPIO	ESTACION DE TRANFERENCIA
Alvaro Obregón	Alvaro Obregón
Azcapotzalco	Azcapotzalco
Benito Juárez	Benito Juárez
Coyoacán	Coyoacán
Cuauhtemoc	Cuauhtemoc
Gustavo A. Madero	Gustavo A. Madero
Iztapalapa	Iztapalapa I
	Iztapalapa II
	Santa Catarina <sup>0</sup>
Milpa Alta	Milpa Alta
Miguel Hidalgo	Miguel Hidalgo
Tlalpan	Tlalpan
Venustiano Carranza	Venustiano Carranza
Xochimilco	Xochimilco
Tlanepantla	Tlanepantla I
	Tlanepantla II <sup>0</sup>
Chalco	Chalco <sup>0</sup>
Coacalco	Coacalco <sup>0</sup>
Nezahualcoyotl	Nezahualcoyotl I <sup>0</sup>
Tultitlán	Tultitlán

<sup>0</sup> significa por construir o en construcción.

Tomado de: Larios, 1994.

## 2.4. EL DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

La generación y composición de la basura son factores básicos para su tratamiento y disposición final, los cuales siguen siendo en todos los países uno de los puntos más conflictivos y probablemente más descuidados del sistema de manejo de basura.

En la actualidad existen varios métodos de disposición final de la basura los cuales pueden subdividirse en dos grandes grupos, aquellos en los cuales los residuos se disponen en el mismo estado en que se recogen, como son los rellenos sanitarios; y en segundo lugar aquellos que

involucran un tratamiento o uso parcial o total de los residuos recolectados, como son el reciclaje, el composteo y otros (Unda, 1969).

#### 2.4.1. Los sitios de disposición final.

- En la mayoría de los países no desarrollados se sigue utilizando el antiguo método de depositar los desperdicios sobre terrenos aledaños a las poblaciones (Caparó, 1983). A esta forma de disposición final se le conoce como "Tiraderos a Cielo Abierto", y en ellos ni el lugar ni los residuos reciben ningún tipo de tratamiento, ocasionando una gran degradación del medio (López, 1990). Entre los innumerables inconvenientes sanitarios que este tipo de basureros presentan se encuentran los humos, malos olores, infestación por roedores, criaderos de moscas, así como lugares antiestéticos, que a menudo se convierten en medios de alimentación de animales como puercos, aves y vacas (Caparó, 1983; Salvato, 1981; Unda, 1969). En América Latina y en México siguen siendo la forma más común de disponer los residuos sólidos (Sánchez, 1992).

Ejemplos de lo anterior han sido los ex-basureros de "Santa Cruz Meyehualco" ubicado en el oriente de la Cd. de México, y el de "Santa Fe" localizado al poniente de la misma, los cuales fueron clausurados en 1983 y 1986 respectivamente (López, 1986; Deffis, 1989). Sin embargo, actualmente sigue funcionando un basurero de este tipo "Santa Catarina", ubicado también en el oriente del D.F., el cual se encuentra en proceso de saneamiento (conversión a relleno sanitario).

- "Los Enterramientos Controlados" consisten en disponer la basura en un área relativamente pequeña del sitio elegido, extenderla, comprimirla y al llegar a una altura de 2 m aproximadamente, se cubre con tierra. Con esto se evitan los malos olores, la dispersión de la basura y la formación de bolsas de gases que se desprenden de la descomposición de la materia orgánica y que son potencialmente inflamables (López, 1990).

Ejemplos de esta forma de disposición, son el tiradero "Neza I" (anteriormente "Bordo Xochiaca"), localizado en Ciudad Nezahualcóyotl; el de "Prados de la Montaña" ubicado al poniente de la Cd. de México; y el de Bordo Poniente, situado al noroeste de la urbe en la propiedad federal del Ex-Lago de Texcoco.

- Finalmente una de las formas más seguras de disposición final de los residuos, desde el punto de vista sanitario y de protección al ambiente, es el "Relleno Sanitario" (Salvato, 1981). Este método consiste en depositar en el suelo de manera planeada y controlada los residuos recogidos por los vehículos recolectores de basura y mediante maquinaria adecuada esparcirlos y apisonarlos en capas delgadas de espesor uniforme y forma regular para reducir su volumen. Enseguida se cubre con una capa de tierra y finalmente ésta se compacta (Caparó, 1983). De este modo se consigue aislar del medio los desperdicios y se establecen condiciones para el proceso de descomposición de los materiales conocido como "digestión de la basura". A esta unidad de forma regular y aislada se le conoce con el nombre de celda sanitaria (Villaroei, *et al*, 1986).

Todo relleno sanitario debe contar con sistemas operacionales, mecanismos y dispositivos de control que confinen a los subproductos de la basura y eviten que puedan migrar más allá de su vecindad, de manera que dicho lugar opere en forma segura para no alterar su entorno, no contaminar el ambiente y no dañar la salud pública (Sánchez, 1992). Cuando están bien diseñados y se ponen en operación con eficiencia, los rellenos sanitarios satisfacen las normas de salud pública pues impiden la cría de vectores, permiten controlar los riesgos de incendios y la contaminación ambiental por el polvo, previniendo además la contaminación tanto de aguas superficiales como subterráneas (Paraguassu de Sa, 1983).

#### 2.4.2. Otros métodos de tratamiento de la basura.

- La incineración. Este término significa "quemar hasta convertir en cenizas" (Caparó, 1983). Consiste en un proceso de combustión controlada de los residuos combustibles sólidos o líquidos para transformarlos a gases (Salvato, 1981). Con este método y cuando el horno incinerador está bien proyectado, diseñado y operado, todas las bacterias e insectos son destruidos en forma rápida y se reduce el volumen de residuos sanitarios. También es posible aprovechar parte de la energía calórica disponible en la basura, para ser utilizada con propósitos municipales, industriales o domésticos.

Sin embargo es importante determinar la vocación o tipo de tratamiento de los residuos, dependiendo de su composición química, ya que resultaría costoso y poco racional incinerar desperdicios de mercados o tiendas de autoservicios, en los que abundan los restos orgánicos, el plástico, el papel y el cartón (Caparó, 1983; Sánchez, 1992).

- El composteo. Es un método que en términos generales se define como la descomposición biológica de la materia orgánica (que incluye residuos sólidos municipales y agrícolas, residuos de plantas de tratamiento, etc.) por la acción de bacterias, hongos, helmintos y otros organismos, para obtener un humus estabilizado que es susceptible de ser utilizado para mejorar y acondicionar el suelo, especialmente terrenos dedicados a la agricultura (Unda, 1969; Salvato, 1981). En este proceso el material se desmenuza o tritura y puede realizarse bajo condiciones anaerobias, aerobias o ambas (Caparó, 1983).

Para el caso del D.F. existe una "Planta Industrializadora de Residuos Sólidos" (localizada en la zona de Aragón), la cual se dedica a la producción de composta. Desafortunadamente los resultados de los análisis químicos realizados en cuanto al valor fertilizante de dicho abono, demuestran que el producto es extremadamente pobre en nutrientes (López, *et al*, 1986).

- El reciclaje. Algunos expertos no consideran a este proceso como un tratamiento integral, ya que sólo se extraen con fines comerciales los elementos o materiales que económicamente tengan algún valor, resultando necesario tratar o eliminar el resto. Esta separación puede ser realizada desde el domicilio generador, y por tanto cualquier sistema de disposición final en cualquier país debe de contar con equipos apropiados para la selección del material recuperable, como son los elementos metálicos (ferrosos y de otro tipo), el papel y sus derivados, el vidrio, los huesos, etc., ya que no es posible darse el lujo de desperdiciar productos reutilizables (Unda, 1969). No obstante, en la Cd. de México y con los sistemas empleados actualmente, el reciclaje y la recuperación de los subproductos útiles de la basura no alcanza ni el 15 % (López, 1990).

En el cuadro 5 se muestran las tendencias de utilización del relleno sanitario y de los métodos de aprovechamiento de residuos sólidos más comunes en países con alto desarrollo en el control de los residuos sólidos. En Francia, por ejemplo, se siguen construyendo rellenos sanitarios aún cuando es el único país donde el composteo ha encontrado su mayor utilización, y la incineración también se emplea frecuentemente. Japón y Suecia son países líderes en el empleo de la incineración de residuos sólidos para la generación de energía eléctrica, y continúan empleando el relleno sanitario. En los países que se consideran "campeones del reciclaje", como Alemania y los EE.UU. se registran los más altos porcentajes de utilización del relleno sanitario (Sánchez, 1992).

CUADRO 5.

TENDENCIAS DE UTILIZACION Y DE LAS TECNICAS DE REAPROVECHAMIENTO  
 MAS COMUNES EN PAISES CON ALTO DESARROLLO EN EL  
 CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS

Incineración	PAIS	Relleno sanitario	Composteo	Reciclaje	Comentarios
14 %	EE.UU.	73 %	1 %	12 %	Alta demanda del relleno sanitario.
25 %	JAPON	27%	2 %	46 %	Gran parte del % de reciclo se utiliza para incineración.
30 %	ALEMANIA	52 %	3 %	15 %	Alta utilización del relleno sanitario y alto % de reciclaje.
40 %	FRANCIA	48 %	10 %	< 3 %	Alta tasa de uso de composta e incineración.
52 %	SUECIA	40 %	5 %	< 4 %	Extensivo uso de la incineración.

Tomado de: Sánchez, 1992.

### CAPITULO 3. LOS IMPACTANTES AMBIENTALES DE LOS BASUREROS: EL BIOGAS Y LOS LIXIVIADOS.

#### 3.1. EL CICLO DE VIDA DE UN SITIO DE DISPOSICION FINAL (EL RELLENO SANITARIO).

Un sitio de disposición final diseñado como relleno sanitario es una obra de ingeniería para disponer en él, residuos sólidos no peligrosos. En realidad su peculiaridad es la combinación de una operación permanente con eventuales procesos constructivos, que se incrementan al abrirse nuevos frentes de tiro; cuando concluyen etapas de trabajo o se rehabilitan zonas clausuradas una vez establecidas.

Para el establecimiento de este tipo de basurero se consideran cinco fases o etapas (Christensen, *et al*, 1989), en las cuales se pueden generar algunos impactantes ambientales:

- Fase de planeación. Involucra estudios hidrogeológicos y geotécnicos del sitio donde se asentará el relleno, como base para un diseño adecuado.
- Fase de construcción. Implica la preparación del sitio para construir el relleno sanitario.
- Fase de operación. Comienza desde el momento en que empieza a recibir los residuos y los dispone en celdas sanitarias. Esta fase presenta gran movimiento en los frentes de trabajo y la terminación de las celdas.
- Fase de terminación. Comprende desde que la capacidad del relleno sanitario ha sido alcanzada hasta que las instalaciones ambientales no necesitan ser operadas ya que las emisiones han disminuído hasta un nivel en que no necesitan darles tratamiento.
- Fase de clausura final. En ella las emisiones se encuentran dentro de los niveles permisibles, es decir, dentro del mismo orden de magnitud que los que fluyen en el ambiente, y por tanto no lo impacta negativamente (no lo contamina). Se considera que el relleno se ha integrado al medio y por tanto no necesita de controles, y el área puede ser usada para otros propósitos, pero no para toda clase de usos.



Los impactantes que se generan tanto en la etapa de planeación como en la de construcción son temporales y relativamente fáciles de mitigar mediante obras y sistemas de control simples, pues en su mayoría se originan por agentes externos al propio relleno: ruido y gases no combustiónados que generan los equipos y las máquinas en movimiento; polvo y partículas que pueden reducirse con medidas precautorias, al menos en la zonas de mayor movimiento de materiales (Sánchez, 1992).

Los aspectos ambientales que se ven afectados con un relleno sanitario, se relacionan con las fases de operación y terminación del basurero (Figura 2). En la primera, los principales problemas se refieren a las tolvaneras, el ruido, la proliferación de fauna nociva (insectos, helmintos, etc), los escurrimientos (en zonas con una precipitación pluvial intensa), el aspecto antiestético del relleno, y la generación de dos subproductos de la basura, el BIOGAS y los LIXIVIADOS. Estos se originan durante los procesos de estabilización y transformación de los residuos dentro del propio relleno sanitario (Sánchez, 1992). En la fase final, pueden persistir los problemas del biogás y de los lixiviados, así como también surgen problemas relacionados con una vegetación insuficiente de la cobertura final del relleno o con cultivos agrícolas cuyas raíces pueden estar en contacto con la basura, haberse contaminado y por tanto ser inapropiadas para el consumo humano (Christensen, *et al*, 1989).

### 3.2. EL BIOGAS.

En un basurero se disponen los residuos sólidos los cuales son degradados por los microorganismos del suelo. Estos descomponen lentamente la porción orgánica de la basura hasta su conversión a compuestos estables en estado gaseoso. Al conjunto de gases producto de la descomposición de la basura por la acción microbiana y de los componentes volátiles de los residuos se le llama BIOGAS (Christensen, 1989; Robinson, 1986).

La mayoría de la basura "tipo" genera una cantidad significativa de biogás, aunque hay residuos que producen una cantidad insignificante. La cantidad de biogás generada depende del volumen de la basura y del tiempo transcurrido desde la disposición inicial de los residuos en el basurero. La producción de gas puede verse incrementada por la adición de residuos agropecuarios o de lodos residuales de plantas de tratamiento de aguas (Christensen, 1989).

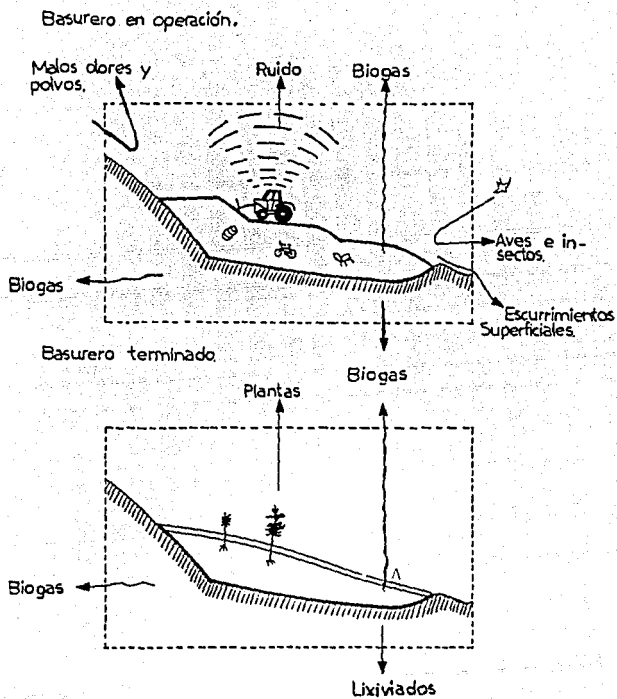


FIGURA 2

Asimismo la calidad o composición del biogás depende también del tipo de basura que se deposite en el basurero. En el cuadro 6 se muestra la composición típica del biogás (Robinson, 1986). Como se puede observar, los principales componentes son el Dióxido de Carbono y el Metano; otros gases constituyentes se enlistan en dicho cuadro.

**CUADRO 6.**  
**COMPOSICION TÍPICA DE UN BIOGAS PRODUCIDO POR LA**  
**DESCOMPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES**

COMPONENTE	PORCENTAJE
Metano	47.5
Dióxido de carbono	47.0
Nitrógeno	3.7
Oxígeno	0.8
Hidrocarburos parafínicos	0.1
Hidrocarburos aromáticos y cíclicos	0.2
Hidrógeno	0.1
Sulfuro de hidrógeno	0.01
Monóxido de carbono	0.1
Constituyentes traza $\phi$	0.5

$\phi$  Los compuestos traza incluyen el dióxido de azufre, benceno, tolueno, cloruro de metileno, percloroetileno, sulfuro de carbono, amoníaco y ácidos orgánicos.  
Tomado de: Robinson, 1986.

### 3.2.1. Secuencia de degradación de los desechos.

En vista de que la calidad del gas varía con el transcurso del tiempo, se ha propuesto una secuencia teórica e idealizada del proceso de degradación de la basura. La figura 3 ilustra dicha secuencia a partir de un volumen homogéneo de residuos (Christensen, 1989; Barlaz, *et al*, 1989; Robinson, 1986; Sánchez, 1992; Pohland y Gould, 1986):

- Fase I: Es una corta fase aeróbica inmediatamente después de la disposición de los desechos, en la cual el  $O_2$  y el  $N_2$  presentes en los residuos "frescos" son consumidos, y los hidratos de carbono son convertidos en  $CO_2$  y agua. Todos los grupos tróficos necesarios para la conversión se encuentran presentes en los residuos. Este proceso se ve acompañado por incremento de la temperatura (aproximadamente unos  $30^\circ F$  por arriba de la temperatura ambiente) y parte del  $CO_2$  se disuelve en el agua para formar ácidos débiles los que pueden disolver otros minerales. Una ecuación simplificada de este proceso es la siguiente:

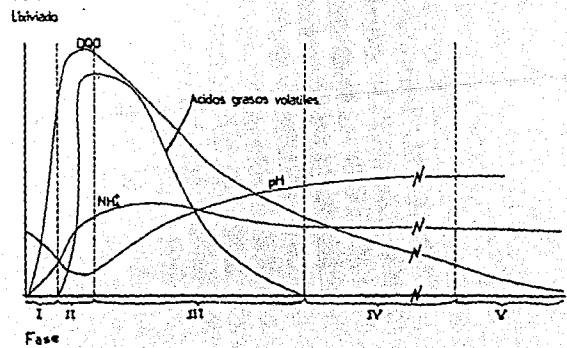
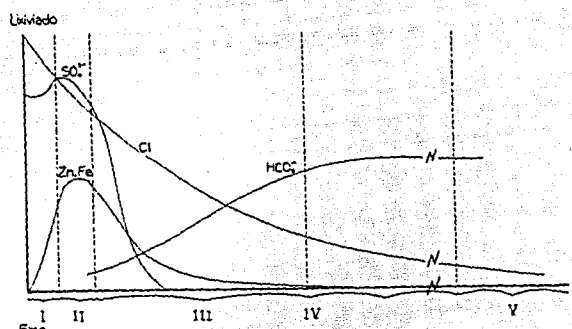
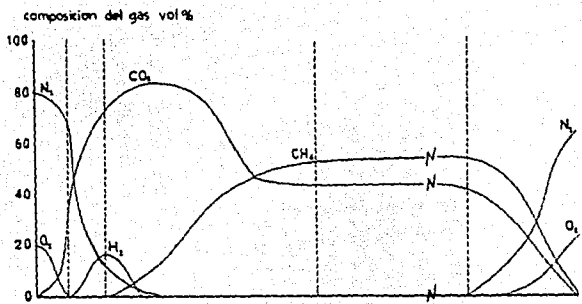
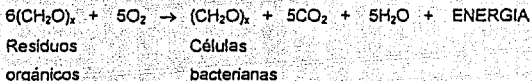
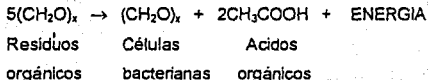


FIGURA 3

- Fase I: Es una corta fase aeróbica inmediatamente después de la disposición de los desechos, en la cual el O<sub>2</sub> y el N<sub>2</sub> presentes en los residuos "frescos" son consumidos, y los hidratos de carbono son convertidos en CO<sub>2</sub> y agua. Todos los grupos tróficos necesarios para la conversión se encuentran presentes en los residuos. Este proceso se ve acompañado por incremento de la temperatura (aproximadamente unos 30°F por arriba de la temperatura ambiente) y parte del CO<sub>2</sub> se disuelve en el agua para formar ácidos débiles los que pueden disolver otros minerales. Una ecuación simplificada de este proceso es la siguiente:



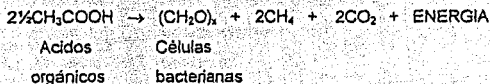
- Fase II: Una vez que el oxígeno ha sido completamente consumido, se desarrolla una primera etapa intermedia anaeróbica inmediatamente después de la fase aerobia. Se le conoce como fase anaerobia no metanogénica. En ella la actividad de las bacterias fermentativas y acetogénicas ocasiona la generación de ácidos grasos volátiles, CO<sub>2</sub> y algo de H<sub>2</sub>. Asimismo también se presenta la acumulación de ácidos carboxílicos produciendo una disminución del pH de 7,5 a 5,7-6,2. Un lixiviado ácido puede contener altas concentraciones de ácidos grasos, calcio, metales pesados y amonio. En cuanto a los sulfatos, estos se reducen y el sulfuro generado puede precipitar el hierro, manganeso y los metales pesados que estaban disueltos al inicio de esta etapa. Una ecuación simplificada de esta etapa es la siguiente:



- Fase III: Es una segunda fase intermedia anaeróbica que comienza con un incremento de la población de bacterias metanogénicas. A esta etapa se le conoce etapa anaerobia metanogénica inestable. En ella la acumulación de los ácidos carboxílicos disminuye al mismo tiempo que aumenta la producción de metano. Las concentraciones de H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, y ácidos grasos volátiles disminuye. La cantidad de sulfatos presente sigue disminuyendo al mismo tiempo que la reducción continúa. La conversión de ácidos grasos provoca que el pH aumente de 6,2 a 7,9

aproximadamente así como la alcalinidad. Esto provoca que la solubilidad del Ca, Mn y de los metales pesados disminuya, los cuales posteriormente precipitarán.

- Fase IV: Es una etapa anaerobia metanogénica estable. Se caracteriza por que la producción de CH<sub>4</sub> se estabiliza a una concentración del 50-60% por volumen. Esta alta tasa de formación del CH<sub>4</sub> mantiene bajas las concentraciones de ácidos grasos volátiles, ácidos carboxílicos y de H<sub>2</sub>. Por este motivo el pH del sistema se incrementa. Una ecuación simplificada de esta etapa es la siguiente:



Algunos autores como Christensen (1989) incluyen una Fase V de descomposición de la basura, en la cual la producción de CH<sub>4</sub> disminuye y la de N<sub>2</sub> aumenta, y permanecen compuestos remanentes refractarios a la degradación microbiana.

### 3.2.2. Efectos del biogás.

El biogás puede migrar hacia la atmósfera de forma horizontal o vertical a través del suelo (Christensen, 1989; Robinson, 1986; Bagchi, 1990). Los problemas asociados al biogás son los malos olores; la posibilidad de explosiones debido a la inflamabilidad del gas metano; el riesgo de salud para la población que habita los alrededores del basurero y el daño a la vegetación (Christensen, 1989; Bagchi, 1990).

El más común de los efectos del metano, el cual es uno de los principales componentes del biogás, es la muerte de las plantas y el efecto fitotóxico en la vegetación, tanto la del basurero propio como la de la cobertura final y la que se encuentra cercana al sitio de disposición final. Muchas plantas necesitan raíces en la zona aeróbica pero la migración del biogás puede desplazar al oxígeno o bien las bacterias metanogénicas pueden utilizar todo el O<sub>2</sub> disponible en la zona de las raíces (Christensen, 1989). Por tanto, el stress que se produce en la vegetación causa su muerte incrementando la erosión de la capa de cobertura final al terminar un basurero (Bagchi, 1990).

### 3.3. LOS LIXIVIADOS.

Un agua especialmente contaminada puede generarse a partir del inadecuado diseño, construcción u operación de un basurero (Pfeffer, 1992; Robinson, 1986). Esta usualmente aparece un corto tiempo después de depositar la basura en un sitio de disposición final (Christensen, 1989) y se le llama LIXIVIADO. Este líquido altamente contaminado se forma: 1) Con el agua de lluvia que se percola a través de los residuos (principalmente durante la operación del basurero), 2) con la infiltración de la precipitación a través de la capa final de un basurero terminado y 3) con el agua subterránea que puede migrar hacia la base del basurero fluyendo de manera lateral y vertical a partir de un depósito subterráneo al sitio de disposición (Lipták, 1974; Robinson, 1986). Otras fuentes de agua para la formación de lixiviados son el agua producto de la descomposición de la porción orgánica de los residuos. También pueden favorecer la generación de lixiviados la disposición eventual de lodos como capa de cobertura final del basurero y la recirculación de los lixiviados (ya presentes en un basurero), los cuales contienen volúmenes de agua que se deben adicionar al volumen de lluvia que puede lixiviar los residuos. Otro factor más es el agua contenida en los propios residuos, si estos no han sido desecados antes de su depósito en el basurero (Christensen, 1989). En la figura 4 se muestra un esquema simplificado de la manera en que se generan los lixiviados en un sitio de disposición final de residuos (Bagchi, 1990).

#### 3.3.1. Movimiento del agua a través de los residuos.

El agua de lluvia se percola de la superficie del basurero hacia los desechos, en donde es absorbida hasta su capacidad de campo. La generación de lixiviados comienza cuando el agua que se infiltra en los residuos excede dicho valor (Canter, *et al*, 1987) y se presenta un movimiento del agua a través de la basura, inicialmente en condiciones insaturadas y finalmente, si el volumen de agua es suficiente en condiciones saturadas (Christensen, 1989).

Una vez que los lixiviados han alcanzado la base del basurero o una capa impermeable dentro del mismo, pueden presentar un movimiento horizontal (lateral) y formar depósitos. La ruta que sigan depende de las conductividades hidráulicas particulares de los materiales encontrados a su paso.

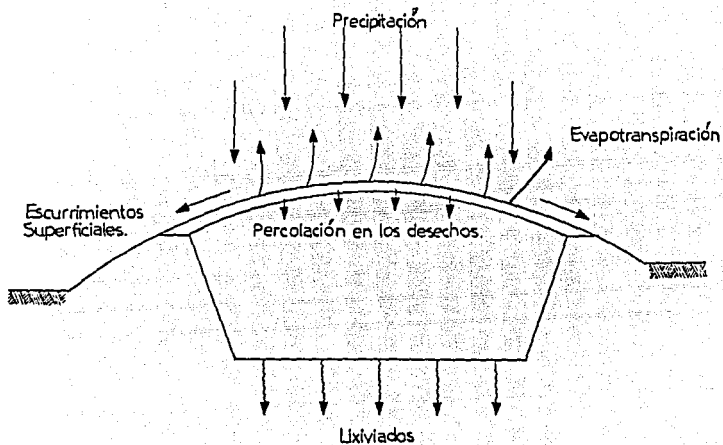


FIGURA 4



Si un basurero no está provisto con sistemas de recolección de lixiviados, éstos pueden moverse a través del suelo y posiblemente alcanzar depósitos de agua subterránea, convirtiéndose en fuente de contaminación de mantos freáticos y/o acuíferos que se encuentren por debajo del basurero (Robinson, 1986; Kovacik, *et al*, 1987). Cuando los lixiviados han alcanzado dichos mantos, se mueven en dirección del depósito de agua (Canter, *et al*, 1987) y migran a distancias muy considerables, persistiendo en el agua por muchos años (Salvato, 1981). Algunos estudios reportan que se han encontrado concentraciones peligrosas de lixiviados a varios cientos de metros de distancia del sitio de localización de un basurero (Lipták, 1974).

### 3.3.2. Cantidad de lixiviados que se genera.

El volumen de lixiviados que se puede generar va a depender, principalmente de la cantidad de agua infiltrada. Un estudio calcula que un volumen de 304.8 mm de agua por acre sobre un basurero cuya área es de 100 acres, en una zona cuya precipitación anual es de 762 a 1,016 mm, genera 122,012.5 m<sup>3</sup> de lixiviados por año (Pfeffer, 1992).

Otras investigaciones estiman que la cantidad de lixiviados que se producen en un basurero con una superficie de 4,000 m<sup>2</sup> y una profundidad de 3 m, ubicado en una zona con una precipitación media anual menor a 500 mm, es de 120,000 m<sup>3</sup> por año (Lipták, 1974). La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. ha realizado estimaciones que en un sitio de disposición final con un área de 68,850 m<sup>2</sup> y con una infiltración anual de 0.254 m puede generar 17,411 m<sup>3</sup> de lixiviados por año, manteniendo esta producción en un intervalo de 50 a 100 años (Canter, *et al*, 1987).

### 3.3.3. Factores que afectan la generación (cantidad) de lixiviados.

Existe un gran número de factores involucrados en la generación de lixiviados y todos ellos contribuyen a agravar y complicar más el problema que éstos representan. Sin embargo se pueden agrupar en cuatro grandes rubros (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990):

### 3.3.3.1. Disponibilidad de agua.

La causa primaria es la precipitación, pero también influyen directamente la superficie de escurrimiento, la intrusión de agua subterránea, la irrigación, la descomposición de los residuos y la codisposición de residuos líquidos y lodos.

a) La precipitación es en muchos casos la fuente mayoritaria de lixiviados y comprende a las lluvias propiamente dichas y a las nevadas. Son cuatro las características de los aguaceros que determinan la generación de lixiviados: la cantidad, la intensidad, la frecuencia y la duración. La cantidad de agua puede provenir de una simple tormenta o de varias, analizándose este parámetro en términos de precipitación media anual, media mensual, media estacional y media diaria. Las estimaciones cualitativas de producción de lixiviados tienen una base mensual. La intensidad de la lluvia afecta a través del impacto de las gotas de lluvia sobre las partículas del suelo, lo cual puede cambiar la proporción de infiltración y por tanto el volumen de lixiviado generado. Por último la frecuencia y duración de la precipitación tienen gran importancia ya que modifican la superficie de escurrimiento y la infiltración del agua en el suelo (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

b) Algunas de las condiciones que afectan la superficie de escurrimiento o de paso son la topografía, el material de cubierta del basurero, la vegetación, la permeabilidad del suelo, la humedad antecedente del mismo y el drenaje artificial. En cuanto a la primera condición se pueden ver alteradas el tamaño, forma, declive, orientación, elevación y configuración de la superficie, los cuales permiten estimar el flujo de los lixiviados en la misma. El material de cobertura, la permeabilidad y la humedad del suelo influyen sobre los rangos de infiltración, lo que a su vez afecta la superficie de escurrimiento. La vegetación también tiene efectos significativos que dependen de la composición en especies, la edad y densidad de la vegetación, así como de la estación del año (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

c) Con respecto a la intrusión de aguas subterráneas, ya se ha mencionado que los lixiviados aparecen en la base de la columna de basura; si se presentara el caso de que el agua alcanzara la superficie del terreno (base del basurero) por capilaridad, la producción de lixiviados se modificaría notablemente, sobre todo a causa del volumen del residuo saturado, el tiempo de contacto y la dirección del flujo de agua. Este último no es fácilmente detectable, pero es el movimiento del agua subterránea lo que a final de cuentas puede saturar la basura y traducirse en volúmenes

considerables de lixiviados. Lo mismo sucede si se aplicara irrigación sobre los residuos en los sitios de acumulación (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

d) La descomposición microbiológica del material orgánico biodegradable puede generar agua. La actividad microbiana y su consecuente generación de agua, dependen principalmente de la cantidad y del pH de la humedad intersticial, de la temperatura, de la presencia de oxígeno, de la composición y tamaño de la partícula de los residuos, del tipo de organismos presentes y del grado de mezcla de los residuos. Sin embargo, se puede decir que la cantidad de lixiviados generados por esta vía es mínima, en comparación con otras fuentes de generación (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

e) La disposición de lodos municipales e industriales puede variar el volumen de agua disponible para la lixiviación. Este volumen se ve influido por el tipo y cantidad de lodos, su contenido de humedad, su capacidad de retención de humedad y la liberación de agua de los lodos provocada por la compactación de los mismos (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

#### 3.3.3.2. Evapotranspiración.

Este concepto se define como la suma del agua perdida por evaporación y por transpiración, y aunque estos dos parámetros se pueden conocer, su evaluación es difícil por sus efectos de interdependencia. El viento afecta sus valores ya que remueve las moléculas de agua de la región cercana a la superficie aumentando así la proporción de la evaporación. La humedad y la presión atmosférica están inversamente relacionadas a ésta, puesto que a mayor contenido de humedad y aumento de presión, el rango de evaporación disminuye, lo cual tiene el efecto de incrementar la concentración de los sólidos disueltos presentes en los lixiviados. Asimismo el rango de evaporación disminuye cerca del 1% por cada 1% que aumenta la gravedad específica (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

La evaporación del agua de la superficie del suelo se controla por los mismos factores que la evaporación en las superficies de los cuerpos de agua. La diferencia radica en que las partículas del suelo tienden a encadenar a las moléculas de agua. Esta fuerza atractiva está en función del contenido de humedad del suelo. El peso de los suelos no saturados mantiene una proporción de evaporación constante sobre el contenido de humedad. La evaporación se reduce de acuerdo al

punto de marchitamiento o porcentaje permanente de marchitamiento. La evaporación de la superficie del suelo continuará de acuerdo a la profundidad de la capa somera de la superficie (cerca de 100 mm para arcillas y cerca de 200 mm para arenas) que contenga humedad sobre el punto permanente de marchitamiento. En suelos más profundos la evaporación es insignificante (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

#### 3.3.3.3. La infiltración.

Se define como el flujo de agua a través de la superficie del suelo. Se ve influida directamente por las características del material de cubierta (permeabilidad, contenido de humedad, porosidad, contenido orgánico, grado de compactación, espesor de las superficies de las capas permeables), por la superficie topográfica (inclinación, capacidad de almacenaje de la superficie, etc.), por la vegetación y por las condiciones de drenaje interior, las cuales son afectadas directamente por la infiltración. El rango mínimo de infiltración generalmente aprovecha el grado de percolación del suelo. Las características importantes del suelo que tienden a retardar la infiltración son la alta porosidad no capilar y el alto contenido orgánico del subsuelo. Las gotas de lluvia que llegan al suelo desnudo tienden a compactar la capa superficial, disponiéndose dentro de los poros grandes del suelos, lo que causa una reducción severa en la infiltración. El tipo y la densidad de la vegetación del relleno son otros factores importantes que afectan la infiltración puesto que la vegetación protege la superficie del suelo del impacto de la lluvia, lo cual retarda la velocidad del flujo de agua en la superficie. Así ésta se retiene en la superficie del relleno por un tiempo más largo. El agua puede penetrar al suelo más lentamente si el flujo disminuye dentro del mismo, de modo que el drenaje interno también afectará la infiltración. Donde las capas bajas no están saturadas, el rango de infiltración es regulado por la permeabilidad de las capas superiores. Donde las capas se saturan, la capa con la última permeabilidad controlará la infiltración. Los lixiviados entonces pueden ser generados fácilmente durante las tormentas tipo diluvio (que duran horas) o en aguaceros prolongados (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

#### 3.3.3.4. La percolación de los rellenos sanitarios.

Se define generalmente como la cantidad de agua que excede la capacidad de campo de los residuos. Teóricamente el movimiento del agua a través de los residuos compactados en las celdas, no ocurre hasta que la capacidad de campo sea excedida. Debido a la naturaleza heterogénea de los residuos, algunos canales de agua pueden aparecer ocasionando alguna

percolación que aparezca antes de alcanzar la capacidad de campo. En situaciones de campo la importancia del efecto de acanalamiento dificultará la estimación. Debido a este hecho, los residuos raramente tardan en saturarse y la alta capacidad de absorción de agua de muchos residuos provoca que el nivel de acanalamiento sea pequeño. Como el agua se percola verticalmente atravesando el suelo de cubierta del relleno y a los propios residuos, las capas con las diferentes estructuras y propiedades que encuentra afectarán el grado de percolación. Si el agua se mueve en las capas de residuos saturados (las cuales se encuentran en las capas superiores de residuos inmediatamente después de una tormenta prolongada) la gravedad específica y las fuerzas de presión influirán en el movimiento del agua (Lu, et al, 1985; Bagchi, 1990).

La velocidad y la proporción de flujo de tales percolados, puede expresarse por la ley de Darcy. Resulta obvio que la permeabilidad de los residuos es afectada por el tamaño de partícula y la densidad de los mismos. Después de que la percolación se observa en el relleno y si se produjeron lixiviados por la intrusión de aguas subterráneas, los cambios en la retención de humedad y la contribución bioquímica de agua son omitibles (Lu, et al, 1985; Bagchi, 1990).

#### 3.3.4. Composición de los lixiviados.

El agua que se percola a través de la basura reacciona química y biológicamente con los residuos adicionándosele contaminantes al agua (Robinson, 1986). Este líquido se mueve lentamente entre los residuos y disuelve los materiales solubles de la basura (Sánchez, 1992). La actividad biológica dentro de la misma provoca cambios en el ambiente químico, en el cual los sólidos orgánicos biodegradables que son hidrolizados tienen como producto un ácido orgánico. Este modifica el pH y lo disminuye hasta valores alrededor de 5.0, provocando un cambio en el potencial de óxido-reducción el cual ocasiona que algunos metales se solubilicen. La combinación de un pH bajo, de altas concentraciones de sales y de condiciones reducidas, crean un ambiente muy corrosivo que es el responsable de transformar a algunos metales de los residuos en iones solubles (Pfeffer, 1992).

En la mayoría de los casos los lixiviados se encuentran altamente contaminados (Christensen, 1989) presentando características agresivas a causa de las elevadas cargas orgánicas e iónicas

(Sánchez, *et al*, 1990). Los lixiviados provenientes de residuos domésticos comúnmente contienen altas concentraciones de materia orgánica soluble, de iones inorgánicos como cloruros y sulfatos, y de metales como Na, K, Ca, Mn, Fe y Zn principalmente (Robinson y Maris, 1979).

Entre los compuestos orgánicos identificados en los lixiviados se han encontrado ácidos grasos de cadena corta, los cuales son indicadores de las primeras etapas de la degradación anaerobia de los residuos. Algunos otros compuestos que se han encontrado son cetonas, alcoholes de cadena corta, alcanos, ácidos carboxílicos de cadena corta, hidrocarburos aromáticos, etc. (Lu, *et al*, 1985). Chu y colaboradores (1994) reporta que la materia orgánica en los lixiviados está constituida principalmente por sustancia hidroxiaromáticas de alto peso molecular como los ácidos húmico, tánico, fúlvico, gálico y pirogalol. También se han identificado componentes orgánicos que indican la degradación catabólica de lípidos como son algunos ácidos carboxílicos con cadenas de 4 a 8 carbonos, proteínas por ejemplo, algunos derivados del Indol, y ligninas (derivados del p-hidroxifenol); o simplemente compuesto que originalmente ya se encontraban presentes en los residuos y que son lavados por acción del agua de lluvia como son nicotina, cafeína y ftalatos (Albaiges, *et al*, 1986).

En cuanto a la composición microbiológica hay que considerar que los residuos sólidos municipales contienen una gran población bacteriana y pueden estar contaminados con microorganismos patógenos, ya que la basura constituye un excelente medio de soporte para estos organismos (Larios, 1994). De hecho, los residuos sólidos frecuentemente contienen heces fecales, restos de animales, pañales usados, residuos hospitalarios, los cuales representan un peligro potencial para la salud humana.

### 3.3.5. Factores que afectan la composición (calidad) de los lixiviados.

La composición de los lixiviados va a depender de muchos factores, incluyendo aquellos inherentes a la cantidad de los residuos y a la localización del basurero o relleno (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

#### 3.3.5.1. Composición de la basura.

La cantidad de los residuos en un relleno está directamente relacionada con la concentración de los contaminantes. La porción disponible de la basura para la lixiviación está en función del carácter físico y químico del residuo sólido, de la proporción y extensión de la estabilización del mismo, y del volumen de infiltración de agua en el basurero. Además la masa total de residuos disponibles para lixiviar también se ve influida por el área superficial de la basura y el tiempo de contacto entre los residuos y la solución. Por ejemplo, cuando el área superficial se incrementa los constituyentes solubles pueden lixiviarse y removerse más o menos rápidamente modificando la composición del lixiviado (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

#### 3.3.5.2. Procesamiento de los residuos

Esto se refiere a las operaciones de trituración y empaqueo de los residuos destinadas a reducir su volumen. Las características físicas que se alteran después de algún proceso de trituración son:

- a) Se incrementa el área superficial de los residuos
- b) La permeabilidad de los residuos disminuye
- c) Aumenta la densidad de la basura
- d) La capacidad de campo de la misma se incrementa
- e) La remoción de contaminantes es más alta
- f) Se acelera la descomposición de los residuos

Lo anterior tiene como consecuencia que al incrementarse la capacidad de campo, se eleve tanto la tasa de remoción de contaminantes por volumen de lixiviado como su concentración, en comparación con las de los residuos no triturados. Con respecto al empaqueo (o embalaje), este se realiza para disminuir lo más posible el volumen de los residuos con el objeto de prolongar la vida útil de un relleno sanitario. El embalaje va a promover la producción de lixiviados más diluidos, una remoción de la cantidad de contaminantes por volumen de lixiviado más pequeña y un retraso en la consecución de la capacidad de campo de los residuos, comparados con aquellos lugares en donde los residuos no han sido triturados o empacados (Lu, *et al*, 1985; Bagchi, 1990).

### 3.3.5.3. Edad del basurero.

Frecuentemente se atribuye a este parámetro la variación en la composición de los lixiviados y la de la remoción de la masa de contaminantes. El tiempo obviamente juega un papel importante en los procesos de estabilización de los residuos, lo que determina la composición y concentración de los lixiviados. Pero no se puede afirmar que por sí solo pueda gobernar estas características. Lo que sí se puede afirmar, es que la edad de un basurero es un parámetro que permite medir y monitorear cambios en la composición de los lixiviados (Lu, *et al*, 1985; Unda, 1969).

### 3.3.5.4. Tasa de aplicación de agua.

Esta característica puede afectar la composición de los lixiviados de muchas maneras, ya que si la tasa es alta acelera el alcance de la capacidad de campo, pero también puede llegar a ocasionar una dilución de los lixiviados, en comparación con una tasa pequeña de aplicación de agua, la cual provoca una disminución en la remoción de contaminantes. Es necesario enfatizar que no todos los constituyentes de los lixiviados exhiben una relación directa con respecto al volumen acumulativo de los mismos (Lu, *et al*, 1985; Unda, 1969).

### 3.3.5.5. Profundidad de los residuos.

El agua que penetra desde la superficie de la columna de basura, atraviesa las capas de residuos hasta que se encuentra con la base de la misma. El material contaminante se transfiere de una fase sólida a una líquida encontrándose diferencias de concentración entre ellas. Así el agua que se percola va acumulando contaminantes hasta que el límite de solubilidad de la solución se alcanza. Por este motivo cuando la profundidad del basurero aumenta, la concentración de lixiviados es más alta ya que el tiempo de contacto entre la basura y el agua percolada es más grande.

Esto depende también de la tasa de percolación del agua a través de los residuos, puesto que cuando son bajas y lentas los lixiviados presentan una concentración más alta. En cuanto a la infiltración, si es grande el tiempo de contacto entre la fase sólida y la líquida disminuye y el lixiviado se diluye (Lu, *et al*, 1985; Unda, 1969).



### 3.3.5.6. Temperatura del basurero.

Algunos procesos químicos y biológicos dentro del basurero van a depender de la temperatura la cual cambia estacionalmente, y cerca de la superficie del mismo varía con la temperatura del aire. Sin embargo, dichos cambios son menos pronunciados cuando la profundidad del relleno aumenta. Las variaciones en la temperatura van a corresponder a los ciclos anuales de calentamiento y enfriamiento del suelo. Este parámetro afecta principalmente la supervivencia de agentes patógenos debido a que la temperatura es esencial para la activación o inactivación de los microorganismos. En general se considera que temperaturas elevadas en un basurero corresponden a la fase aeróbica de la descomposición de los residuos (Lu, *et al*, 1985; Unda, 1989).

### 3.3.6. Los lixiviados en los basureros del D.F.

Los lixiviados representan un fenómeno que puede ser detectado a simple vista, puesto que en algunos sitios se distinguen afloramientos los cuales forman lagunas superficiales, como ocurría en el basurero de "Santa Cruz Meyehualco" y sigue ocurriendo en el "Parque Cuicláhuac" en donde actualmente, a pesar de la clausura del ex-tiradero pueden observarse los escurrimientos de lixiviados hacia las depresiones de dicho sitio (Galván, *et al*, 1995). Este fenómeno se ve influido principalmente por la permeabilidad del suelo, ya que, por ejemplo, en el ex-basurero de "Santa Fe" los lixiviados no se pueden observar en la superficie del terreno puesto que el subsuelo del lugar está constituido por areniscas sumamente permeables (López, 1990).

### 3.3.7. Efecto de los lixiviados.

Los lixiviados pueden provocar la contaminación extensiva de corrientes, manantiales, pozos y canales, es decir, depósitos de aguas superficiales. Sin embargo, la contaminación de aguas subterráneas por lixiviados es uno de los más importantes problemas ambientales, el cual demanda que los sitios de disposición final cuenten con líneas de colección de lixiviados y sistemas de tratamiento de los mismos, así como de monitoreo de la calidad del agua subterránea. Ya que la migración del agua suele ser lenta, las consecuencias de un control inadecuado de los lixiviados pueden surgir hasta varias décadas después de cerrado un basurero, cuando los pozos de agua aparecen contaminados con lixiviados generados en un sitio de disposición final operado

mucho antes. En estos casos, los procesos de remediación pueden llegar a ser aplicados por muchos años hasta alcanzar la limpieza del acuífero subterráneo contaminado (Christensen, 1989).

## II.- ANTECEDENTES

## ANTECEDENTES

Actualmente, las investigaciones que se realizan en el área de los residuos sólidos en México, pueden considerarse incipientes. Es por este motivo que en el Laboratorio de Contaminación de Desechos Sólidos de la F.E.S. Zaragoza de la U.N.A.M. se han estudiado las zonas de acumulación de residuos sólidos en el Valle de México, específicamente los basureros de "Santa Cruz Meyehualco" (desde 1983 hasta su clausura) y el de "Neza I", conocido anteriormente como "Bordo Xochiaca" (desde 1985 hasta la fecha).

En la primera zona destaca el estudio de la micoflora del sustrato (Balderas, *et al*, 1984), en el cual se encontraron un total de 52 especies de hongos microscópicos diferentes del tipo saprófito. Otra investigación (Galván, *et al*, 1985) se encargó de cuantificar la concentración de metales pesados en el sustrato del mencionado basurero, determinándose que se presentan grandes variaciones en el contenido de materia orgánica y en los valores de pH, los cuales se ven influidos muy posiblemente por la profundidad del depósito de basura. Además se encontró que la concentración de metales pesados para algunos elementos (Cd, Cr, Fe, Pb y Zn) sobrepasan los límites permisibles para suelos normales, y sólo los valores de Co y Ni se encuentran dentro de los niveles normales.

La clausura del basurero de "Santa Cruz Meyehualco" en 1983, el cual tuvo una vida útil de 35 años, obligó a realizar un cambio de zona de trabajo al basurero de "Bordo Xochiaca" ("Neza I"), localizado en el municipio conurbado de Cd. Nezahualcóyotl, Estado de México. En este sitio se han desarrollado estudios que involucran el sustrato, la vegetación y los microorganismos del medio, así como el impacto ambiental que esta zona de disposición final de residuos sólidos representa. En uno de ellos se determinó la micoflora presente en el sustrato del basurero (Arteaga, 1987), encontrando los siguientes géneros fúngicos: *Penicillium*, *Aspergillus*, y *Fusarium*, entre otros. En otro estudio (Rivas, 1991) se encontró que el sustrato del basurero es de tipo básico, sódico y con un elevado contenido de metales pesados. El trabajo desarrollado por Taboada (1992) incluyó un listado florístico de la zona, mostrando que en ella se desarrollan una gran diversidad de plantas arvenses y ruderales, e inclusive se presentan algunas comestibles como jitomate, tomate, avena, amaranto, verdolaga, girarol, etc. También se tienen

resultados en relación a la concentración de metales pesados en diferentes tejidos de las plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) desarrollado en el sustrato del basurero, reportándose que el contenido de metales en el fruto es menor que en el tallo o en la hoja, en donde los niveles son considerados tóxicos (López, *et al.*, 1988). El mismo procedimiento se practicó en plantas de amaranto (*Amaranthus hybridus*) y tomate (*Physalis philadelphica*), aunque los datos encontrados presentan un comportamiento diferente al descrito antes (Hernández, 1992).

En otra investigación (Larios, 1994) se cuantificaron, aislaron y determinaron las especies bacterianas indicadoras de contaminación, como son los Coliformes Fecales y Totales, y los Clostridios y Streptococos Fecales, así como las especies patógenas asociadas presentes en los lixiviados del basurero "Neza I", determinándose que se encuentran en gran número y que a pesar de las condiciones adversas de los lixiviados logran sobrevivir especies como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, etc. algunas de las cuales son patógenas para el ser humano. Finalmente, Vázquez (1994) reporta algunos de los impactos que el basurero "Neza I" ha tenido, como es la contaminación a cuerpos de agua superficiales y probablemente a los mantos acuíferos profundos, y la presencia generación de microorganismos que se mantienen viables durante toda la vida útil de este sitio de disposición final de residuos sólidos.

### **III.- JUSTIFICACION**

## JUSTIFICACION

En México, los problemas ambientales se remontan a la época prehispánica, se agudizan durante el porfiriato y hacen crisis a partir de la época post-revolucionaria. Especialmente la acelerada y anárquica urbanización e industrialización que se presenta a partir de la Segunda Guerra Mundial, ha ocasionado graves daños al medio (Gutiérrez, 1990). Los problemas que ocasionan los sitios de disposición final de residuos sólidos son de dos tipos, los que se refieren a la degradación y contaminación del medio, y los que se relacionan con aspectos de salud pública.

En un principio, la zona elegida para disponer la basura sufre una gran devastación, puesto que la vegetación original del sitio desaparece; una vez desnudo el suelo aporta a la atmósfera gran cantidad de polvos, materiales inertes y microorganismos que el viento al pasar levanta en fuertes volvaneras (López, 1990). La desaparición de la capa vegetal va a favorecer la erosión del suelo y una vez que este ha sido cubierto por la basura se inutiliza para otros fines (López, 1990). Además durante las etapas de descomposición de la porción orgánica de la basura, se producen gases tóxicos y de olor repugnante (Christensen, 1989; Robinson, 1986) y la presencia de gases inflamables puede provocar combustiones espontáneas de las que surgen gran cantidad de humos que migran hacia la atmósfera (Vizcaino, 1986).

Los residuos también pueden contaminar el agua, ya que cuando la lluvia o sus escurrimientos atraviesan un depósito de basura propician la generación de lixiviados, los cuales dependiendo de las condiciones del terreno pueden infiltrarse en el mismo y ocasionar la pérdida de sus propiedades originales, tales como la friabilidad, textura, porosidad, permeabilidad, capacidad de intercambio catiónico, concentración de macro y micronutrientes, etc. (López, 1990). Inclusive pueden llegar a contaminar mantos freáticos y/o acuíferos, ya que los lixiviados son aguas fuertemente contaminadas con grandes concentraciones de materia orgánica (Albaiges, *et al*, 1986) y puede soportar una gran población bacteriana, la cual disminuye la DBO del agua y la concentración del  $O_2$  disuelto llegando a presentar condiciones anóxicas. Así por el efecto de la actividad biológica disminuye el pH, se incrementa la cantidad de sólidos disueltos, y pueden modificarse las concentraciones de metales pesados (Mn, Fe, Cu, Cd, Pb), los cuales pueden

sobrepasar los niveles permisibles (Pfeffer, 1992). Esto va a ocasionar la muerte de peces y especies acuáticas (Cameron y Koch, 1980), o inclusive bacterias (Omura, *et al*, 1991) en el caso de aguas superficiales, y va a demeritar la calidad del agua subterránea para consumo humano, ya que los contaminantes persisten durante mucho tiempo en el agua.

Además se han identificado en los lixiviados diversos compuestos orgánicos que pueden ocasionar problemas de contaminación del agua subterránea, incluyendo pesticidas clorados, ácidos carboxílicos aromáticos y alquilbencenos. También se han reportado algunos compuestos volátiles como benceno, tolueno y tricloroetileno (Shultz y Kjeldsen, 1986).

Por lo que respecta a los problemas de salud pública que ocasionan los residuos sólidos y su manejo, estos se pueden agrupar en dos categorías: como origen y vectores de enfermedades, y como fuentes de residuos peligrosos a causa de algunos de los componentes que acompañan a la basura.

Los residuos alimenticios y humanos presentes en la basura pueden atraer a roedores, insectos y helmintos, y a éstos pueden atribuirse la dispersión y transmisión de algunas enfermedades como las fiebres tifoidea y paratifoidea, la gastroenteritis, la disenteria, el cólera, la fiebre amarilla, la hepatitis, la encefalitis y la malaria. Incluso también pueden propagar algunas enfermedades a la población animal (Pfeffer, 1992).

En cuanto a los residuos peligrosos, estos producen riesgos de explosiones debido a la presencia de solventes, gasolina u otros agentes químicos en la basura; riesgos de intoxicaciones (sobre todo para los pepenadores y el personal de limpia) por restos de pesticidas, soluciones limpiadoras, solventes, etc.; o por daños físicos por el contacto directo con agujas o navajas usadas, con vidrios rotos, con metales oxidados, o con material altamente contaminado por bacterias, como los residuos hospitalarios, veterinarios, odontológicos y otros (Pfeffer, 1992).

Por todo lo anteriormente descrito, resulta evidente que la falta de mecanismos de control para el manejo de la basura provoca diversos problemas. Hoy en día, las investigaciones que se realizan en el campo de los residuos sólidos en nuestro país son muy incipientes, especialmente en las áreas de desarrollo de tecnologías limpias y de estabilización de residuos. Sólo algunas



publicaciones se atreven a mencionar el manejo de la basura en México y desafortunadamente son de difícil acceso. Sin embargo, existen algunos estudios enfocados a explicar los problemas sociales que ocasiona la basura (Castillo, 1983; Deffis, 1989), en los cuales se resaltan las formas de corrupción y manipulación con respecto al manejo de residuos. Y todavía son más escasos los trabajos analíticos destinados a arrojar luz sobre los problemas de contaminación que producen los basureros, tanto por la dificultad física que representan estos socioecosistemas (López, 1989), como por los obstáculos que el mismo sistema socio-político crea para ahondar en el tema (López, 1990).

No obstante, existen algunos grupos que trabajan sobre técnicas de disposición de residuos sólidos, pero en conjunto, la planta de investigación no es suficiente y se requiere urgentemente de un marco de organización interdisciplinaria y de recursos para formar personal que posteriormente continúe laborando en los centros de investigación. Además resulta esencial contar con una infraestructura especial que incluya espacios adecuados para realizar experimentos y permita interaccionar con especialistas de otras disciplinas (Gutiérrez, 1990).

Por este motivo resulta de primordial interés realizar el análisis de los lixiviados que se generan en el enterramiento controlado "Neza I", ya que permitirá avanzar en la caracterización de lixiviados generados en un basurero del país, y con base en ello, proponer mecanismos de control y tratamiento para los mismos, ya que la información que se tiene proviene de lixiviados de otros países y con otras características propias posiblemente muy diferentes a las nuestras.

En el presente estudio se determinaron aquellos parámetros que generalmente son considerados los más significativos por sus efectos potencialmente contaminantes (Villaruel, *et al*, 1985). El análisis de iones como el sodio y el potasio (tanto disueltos como totales) es importante ya que juegan un papel fundamental en la fisiología vegetal y son representativos de los residuos vegetales en la basura, siendo considerados como indicadores de contaminación por lixiviados (Albaiges, *et al*, 1986). Por este motivo deben ser tomados en cuenta al diseñar sistemas de tratamiento de lixiviados con algas, verificando cuáles especies son tolerantes a las sales y se desarrollen mejor (Chu, *et al*, 1994). En cuanto a los metales pesados se analizaron algunos que se consideran como los contaminantes mayores y que son los más sensibles ambientalmente hablando (Bridle, *et al*, 1987; Villaruel, *et al*, 1985): Cd, Cu, Fe, Pb y Zn (tanto disueltos como

totales). Estos metales pueden encontrarse desde trazas hasta cantidades considerables ya que son utilizados en diversas industrias como materia prima (por ejemplo en la elaboración de envases para alimentos). Dichos elementos causan una gran preocupación debido a sus propiedades tóxicas, sobre todo en los seres humanos (Villarreal, *et al.*, 1985); por tanto se consideran a algunos metales pesados como agentes potencialmente tóxicos (Cameron y Koch, 1980), que deben ser identificados en los lixiviados puesto que en ocasiones pueden provocar la inhibición de procesos biológicos de tratamiento, por lo cual deben ser removidos antes de su descarga (Chu, *et al.*, 1994). La Conductividad Eléctrica y la concentración de Sólidos Disueltos y Suspendidos son una medida del contenido de material inorgánico presente en los lixiviados y por este motivo es importante analizarlos. La determinación del pH es necesaria puesto que proporciona información acerca de la etapa de descomposición en que se encuentran los residuos y la especiación en que se pueden encontrar los metales (Pohland y Gould, 1986). En cuanto al contenido de Materia Orgánica es importante determinarlo ya que representa una fuente potencial de contaminación de aguas subterráneas por la infiltración de lixiviados en el suelo base de un sitio de disposición final de residuos (Schultz y Kjeldsen, 1986). Puesto que grandes volúmenes de residuos orgánicos de origen doméstico o industrial son depositados en dichos sitios, los lixiviados entonces ofrecen alimento abundante para diversos microorganismos, inclusive patógenos (Larios, 1994). Este parámetro también puede influir en la concentración de metales pesados puesto que algunos compuestos de origen orgánico pueden interaccionar con los metales mediante la formación de complejos (Pohland y Gould, 1986). Finalmente se determinaron las variaciones estacionales de los diferentes parámetros analizados y su correlación con los volúmenes de lluvia previa días antes de los muestreos ya que estos datos son indispensables para un adecuado diseño de sistemas de tratamiento de lixiviados.

#### **IV.- HIPOTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS**

## HIPOTESIS DE TRABAJO

La diversidad y complejidad de los residuos sólidos depositados en el enterramiento controlado "Neza I" (antes "Bordo Xochiaca") es muy grande, tanto en cantidad y composición química como en tiempos de degradación. Por este motivo los líquidos que se percolan a través de las capas de basura (lixiviados) son potencialmente agresivos para el ambiente, debido a que sus concentraciones superan los límites máximos permisibles establecidos para aguas residuales municipales. Esto va a depender de las condiciones climáticas en las cuales se generen los lixiviados.

## OBJETIVOS

### GENERAL

Caracterizar física y químicamente los líquidos percolados producidos en un basurero manejado como enterramiento controlado para evaluar su capacidad contaminante y establecer su comportamiento a través del tiempo.

### PARTICULARES

1. Determinar las características físicas y químicas de los lixiviados que se generan en el basurero "Neza I" (antes "Bordo Xochiaca"), el cual es operado como un enterramiento controlado.
2. Reconocer si existen modificaciones en las características de los líquidos percolados conforme transcurre el tiempo en el basurero.
3. Comparar los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos realizados, con los estándares permisibles para las aguas residuales municipales, estableciendo si las concentraciones representan un riesgo de contaminación para el ambiente.

## V.- METODO

## METODO

### 1. DE CAMPO

1.1 Visita al basurero para ubicar los sitios de muestreo de los líquidos percolados.

1.2 Se realizaron muestreos periódicos de los lixiviados cada 2 meses según el siguiente cuadro:

NUMERO DE MUESTREO	FECHA DEL MUESTREO
I	22 de Enero de 1988
II	18 de Marzo de 1988
III	19 de Mayo de 1988
IV	22 de Julio de 1988
V	7 de Octubre de 1988
VI	25 de Enero de 1989

1.2.1. La toma de muestra se efectuó en envases de polietileno lavados previamente 4 horas en detergente libre de fosfatos marca "Extran" de MERCK, enjuagados luego con agua corriente, posteriormente 8 horas en Acido Sulfúrico (tipo industrial) 1 M y finalmente enjuagados con agua destilada por 3 veces.

1.2.2. Las muestras se etiquetaron con sus datos correspondientes y se trasladaron al laboratorio para su análisis. Algunos de los parámetros se analizaron inmediatamente mientras que en el caso de los metales se tomaron alícuotas de 50 mL a las cuales se les añadió 0.1 mL de ácido nítrico concentrado con el fin de mantenerlos en solución y evitar que precipiten. Las muestras se refrigeraron a 4°C.

### 2. DE LABORATORIO

Para cada muestra se realizaron 5 repeticiones con el fin de que el análisis estadístico sea válido.

2.1. pH: Por potenciometría usando un potenciómetro marca CORNING pH 20. El resultado se expresa en unidades de pH (Allen, 1974).

2.2. Conductividad eléctrica directa: Utilizando un conductímetro marca CONDUCTRONING 210. El resultado se indica en milimhos/cm (Allen, 1974).

2.3. Sólidos suspendidos: Por filtración al vacío, con un medio filtrante de fibra de vidrio marca MERCK GF/A de 5.5 cm de diámetro. El resultado se expresa en mg/L (Allen, 1974; Rodier, 1981).

2.4. Sólidos disueltos: Por evaporación del filtrado a 105°C en una estufa marca RIOSSA MR. HS. El resultado se indica en mg/L (Allen, 1974; Rodier, 1981).

2.5. Materia orgánica: Por calcinación (incineración) a 550°C en una mufla marca Hevi Duty tipo 051. El resultado se expresa en mg/L.

2.6. Sodio y Potasio disueltos: Por flamometría empleando un fotoflamómetro marca CORNING 410. El resultado se indica en mg/L (Allen, 1974).

2.7. Sodio y Potasio totales\*: Por flamometría utilizando el mismo aparato que en el anterior. Mismas unidades que en 2.6 (Chian, *et al*, 1975).

2.8. Metales Pesados disueltos (Cadmio, Cobre, Hierro, Plomo y Zinc): Por espectrofotometría de absorción atómica mediante un espectrofotómetro de absorción atómica marca PYE UNICAM SP 192. El resultado se expresa en mg/L (Allen, 1974; Rodier, 1981).

2.9. Metales Pesados totales (mismos elementos que en el anterior)\*: Por espectrofotometría de absorción atómica usando un espectrofotómetro de absorción atómica marca PYE UNICAM SP 192 y otro marca VARIANT AUTOMATICO 1475. Mismas unidades que en 2.8 (Chian, *et al*, 1975; Inland Waters Directorate, 1979).

\* Significa que se realizó un tratamiento preliminar para estos elementos, ya que los metales forman con relativa facilidad iones complejos con la materia orgánica, por lo que previo a la determinación se eliminó esta con una digestión ácida ( $\text{HNO}_3$  concentrado y  $\text{HCl}$  1:1).

### 3. DE GABINETE

3.1. Se elaboraron cuadros de resultados con los valores obtenidos de los parámetros físicos y químicos analizados en los lixiviados. Los datos se calcularon con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0.

3.2. Se calculó el Coeficiente de Variación para las medias de los parámetros analizados con el fin de establecer la mayor o menor dispersión (variabilidad) que presentaban los resultados de cada parámetro analizado (Marques, 1988). Los datos se obtuvieron con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0.

3.3. Se realizó el análisis de los resultados por un estadístico de prueba, el cual indica si existen diferencias significativas en los líquidos percolados a lo largo del tiempo y en los sitios de muestreo. Este consiste en un análisis de varianza (ANDEVA) de 2 factores con un 95 % de confianza y 0.05 de significancia, con el objeto de contrastar (aceptar o rechazar) las siguientes hipótesis (Marques, 1988):

a) "H<sub>0</sub>: Los efectos de las columnas son cero (no hay diferencia entre las medias de la variable columna."

"H<sub>a</sub>: Hay diferencia".

b) "H<sub>0</sub>: Los efectos de las filas (renglones) son cero (no hay diferencia entre las medias de la variable fila."

"H<sub>a</sub>: Hay diferencia".

c) "H<sub>0</sub>: No hay diferencia entre las distintas interacciones fila-columna."

"H<sub>a</sub>: Hay diferencia".



3.4. Además se realizó la Prueba del Rango Múltiple de Duncan con una diferencia significativa mínima del 95 %, una vez que se hubieron rechazado las hipótesis nulas tanto para los sitios como para los meses de muestreo y con esta prueba se determinaron diferencias o igualdades entre los sitios de muestreo o entre los meses de muestreo (Marques, 1988). Los valores se calcularon con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0 .

3.5. También se realizó un Análisis de Correlación entre los diferentes parámetros analizados con el fin de establecer el grado de relación entre unos y otros (Chu, *et al*, 1994) utilizando un intervalo confianza del 95 % (Marques, 1988). Los datos se calcularon con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0.

3.6. Otro Análisis de Correlación se realizó entre los parámetros analizados y las lluvias acumuladas a los 3, 7, 14 y 21 días antes de los muestreos, con un intervalo de confianza del 95 % (con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0). Con objeto de establecer el grado de relación que se presenta entre un determinado parámetro y la cantidad de lluvia, es decir, cómo la precipitación pluvial influye en los valores de los parámetros analizados (Chu, *et al*, 1994).

3.7. Se construyeron gráficas de cada parámetro contra el tiempo, para visualizar los cambios en las características de los lixiviados en los diferentes meses de muestreo. Las gráficas se construyeron con el paquete HARVARD GRAPHICS V2.3.

3.8. Por último se procede a la discusión de los resultados para encontrar relaciones causa-efecto entre los parámetros y obtener finalmente las conclusiones del estudio.

## **VI.- CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El basurero "NEZA I" (antes "Bordo Xochiaca") fue operado como un enterramiento controlado desde principios de los años ochenta, en el cual se dispone la basura, se cubre con tierra y se compacta. No cuenta con sistemas de captación de lixiviados ni de biogás, ni con plantas de tratamiento de los primeros ni sistemas de recuperación de energía para el biogás. Actualmente se encuentra en proceso de saneamiento, es decir, se intenta convertirlo en un relleno sanitario, sin embargo no se han contemplado la construcción de los ya mencionados mecanismos de control para los impactantes ambientales. Cabe aclarar que en algunas zonas ya se ha alcanzado la fase de cobertura final y se intenta establecer vegetación sobre la capa final, e inclusive, se han iniciado construcciones en esta área con el fin de utilizarla como zona recreativa y deportiva (Cd. Deportiva de Nezahualcóyotl).

Las principales características de la zona donde se ubica este basurero son (DETENAL, 1978):

**Ubicación geográfica:** El área de estudio se localiza entre los 19°25'13" y los 19°26'00" de latitud Norte y entre los 99°00'46" y los 99°01'20" de longitud Oeste, a una altura de 2,250 m.s.n.m.

**Ubicación política:** La zona de estudio se encuentra en el municipio de Cd. Nezahualcóyotl, en el Estado de México, y está limitada al sur por la Vía Tapo ("Bordo de Xochiaca"), al norte por la vía del ferrocarril, al este por la prolongación de la Av. Adolfo López Mateos y al oeste por la colonia "El Sol". El lugar se ubica a 7 km en dirección 17°SE del cerro del Peñón de los Baños en la zona denominada "La abandonada".

**Comunicaciones:** Existen diferentes calles que transitan cerca como la Av. Nezahualcóyotl, la Av. Adolfo López Mateos y la Vía Tapo, la cual se encuentra a la entrada del tiradero (Mapa 1).

**Extensión de la zona de estudio:** El área de influencia abarca 128 hectáreas, pero el terreno que ha sido utilizado como basurero abarca de 35 a 40 Has. El afloramiento superficial de

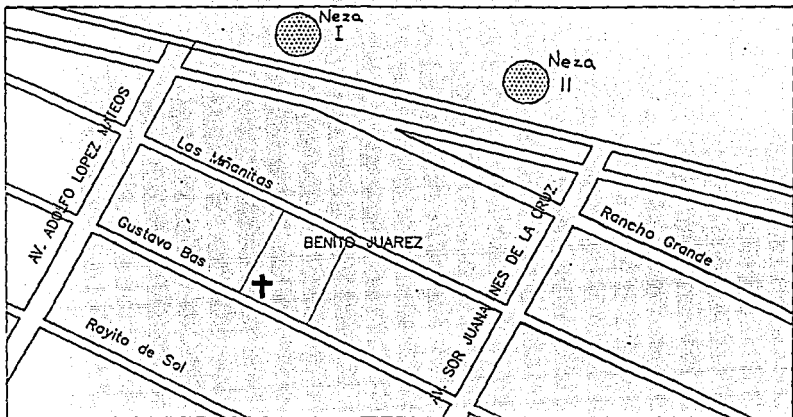
lixiviados del cual se tomaron las muestras se localiza aproximadamente en la zona central del mismo.

**Geología y suelos:** Se presenta un suelo lacustre compuesto por arcilla plástica, en una planicie del período Cuaternario; tiene permeabilidad baja y existe la posibilidad de que en el subsuelo existan depósitos de agua subterránea a baja profundidad. El tipo de suelo es un Solonchak gleyco y ártico.

**Topografía:** En el área se distingue un relieve plano con una pendiente casi de cero. Sólo se visualizan los cerros del Peñón del Marquez y del Peñón de los Baños a 5.5 km del lugar. Sin embargo en los lugares de muestreo se observan depresiones ocasionadas probablemente por la mala distribución de la basura.

**Clima:** De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García, el clima predominante en el Vaso del Ex-Lago de Texcoco es un Bs KW (W) (1'), con temperatura media anual de 15.3 °C, y temperaturas máxima y mínima extremas de 36 y -11°C. La precipitación anual es de 600.1 mm, con una evaporación de 1,801 mm. El clima es seco estepario, del tipo semiseco con verano fresco (la temperatura media del mes más caluroso es menor de 18°C y lluvioso, mientras que el invierno se presenta con un total de lluvias menor al 5 % del total anual.

- Precipitación, definida por un período de lluvias de 6 meses de mayo a octubre, y un período seco de noviembre a abril. El volumen de agua alcanza los 603.5 mm, de los cuales el 87.8 % corresponden a la época de lluvias y un 12.2 % al tiempo de secas. La precipitación es regular y de tipo torrencial, siendo julio el mes más lluvioso y febrero el de mínima precipitación.
- Temperatura, con una media anual de 15.3°C y una variación de 4.6°C. La temperatura más baja se registra en enero con 11.6 °C y la más alta se presenta en junio con 18°C.
- Evaporación, es alta, ya que la cantidad de agua evaporada es 3 veces mayor que el volumen de agua precipitada en la zona del Vaso del Ex-Lago de Texcoco (hasta 2454 mm). Esto va a provocar una alta concentración de sales en el suelo, que se depositan a causa de los escurrimientos y se desecan en la superficie del mismo. Además se produce un ascenso del manto freático superficial que a su vez origina un incremento de salinidad en la superficie.



MAPA 1

## **VII.- RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS**

## RESULTADOS

En las páginas siguientes se muestran los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos realizados a los lixiviados del enterramiento controlados "Neza I". La presentación consta de gráficas y cuadros, con los cuales se puede visualizar de mejor manera el comportamiento y magnitud del análisis realizado.

En el cuadro No. 7 se muestran los parámetros físicos y químicos analizados en los lixiviados colectados en un afloramiento superficial del enterramiento controlado "Neza I". Estos parámetros fueron: pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, materia orgánica, potasio disuelto, sodio disuelto, metales pesados disueltos (Cd, Cu, Fe, Pb y Zn), potasio total, sodio total, y metales pesados totales (mismos que disueltos). También se enlistan los estadísticos básicos para las determinaciones realizadas, como son: media, varianza, desviación estándar y mediana.

En segundo lugar, en el cuadro No. 8 se enlistan los mismos parámetros, así como su media correspondiente y el coeficiente de variación para dicha media.

Ante la imposibilidad de mostrar dentro de los resultados todas las tablas de análisis de varianza realizadas (las cuales se incluyeron en el Apéndice 3), en el cuadro No. 9 se presenta un resumen de los valores obtenidos.

El cuadro No. 10 muestra los valores obtenidos de la matriz de correlación entre los diferentes parámetros analizados (el número superior corresponde al coeficiente de correlación y el inferior al nivel de significancia).

El cuadro No. 11 también contiene los valores de la matriz de correlación entre el resto de los parámetros determinados.

El siguiente cuadro (No. 12) representa la matriz de correlación entre todos los parámetros y las lluvias acumuladas a los 3, 7, 14 y 21 antes del muestreo.

El último cuadro (No. 13) enlista los parámetros considerados en este trabajo y sus resultados, los valores reportados por la literatura en otros sitios, así como los valores máximos permisibles determinados por la norma para la descarga de aguas residuales en el sistema de drenaje municipal.

Finalmente en las gráficas siguientes al cuadro 13, se observa el comportamiento estacional de los parámetros analizados con respecto a los sitios y meses de muestreo.



**CUADRO 7.**

**ESTADISTICA BASICA DE LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS REALIZADOS A LOS LIXIVIADOS DEL ENTERRAMIENTO CONTROLADO "NEZA I"**

PARAMETRO	MEDIA <sup>0</sup>	VARIANZA <sup>0</sup>	DES. ESTANDAR <sup>0</sup>	MEDIANA <sup>0</sup>
pH	9.04993	0.16641	0.407934	9.17
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	73.4263	239.541	15.4771	66.65
Sólidos disueltos (mg/L)	52704.6	2.79716E8	16724.7	50400
Sólidos suspendidos (mg/L)	1809.79	1.81399E6	1346.84	1268
Materia orgánica (mg/L)	21824.1	5.44318E8	23330.6	9669.5
Potasio disuelto (mg/L)	3805.4	3.76152E6	1939.46	3269.53
Sodio disuelto (mg/L)	16373.4	3.09967E7	5567.47	16752.4
Cadmio disuelto (mg/L)	0.257293	8.30835E-3	0.0911502	0.2788
Cobre disuelto (mg/L)	1.88153	5.9846	2.44634	0.5205
Hierro disuelto (mg/L)	8.31908	8.52141	2.91915	8.0475
Plomo disuelto (mg/L)	1.43472	0.199594	0.446759	1.4429
Zinc disuelto (mg/L)	0.963397	0.345874	0.588111	0.8169
Potasio total (mg/L)	6816.45	4.26548E6	2065.3	6474.49
Sodio total (mg/L)	22048.6	4.26603E7	6531.48	20362.4
Cadmio total (mg/L)	1.39287	0.276192	0.52554	1.388
Cobre total (mg/L)	2.64896	4.1995	2.04927	2.074
Hierro total (mg/L)	52.95	2324.67	48.2149	21.0
Plomo total (mg/L)	5.81163	8.28457	2.87829	2.87829
Zinc total (mg/L)	1.82803	1.3296	1.15308	1.706

<sup>0</sup> los datos fueron obtenidos con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0.

**CUADRO 8.**

**VARIABILIDAD EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LOS LIXIVIADOS DEL ENTERRAMIENTO CONTROLADO "NEZA I"**

PARAMETRO	MEDIA <sup>o</sup>	COEFICIENTE DE VARIACION (%) <sup>o</sup>
pH	9.04993	4.50759
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	73.4263	21.0784
Sólidos disueltos (mg/L)	52704.6	31.733
Sólidos suspendidos (mg/L)	1809.79	74.42
Materia orgánica (mg/L)	21824.1	106.903
Potasio disuelto (mg/L)	3805.4	50.9661
Sodio disuelto (mg/L)	16373.4	34.0032
Cadmio disuelto (mg/L)	0.257293	35.4267
Cobre disuelto (mg/L)	1.88153	130.019
Hierro disuelto (mg/L)	8.31908	35.0898
Plomo disuelto (mg/L)	1.43472	31.1391
Zinc disuelto (mg/L)	0.963397	61.0455
Potasio total (mg/L)	6816.45	30.2988
Sodio total (mg/L)	22048.6	29.6232
Cadmio total (mg/L)	1.39267	37.7307
Cobre total (mg/L)	2.64896	77.3612
Hierro total (mg/L)	52.95	91.0574
Plomo total (mg/L)	5.81163	49.5264
Zinc total (mg/L)	1.82803	63.078

<sup>o</sup> los datos fueron calculados con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0.

**CUADRO 9.**

**RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANZA REALIZADOS CON RESPECTO A LOS SITIOS Y A LOS MESES DE MUESTREO PARA CADA PARAMETRO ANALIZADO EN LOS LIXIVIADOS DEL ENTERRAMIENTO CONTROLADO "NEZA I"**

PARAMETRO	Diferencias Significativas con respecto a los sitios de muestreo	Diferencias Significativas con respecto a los meses de muestreo
pH	X	X
Conductividad eléctrica	X	X
Sólidos disueltos	X	X
Sólidos suspendidos	X	X
Materia orgánica	---↔	X
Potasio disuelto	X	X
Sodio disuelto	X	X
Cadmio disuelto	---↔	X
Cobre disuelto	X	X
Fierro disuelto	X	X
Plomo disuelto	X	X
Zinc disuelto	X	X
Potasio total	---↔	X
Sodio total	---↔	X
Cadmio total	X	X
Cobre total	X	X
Fierro total	X	X
Plomo total	X	X
Zinc total	X	X

∅ Los Análisis de Varianza se realizaron con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0. Los resultados marcados con X presentan diferencias significativas con una  $p < 0.0000$ .

↔ Significa que los resultados obtenidos NO presentan diferencias estadísticamente significativas.

CUADRO 10.

**MATRIZ DE CORRELACIONES PARA LOS DIFERENTES PARAMETROS ANALIZADOS EN LOS LIXIVIADOS DEL ENTERRAMIENTO CONTROLADO "NEZA I"**

PARAMETROS													
	pH	Conduc-tividad eléctrica	Sólidos disueltos	Sólidos suspen-didos	Materia orgánica	Potasio disuelto	Sodio disuelto	Cadmio disuelto	Cobre disuelto	Hierro disuelto	Plomo disuelto	Zinc disuelto	
pH	1.0000 0.0000	-0.2328 0.2158	-0.1130 0.5521	-0.1071 0.5733	0.1583 0.4034	-0.2421 0.1974	-0.2771 0.1382	0.0821 0.6661	-0.0346 0.8560	-0.2956 0.1127	0.1451 0.4444	0.3166 0.0882	
Conduc. eléctrica		1.0000 0.0000	0.6176 0.0003 <sup>§</sup>	0.2315 0.2183	-0.4421 0.0145 <sup>+</sup>	0.4308 0.0175 <sup>+</sup>	0.4892 0.0061 <sup>*</sup>	0.2121 0.2604	-0.1627 0.5891	0.6752 0.0000 <sup>+</sup>	0.0692 0.9615	-0.1384 0.4659	
Sólidos disueltos			1.0000 0.0000	-0.2418 0.1979	0.3085 0.0972 <sup>†</sup>	0.4618 0.0102 <sup>+</sup>	0.5440 0.0019 <sup>*</sup>	0.3104 0.0951 <sup>†</sup>	0.1701 0.3687	0.5162 0.0035 <sup>*</sup>	0.6389 0.0001 <sup>+</sup>	0.6884 0.0000 <sup>+</sup>	
Sólidos suspen-didos				1.0000 0.0000	-0.3335 0.0717 <sup>†</sup>	-0.1995 0.2905	0.0280 0.8831	-0.2616 0.1625	-0.1089 0.5668	0.4083 0.0251 <sup>+</sup>	0.6841 0.0000 <sup>+</sup>	-0.4082 0.0251 <sup>+</sup>	
Materia orgánica					1.0000 0.0000	-0.2738 0.1431	0.1939 0.3045	0.0113 0.9528	0.0925 0.6270	-0.1136 0.5500	0.5819 0.0007 <sup>+</sup>	0.4900 0.0060 <sup>*</sup>	
Potasio disuelto						1.0000 0.0000	0.7698 0.0000 <sup>§</sup>	-0.1002 0.5984	-0.2231 0.2360	0.4728 0.0199 <sup>+</sup>	0.1455 0.4430	0.0576 0.7825	
Sodio disuelto							1.0000 0.0000	0.4811 0.6071 <sup>+</sup>	-0.1924 0.3083	0.4685 0.0990 <sup>+</sup>	0.4195 0.0210 <sup>+</sup>	0.3692 0.0963	
Cadmio disuelto								1.0000 0.0000	0.0275 0.8052	0.2335 0.2142	0.5282 0.0027 <sup>+</sup>	0.5522 0.0016 <sup>*</sup>	
Cobre disuelto									1.0000 0.0000	0.0594 0.7551	0.1590 0.4013	0.2312 0.2191	
Hierro disuelto										1.0000 0.0000	-0.0063 0.9738	0.2492 0.1843	
Plomo disuelto											1.0000 0.0000	0.7962 0.0000 <sup>+</sup>	
Zinc disuelto												1.0000 0.0000	

Los datos fueron calculados con el paquete estadístico STATGRAPHICS VS.0. El valor superior es el Coeficiente de Correlación, el inferior es el nivel de significancia (únicamente se han señalado aquellos que son estadísticamente significativos: □ p < 0.10, † p < 0.05, \* p < 0.01, § p < 0.001, ‡ p < 0.000)

CUADRO 11.

MATRIZ DE CORRELACIONES PARA LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN LOS LIXIVIADOS DEL ENTERRAMIENTO CONTROLADO "NEZA I"

PARAMETROS							
	Potasio total	Sodio total	Cadmio total	Cobre total	Hierro total	Plomo total	Zinc total
Potasio total	1.0000 0.0000	0.8599 0.0000 +	0.3378 0.1452	0.3244 0.1629	0.5360 0.0149 <sup>+</sup>	0.6336 0.0027 *	0.0049 0.9833
Sodio total		1.0000 0.0000	0.3140 0.1776	0.1298 0.5856	0.5876 0.0064*	0.6212 0.0035 *	-0.2092 0.3761
Cadmio total			1.0000 0.0000	-0.0019 0.9937	0.4184 0.0663 <sup>□</sup>	0.0912 0.7020	0.3149 0.1763
Cobre total				1.0000 0.0000	0.0987 0.6790	0.5112 0.0212 +	0.2266 0.3367
Hierro total					1.0000 0.0000	0.4244 0.0622 +	-0.0327 0.8911
Plomo total						1.0000 0.0000	0.0044 0.9654
Zinc total							1.0000 0.0000

Los datos fueron calculados con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0. El número superior es el Coeficiente de Correlación, el inferior es el nivel de significancia (únicamente se han señalado aquellos que son estadísticamente significativos: □  $p < 0.10$ , +  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.01$ , +  $p < 0.000$ ).

CUADRO 12.

MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE LOS PARAMETROS ANALIZADOS EN LOS LIXIVIADOS DEL ENTERRAMIENTO CONTROLADO "NEZA I" Y LAS LLUVIAS ACUMULADAS 3, 7, 14 Y 21 DIAS ANTES DE EFECTUARSE EL MUESTREO

	Lluvia 3	Lluvia 7	Lluvia 14	Lluvia 21
pH	-0.0822 0.6659	-0.1313 0.4893	0.2094 0.2668	0.1483 0.4343
Conductividad eléctrica	-0.2002 0.2889	0.2015 0.2856	-0.3553 0.0540 <sup>□</sup>	-0.2714 0.1467
Sólidos disueltos	-0.4405 0.0148 <sup>✦</sup>	-0.1212 0.5234	-0.2394 0.2027	-0.2474 0.1875
Sólidos suspendidos	-0.0493 0.7957	-0.2215 0.2396	-0.2813 0.1322	-0.2870 0.1241
Materia orgánica	-0.3555 0.0539 <sup>□</sup>	-0.5457 0.0018 <sup>*</sup>	-0.0825 0.6649	-0.1937 0.3050
Potasio disuelto	-0.3970 0.0298 <sup>✦</sup>	-0.3188 0.0880 <sup>□</sup>	-0.7625 0.0000 <sup>✦</sup>	-0.7282 0.0000 <sup>✦</sup>
Sodio disuelto	0.0182 0.9241	0.1657 0.3815	-0.3385 0.0673 <sup>□</sup>	-0.2632 0.1600
Cadmio disuelto	0.5110 0.0039 <sup>*</sup>	0.6378 0.0001 <sup>✦</sup>	0.5340 0.0024 <sup>*</sup>	0.5872 0.0006 <sup>✦</sup>
Cobre disuelto	-0.0831 0.6626	-0.1321 0.4865	0.2093 0.2670	0.1480 0.4351
Hierro disuelto	-0.1908 0.3125	-0.0656 0.7305	-0.2279 0.2259	-0.2193 0.2442
Plomo disuelto	-0.0642 0.7361	0.0922 0.6281	0.1945 0.3032	0.1769 0.3497
Zinc disuelto	-0.1931 0.3065	-0.0875 0.6458	0.2420 0.1976	0.1745 0.3565
Potasio total	-0.4644 0.0391 <sup>✦</sup>	-0.2119 0.3697	-0.5117 0.0211 <sup>✦</sup>	-0.4732 0.0351 <sup>✦</sup>
Sodio total	-0.4193 0.0657 <sup>□</sup>	-0.2992 0.2000	-0.4973 0.0257 <sup>✦</sup>	-0.4777 0.0332 <sup>✦</sup>
Cadmio total	-0.4075 0.0745 <sup>□</sup>	-0.4265 0.0607 <sup>□</sup>	-0.4448 0.0494 <sup>✦</sup>	-0.4522 0.0453 <sup>✦</sup>
Cobre total	0.3048 0.1913	0.4639 0.0394 <sup>✦</sup>	0.3143 0.1772	0.3460 0.1351
Hierro total	-0.1823 0.4418	-0.4384 0.0531	-0.3188 0.1707	-0.3535 0.1263
Plomo total	-0.1707 0.4717	0.0299 0.9006	-0.2008 0.3959	-0.1673 0.4809
Zinc total	-0.0269 0.9105	0.0125 0.9581	-0.0047 0.9842	-0.0005 0.9983

Los datos fueron calculados con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0. El número superior representa el Coeficiente de Correlación, el inferior es el nivel de significancia (únicamente se han señalado aquellos que son estadísticamente significativos: □ p < 0.10, ✦ p < 0.05, \* p < 0.01, ✧ p < 0.000).

CUADRO 13.

COMPARACION ENTRE LOS VALORES OBTENIDOS DE LOS LIXIVIADOS DEL ENTERRAMIENTO CONTROLADO "NEZA I", LOS VALORES REPORTADOS POR LA LITERATURA EN DIFERENTES SITIOS DE DISPOSICION FINAL, Y LOS VALORES MAXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN UN SISTEMA MUNICIPAL DE DRENAJE

PARAMETROS	NEZA I	GDB, Hong Kong	EE.UU. (varios)	NOM-CCA-031-ECOL/1993
pH	8.9841 - 9.11576	7.2 - 8.4	3.7 - 11.5	6 - 9
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	70.9287 - 75.924	2.5 - 11.8	960 - 16300	5.0
Sólidos disueltos (mg/L)	50005.6 - 55403.5	398 - 2923	0 - 44900	---
Sólidos suspendidos (mg/L)	1592.44 - 2027.14	920 - 4500	10 - 1243	---
Materia orgánica (mg/L)	18059 - 25589.1	---	---	---
Potasio disuelto (mg/L)	3492.42 - 4118.38	78 - 416	2.8 - 3770	---
Sodio disuelto (mg/L)	15474.9 - 17271.8	132 - 743	0 - 7700	---
Cadmio disuelto (mg/L)	0.242583 - 0.272002	< 0.01	---	---
Cobre disuelto (mg/L)	1.48675 - 2.27631	0.01 - 0.13	---	---
Hierro disuelto (mg/L)	7.84799 - 8.79016	1.01 - 3.45	---	---
Plomo disuelto (mg/L)	1.36263 - 1.50682	< 0.02	---	---
Zinc disuelto (mg/L)	0.86849 - 1.0583	0.12 - 0.32	---	---
Polasio total (mg/L)	6406.55 - 7226.34	---	---	---
Sodio total (mg/L)	20752.3 - 23344.8	---	---	---
Cadmio total (mg/L)	1.28857 - 1.49717	< 0.02	0 - 0.375	0.5
Cobre total (mg/L)	2.24225 - 3.05567	0.01 - 0.13	0 - 9.9	5.0
Hierro total (mg/L)	43.381 - 62.519	1.26 - 5.00	0 - 6300	---
Plomo total (mg/L)	5.24039 - 6.38287	< 0.10	0 - 2.0	1.0
Zinc total (mg/L)	1.59918 - 2.05688	0.13 - 0.39	0 - 370	6.0

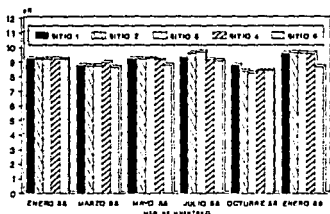
Los datos fueron calculados con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0 y representan el intervalo de confianza para la media, al 95%.

Referencia: Chu, et al, 1994.

Referencia: Lu, et al, 1985.

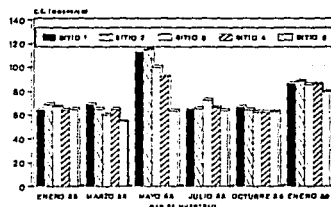
Norma Oficial Mexicana -CCA-031-ECOL/93, que establece los límites máximos permisibles de los contaminantes para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano.

VARIACION ESTACIONAL DEL pH EN  
LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



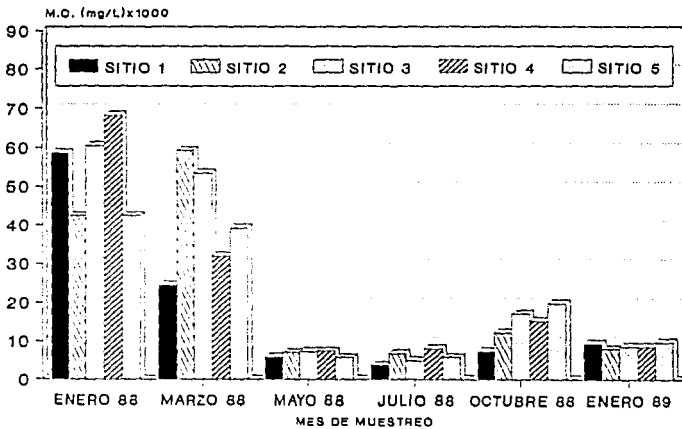
GRAFICA No. 1

VARIACION ESTACIONAL DE LA CONDUCTIVIDAD  
ELECTRICA EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88  
A ENERO'89



GRAFICA No. 2

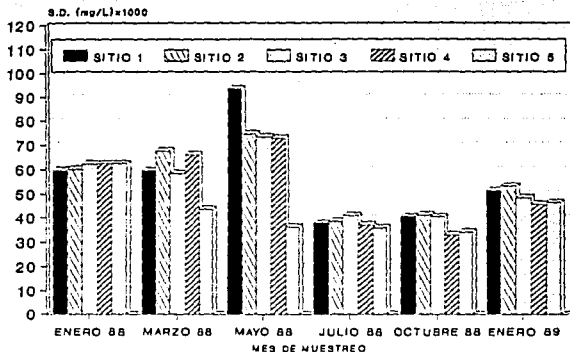
VARIACION ESTACIONAL DE LA MATERIA  
ORGANICA EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A  
ENERO'89



GRAFICA No. 3

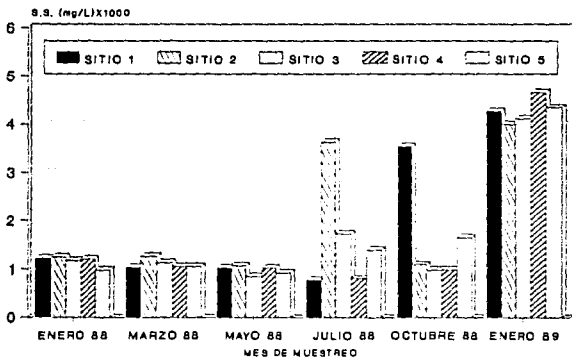


VARIACION ESTACIONAL DE LOS SOLIDOS  
DISUELTOS EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88  
A ENERO'89



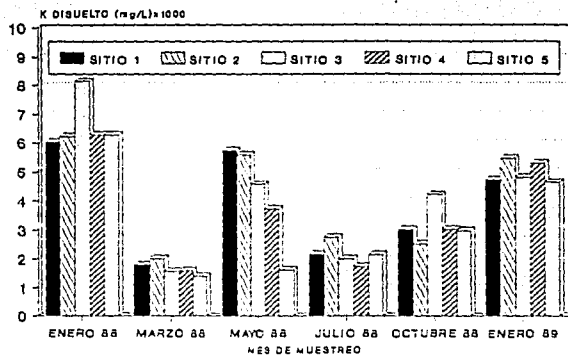
GRAFICA No. 4

VARIACION ESTACIONAL DE LOS SOLIDOS  
SUSPENDIDOS EN LOS LIXIVIADOS DE  
ENERO'88 A ENERO'89



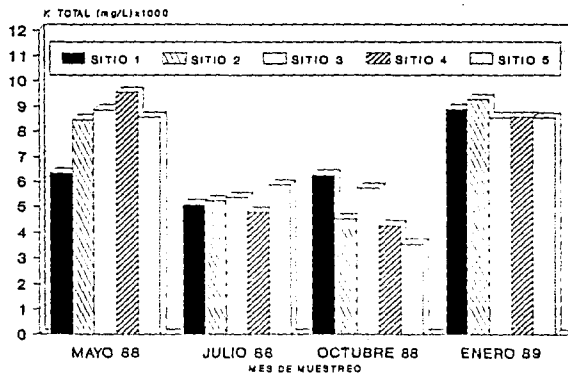
GRAFICA No. 5

VARIACION ESTACIONAL DEL POTASIO  
DISUELTO EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A  
ENERO'89



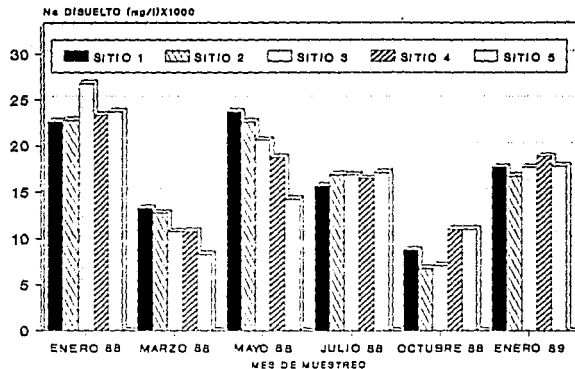
GRAFICA No. 6

VARIACION ESTACIONAL DEL POTASIO TOTAL  
EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



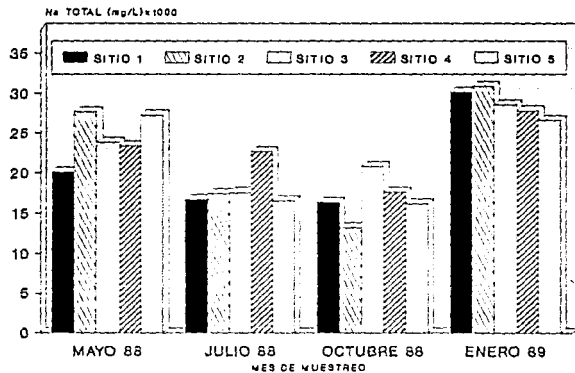
GRAFICA No. 7

VARIACION ESTACIONAL DEL SODIO DISUELTO EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



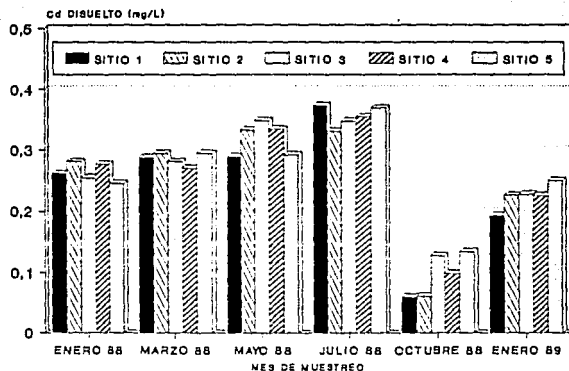
GRAFICA No. 8

VARIACION ESTACIONAL DEL SODIO TOTAL EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



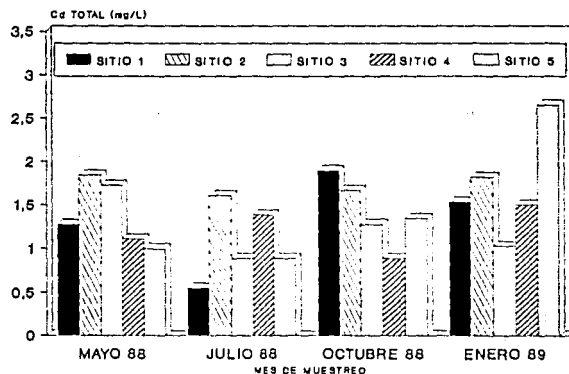
GRAFICA No. 9

VARIACION ESTACIONAL DEL CADMIO DISUELTO  
EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



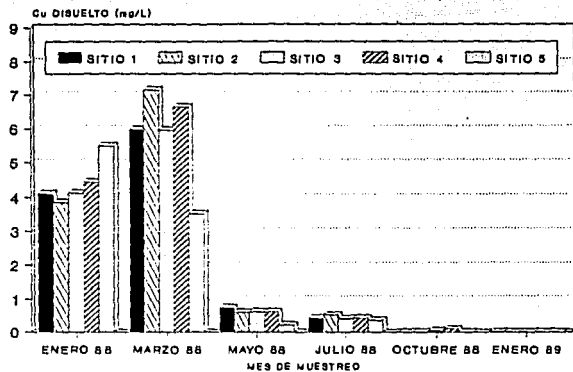
GRAFICA No. 10

VARIACION ESTACIONAL DEL CADMIO TOTAL EN  
LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



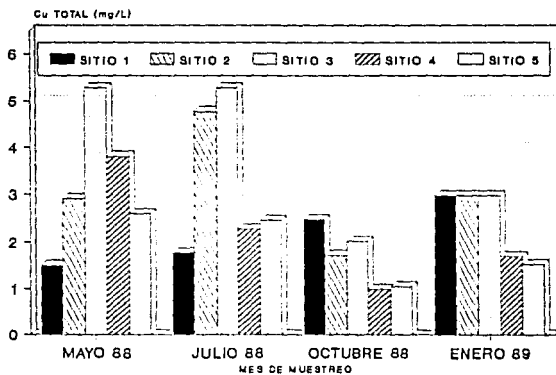
GRAFICA No. 11

VARIACION ESTACIONAL DEL COBRE DISUELTO EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



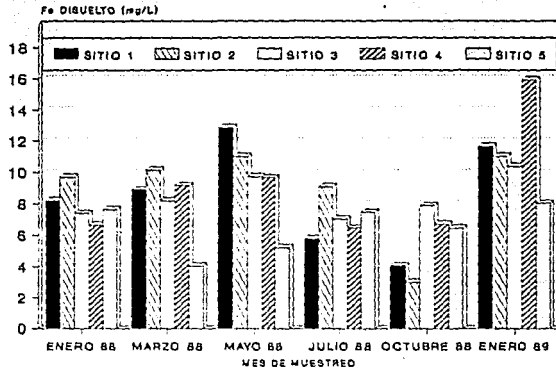
GRAFICA No. 12

VARIACION ESTACIONAL DEL COBRE TOTAL EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



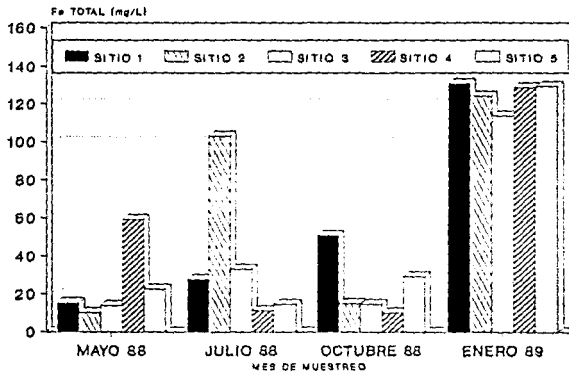
GRAFICA No. 13

VARIACION ESTACIONAL DEL FIERRO DISUELTO EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



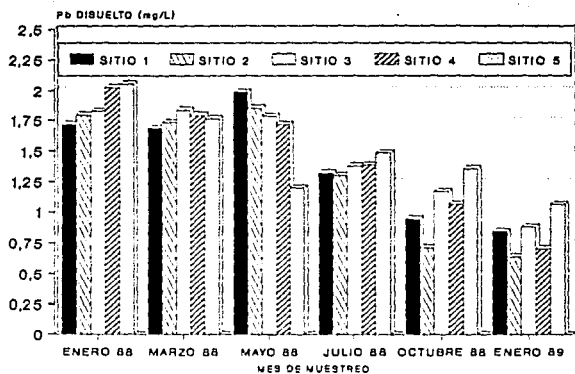
GRAFICA No. 14

VARIACION ESTACIONAL DEL FIERRO TOTAL EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



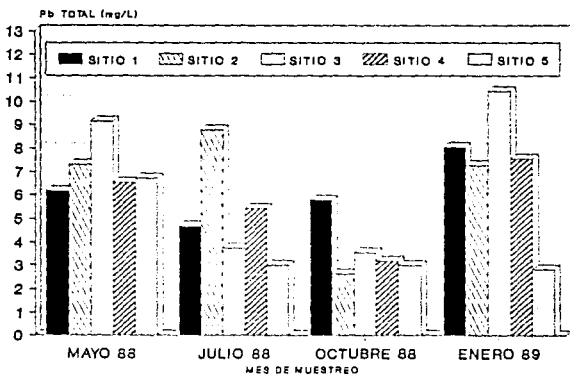
GRAFICA No. 15

VARIACION ESTACIONAL DEL PLOMO DISUELTO  
EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



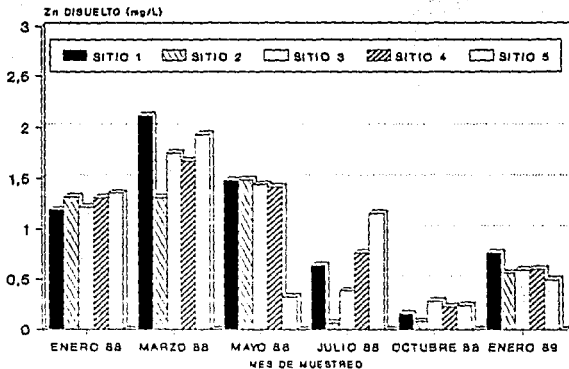
GRAFICA No. 16

VARIACION ESTACIONAL DEL PLOMO TOTAL EN  
LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



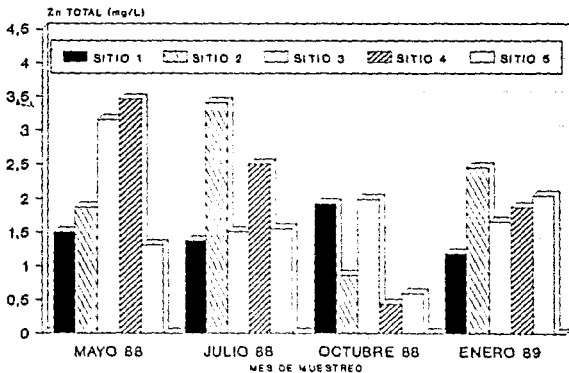
GRAFICA No. 17

VARIACION ESTACIONAL DEL ZINC DISUELTO  
EN LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



GRAFICA No. 18

VARIACION ESTACIONAL DEL ZINC TOTAL EN  
LOS LIXIVIADOS DE ENERO'88 A ENERO'89



GRAFICA No. 19



## AÑÁLISIS DE RESULTADOS

### 1. pH.

El pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidronio (expresada en moles/L). La mayoría de los estudios del pH de los lixiviados reportan la utilización de potenciómetros con electrodo de vidrio, el cual es relativamente "inmune" a interferencias por color, turbidez, material coloidal o agentes reductores presentes en la muestra (Chian, *et al*, 1975).

El pH de lixiviados recién generados se encuentra entre 4 y 5, lo cual es resultado de la presencia predominante de ácidos grasos volátiles (Lu, *et al*, 1985; Chian, *et al*, 1975) y ácidos orgánicos correspondientes a la fase acetogénica de descomposición de la basura (Christensen, 1989). En un basurero donde los residuos se encuentren más estabilizados el pH puede encontrarse entre 5 y 8, por la influencia predominante de bicarbonatos, y en este tipo de lixiviados el pH puede incrementarse directamente después del muestreo como resultado de la liberación de  $\text{CO}_2$  (Chian, *et al*, 1975).

En base a lo anterior se puede afirmar que los lixiviados del enterramiento controlado "Neza I" corresponden a una etapa de mayor estabilización de la basura, en la cual no se presenta acumulación de ácidos grasos de cadena corta ya que la media para los valores de pH es de 9.05 (cuadro 7), el cual corresponde a condiciones básicas o alcalinas. Esto concuerda con lo reportado por Chian y colaboradores (1975) quienes encontraron que la concentración de ácidos grasos volátiles parcialmente ionizados disminuía con el transcurso del tiempo, ya que se establece un equilibrio entre los procesos productores de ácido y los mecanismos consumidores de ácido de los microorganismos metanogénicos de los lixiviados, los cuales se incrementan en número puesto que metabolizan los ácidos grasos volátiles presentes (Chu, *et al*, 1994). Por este motivo se puede afirmar que los lixiviados del basurero "Neza I" no son de reciente generación a que este sitio tiene un tiempo de operación de al menos 15 años. Cabe señalar que los valores de pH de los lixiviados tienen una importancia fundamental en los niveles de toxicidad de algunos agentes tóxicos, como son los metales pesados (Cameron y Koch, 1980), y en la especiación y el tipo de compuestos que se presenten de los mismos (Pohtland y Gould, 1986).

El coeficiente de variación para la media es de 4.51 % (cuadro 8), el cual indica que la dispersión de los datos para este parámetro es baja y los valores de pH encontrados son relativamente constantes, a diferencia del resto de los parámetros analizados. El análisis de varianza para el pH indica que tanto en los sitios de muestreo como en los meses de muestreo existen diferencias significativas (cuadro 9), lo cual se confirma con la prueba de rango múltiple (apéndice 3), donde se observa que para el pH, la mayoría de los sitios de muestreo son diferentes entre sí y que todos los muestreos también lo son. Esto se puede explicar con respecto a las transformaciones biológicas de la basura (Pfeffer, 1992), la cual diariamente se acumula en el basurero y sobre cuya composición no se tiene control, provocando en el ambiente cambios químicos.

Con respecto a la correlación entre el pH y los otros parámetros analizados en los lixiviados, en el cuadro 10 se muestra que aunque la mayoría de los coeficientes de correlación son negativos (es decir, al aumentar el pH disminuyen los otros), su nivel de significancia no es estadísticamente suficiente para que los valores de pH influyan sobre los valores de los otros parámetros. Esto se contrapone con lo reportado en la literatura, la que indica que sobre todo la solubilidad de los metales (Pfeffer, 1992) y por tanto su concentración en el agua se relacionan con las variaciones de pH (a mayor pH menor solubilidad del metal, y viceversa). Sin embargo cabe aclarar que la solubilidad de los metales, no sólo se ve afectada por variaciones de pH, sino también por algunos otros factores que se tratan al discutir los valores obtenidos de metales. Con respecto a la relación entre las lluvias acumuladas y los valores de pH, se observa (cuadro 12) que la relación no es estadísticamente significativa.

En relación al cuadro 13 se puede observar que los valores de pH en lixiviados producidos en basureros de otros países presentan gran variación, y otros estudios muestran que el pH puede variar desde valores muy ácidos (1.5) hasta valores sumamente alcalinos (Robinson, 1986; Bagchi, 1990; Pfeffer, 1992; Canter, *et al*, 1987; Villaroel, *et al*, 1985) y que conforme "envejece" el basurero los valores de pH se incrementan (Pfeffer, 1992; Robinson y Maris, 1985). En relación a la norma oficial mexicana se puede considerar que el pH de los lixiviados del enterramiento controlado sobrepasa los límites máximos permisibles para su descarga en el drenaje municipal.

Finalmente en la gráfica 1 se muestra el comportamiento estacional del pH a lo largo del tiempo y entre los 5 sitios de muestreo, en el que aparentemente no se observa gran diferencia entre los sitios y entre los muestreos, pero en las pruebas estadísticas se demuestra lo contrario.

## 2. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

La conductividad eléctrica refleja la concentración total de solutos iónicos presentes en una muestra y representa una medida de la capacidad de conducción de la corriente eléctrica entre 2 electrodos de platino, con una área superficial de 1 cm<sup>2</sup> separados a una distancia de 1 cm. En la literatura se reporta que el uso de conductímetros es satisfactorio para la determinación de la conductividad eléctrica. En los lixiviados recién generados, tanto las especies orgánicas e inorgánicas, contribuyen al incremento de la conductividad, y por tanto la medida de la conductividad depende del pH. En los lixiviados "viejos", los valores de conductividad eléctrica se atribuyen principalmente a iones Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y HCO<sup>3-</sup> y en menor grado a la presencia de ácidos fúlvicos, y por tanto la conductividad es menos dependiente del pH (Chian, *et al*, 1975).

En el cuadro 7 se observa que el valor de la media para la conductividad es 73.4263 mmhos/cm y que la variabilidad para este parámetro es del 21.0784 % (cuadro 8) la cual se considera una dispersión de los valores moderada. Con respecto al análisis de varianza (cuadro 9), este indica que sí existen diferencias significativas en los sitios de muestreo y en los meses de muestreo, lo cual se corrobora por la prueba del rango múltiple (apéndice 3). La causa de estos resultados puede deberse a la complejidad en la composición de la basura y a su falta de control en basurero.

En lo que respecta a la correlación con otros parámetros, se encontró que sí se relaciona con la cantidad de sólidos disueltos ( $p < 0.001$ ), de potasio disuelto ( $p < 0.05$ ), de sodio disuelto ( $p < 0.05$ ) y fierro disuelto ( $p < 0.000$ ), lo cual resulta lógico ya que todos estos parámetros constituyen parte del gran contenido catiónico presente en los lixiviados. En el cuadro 12 se observa que sólo se encuentra una correlación negativa con la cantidad de lluvia acumulada 14 días antes del muestreo, lo cual sugiere que a medida que la cantidad de agua aumenta, la concentración de iones en los lixiviados disminuye ( $p < 0.10$ ). Es decir, la cantidad de cationes y aniones inorgánicos se ven afectadas por la estación de lluvias, la cual ejerce un efecto de dilución en los lixiviados, por lo cual es posible esperar concentraciones más altas de estos materiales en las épocas secas del

año. Este fenómeno debe ser tomado en cuenta para el diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento con el fin de estimar las concentraciones de los lixiviados mediante el monitoreo de la conductividad eléctrica (Chu, *et al*, 1994).

Si se comparan los valores de conductividad obtenidos en este estudio con los reportados en la literatura (cuadro 13), se puede observar que siempre se encuentran por arriba de ellos, tanto de su valor inferior como del superior (Villarreal, *et al*, 1985; Bagchi, 1990; Robinson, 1986) e inclusive por arriba de la norma mexicana.

Por último se puede observar la variación estacional de la conductividad eléctrica en la gráfica 2, tanto en los sitios como en los meses de muestreo, y en donde los cambios a través del tiempo son más evidentes que para el pH.

### 3. MATERIA ORGANICA.

El contenido de materia orgánica se refiere al contenido de compuestos que contienen C, H y O, los cuales son oxidados hasta CO<sub>2</sub>. En los lixiviados se determinaron estableciendo la diferencia en peso entre el residuo total de la muestra de lixiviados (secada al horno a 100°C) y el residuo seco (mediante la incineración de la muestra en un horno a 550°C). En esta prueba puede interferir la volatilización de parte de la materia orgánica, la pérdida de agua ocluída y los gases calientes que inducen descomposición química (Chian, *et al*, 1975).

En los lixiviados del enterramiento controlado "Neza I", se encontró una media para materia orgánica de 21,184.1 mg/L (cuadro 7), con una variabilidad de 106.93 % que se considera como alta (cuadro 8), lo cual indica que las cargas de materia orgánica que reciben los lixiviados son muy variables debido a la entrada de nuevos materiales que se depositan diariamente en el basurero, y hay que recordar que en el D.F. el mayor % de desechos domiciliarios son desperdicios de comida. Muy probablemente la materia orgánica presente en estos lixiviados consista en sustancias hidroxiaromáticas de alto peso molecular como los ácidos húmico, fúlvico, tánico, gálico y pirogalol (los cuales son relativamente inertes a la degradación), ya que las muestras de lixiviados fueron obtenidas en un afloramiento de un basurero maduro (Chu, *et al*, 1994).

Con respecto a las pruebas estadísticas realizadas, el análisis de varianza (cuadro 9) indica que no existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo en cuanto al contenido de materia orgánica, pero sí las hay entre los meses de muestreo, lo cual sugiere que la cantidad de materia orgánica presente en el afloramiento de lixiviados es homogénea, lo cual no concuerda con la gran complejidad que presenta un sitio de disposición final de residuos sólidos, por lo que este resultado probablemente se deba a errores en la técnica de muestreo, en la preservación de la muestra, y/o en la realización de la prueba. Lo anterior se puede comprobar también con los resultados de la prueba de rango múltiple (apéndice 3).

En el cuadro 10 los resultados del análisis de correlación demuestran que sí existe relación con los sólidos disueltos y con el plomo disuelto. El primero se explica porque parte de los sólidos disueltos presentes en los lixiviados debe ser materia orgánica soluble que se lixivia a través de las capas de basura, el segundo puede deberse a que el metal se encuentre formando complejos con la materia orgánica soluble y por tanto al disolverse esta arrastre consigo al metal. En cuanto a la correlación con las lluvias, se encontró que sí existe relación con las lluvias acumuladas a los 3 y 7 días antes de realizarse el muestreo ( $p < 0.10$  y  $p < 0.01$  respectivamente).

Por lo que se refiere a otros estudios, en el cuadro 13 se puede observar este parámetro no fue determinado en los otros países y que tampoco existe un valor asignado por la norma oficial mexicana. Por tanto los resultados obtenidos se pueden considerar como superiores a la norma.

La gráfica 3 muestra la variación estacional de la materia orgánica y en los sitios de muestreo, y se deduce que en los meses más lluviosos la cantidad de materia orgánica disminuyó quizá por un efecto de dilución que ocasiona una disminución en la concentración de los constituyentes de los lixiviados tanto adsorbidos como solubles (Chu, *et al*, 1994), en este caso la materia orgánica. Algunos factores que pueden afectar los procesos de dilución son la densidad de los lixiviados y la estratigrafía de los desechos (Bagchi, 1990).

#### 4. SÓLIDOS DISUELTOS Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS.

En la determinación de residuos se incluye tanto a los sólidos totales como a los volátiles. Sin embargo puede agregarse otra clasificación entre sólidos disueltos y sólidos suspendidos, los

cuales se refieren a residuos filtrables o no filtrables a través de un medio como filtro de fibra de vidrio, membrana filtrante o papel filtro libre de libre de canizas. Desafortunadamente la determinación de estos parámetros no es muy precisa, puesto que se ve influida por diversos factores difíciles de controlar (en el caso de los sólidos suspendidos) ya que pueden interferir la naturaleza física del material en suspensión, el tamaño del poro del filtro, y el área y el espesor del medio filtrante (Chian, *et al*, 1975).

El cuadro 7 muestra los valores de la media encontrados para sólidos disueltos y suspendidos: 52,704.6 y 1,809.79 mg/L respectivamente. Los altos valores de sólidos disueltos presentes en los lixiviados se deben principalmente a la gran cantidad de sales que existen en la basura y que al paso del agua se lixivian, aún cuando las condiciones de pH (alcalinas) no favorecen la solubilización de algunos iones y sales (Pfeffer, 1992). El cantidad de sólidos suspendidos encontrada probablemente se debe a que muchos sólidos tienden a sedimentarse con el paso del tiempo, de ahí que se encuentren en menor concentración al momento del muestreo. No obstante, la turbidez que presentan las muestras de lixiviados se debe a la presencia de sólidos suspendidos como sulfuros (Murray, *et al*, 1981). El cuadro 8 muestra que la dispersión de los valores de los sólidos disueltos y sólidos suspendidos es alta (32.733 y 74.42 % respectivamente), lo cual se explica por las mismas razones que en los parámetros anteriores.

En cuanto al análisis de varianza (cuadro 9) indica que existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo y entre los meses de muestreo, y la prueba de rango múltiple lo corrobora prácticamente entre todos los sitios y todos los meses de muestreo (apéndice 3). Es importante señalar que las más altas concentraciones de sólidos disueltos se encontraron en los meses de secas a diferencia de los sólidos suspendidos cuyas concentraciones elevadas se obtuvieron en los meses lluviosos. Esto se debe a que el material disuelto se concentra por la evaporación del agua del afloramiento, mientras que los segundos se encuentran adsorbidos o solubles en la basura y son lavados por el agua de lluvia, lo cual concuerda con lo reportado por Chu y colaboradores (1994).

El análisis de correlación (cuadro 10) de los sólidos disueltos y los suspendidos con los otros parámetros indica que: para los primeros sí existe relación con la conductividad eléctrica ( $p < 0.001$ ), la materia orgánica ( $p < 0.10$ ), el potasio disuelto ( $p < 0.05$ ), con el sodio disuelto ( $p < 0.01$ ), con el

hierro disuelto ( $p < 0.01$ ), con el plomo disuelto ( $p < 0.001$ ) y con el zinc disuelto ( $p < 0.000$ ), que se explica si se considera la presencia de materia orgánica soluble, en la que dichos elementos se presentan en forma de sales en la basura y en solución se disocian en sus iones reflejándose asimismo en la conductividad como medida de la concentración de iones. Y los segundos sólo tienen relación con la materia orgánica ( $p < 0.10$ ), y con el hierro, plomo y zinc disueltos ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.000$  y  $p < 0.01$  respectivamente), lo cual puede deberse a que en el momento del muestreo tanto las partículas de materia orgánica como las sales de estos metales pesados aún no precipitaban en los lixiviados a pesar del pH alto (alcalino).

Con respecto a la correlación entre los sólidos disueltos y los suspendidos con las lluvias acumuladas (cuadro 12), sólo existe relación entre los disueltos y la lluvia acumulada en los 3 días previos al muestreo ( $p < 0.05$ ). Esto sugiere que la mayoría de los sólidos disueltos que se lixivian de la basura, lo hacen inmediatamente al contacto con el agua de lluvia y que conforme transcurre el tiempo aunque aumenta el volumen de agua acumulada debido a la composición de la basura y a las condiciones del medio, los metales disueltos, por ejemplo, pueden acomplejarse con la materia orgánica y no disolverse, o bien las sales de algunos metales pueden precipitarse por efecto del pH.

En el cuadro 13 se muestra el intervalo de concentración de los sólidos disueltos y los sólidos suspendidos encontrados en los lixiviados así como los reportados en otras investigaciones, y se puede observar que los valores para ambos parámetros sobrepasan con mucho lo reportado en estas y otras fuentes consultadas (Villarroel, *et al*, 1985; Pfeffer, 1992; Robinson, 1986; Robinson y Maris, 1985). En el caso de la norma, esta no reporta ningún valor máximo permisible.

En las gráficas 4 y 5 se puede observar el comportamiento a lo largo del año de los sólidos disueltos y los suspendidos, así como entre los sitios de muestreo, en las que se evidencia la variación de dichos factores que los análisis estadísticos ya habían indicado. También se hace evidente que la mayor cantidad de sólidos presentes en los lixiviados son los disueltos.

## 5. POTASIO DISUELTO Y TOTAL

El potasio es uno de los contaminantes que se encuentra presente en los lixiviados en mayor concentración, sobre todo en los de generación reciente (Chian, *et al*, 1975). Tal vez porque abundante en la naturaleza, y se encuentra en minerales como polihalita, silvita y carnalita, las fuentes del potasio en la basura son los residuos de fertilizantes, de fotografías, de los análisis por espectroscopia, de los laboratorio farmacéuticos y de diagnóstico, y los aditivos alimenticios. El sulfato de potasio es usado en la manufactura del vidrio. En el hombre a altas concentraciones causa envenenamiento que provoca trastornos cardíacos y eventualmente puede afectar la presión sanguínea (Carson, *et al*, 1991).

El más rápido y sensible método de determinación es la Fotoflamometría o Espectroscopia de Emisión de Flama, para el potasio se realiza a una longitud de onda de 766.5 nm, en la cual la muestra es aspirada dentro de la flama del gas y la excitación de los átomos del metal es medida cuidadosamente cuantificando la intensidad de luz absorbida por la muestra mediante un fotómetro. Dentro de las interferencias que pueden presentarse para la determinación se encuentra la materia particulada, la cual debe ser removida por filtración de la muestra con un papel filtro de tamaño medio de poro. También algunos aniones comunes causan interferencias como los fosfatos, cloruros, sulfatos y bicarbonatos, pero en concentraciones muy altas. Otro factor es la temperatura que alcance la flama puesto que a menor temperatura se reduce la ionización del átomo (Chian, *et al*, 1975).

En el cuadro 7 se presenta el valor de la media encontrado para potasio disuelto (3,805.4 mg/L) y para potasio total (6,816.45 mg/L), y la variabilidad para ambos es de 50.9661 y 30.2988 % respectivamente (cuadro 8) la cual es alta para ambos. Esta variación puede deberse a las razones ya mencionadas anteriormente para otros parámetros. El análisis de varianza (cuadro 9) indica que sí existen diferencias significativas en los sitios y meses de muestreo para potasio disuelto, pero para potasio total no se presentan diferencias en los sitios de muestreo y sí en los meses. Esto último definitivamente es incongruente con los datos obtenidos de potasio disuelto ya que la concentración de éste es parte del potasio total presente; esto probablemente se deba a un muestreo mal realizado, a una mala conservación de la muestra o a deficiencias en la propia determinación. En el apéndice 3, sin embargo, la prueba de rango múltiple apoya los resultados



para potasio disuelto en el sentido de que la concentración de potasio disuelto en casi todos los sitios y en todos los muestreos es diferente. Y para potasio total la concentración en todos los sitios es similar y en casi todos los muestreos es diferente.

Con respecto a la matriz de correlación (cuadro 10) para potasio disuelto se encontró que se encuentra relacionado con la conductividad eléctrica ( $p < 0.05$ ), con los sólidos disueltos ( $p < 0.05$ ), con el sodio disuelto ( $p < 0.000$ ) y con el hierro disuelto ( $p < 0.05$ ). Para potasio total (cuadro 11) se determinó que tiene relación con el sodio total ( $p < 0.000$ ) y con el hierro total ( $p < 0.0149$ ). Cabe aclarar en este punto de la discusión que los metales totales no fueron correlacionados con los metales disueltos, ni con pH, conductividad eléctrica, materia orgánica o algún tipo de sólido ya que sólo se determinaron en los últimos 4 muestreos puesto que la técnica de análisis todavía no se estandarizaba. En el cuadro de correlación (No. 12) entre la cantidad de lluvia acumulada días antes de los muestreos y el potasio disuelto y el total se encontró que para todas las lluvias existe correlación aunque con diferentes niveles de significancia, lo cual nos sugiere que la concentración de este elemento se ve influenciada por la alta solubilidad de sus sales en agua.

En el cuadro comparativo entre los valores obtenidos en este trabajo y los reportados por esos y otros autores (Pfeffer, 1992; Bagchi, 1990; Robinson, 1986; Robinson y Maris, 1985) se observa que para potasio disuelto los valores son superiores y en cuanto a la norma oficial mexicana ésta no reporta ningún valor; para potasio total no se reportan otros valores para comparación. Es importante recalcar que el K puede ser un indicador de contaminación por lixiviados (Albaiges, *et al*, 1986).

Las gráficas 6 y 7 muestran la variación estacional del potasio disuelto y del total respectivamente. En ellas se observa principalmente que a lo largo de los meses de muestreo, las concentraciones de potasio se ven modificadas, quizá debido a mecanismos de atenuación como la precipitación, en la cual a macroconcentraciones las especies químicas cristalizan y se depositan en la solución ya que su concentración excede su límite de solubilidad. Este puede depender de otros factores como son: la temperatura, el pH, y la concentración de otras sustancias disueltas (Bagchi, 1992).

## 6. SODIO DISUELTO Y TOTAL.

Junto con el potasio, el sodio es el otro contaminante que se encuentra presente en los lixiviados a grandes concentraciones, sobre todo en los generados recientemente (Chian, *et al*, 1975). El carbonato de sodio es uno de los compuestos de este metal más comunes en la naturaleza así como la sal común (NaCl). Los compuestos de sodio son ampliamente usados en la industria y es posible encontrarlos en los residuos de la elaboración de detergentes, vidrios, del blanqueado de papel y textiles, como agente químico en el tratamiento de aguas, y en los restos de lámparas de sodio y celdas fotoeléctricas. También se encuentra en los sobrantes de soluciones limpiadoras caseras, de panaderías, de bebidas y en los antiácidos. Se puede presentar en el hombre toxicidad por este ión monovalente cuando alguno de sus compuestos presente pH muy alto (alcalino), conjuntamente con corrosión de las membranas mucosas y de la piel. La ingestión de altas dosis de NaCl pueden provocar náuseas y vómito; en el sistema nervioso central los efectos pueden ser convulsiones o espasmos. La temperatura en el cuerpo puede elevarse y puede presentar dificultad para respirar. Muchos estudios confirman que la exposición a altas concentraciones de sodio es responsable de la hipertensión en el hombre (Carson, *et al*, 1991).

Su determinación es semejante a la del potasio, con un Fotoflamómetro, pero la lectura se realiza a una longitud de onda de 589 nm. Las interferencias que pueden presentarse en las lecturas de sodio son las mismas que las de potasio. Cuando las determinaciones de sodio y potasio se realizan por Espectroscopía de Absorción Atómica, es conveniente adicionar a la muestra una sal de Cesio para suprimir la ionización de otros elementos (Chian, *et al*, 1975).

La media encontrada para sodio disuelto y sodio total (cuadro 7) es de 16,763.4 y 22048.6 mg/L respectivamente, lo cual indica que una relativamente pequeña cantidad de sodio se encuentra asociada a la materia orgánica de los lixiviados. La variabilidad es alta tanto para el metal disuelto y como para el metal total, y es de 50.96612 y 29.6232 % respectivamente (cuadro 8). Los análisis estadísticos (cuadro 9) muestran que en el caso del sodio disuelto sí existen diferencias significativas tanto para los sitios como para los meses de muestreo, y la prueba de rango múltiple demuestra que en casi todos los sitios y los muestreos son diferentes; sin embargo para sodio total se encontró que los sitios de muestreo no presentan diferencias significativas y los muestreos sí, lo cual no concuerda con lo encontrado para sodio disuelto, ya que éste es parte de la concentración

total de sodio en los lixiviados, por lo que se puede considerar el resultado como erróneo pudiendo deberse a una mala toma de muestra, deficiente preservación o a la realización incorrecta de la propia determinación.

En el cuadro 10 se puede observar la matriz de correlación del sodio disuelto con respecto a los otros parámetros, el cual indica que se encuentra relacionado con la conductividad eléctrica ( $p < 0.01$ ), los sólidos disueltos ( $p < 0.01$ ), el potasio disuelto ( $p < 0.000$ ), el cadmio disuelto, el fierro disuelto y el plomo disuelto con niveles de significancia de 0.01 para los 2 primeros y de 0.05 para el último. Anteriormente ya se ha hecho mención acerca de la influencia del sodio sobre la conductividad y la cantidad de sólidos disueltos presentes, ya que es uno de los iones monovalentes más comunes y abundantes en la basura y dado que todas sus sales son solubles en agua, se solubilizan en gran cantidad reflejándose este fenómeno en un aumento de dichos parámetros. Como ya se explicó sólo se determinaron las concentraciones de sodio total en los últimos cuatro muestreos por lo cual no se le puede correlacionar con los parámetros del cuadro 10 pero sí con el resto de los metales totales (cuadro 11), donde se encontró que sí existe correlación con el potasio total ( $p < 0.000$ ), con el fierro total ( $p < 0.01$ ) y con el plomo total ( $p < 0.01$ ), lo cual resulta congruente con lo encontrado para sodio disuelto.

Con respecto a la correlación entre la cantidad de lluvia acumulada y el sodio el cuadro 12 indica que para sodio disuelto existe relación con la lluvia acumulada a los 14 días antes del muestreo ( $p < 0.10$ ), hecho que sugiere que los residuos necesitan estar en contacto con el agua un tiempo más prolongado para solubilizar algunos compuestos de sodio; mientras que para sodio total esto no es tan importante puesto que el sodio asociado a la materia orgánica es lixiviado con la lluvia junto con esta una vez entra en contacto con el agua ( $p < 0.10$ ).

En el cuadro 13 se puede observar que la norma no regula la cantidad de sodio disuelto o total a descargar al drenaje puesto que no reporta ningún valor, y que los valores encontrados en este estudio se encuentran por arriba de los reportados en otros lugares u otros autores (Canter, *et al*, 1987; Pfeffer, 1992; Robinson, 1986; Bagchi, 1990). También se observa que conforme transcurre el tiempo la concentración de sodio disuelto se incrementa (Robinson y Maris, 1985).

Finalmente en las gráficas 8 y 9 se observa la variación estacional del sodio disuelto y total de los lixiviados, en el cual se presenta un decremento en la concentración debido probablemente a un efecto de dilución de los lixiviados ya que dichas disminuciones coinciden con los meses con mayor precipitación (Julio y Octubre de 1988) o bien por un mecanismo de intercambio iónico, aunque este proceso solo puede esperarse al atravesar el metal las capas del suelo del basurero.

## 7. METALES PESADOS.

Los metales traza en sentido geológico son la principal fuente de los problemas de toxicidad debidos a los metales, puesto que la mayoría de los organismos no se adaptan a ellos cuando se encuentran localmente en el ambiente a altas concentraciones. En términos geológicos, los elementos traza se definen como los que se encuentran a una concentración de 1,000 mg/L o inferior en la corteza de la tierra; y sólo 12 elementos se incluyen en esta clasificación: O<sub>2</sub>, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, H<sub>2</sub>, P y Mn. Los metales traza pueden dividirse en "pesados" (con densidades superiores a 5 g/cm<sup>3</sup>), y "ligeros" (con densidades inferiores a 5 g/cm<sup>3</sup>). Los niveles excesivos de metales traza pueden producirse de modo natural por fenómenos geológicos normales, sin embargo, los seres humanos liberan más metales quemando combustibles fósiles, extrayendo minerales, descargando residuos industriales, agrícolas y domésticos, o mediante la aplicación de fertilizantes y plaguicidas. Una vez que están disponibles en el ambiente, los metales no cambian de lugar con rapidez ni experimentan desintoxicación rápida a través de actividades metabólicas, por lo que se acumulan y su paso al ambiente debe ser controlado cuidadosamente (Duffus, 1983).

La agencia de protección ambiental de los EE.UU. ha definido como peligrosos a algunos metales, lo cual significa que son peligros potenciales y que deben mantenerse bajo control, estos son: Be, Ba, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, V y Sn. Todos a excepción del Mn son metales traza, y todos excepto el Be y el Ba son metales pesados (Duffus, 1983).

Debido a que los métodos colorimétricos presentan una serie de interferencias importantes, se utiliza la Espectroscopia de Absorción Atómica para la determinación de metales pesados. Algunas interferencias son la presencia de otros iones en la solución y una gran cantidad de sólidos disueltos, las cuales pueden corregirse si se agrega a la muestra un agente químico como el Cs.

Las interferencias espectrales pueden reducirse si se ajusta con cuidado el ancho de la banda espectral a la cual va a ser leído el metal en el espectrofotómetro con el fin de evitar que otro elemento sea determinado cuya banda de absorción se encuentre muy cercana al elemento de interés (Chian, *et al*, 1975).

### 7.1. Cadmio disuelto y total.

El cadmio se encuentra normalmente en el suelo y en el agua en bajas concentraciones, y se extrae a partir de minerales de zinc o del sulfuro de cadmio. El cadmio se usa como agente antifricción, como antioxidante y en aleaciones, de ahí que los residuos de estos procesos industriales lo contengan. También puede encontrarse en restos de semiconductores, de baterías y en desperdicios de la elaboración del PVC. En el ambiente, el Cd es peligroso porque muchas plantas y algunos animales lo absorben eficazmente y lo concentran en sus tejidos (Duffus, 1983). Dosis pequeñas pueden causar vómitos, diarrea y colitis en el hombre (Carson, *et al*, 1991).

En el primer cuadro de resultados (No. 7) se observa que la media para cadmio disuelto y total es de 0.257293 y 1.39287 mg/L respectivamente, lo cual es congruente ya que la cantidad del metal total siempre es superior al disuelto ya que éste representa sólo una parte del total. Es importante señalar que el cadmio, junto con el fierro, níquel y zinc, representan los constituyentes mayores de los metales pesados en los lixiviados (Pohland y Gould, 1986), y que si se considera que la producción de lixiviados en el basurero se encuentra en una fase estable no se esperaran concentraciones muy altas para este metal, puesto que el pH alcalino disminuye la solubilidad de este metal. La dispersión de los datos (cuadro 8) se considera alta para ambos situándose en 35.4267 y 37.7307 % respectivamente.

El análisis de varianza (cuadro 9) efectuado indica que para el cadmio disuelto, los sitios de muestreo no presentan diferencias significativas, pero para los muestreos sí. En cambio para el cadmio total tanto los sitios como los meses de muestreo presentan diferencias significativas. El primer resultado puede deberse a que la cantidad de cadmio disuelto se mantiene relativamente homogénea entre los sitios de muestreo, pero el contenido total de cadmio no es homogéneo debido a la presencia de una gran cantidad del metal acomplejada o adsorbida en la materia orgánica. La prueba de rango múltiple (apéndice 3) indica que para cadmio disuelto casi todos los

sitios son similares entre sí, y que todos los meses de muestreo son diferentes, lo mismo que en los sitios y muestreos para cadmio total.

El análisis de correlación para cadmio disuelto (cuadro 10) muestra que tiene relación con el sodio disuelto, el plomo disuelto y el zinc disuelto (todos con una  $p < 0.01$ ), esto se explica ya que la toxicidad del cadmio disminuye en presencia de otros iones metálicos, mientras que para cadmio total se observa que no guarda relación con ningún otro debido probablemente a que la mayoría de las partículas de cadmio se encuentran adsorbidas en la materia orgánica y no en solución y por tanto no pueden interactuar con otros iones ni se encuentran disponibles para provocar un efecto tóxico en algún ser vivo. Un posible componente de la materia orgánica que probablemente se encuentre influyendo sobre las concentraciones de cadmio, podrían ser los hidroxilos aromáticos los cuales se han reportado que guardan una correlación con este metal, y que dicha correlación parece depender de la cantidad de cadmio presente en los lixiviados (Pohland y Gould, 1986).

En cuanto a las lluvias acumuladas (cuadro 13), este metal tanto disuelto como total sí presenta relación con todas las lluvias acumuladas antes del muestreo que se consideraron en este trabajo. Para cadmio disuelto los niveles de significancia para las 4 lluvias fueron de 0.01, 0.000, 0.01 y 0.000 respectivamente, y para cadmio total los niveles fueron de 0.10, 0.10, 0.05 y 0.05. Esto sugiere que la presencia del metal en los líquidos percolados está directamente relacionado con el fenómeno de la lixiviación de las capas de basura. Sin embargo la elevada movilidad de este metal también puede deberse a una elevada correlación positiva que se presenta entre el metal y sustancias como hidroxilos aromáticos (Pohland y Gould, 1986).

Con respecto a la comparación con los valores reportados en otros lugares, se encontró que son superiores tanto para el metal disuelto como para el total (Robinson, 1986; Bagchi, 1990) y que se incrementan a lo largo del tiempo (Pfeffer, 1992; Robinson y Maris, 1985).

En las gráficas 10 y 11 se observa el comportamiento estacional de este metal en los lixiviados, y las disminuciones en la concentración del metal pueden deberse a mecanismos de atenuación como la precipitación ocasionada por las altas concentraciones de este metal presentes y los valores de pH altos.

## 7.2. Cobre disuelto y total.

Es uno de los metales traza más abundantes y para la mayoría de los organismos es un micronutriente esencial. Se le encuentra en forma de sulfuros y óxidos como la calcopirita, la cuprita, la malaquita, la azurita, etc. Puede encontrarse en concentraciones muy altas en el agua, los sedimentos y en algunas zonas como resultado de las actividades mineras o de la aplicación de pesticidas, especialmente algicidas, insecticidas y fungicidas de cobre. También se le encuentra en residuos de pigmentos para pinturas y cerámicas, de dispositivos eléctricos, y otros (Carson, *et al*, 1991). La mayoría de sus efectos tóxicos se deben a la exposición inmediata al elemento. Todos los organismos experimentan daños debido a concentraciones excesivas de este metal. La mayoría de los peces mueren debido a dosis muy bajas en mg/L. En los animales superiores los daños cerebrales son un rasgo característico del envenenamiento con cobre (Duffus, 1983). En el hombre puede causar náusea, vómito y diarrea, úlceras y daño en el tracto intestinal con supresión de la orina; en casos fatales se ha reportado hipertensión, estado de shock y coma. En algunos casos se ha visto que provoca anemia hemolítica. En el tracto respiratorio causa irritación en las mucosas; también puede ocasionar dermatitis y procesos alérgicos (Carson, *et al*, 1991).

La media encontrada para los valores de cobre disuelto y total (cuadro 7) fue de 1.88 y 2.65 respectivamente, los que son congruentes con la consideración de que la concentración del metal total siempre es superior a la del disuelto. En el cuadro 8 se presentan los coeficientes de variación para el cobre disuelto y total, los cuales son 130.19 y 77.36 %, esto sugiere que existe una gran diversidad de fuentes de cobre en la basura y en gran cantidad, puesto que la variabilidad es excesivamente alta.

El siguiente cuadro (No. 9) muestra que tanto para el cobre disuelto como para el total, entre los sitios y entre los meses de muestreo existen diferencias significativas, lo que se comprueba con la prueba de rango múltiple (apéndice 3).

La matriz de correlación para el cobre disuelto indica que no se presenta ninguna relación con otros parámetros. El cuadro 12 sólo muestra que el cobre total se encuentra relacionado con la lluvia acumulada 7 días antes del muestreo; dado el comportamiento que sigue este metal este dato probablemente sea un error por razones ya mencionadas en otros parámetros.

Con respecto a los valores reportados en la literatura y los determinados en este estudio, se encontró que la concentración de cobre disuelto se encuentra dentro de los valores reportados, pero en cuanto al cobre total, se encuentra por debajo de lo reportado en la cuadro de resultados, pero puede superar los valores obtenidos por otros autores (Villarreal, *et al.*, 1985; Canter, *et al.*, 1987; Robinson, 1986; Pfeffer, 1992; Bagchi, 1990). No obstante, los resultados para este metal se encuentran por abajo de la norma mexicana.

Las gráficas 12 y 13 muestran el comportamiento del metal a lo largo de los meses de muestreo, y se observa que existe una disminución en la concentración tanto del cobre disuelto como total. Esto puede deberse a la precipitación química del metal puesto que el ambiente presenta condiciones alcalinas de pH, lo cual favorece este mecanismo de atenuación, o bien las altas cantidades de materia orgánica presentes pueden inducir la remoción del cobre por intercambio catiónico.

### 7.3. Hierro disuelto y total.

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre. Su principal uso consiste en el hierro estructural y en el acero, pero también se usa para la elaboración de tintes y abrasivos. Es un micronutriente esencial en cantidades traza para la mayoría de los organismos. Muchos cuerpos de agua están contaminados por altos niveles de hierro resultantes del drenaje de las minas, además de provocar la acidez del agua afectada por este elemento contiene niveles deficientes de oxígeno, razón por la cual es una de las principales causas de muerte de peces (Duffus, 1983). En el hombre puede presentarse toxicidad aguda con los siguientes síntomas: vómito, letargia y cianosis, después aparecen signos de neumonía, y convulsiones hasta llegar al estado de coma. Ocasionalmente también puede presentarse irritación intestinal y sus secuelas, como hemorragias y deshidratación. Ante exposiciones crónicas o excesivas puede presentarse una hemosiderosis o hemocromatosis, posiblemente acompañada de fibrosis y de desórdenes cardíacos (Carson, *et al.*, 1991).

La media encontrada para hierro disuelto es de 8.31 mg/L y para hierro total de 52.95 mg/L lo cual se puede considerar congruente con los resultados obtenidos. Estas concentraciones de Fe van a



influir en el color de los lixiviados, que pueden variar desde un amarillo pálido hasta un café oscuro (Chu, *et al*, 1994) como es el caso de los lixiviados del basurero "Neza I". Dicho color puede atribuirse a la oxidación del ión ferroso ( $Fe^{+2}$ ) al ión férrico ( $Fe^{+3}$ ), incluso la formación de complejos entre compuestos fúlvicos y coloides de hidróxidos férricos pueden contribuir al oscurecimiento del color de los lixiviados e incrementar la cantidad de sólidos suspendidos y por ende la turbidez cuando los lixiviados son expuestos al ambiente (Chu, *et al*, 1994). Debido a las condiciones alcalinas de los lixiviados es probable que el fierro precipite en forma de hidróxido o sulfuro dependiendo de la especie química presente (Pohland y Gould, 1986). La variabilidad es alta de 35.09 % para fierro disuelto y de 91.05 % para fierro total (cuadro 8).

El cuadro 9 muestra que tanto entre los sitios de muestreo como entre los meses se presentan diferencias significativas tanto en fierro disuelto como en fierro total, lo cual indica que la variable tiempo sí está influyendo en los valores obtenidos para este parámetro, este hecho se corrobora con la prueba de rango múltiple realizada (apéndice 3) que indica que todos los muestreos son diferentes entre sí lo mismo que los sitios. Con respecto a la correlación del fierro disuelto con otros parámetros, en el cuadro 10 se muestra que sí existe relación con la conductividad eléctrica ( $p < 0.000$ ), los sólidos disueltos ( $p < 0.01$ ), los sólidos suspendidos ( $p < 0.05$ ) y algunos otros, que se explican por causas ya mencionadas. También presentan correlación el fierro total con el potasio total ( $p < 0.05$ ) y el sodio total ( $p < 0.01$ ).

Según la matriz de correlación de los diferentes parámetros y las lluvias acumuladas, ni el fierro disuelto ni el total se relacionan con la lluvia, esto puede deberse a otros factores que influyen sobre la concentración de fierro en los lixiviados, por ejemplo, la precipitación de los compuestos de fierro a causa de altos valores de pH, o el efecto del metabolismo microbiano sobre la concentración del metal. No obstante es significativo que la abundancia y prevalencia de este metal se mantenga a altas concentraciones a lo largo del período de muestreo, y es probable que la elevada movilidad de este metal se encuentre relacionada con otros constituyentes de los lixiviados como alguna sustancia húmica (Pohland y Gould, 1986), una de ellas pueden ser los hidroxilos aromáticos (por ejemplo el ácido tánico) los cuales pueden reducir la toxicidad del metal e incrementar la movilidad del mismo para la formación de complejos.

La comparación entre los valores obtenidos aquí y los reportados en la literatura muestran que las concentraciones se encuentran muy por arriba de ellos, pero también pueden encontrarse por

abajo de las reportadas en otras investigaciones (Pfeffer, 1992; Robinson, 1986; Canter, *et al*, 1991; Villarroel, *et al*, 1985; Robinson y Maris, 1985). La norma mexicana no reporta ningún valor para este metal.

Las gráficas 14 y 15 muestran la variación estacional del fierro disuelto y el total y en los sitios de muestreo. Se observa que se presenta un aumento en ambos niveles del metal quizá producido por cambios químicos en el medio que favorezcan la solubilización del fierro en ciertas condiciones, o su adsorción o acomplejamiento en la materia orgánica.

#### 7.4. Plomo disuelto y total.

El plomo está ampliamente distribuido en la naturaleza, en minerales como la galena, la anglesita y la cerusita. Pero este metal se constituye en riesgo para el hombre por las emisiones arrojadas al ambiente asociadas al uso del metal y de sus derivados. Los humos y polvos proceden de la fundición del plomo, de la fabricación de insecticidas, pinturas, vidrio y baterías de almacenamiento, y de las gasolinas con aditivos de plomo. Los lodos del drenaje también pueden contener niveles muy altos de plomo así como se pueden encontrar en la intensidad del tráfico urbano. También se le encuentra en pigmentos inorgánicos (Carson, *et al*, 1991). El plomo afecta a los microorganismos retardando la degradación de la materia orgánica. En las plantas tiende a acumularse en el sistema radicular. Los animales también pueden absorber plomo por inhalación o ingestión (Duffus, 1983). Los efectos que puede tener el plomo en el hombre son fatiga, dificultad para dormir, cólico, anemia y neuritis. La exposición crónica a este elemento causa pérdida del apetito, constipación, anemia, insomnio, irritabilidad nerviosa, dolor de cabeza, etc. (Carson, *et al*, 1991).

En el cuadro 7 se puede observar las medias obtenidas para los valores de plomo disuelto y total en los lixiviados, que fueron de 1.43472 y 5.81163 mg/L respectivamente, los cuales se comportan según lo esperado. El cuadro siguiente (No. 8) muestra la dispersión de los datos con coeficientes de variación de 31.1391 y 49.5264 % para plomo disuelto y total, por tanto la variabilidad se considera alta.

Dentro de los análisis estadísticos realizados, el cuadro 9 indica que entre los sitios y entre los meses de muestreo sí existen diferencias significativas tanto para plomo disuelto como para plomo total. La matriz de correlación para plomo disuelto (cuadro 10) muestra que se encuentra relacionado con los sólidos disueltos ( $p < 0.001$ ) y con los sólidos suspendidos ( $p < 0.000$ ) ya que probablemente se encuentran una gran cantidad de iones plomo en solución y adsorbidos en el material particulado de los residuos; también con la materia orgánica ( $p < 0.001$ ) puesto que la solubilización de compuestos de plomo presentes en la basura que se deposita, puede presentarse en la fase acetogénica de la descomposición de la basura por efecto de la disminución del pH; y finalmente con el cadmio, sodio y zinc disueltos ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  y  $p < 0.000$  respectivamente). Por su parte el plomo total se relaciona con el potasio, sodio, cobre y fierro totales a diferentes niveles de significancia (cuadro 11).

El análisis de correlación entre el plomo y las lluvias muestra que no existe ninguna relación entre la lluvia acumulada ni el metal disuelto o total, por lo cual se deduce que la presencia del plomo en los lixiviados no se debe solo a su lixiviación por la precipitación pluvial, sino que pueden estar influyendo otros factores como mecanismos de adsorción, intercambio catiónico y/o precipitación química.

Comparando los valores de plomo de los lixiviados del basurero "Neza I", con los reportados en la literatura se puede observar en el cuadro 13 que se encuentran por arriba de éstos, y otros autores también reportan concentraciones de plomo por abajo de los que se obtuvieron (Pfeffer, 1992; Robinson, 1986; Canter, *et al*, 1987; Robinson y Maris, 1985). La norma oficial mexicana establece un límite máximo permisible de 1.0 mg/L, por lo cual los valores de plomo disuelto y total de este estudio se encuentran arriba de la norma.

Las gráficas 16 y 17 ilustran el comportamiento del metal disuelto y total a lo largo del periodo de muestreo. Se observa una disminución de ambos parámetros, la cual puede explicarse por mecanismos de atenuación mencionados en el párrafo anterior.

## 7.5. Zinc disuelto y total.

El zinc es un elemento presente en la corteza terrestre, dentro del intervalo de 5 a 200 mg/L. Se encuentra en los minerales esfalerita y smithsonita. Los principales usos del zinc son como protector del hierro y el acero, como componente en baterías secas, como material de construcción y constituyente en procesos de impresión. Se estima que las contribuciones antropogénicas de zinc atmosférico son: la producción de zinc 32 %, combustión de la madera 24 %, incineración de residuos 12 % y la producción del hierro y acero 11 %. En el hombre las sales de zinc son corrosivas para la piel y el tracto intestinal, y pueden ocasionar vómito. También se han reportado que pueden causar enfisema pulmonar severo, y daños en el miocardio (Carson, *et al*, 1991).

Los valores obtenidos para zinc disuelto y total se muestran en el cuadro 7, en donde la media para cada uno es de 0.963397 y 1.82803 mg/L respectivamente. Como los otros parámetros la variabilidad de los datos es alta (61.0455 y 63.078 %).

Los resultados del análisis de varianza efectuado para los sitios y los meses de muestreo (cuadro 9) indican que para ambos niveles de zinc, entre los sitios y entre los muestreos se presentan diferencias significativas. El cuadro 10 muestra que los parámetros que se encuentran relacionados con el zinc disuelto son los sólidos disueltos ( $p < 0.000$ ), sólidos suspendidos ( $p < 0.05$ ), materia orgánica ( $p < 0.01$ ), cadmio disuelto ( $p < 0.01$ ), y plomo disuelto ( $p < 0.000$ ), algunos de los cuales se explican como en los metales ya discutidos. Sin embargo, el zinc total no se relaciona con ningún parámetro, lo que puede deberse sobre todo a errores al momento de realizar la determinación.

En relación a las lluvias acumuladas, puede observarse en el cuadro 12 que tampoco existe correlación entre este parámetro y aquellas, y por tanto la presencia de zinc en los lixiviados no sólo se debe a la percolación del agua de lluvia a través de las capas de basura, sino que otros factores están influyendo como son mecanismos de adsorción, de intercambio catiónico y de precipitación química. Pohland y Gould (1986) encontraron que parece existir una fuerte correlación entre los hidroxilos aromáticos y las concentraciones de zinc disuelto en lixiviados, de ahí que dichas sustancias jueguen un papel muy importante puesto que podrían determinar las solubilidades del zinc mediante la formación de complejos con este metal, y que la magnitud e importancia de este proceso podrían estar en función de una competición con otros agentes acomplejantes, por ejemplo algunos sulfuros.

El cuadro 13 muestra que comparados con los reportados por otros autores, los valores obtenidos pueden encontrarse por arriba o por abajo de los niveles reportados (Pfeffer, 1992; Robinson, 1986; Bagchi, 1990; Canter, *et al.*, 1987). Asimismo la norma mexicana asigna valores máximos permisibles para zinc total de 6 mg/L, en cuyo caso tanto los resultados obtenidos para zinc disuelto y zinc total en los lixiviados se encuentran por dentro de la norma.

Las gráficas 18 y 19 muestran la variación estacional del zinc disuelto y total respectivamente a lo largo del periodo de muestreo, y para ambos casos puede observarse que se presenta una disminución del contenido de zinc. Esto puede explicarse considerando los mecanismos de atenuación ya mencionados.

## VIII.- CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Durante el presente estudio se analizó la composición física y química de líquidos percolados (lixiviados) producidos en el enterramiento controlado "Neza I" durante un periodo de un año (de enero de 1988 a enero de 1989). Las conclusiones que se obtuvieron del mismo son las siguientes:

1. Los lixiviados presentan un pH alcalino, entre 8.98 y 9.12, por lo cual se puede considerar que provienen de las fases más estabilizadas de la basura.

2. Los principales contaminantes presentes en los lixiviados son: los sólidos disueltos y suspendidos, la materia orgánica, el potasio disuelto y total, el sodio disuelto y total, y el plomo disuelto y total, ya que se encuentran a niveles de concentración muy elevados puesto que sobrepasan los límites máximos permisibles para ellos según la norma oficial mexicana para la descarga de aguas residuales municipales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal (NOM-CCA-031-ECOL/93).

3. La dispersión de los datos es variable y con base en los coeficientes de variación obtenidos la variabilidad de los diferentes constituyentes de los lixiviados puede clasificarse de la siguiente manera:

a) Variabilidad baja (<10%): el pH.

b) Variabilidad moderada (10-20%): ninguno.

c) Variabilidad alta (>20%): el resto de los parámetros con el siguiente orden, conductividad eléctrica < sodio total < potasio total < plomo disuelto < sólidos disueltos < sodio disuelto < fierro disuelto < cadmio disuelto < cadmio total < plomo total < potasio disuelto < zinc disuelto < zinc total < sólidos suspendidos < cobre total < fierro total < materia orgánica < cobre disuelto.

3. Los análisis estadísticos como el Análisis de Varianza y la Prueba del Rango Múltiple demuestran que se presentan variaciones estacionales, ya que en la mayoría de los parámetros se encontraron diferencias con respecto a los meses de muestreo, e incluso se encontraron diferencias entre los sitios de muestreo. Dichas diferencias fueron estadísticamente significativas. Esto se explica ya que se espera que durante los meses secos del año se genere un lixiviado

concentrado por el efecto de una evaporación incrementada (altas temperaturas en el ambiente), mientras que en época de lluvias por efecto de la precipitación aumenta la percolación del agua en los residuos y se genere un lixiviado más diluido.

5. Los análisis estadísticos de correlación entre los diferentes parámetros indican que algunos sí se encuentran relacionados unos con otros, sin embargo, la mayor o menor concentración presente en las lixivados de algún contaminante no se debe exclusivamente a algún parámetro sino que se ven influenciados por otra serie de factores como son la composición de la basura, la edad del basurero, el clima y algunos mecanismos de atenuación como pueden ser la dilución, la precipitación química, la adsorción, el metabolismo microbiano y el intercambio catiónico.

Cabe mencionar que los parámetros que presentan el mayor número de relaciones con otros son: los sólidos disueltos, la conductividad eléctrica, el sodio disuelto, el plomo disuelto y el zinc disuelto.

6. El análisis de correlación entre los diferentes parámetros y las lluvias acumuladas 3, 7, 14 y 21 días antes de los muestreos, no arrojan resultados muy claros ya que para algunos parámetros la relación es positiva y en otros es negativa, y en algunos más no existe relación alguna (estadísticamente significativa). Esto sugiere que tanto para la generación (cantidad) y como para la composición (calidad) de los lixivados intervienen otros factores que no se han sido considerados en este trabajo.

7. La calidad de los lixivados de un basurero va a depender de una amplia variedad de factores, uno de los cuales son las características propias del sitio de estudio, puesto que comparando los valores obtenidos en este trabajo con los reportados en otros lugares, se encontró que variaban enormemente, ya que algunos valores se encuentran por arriba de ellos y en otros se encuentran por abajo.

8. Con base en a los resultados obtenidos en el presente trabajo, los líquidos percolados representan un potencial contaminante capaz de deteriorar significativamente el medio y en consecuencia la salud de la población. El principal riesgo que estos líquidos presentan se refiere a la posibilidad de contaminación de capas o depósitos de agua subterránea, que puedan ser utilizadas como fuentes de captación de agua potable.



## IX.- RECOMENDACIONES

## **IX.- RECOMENDACIONES**

## RECOMENDACIONES

1. Es urgente y prioritario planear, diseñar y construir sistemas de captación y de tratamiento y de lixiviados en el basurero "Neza I" con el fin de impedir la contaminación del ambiente por estos líquidos y su descarga en el sistema de drenaje municipal.
2. Deben implementarse sistemas o mecanismos de monitoreo de lixiviados así como de los depósitos de agua subterránea de la zona para ejercer un mejor control sobre los líquidos percolados y no poner en riesgo la salud de la población si los depósitos son utilizadas como fuentes de abastecimiento de agua potable.
3. Se recomienda que se continúen estudiando los lixiviados del basurero "Neza I", con el fin de realizar un seguimiento del comportamiento y evolución que presenten los residuos y su efecto sobre la calidad de los lixiviados.
4. Asimismo conviene incluir la determinación de otros parámetros que no se hayan analizado en este estudio y que son de gran importancia como la DBO, DQO, contenido de P y N, contenido e identificación de compuestos orgánicos (alcanos, sustancias aromáticas, hidrocarburos, etc), puesto que serán necesarios para la mejor elección de los métodos de tratamiento de los lixivados, así como de su correcta aplicación.
5. Otros estudios que pueden llevarse a cabo en los lixiviados son los de toxicidad y mutagenicidad, con el fin de determinar las dosis medias letales o dosis con efecto mutagénico o tóxico a cortos o largos tiempos de exposición o de contacto, y que serán útiles para establecer protocolos de trabajo para el personal que maneje estos líquidos sin exponerlos a riesgos innecesarios.
6. Sería conveniente vigilar la correcta disposición de residuos en este basurero capacitando al personal encargado del sitio, puesto que los resultados de este estudio sugieren la disposición de residuos de tipo industrial, los cuales tienen características sumamente contaminantes y no pueden ser dispuestos junto con los residuos domésticos municipales.

7. Se propone la elaboración de una Norma Oficial Mexicana específica, que reglamente o defina las características físicas, químicas y microbiológicas permisibles que deban presentar los lixiviados generados en los sitios de disposición final de residuos, con el fin de evitar que su descarga resulte peligrosa para el ambiente y/o para los seres humanos.

## X.- BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA CITADA

1. Albaiges J., *et al*, 1986. Organic indicators of groundwater pollution by a sanitary landfill. *Water Research*, 20(9):1153-1159.
2. Allen S., *et al*, 1974. *Ecologicals materials*. John Wiley and sons. England. 565 pp.
3. Arteaga M., 1987. Determinación de la micoflora del socioecosistema impactado por la acumulación de desechos urbanos en el Bordo Xochilaca Estado de México para la obtención de proteína microbiana. Tesis Licenciatura Biología, E.N.E.P. ZARAGOZA, U.N.A.M. México.
4. Bagchi, A., 1990. *Design, construction and monitoring of sanitary landfill*. John Wiley and sons. U.S.A. 284 pp.
5. Balderas R., *et al*, 1984. Contribución al estudio de la micoflora del sustrato del ex-tiradero de Santa Cruz Meyehualco, D.F. de Diciembre de 1983 a Marzo de 1984. Memorias del II curso y simposio internacional sobre Biología de la Contaminación. Agosto. pp 45-46.
6. Barfay M., *et al*, 1989. Bacterial population development and chemical characteristics of refuse decomposition in a simulated sanitary landfill. *Applied and Environmental Microbiology*, Junio 55(1):55-64.
7. Bridle T., *et al*, 1987. Evaluation of heavy metal leachability from solid wastes. *Water Science and Technology* 19:1029-1036.
8. Cameron R. y Koch, F., 1980. Toxicity of landfill leachates. *Journal Water Pollution Control Federation*. Abril 52(4):760-769.
9. Canter K., *et al*, 1987. *Ground water quality protection*. Lewis Publishers Inc. U.S.A.
10. Caparó G., 1983. Desechos sólidos. *Ingeniería civil-La Habana*. Marzo-Abril. 34(2):191-211.

11. Carson B, *et al*, 1991. Toxicology and Biological Monitoring of metals in humans. 3ra. ed. LEWIS PUBLISHERS INC. U.S.A. 328 pp.
12. Castillo H., 1990. La sociedad de la basura. CIENCIAS, octubre (20):25-30.
13. Chian E., *et al*, 1975. Compilation of methodology for measuring pollution parameters of landfills leachate. Ecological Research Series E.P.A. -600/3-75-011. Cincinnati. 163 pp.
14. Christensen T., *et al*, 1989. Sanitary landfilling: Process, Technology and Environmental Impact. ACADEMIC PRESS. Great Britain. 592 pp.
15. Chu L., *et al*, 1994. Variations in the chemical properties of landfill leachate. Environmental Management. 18(1):105-117.
16. Deffis A., 1989. La basura es la solución. Editorial CONCEPTO. México.
17. DETENAL, 1978. Carta Geológica. México.
18. Duffus J., 1983. Toxicología ambiental. OMEGA, Barcelona. 173 pp.
19. Galván A., *et al*, 1995. Caracterización del ex-tiradero de Santa Cruz Meyehualco y su efecto en la vegetación utilizada en la forestación. BIEN. 2(2):17-19.
20. Galván A., *et al*, 1985. Cuantificación de metales pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb y Zn) en el sustrato del ex-tiradero de Santa Cruz Meyehualco. E.N.E.P. Zaragoza.
21. González M., 1987. Problemática actual de la disposición final de desechos sólidos en nuestro país. AGUA POTABLE, Febrero. 1(28):8-10.
22. Gutiérrez M., 1990. Los residuos sólidos peligrosos: ¿un problema sin solución? CIENCIAS, Octubre (20):31-36.

23. Hernández F., 1992. Cuantificación de metales pesados en los diferentes órganos del amaranto (*Amaranthus hybridus*) y del tomate (*Physalys philadelphica*) desarrollados sobre el sustrato de una zona de disposición final de desechos sólidos. Reporte de Servicio Social. Carrera de Biología. F.E.S. ZARAGOZA-U.N.A.M. México.
24. INEGI, 1990. XI Censo General de Población y Vivienda. México.
25. Inland Waters Directorate, 1979. Analytical methods manual. Ottawa, Canada.
26. Kovacic T., et al, 1987. Protection of waterlines traversing a hazardous waste landfill. Journal AWWA, Febrero, 79(2):38-42.
27. Larios L., 1994. Microbiología de lixiviados: un estudio previo. Tesis Licenciatura Q.F.B. E.N.E.P. Zaragoza. México.
28. Leroy J., 1987. Los desechos y su tratamiento. F.C.E. México, 152 pp.
29. Liptak B, 1974. Environmental Engineering's Handbook. Chilton Book Company, U.S.A. 1130 pp.
30. López R., 1986. Análisis de la composta producida en la industrializadora de desechos sólidos Aragón. Memorias I Reunión de Investigadores Universitarios en Contaminación Ambiental. U.N.A.M. pp 11.
31. ———, 1988. Determinación de metales pesados en tejidos de jitomate (*Lycopersicum sculentum*). Memorias VI Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. SMISA. Agosto.
32. ———, 1989. Impacto producido por la acumulación de desechos sólidos. Memorias I Simposio de Química Ambiental y III Reunión de Investigadores Universitarios en Contaminación Ambiental. U.N.A.M. pp 70.



33. ———, 1990. El impacto de los desechos sólidos sobre el medio. CIENCIAS, Octubre (20):37-41.
34. Lu J., *et al.* 1985. Leachate from municipal landfills. NOYES PUBLICATIONS, U.S.A. 453 pp.
35. Márques M., 1988. Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas. U.N.A.M. México, 657 pp.
36. Murray J., *et al.* 1981. Groundwater contamination by sanitary landfill leachate and domestic wastewater in carbonate terrain: Principal source diagnosis, chemical transport characteristics and design implications. *Water Research*. 15:745-757.
37. Omura M., *et al.* 1991. Mutagenicity assays of leachate from domestic waste landfills in Japan: The establishment of a protocol for measuring mutagenicity levels of leachate. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 46:561-568.
38. Paraguassu F., 1983. Sistema de tratamiento de desechos sólidos en Río de Janeiro. *Boletín de la oficina sanitaria panamericana*. Abril-Junio, 94(3):30-35.
39. Pfeffer J., 1992. Management engineering. PRENTICE HALL, U.S.A. 307 pp.
40. Pohland F. y Gould J., 1986. Co-disposal of municipal refuse and industrial waste sludge in landfills. *Water Science and Technology*, 18(12):177-192.
41. Rivas J., 1991. Estudio de la vegetación y su interacción con el sustrato en la zona de acumulación de desechos sólidos del Bordo Xochiaca en el municipio de Nezahualcóyotl, Edo. de México. Tesis Licenciatura Biología. E.N.E.P. Zaragoza U.N.A.M. México.
42. Robinson W., 1986. The solid waste handbook. John Wiley and sons. U.S.A. 811 pp.
43. Robinson H. y Maris P., 1979. Leachate from domestic waste: generation, composition and treatment. A review. *Water Research Centre. Technical Report TR108*, Marzo, pp 1-38.

44. \_\_\_\_\_, 1985. The treatment of leachates from domestic waste in landfill sites. Journal Water Pollution Control Federation. Enero 57(1):30-38.
45. Rodier R., 1981. Análisis de las aguas. OMEGA, Barcelona.
46. Salvato J., 1981. Environmental engineering and sanitation. 3ra. Ed. John Wiley and sons, U.S.A. 1163 pp.
47. Sánchez J., *et al*, 1990. Estudio del comportamiento de un relleno sanitario mediante una celda de control. Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. SMISA E93-E101.
48. Sánchez J., 19992. Diseño racional y confiable de rellenos sanitarios. INGENIERIA AMBIENTAL. (17):34-44.
49. Schultz B. y Kjeldsen P., 1986. Screening of organic matter in leachates from sanitary landfills using gas chromatography combined with mass spectrometry. Water Research. 20(8):965-970.
50. SEDESOL, 1993. Norma oficial mexicana NOM-CCA-031-ECOL/93, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal...Diario Oficial de la Federación.
51. SEDESOL, 1994. Proyecto de norma oficial mexicana NOM-087-ECOL-1994, que establece los requisitos para la clasificación, separación, envasado, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológicos infecciosos que...Diario Oficial de la Federación, Agosto.
52. SEDUE, 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación.
53. Taboada S., 1992. Estudio florístico y edafológico del enterramiento controlado Bordo Xochiaca. Tesis Licenciatura Biología. F.E.S. ZARAGOZA-U.N.A.M. México. 78 pp.

54. Trejo R., 1986. Investigación bibliográfica sobre el procesamiento de basura urbana. GESTION TECNOLOGICA-MEXICO, Mayo, (3):82-83.
55. Unda F., 1969. Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. UTEHA, México pp 870.
57. Vázquez V., 1994. Evaluación del impacto ambiental del sitio de disposición final Bordo Xochiaca, Estado de México. Tesis Licenciatura Biología. F.E.S. Zaragoza U.N.A.M.
58. Villaruel O., *et al*, 1985. Análisis químico de líquidos percolados producidos en los rellenos sanitarios de La Feria y Cerro de Renca. Boletín del Instituto de Salud Pública de Chile, 26(1-2):129-134.
59. Vizcaino F, 1986. La contaminación en México. F.C.E. México.

## **XI.- APENDICES**

## APENDICE 1.

### FECHAS DE MUESTREO Y CANTIDAD DE LLUVIA ACUMULADA DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO

Fecha de muestreo	Lluvia 3 (mm)	Lluvia 7 (mm)	Lluvia 14 (mm)	Lluvia 21 (mm)
22 de Enero de 1988	0.0	0.0	0.0	0.0
18 de Marzo de 1988	0.0	0.0	36.4	39.9
19 de Mayo de 1988	0.0	6.2	7.7	16.0
22 de Julio de 1988	6.2	9.9	45.6	63.8
7 de Octubre de 1988	0.0	0.5	6.2	8.3
25 de Enero de 1988	0.0	0.0	0.0	0.0

El número situado junto a la palabra lluvia, indica el número de días que se consideró la acumulación de la lluvia previa a la fecha de muestreo.

## APENDICE 2.

### CONDICIONES OPTIMAS DE TRABAJO PARA LA DETERMINACION DE METALES PESADOS POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA

Metal	Cadmio	Cobre	Fierro	Plomo	Zinc
Línea de resonancia (nm)	228.80	324.75	248.33	217.00	213.86
Ancho de la banda espectral (nm)	0.8	0.8	0.4	0.8	0.8
Corriente de la lámpara (mA)	4.0	3.5	10.0	4.0	5.0
Oxidante	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Combustible	Acetileno	Acetileno	Acetileno	Acetileno	Acetileno
Tipo de flama	Oxidante	Oxidante	Oxidante	Oxidante	Oxidante

◊ Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca PYE UNICAM SP 192.

### APENDICE 3.

En este anexo se incluyen las tablas de los Análisis de Varianza de Dos Factores con un 0.05 de significancia que se realizaron a los parámetros analizados en los lixiviados del basurero "Neza I" con respecto a los sitios y meses de muestreo con el paquete estadístico STATGRAPHICS V5.0, así como los resultados de las Pruebas de Rango Múltiple calculadas con el mismo paquete. Ante la imposibilidad de presentarlas en idioma español, en esta página se enlistan la traducción de las tablas de ANDEVA y de la Prueba de Rango Múltiple.

Las tablas siguen el siguiente orden: pH, Conductividad eléctrica, Sólidos Suspendedos, Sólidos Disueltos, Materia Orgánica, Potasio disuelto, Sodio disuelto, Cadmio disuelto, Cobre disuelto, Hierro disuelto, Plomo disuelto, Zinc disuelto, Potasio total, Sodio total, Cadmio total, Cobre total, Hierro total, Plomo total, y Zinc total. Para cada parámetro en primer lugar se enlista la tabla de ANDEVA; en segundo lugar los resultados de la Prueba de Rango Múltiple para los sitios de muestreo; y en tercer lugar los resultados de la prueba anterior para los meses de muestreo.

#### Traducciones

Para la tabla de Análisis de Varianza.

- En inglés dice:

Source of variation

Sum of squares

d.f.

Mean square

F-ratio

Sig. level

Main effects

Interactions

Residual

Total (corrected)

0 missing values have been excluded

- En español debe decir:

Fuente de variación

Suma de cuadrados

Grados de libertad

Cuadrado de la media

F calculada

Nivel de significancia (p)

Efectos principales

Interacciones

Error residual

Total corregido

Ningún valor perdido ha sido excluido

All F-ratios are based on the residual mean square error

Todas las  $f$  calculadas se basan en las medias cuadradas del error residual

Para la tabla de resultados de la PRUEBA DE RANGO MULTIPLE

- En inglés dice:

Method: 95 percent LSD

Level

Count

LS Mean

Homogeneous groups

Contrast

Difference +/-

Limits

\* denotes a statistically significant difference

- En español debe decir:

Método: Diferencia mínima significativa al 95 %

Nivel

Número de datos

Media mínima significativa

Grupos homogéneos

Constraste

Diferencia positiva o negativa

Límites

Existe diferencia estadísticamente significativa

## ANALISIS DE VARIANZA PARA PH.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. Level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:PH.SITIO	2.341569	4	.5603923	15.406	.0000
B:PH.MUESTRO	17.526387	5	3.5052775	97.618	.0000
RESIDUAL	5.8271627	140	.0419082		
TOTAL (CORRECTED)	26.795099	149			

0 missing values have been excluded.  
All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PH POR SITIO DE MUESTRO.

MÉTODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MÍNIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3	30	8.809000	X
4	30	9.076667	X
1	30	9.106667	X
2	30	9.125333	X
1	30	9.155000	X

contrast	difference	z/r	limits
1 - 2	0.06767	0.09675	
1 - 3	0.02113	0.09675	
1 - 4	0.06013	0.09675	
1 - 5	0.32400	0.09675 *	
2 - 3	0.01667	0.09675	
2 - 4	0.05267	0.09675	
2 - 5	0.31833	0.09675 *	
3 - 4	0.03700	0.09675	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PH POR SITIO DE MUESTRO.

Método: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		0.30067	0.09675 *
4 - 5		0.26367	0.09675 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PH POR MUESTRO.

MÉTODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MÍNIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3	25	8.4432000	X
2	25	8.7664000	X
3	25	8.1296000	X
1	25	8.1004000	X
4	25	8.3540000	X
4	25	8.4160000	X

contrast	difference	z/r	limits
1 - 2	0.42400	0.10599 *	
1 - 3	0.06080	0.10599	
1 - 4	-0.16360	0.10599 *	
1 - 5	0.74720	0.10599 *	
1 - 6	-0.22560	0.10599 *	
2 - 3	-0.36320	0.10599 *	
2 - 4	-0.58760	0.10599 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PH POR MUESTRO.

Método: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2 - 5		0.32320	0.10599 *
2 - 6		-0.64960	0.10599 *
3 - 4		-0.22440	0.10599 *
3 - 5		0.68640	0.10599 *
3 - 6		-0.28640	0.10599 *
4 - 5		0.91000	0.10599 *
4 - 6		-0.06200	0.10599 *
5 - 6		-0.97280	0.10599 *

\* denotes a statistically significant difference.



## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. Level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:CONDUC.SITIO	3140.110	4	835.0275	15.479	.0000
B:CONDUC.MUESTRO	24799.800	5	4959.9600	91.941	.0000
<b>RESIDUAL</b>					
	7552.3736	140	53.94525		
<b>TOTAL (CORRECTED)</b>	<b>35697.563</b>	<b>149</b>			

0 missing values have been excluded.  
All F ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR SITIO DE MUESTRO.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Group
5	30	66.72167	X
4	30	72.735000	X
3	30	76.640000	XX
1	30	77.253533	X
2	30	77.781667	X

contrast	difference	%	limits
1 - 2	0.52833		3.75014
1 - 3	2.41333		3.75014
1 - 4	4.51833		3.75014 *
1 - 5	17.5317		3.75014 **
2 - 3	3.36167		3.75014
2 - 4	5.06667		3.75014 *
2 - 5	13.0600		3.75014 **
3 - 4	1.09500		3.75014

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR SITIO DE MUESTRO.

METHODO: 95 PERCENT LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Group
3 - 5		9.91815	3.75014 *
4 - 5		8.03315	3.75014 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR MUESTRO.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Group
2	25	62.262000	X
5	25	63.636000	X
1	25	65.840000	X
4	25	66.432000	X
6	25	85.240000	X
3	25	96.380000	X

contrast	difference	%	limits
1 - 2	3.26400		4.10807
1 - 3	-30.7120		4.10807 *
1 - 4	-0.76400		4.10807
1 - 5	2.23200		4.10807
1 - 6	-39.3720		4.10807 *
2 - 3	-55.9760		4.10807 **
2 - 4	-4.03600		4.10807

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR MUESTRO.

METHODO: 95 PERCENT LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Group
2 - 5		-1.03400	4.10807
2 - 6		-22.6360	4.10807 *
3 - 4		29.9480	4.10807 *
3 - 5		32.9440	4.10807 *
3 - 6		11.3600	4.10807 *
4 - 5		2.99600	4.10807
4 - 6		-18.6680	4.10807 *
5 - 6		-21.6640	4.10807 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA MATERIA ORGANICA.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A-NACION SITIO	8.89400000	4	2.22350000	1.193	.3166
B-NACION MUESTRO	5.41210010	5	1.08240010	58.077	.0000
RESIDUAL	2.40500010	140	1.71850008		
TOTAL (CORRECTED)	8.11030010	149			

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA MATERIA ORGANICA POR SITIO DE MUESTRO.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	30	18007.426	x
5	30	20311.633	xx
2	30	20468.933	xx
4	30	23101.800	xx
3	30	25170.467	x

contrast	difference	s/e	limite
1 - 2	-4401.51	6970.56	*
1 - 3	-7103.96	6970.56	*
1 - 4	-5036.37	6970.56	*
1 - 5	-2244.21	6970.56	
2 - 3	-2701.53	6970.56	
2 - 4	-632.867	6970.56	
2 - 5	2157.30	6970.56	
3 - 4	7008.67	6970.56	*

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA MATERIA ORGANICA POR SITIO DE MUESTRO.

METHODO: 95 PERCENT LSD

METHODO: 95 PERCENT LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		4858.81	6970.56
4 - 5		2790.17	6970.56

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA MATERIA ORGANICA POR MUESTRO.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
4	25	5729.680	x
3	25	6558.960	xx
6	25	8718.200	xx
5	25	14122.911	x
2	25	41541.360	x
1	25	54273.200	x

contrast	difference	s/e	limite
1 - 2	12731.8	7635.86	*
1 - 3	4776.2	7635.86	*
1 - 4	48543.5	7635.86	*
1 - 5	40150.3	7635.86	*
1 - 6	45555.0	7635.86	*
2 - 3	36982.4	7635.86	*
2 - 4	35011.7	7635.86	*

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA MATERIA ORGANICA POR MUESTRO.

METHODO: 95 PERCENT LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2 - 5		27418.4	7635.86
2 - 6		32823.2	7635.86
3 - 4		829.280	7635.86
3 - 5		-7583.95	7635.86
3 - 6		-2159.24	7635.86
4 - 5		-8193.23	7635.86
4 - 6		-2988.52	7635.86
5 - 6		5404.71	7635.86

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA SOLIDOS DISUUELOS.

Source of variation Sum of Squares d.F. Mean square F-ratio Sig. Level

## MAIN EFFECTS

A: SOLIDIS. S1710	3.68760000	4	0.216975000	7.943	.0000
B: SOLIDIS. MASTRED	2.17316000	3	4.347080000	37.456	.0000

RESIDUAL 1.62510010 340 1.34000000

TOTAL (CORRECTED) 4.36780010 349

2 missing values have been excluded.

All F ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SOLIDOS DISUUELOS POR S1710 DE MASTRED.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

5	30	43226.600	N
4	30	52959.333	X
3	30	54141.133	X
2	30	54026.267	X
1	30	57169.500	X

contrast	difference	z/	limita
1 - 2	3343.23	5501.01	
1 - 3	5078.37	5501.01	
1 - 4	4270.17	5501.01	
1 - 5	17942.9	5501.01 *	
2 - 3	1825.13	5501.01	
2 - 4	3066.93	5501.01	
2 - 5	12799.7	5501.01 *	
3 - 4	1181.80	5501.01	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SOLIDOS DISUUELOS POR S1710 DE MASTRED.

Method: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

3 - 5		10916.5	5501.01 *
4 - 5		9732.73	5501.01 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SOLIDOS DISUUELOS POR MASTRED.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

3	25	57095.360	X
4	25	38165.080	X
6	25	40906.260	N
2	25	57163.360	X
1	25	61505.440	X
3	25	70501.120	X

contrast	difference	z/	limita
1 - 2	2347.00	6026.05	
1 - 3	-8795.68	6026.05 *	
1 - 4	23347.4	6026.05 *	
1 - 5	23507.1	6026.05 *	
1 - 6	32409.2	6026.05 *	
2 - 3	-11337.8	6026.05 *	
2 - 4	21600.3	6026.05 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SOLIDOS DISUUELOS POR MASTRED.

Method: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

2 - 5		21165.2	6026.05 *
2 - 6		10467.1	6026.05 *
3 - 4		32138.0	6026.05 *
3 - 5		32303.0	6026.05 *
3 - 6		21204.9	6026.05 *
4 - 5		164.900	6026.05
4 - 6		-10916.2	6026.05 *
5 - 6		-11008.1	6026.05 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA SOLIDOS SUSPENDIDOS.

Source of variation Sum of Squares d.f. Mean square F-ratio Sig. level

## MAIN EFFECTS

A: SOLIDOS SIIIDO	6.49360006	4	1.123401	2.152	.0776
B: SOLIDOS MUESTRO	1.92690000	5	38538285	73.809	.0000

RESIDUAL 73098783 140 522154.17

TOTAL (CORRECTED) 2,70280000 149

2 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SOLIDOS SUSPENDIDOS POR SITIO DE MUESTRO.

Method: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
4	30	1624.1000	K
3	30	1865.8333	K
5	30	1727.3667	K*
1	30	1977.9333	K*
2	30	2053.7000	K

contrast	difference	z/	limite
1 - 2	-79.7667	368.944	
1 - 3	312.3000	368.944	
1 - 4	351.8333	368.944	
1 - 5	250.3667	368.944	
2 - 5	388.0667	368.944 *	
2 - 4	479.8000	368.944 *	
2 - 3	376.1333	368.944	
3 - 4	41.5333	368.944	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SOLIDOS SUSPENDIDOS POR SITIO DE MUESTRO.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		-61.9333	368.944
4 - 5		-103.667	368.944

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SOLIDOS SUSPENDIDOS POR MUESTRO.

Method: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3	25	981.7000	X
2	25	1114.7200	X
1	25	1168.8000	X
5	25	1648.8000	X
4	25	1668.6400	X
6	25	4276.0000	X

contrast	difference	z/	limite
1 - 2	54.0000	404.158	
1 - 3	187.040	404.158	
1 - 4	-499.840	404.158 *	
1 - 5	-480.000	404.158 *	
1 - 6	-3107.20	404.158 *	
2 - 3	132.960	404.158	
2 - 4	-553.970	404.158 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SOLIDOS SUSPENDIDOS POR MUESTRO.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2 - 5		-516.000	404.158 *
2 - 4		-3161.28	404.158 *
1 - 4		-606.800	404.158 *
3 - 5		-667.040	404.158 *
3 - 6		-3294.26	404.158 *
4 - 5		19.8400	404.158
4 - 6		-2807.36	404.158 *
5 - 6		-2827.20	404.158 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA POTASIO DISUELTU.

Source of variation Sum of Squares d.f. Mean square F-ratio Sig. level

## MAIN EFFECTS

ADRESABLE SITIO	2.09580007	4	5239017	6.478	.0001
REDESARROL MUESTREO	4.26260008	5	8525205	105.392	.0000

RESIDUAL 1.33260008 140 95096.73

TOTAL (CORRECTED) 5.66100008 149

0 missing values have been excluded.

All F ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA POTASIO DISUELTU POR SITIO DE MUESTREO.

Método: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

5	50	5162.4090	X
4	30	3668.4775	XX
1	30	3915.4675	XX
2	30	4097.6393	X
3	30	4222.9260	X

contrast	difference	df	limit
1 - 2	-162.112	459.217	
1 - 3	-107.461	459.217	
1 - 4	306.990	459.217	
1 - 5	732.976	459.217 *	
2 - 3	-125.289	459.217	
2 - 4	489.162	459.217 *	
2 - 5	915.150	459.217 *	
3 - 4	614.451	459.217 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA POTASIO DISUELTU POR SITIO DE MUESTREO.

Method: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

3 - 5	1040.44	459.217 *
4 - 5	425.900	459.217

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA POTASIO DISUELTU POR MUESTREO.

Método: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

2	25	1672.6580	X
4	25	2169.1528	X
5	25	3155.1968	X
3	25	4247.9268	X
6	25	4987.0444	X
1	25	4599.6334	X

contrast	difference	df	limit
1 - 2	4926.97	503.047 *	
1 - 3	2351.71	503.047 *	
1 - 4	4430.48	503.047 *	
1 - 5	3444.45	503.047 *	
1 - 6	1611.70	503.047 *	
2 - 3	-2575.27	503.047 *	
2 - 4	-496.495	503.047	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA POTASIO DISUELTU POR MUESTREO.

Method: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

2 - 5	-1462.53	503.047 *
2 - 6	-3315.19	503.047 *
3 - 4	2078.77	503.047 *
3 - 5	1092.74	503.047 *
3 - 6	-739.918	503.047 *
4 - 5	-986.034	503.047 *
4 - 6	-2818.89	503.047 *
5 - 6	-1852.66	503.047 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA POFASIO TOTAL.

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:SIJO, SITIO	5.34710006	4	0.347780015	.700	.5942
B:TIPO, MUESTRO	5.08960000	3	1.69653333	36.000	.0000
RESIDUAL	1.10040000	92	1196136.3		
TOTAL (CORRECTED)	4.22280000	99			

D missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DE RANGO MULTIPLE PARA POFASIO TOTAL POR SITIO DE MUESTRO.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	20	6636.1961	x
5	20	6643.4985	x
4	20	6795.2997	x
2	20	6874.7624	x
3	20	7134.3866	x

contrast	difference	s.e.	limits
1 - 2	-218.316	687.046	
1 - 5	-697.990	687.046	
1 - 4	156.814	687.046	
1 - 5	-7.18240	687.046	
2 - 3	-259.644	687.046	
2 - 4	81.5328	687.046	
2 - 5	251.244	687.046	
3 - 4	341.177	687.046	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA POFASIO TOTAL POR SITIO DE MUESTRO.

METHODO: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		490.888	687.046
4 - 5		149.711	687.046

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA POFASIO TOTAL POR MUESTRO.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5	25	4868.0813	x
4	25	5273.4441	x
3	25	8357.3728	x
6	25	8766.8864	x

contrast	difference	s.e.	limits
3 - 4	3083.91	616.512	*
3 - 5	3489.29	616.512	*
3 - 6	-409.516	616.512	
4 - 5	409.365	616.512	
4 - 6	-3493.44	616.512	*
5 - 6	-3879.81	616.512	*

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA SODIO DISIELTO.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. Level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
R:MODIUMI.SITIO	4.31590007	4	1.07990002	2.062	.0975
R:MODIUMS.MESTRHO	3.82090009	5	7.64180008	161.809	.0000
RESIDUAL	7.34230000	140	530000.0		
TOTAL (CORRECTED)	4.61850009	140			

0 missing values have been excluded.

All F ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SODIO DISIELTO POR SITIO DE MESTRHO.

MÉTODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %					
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups		
5	30	15360.265	X		
2	30	16416.464	XX		
4	30	16522.071	XX		
3	30	16624.464	X		
1	30	18043.627	X		

contrast	diferencia	s/r	limites
1 - 2	527.163		1185.27
1 - 3	319.163		1185.27
1 - 4	625.596		1185.27 *
1 - 5	1583.36		1185.27 *
2 - 3	-208.899		1185.27
2 - 4	-109.587		1185.27
2 - 5	1056.22		1185.27
3 - 4	182.433		1185.27

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SODIO DISIELTO POR SITIO DE MESTRHO.

Método: 95 Percent LSD			
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		1264.22	1185.27 *
4 - 5		1161.79	1185.27

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SODIO DISIELTO POR MESTRHO.

MÉTODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %				
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups	
3	25	8930.295	X	
2	25	11349.623	X	
4	25	16581.637	X	
6	25	19753.637	X	
3	25	19979.404	X	
1	25	23816.202	X	

contrast	diferencia	s/r	limites
1 - 2	12647.2		1290.39 *
1 - 3	3836.80		1290.39 *
1 - 4	7724.56		1290.39 *
1 - 5	16885.9		1290.39 *
1 - 6	4662.56		1290.39 *
2 - 3	-8810.38		1290.39 *
2 - 4	-3422.62		1290.39 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SODIO DISIELTO POR MESTRHO.

Método: 95 Percent LSD			
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2 - 5		2238.73	1290.39 *
2 - 6		-8586.61	1290.39 *
3 - 4		5387.77	1290.39 *
3 - 5		11069.3	1290.39 *
3 - 6		2225.77	1290.39 *
4 - 5		7661.34	1290.39 *
4 - 6		-1162.00	1290.39 *
5 - 6		-8823.34	1290.39 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA SIBIO TOTAL.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. Level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
ANALISIS	5.61270007	4	1.40315002	.717	.5833
ESNADOT.MASIFED	2.36420009	3	7.88066669	40.292	.0000
RESIDUAL	1.00100009	62	.01616131		
TOTAL (CORRECTED)	4.22340009	69			

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are listed on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SIBIO TOTAL POR MUESTREO.

MECDO:	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %
Level	Count LS Mean Homogeneous Groups
5	25 16791.576 *
4	25 18134.491 *
3	25 24430.775 *
6	25 28829.413 *

contrast	difference	+/	limits
5 - 4	4506.28		2485.99 *
5 - 5	7647.20		2485.99 *
5 - 6	-4190.64		2485.99 *
4 - 5	1342.92		2485.99 *
4 - 6	-1064.9		2485.99 *
5 - 6	-12037.8		2485.99 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SIBIO TOTAL POR SITIO DE MUESTREO.

MECDO:	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %
Level	Count LS Mean Homogeneous Groups
1	20 20811.766 *
5	20 21618.653 *
2	20 22281.896 *
3	20 22686.774 *
4	20 22843.752 *

contrast	difference	+/	limits
1 - 2	-1470.15		2779.43
1 - 3	-1875.83		2779.43
1 - 4	-2052.01		2779.43
1 - 5	-806.967		2779.43
2 - 3	-406.877		2779.43
2 - 4	-561.833		2779.43
2 - 5	661.243		2779.43
3 - 4	-156.970		2779.43

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA SIBIO TOTAL POR SITIO DE MUESTREO.

Method:	95 Percent LSD
Level	Count LS Mean Homogeneous Groups
3 - 5	1068.12 2779.43
4 - 5	1225.10 2779.43

\* denotes a statistically significant difference.



ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA CANTIDAD DISMUESTRO.

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. Level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A: CANTIDAD SITIO	.0006490	4	.0021222	1.538	.1944
B: CANTIDAD MUESTRO	1.0277042	5	.2055208	142.935	.0000
RESIDUAL	.2013316	340	.0014301		
TOTAL (CORREGIDO)	1.2379649	349			

0 missing values have been excluded.

All F ratios are based on the residual mean square error.

PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CANTIDAD DISMUESTRO POR SITIO DE MUESTRO.

METODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	30	.2617933	x
2	30	.2542633	xx
4	30	.2599613	xxx
3	30	.2661067	xxxx
5	30	.2642767	xxxxx

contrast	difference	s.e.	limits
1 - 2	0.01965	0.01936	
1 - 3	0.04039	0.01936	*
1 - 4	-0.01617	0.01936	
1 - 5	-0.04768	0.01936	*
2 - 3	-0.00994	0.01936	
2 - 4	0.00622	0.01936	
2 - 5	-0.01003	0.01936	
3 - 4	0.00422	0.01936	

\* denotes a statistically significant difference.

PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CANTIDAD DISMUESTRO POR SITIO DE MUESTRO.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		-0.00000	0.01936
4 - 5		-0.00431	0.01936

\* denotes a statistically significant difference.

PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CANTIDAD DISMUESTRO POR MUESTRO.

METODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5	25	.0964920	x
6	25	.2261480	xx
1	25	.2637040	xxx
2	25	.2854600	xxxx
3	25	.3193440	xxxxx
4	25	.3564080	xxxxxx

contrast	difference	s.e.	limits
1 - 2	-0.02176	0.02121	*
1 - 3	-0.05364	0.02121	*
1 - 4	-0.09090	0.02121	*
1 - 5	0.16721	0.02121	*
1 - 6	0.03956	0.02121	*
2 - 3	-0.03380	0.02121	*
2 - 4	-0.06915	0.02121	*

\* denotes a statistically significant difference.

PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CANTIDAD DISMUESTRO POR MUESTRO.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2 - 5		0.18897	0.02121 *
2 - 6		0.06131	0.02121 *
3 - 4		-0.03526	0.02121 *
3 - 5		0.22285	0.02121 *
3 - 6		0.09520	0.02121 *
4 - 5		0.29812	0.02121 *
4 - 6		0.19046	0.02121 *
5 - 6		-0.12766	0.02121 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA CAMBIO TOTAL

Source of variation Sum of Squares d.f. Mean square F-ratio Sig. level

## MAIN EFFECTS

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
ALCANTARAL SITIO	3.708562	4	.927140	4.015	.0019
ESTADIO MUESTREO	5.1896756	3	1.7298925	8.625	.0000

## RESIDUAL

RESIDUAL	18.452510	92	.2005708		
----------	-----------	----	----------	--	--

TOTAL (CORRECTED) 27.343091 99

D missing values have been excluded.

All F ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CAMBIO TOTAL POR SITIO DE MUESTREO.

Método: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
4	20	1.2399000	*
3	20	1.2280000	*
1	20	1.1180000	*
5	20	1.4495500	**
2	20	1.7329000	*

contrast	difference	+/	limits
1 - 2	0.41940	0.28154 *	
1 - 3	0.09500	0.28154	
1 - 4	0.09300	0.28154	
1 - 5	0.15505	0.28154	
2 - 3	0.50920	0.28154 *	
2 - 4	0.51330	0.28154 *	
2 - 5	0.26375	0.28154	
3 - 4	0.00010	0.28154	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CAMBIO TOTAL POR SITIO DE MUESTREO.

Método: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		0.26143	0.28154
4 - 5		0.26955	0.28154

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CAMBIO TOTAL POR MUESTREO.

Método: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
4	25	1.0628000	*
3	25	1.1080000	*
5	25	1.4160000	*
6	25	1.7062000	*

contrast	difference	+/	limits
3 - 4	0.32550	0.25164 *	
1 - 5	-0.32500	0.25164 *	
3 - 6	-0.31784	0.25164 *	
4 - 5	-0.35116	0.25164 *	
4 - 6	-0.64360	0.25164 *	
5 - 6	-0.29224	0.25164 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA LINDO DESIERTO.

Source of Variation Sum of Squares d.f. Mean square F-ratio Sig. Level

## MAIN EFFECTS

A: CORDONAL SITIO	5.78032	4	.94508	1.936	.1078
B: CORDONAL MUESTRO	219.56836	5	163.91367	335.707	.0000

RESIDUAL 68.35696 140 .4882639

TOTAL (CORRECTED) 291.70562 149

D missing values have been excluded.

All F ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CORDONAL DESIERTO POR SITIO DE MUESTRO.

Method: DIFFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

5	30	1.5095833	x
3	30	1.5619000	xx
1	30	1.8030553	xxx
2	30	2.0217967	xxxx
4	30	2.0424200	xxxxx

contrast	difference	s/e	limits
1 - 2	-0.15676	0.35678	
1 - 3	0.02145	0.35678	
1 - 4	-0.35937	0.35678	
1 - 5	0.28647	0.35678	
2 - 3	0.16000	0.35678	
2 - 4	-0.07962	0.35678	
2 - 5	0.47321	0.35678 *	
3 - 4	-0.18667	0.35678	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CORDONAL DESIERTO POR SITIO DE MUESTRO.

Method: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

3 - 5	0.26322	0.35678
4 - 5	0.64386	0.35678 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CORDONAL DESIERTO POR MUESTRO.

Method: DIFFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

4	25	.0073560	x
5	25	.0404120	x
4	25	.4347640	x
3	25	.5630400	x
1	25	4.3971800	x
2	25	5.0644320	x

contrast	difference	s/e	limits
1 - 2	-1.14425	0.39083 *	
1 - 1	3.83416	0.39083 *	
1 - 4	3.96262	0.39083 *	
1 - 5	4.35677	0.39083 *	
1 - 6	4.30982	0.39083 *	
2 - 3	5.28519	0.39083 *	
2 - 4	5.41167	0.39083 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA CORDONAL DESIERTO POR MUESTRO.

Method: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

2 - 5	5.06602	0.39083 *
2 - 6	5.81918	0.39083 *
3 - 4	0.12828	0.39083
3 - 5	0.52263	0.39083 *
3 - 6	0.55368	0.39083 *
4 - 5	0.59435	0.39083 *
4 - 6	0.42741	0.39083 *
5 - 6	0.05306	0.39083

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA COBRE TOTAL.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-RATIO	Sig. Level
---------------------	----------------	------	-------------	---------	------------

## MAIN EFFECTS

#.CANTOS SITIO	54.427940	4	13.611987	3.365	.0057
#.CANTOS MUESTREO	45.400280	3	15.133629	4.407	.0067

RESIDUAL	315.85596	92	3.434300		
----------	-----------	----	----------	--	--

TOTAL (CORRECTED)	415.75819	99			
-------------------	-----------	----	--	--	--

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA COBRE TOTAL POR SITIO DE MUESTREO.

METHOD: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

5	20	1.9429500	a
1	20	2.1175500	ab
4	20	2.1041000	ab
2	20	1.0947000	ba
3	20	1.4877000	a

contrast	difference	z'	limits
1 - 2	-0.91355	1.16495	
1 - 3	-1.11835	1.16495 *	
1 - 4	-0.06075	1.16495	
1 - 5	0.27440	1.16495	
2 - 3	0.79700	1.16495	
2 - 4	0.00040	1.16495	
2 - 5	1.10775	1.16495 *	
3 - 4	1.70100	1.16495 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA COBRE TOTAL POR SITIO DE MUESTREO.

METHOD: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

3 - 5		1.95675	1.16495 *
4 - 5		0.20115	1.16495

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA COBRE TOTAL POR MUESTREO.

METHOD: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

5	25	1.6450400	a
6	25	2.4296800	ab
3	25	3.2163600	a
4	25	3.3891600	a

contrast	difference	z'	limits
3 - 4	-0.09260	1.04116	
3 - 5	1.57152	1.04116 *	
5 - 6	0.79168	1.04116	
4 - 5	1.66612	1.04116 *	
4 - 6	0.85408	1.04116	
5 - 6	-0.78004	1.04116	

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA PARA FIERRO DISUELTO.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
---------------------	----------------	------	-------------	---------	------------

## MAIN EFFECTS

A: FERTILIZANTE	156.23015	4	36.05769	7.391	.0000
B: FERTILIZANTE	505.20992	5	101.05978	22.524	.0000

## RESIDUAL

	620.36824	140	4.438349		
--	-----------	-----	----------	--	--

## TOTAL (CORRECTED)

	1281.80800	140			
--	------------	-----	--	--	--

Missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA FIERRO DISUELTO POR SITIO DE MUESTREO.

## METHODO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95%

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5	30	0.472735	x
5	30	0.4480567	x
5	30	0.5164800	x
2	30	0.908167	x
4	30	0.0072400	x

contrast	difference	s/-	limits
1 - 2	-0.42905	1.00154	
1 - 3	0.12642	1.00154	
1 - 4	-0.52376	1.00154	
1 - 5	2.09721	1.00154 *	
2 - 3	0.53627	1.00154	
2 - 4	-0.80091	1.00154	
2 - 5	2.52105	1.00154 *	
3 - 4	0.66918	1.00154	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA FIERRO DISUELTO POR SITIO DE MUESTREO.

## METHODO: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		1.97078	1.00154 *
4 - 5		2.67997	1.00154 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA FIERRO DISUELTO POR MUESTREO

## METHODO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95%

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5	25	5.627648	x
4	25	7.176004	x
1	25	7.912324	x
2	25	8.093152	x
3	25	9.701772	x
6	25	11.687572	x

contrast	difference	s/-	limits
1 - 2	-0.18063	1.10476	
1 - 3	-1.70945	1.10476 *	
1 - 4	0.73032	1.10476	
1 - 5	2.20480	1.10476 *	
1 - 6	-1.69353	1.10476 *	
2 - 3	-1.60042	1.10476 *	
2 - 4	0.91915	1.10476	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA FIERRO DISUELTO POR MUESTREO

## METHODO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95%

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2 - 5		2.46570	1.10476 *
2 - 6		-3.31260	1.10476 *
3 - 4		2.52777	1.10476 *
3 - 5		4.07632	1.10476 *
3 - 6		-1.70396	1.10476 *
4 - 5		-1.56456	1.10476 *
4 - 6		-4.23175	1.10476 *
5 - 6		-5.77830	1.10476 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA FIENRO TOTAL

Source of Variation Sum of Squares d.f. Mean Square F Ratio Sig. Level

## MAIN EFFECTS

A: FIEBRO SITIO	4104.90	4	1026.225	1.989	.1027
B: FIEBRO MUESTRO	37443.55	3	59167.850	112.100	.0000

RESIDUAL	48596.300	92	527.22065		
----------	-----------	----	-----------	--	--

TOTAL (CORRECTED)	75012.75	99			
-------------------	----------	----	--	--	--

Missing values have been excluded.

All F ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA FIEBRO TOTAL POR SITIO DE MUESTRO.

METHOD: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Group

3	20	41.950000	X
5	20	49.050000	XX
4	20	57.400000	XX
1	20	58.300000	XX
2	20	67.050000	X

Contrast	diferencia +/-	limite
1 - 2	-6.75000	16.4242
1 - 3	12.3500	16.4242
1 - 4	3.90000	16.4242
1 - 5	7.25000	16.4242
2 - 3	19.1000	16.4242 *
2 - 4	10.6500	16.4242
2 - 5	14.0000	16.4242
3 - 4	8.45000	16.4242

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA FIEBRO TOTAL POR SITIO DE MUESTRO.

Method: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Group

3 - 5		-5.10000	16.4242
4 - 5		3.35000	16.4242

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA FIEBRO TOTAL POR MUESTRO.

METHOD: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Group

5	25	26.00000	X
3	25	26.32000	X
4	25	38.16000	X
6	25	475.74000	X

Contrast	diferencia +/-	limite
3 - 4	-13.8400	12.9014 *
3 - 5	0.26000	12.9014
3 - 6	-180.9700	12.9014 *
4 - 5	16.0000	12.9014 *
4 - 6	-87.0000	12.9014 *
5 - 6	-181.140	12.9014 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA PLOMO DISUELTU.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
MAIN EFFECTS					
A:PROBISAL SITIO	428270	4	107067.5	2.199	.0721
B:PROBISAL MUESTRO	22,495082	5	4,4991763	92,422	.0000
RESIDUAL	6,815360	140	.0486810		
TOTAL (CORRECTED)	29,739487	149			

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PLOMO DISUELTU POR SITIO DE MUESTRO.

METODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2	30	1.310800	x
1	30	1.4177067	xx
4	30	1.4493400	xxx
3	30	1.4797733	x
5	30	1.6069067	x

contrast	difference	+/	limits
1 - 2	0.07791	0.11265	
1 - 3	0.06207	0.11265	
1 - 4	-0.03163	0.11265	
1 - 5	-0.06099	0.11265	
2 - 3	0.11997	0.11265 *	
2 - 4	-0.10904	0.11265	
2 - 5	0.14770	0.11265 *	
3 - 4	0.03063	0.11265	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PLOMO DISUELTU POR SITIO DE MUESTRO.

METHOD: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		-0.00772	0.11265
4 - 5		-0.03766	0.11265

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PLOMO DISUELTU POR MUESTRO.

METHOD: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
4	25	8.281600	x
5	25	1.052060	x
4	25	1.3742600	x
3	25	1.7001600	x
2	25	1.7622240	xx
1	25	1.8825800	x

contrast	difference	+/	limits
1 - 2	0.12016	0.12341	
1 - 3	0.17642	0.12341 *	
1 - 4	0.30833	0.12341 *	
1 - 5	0.82909	0.12341 *	
1 - 6	1.05418	0.12341 *	
2 - 3	0.05506	0.12341	
2 - 4	0.38796	0.12341 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PLOMO DISUELTU POR MUESTRO.

METHOD: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2 - 5		0.70993	0.12341 *
2 - 6		0.93382	0.12341 *
3 - 4		0.33391	0.12341 *
3 - 5		0.05547	0.12341 *
3 - 6		0.07076	0.12341 *
4 - 5		0.32156	0.12341 *
4 - 6		0.54586	0.12341 *
5 - 6		0.27629	0.12341 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA PUNTO TOTAL.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A: PUNTO SITIO	106.40162	4	26.600405	5.089	.0009
B: PUNTO MESTRO	232.85399	3	77.617998	14.848	.0000
RESIDUAL	488.91710	92	5.2273598		

TOTAL (CORRECTED) 820.17271 99

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PUNTO TOTAL POR SITIO DE MESTRO.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3	20	3.8687500	a
4	20	5.6693500	a
1	20	6.1596500	x
2	20	6.6475500	x
3	20	6.7161500	x

contrast	difference	+/	limits
1 - 2	-0.46511		1.43627
1 - 3	-0.35630		1.43627
1 - 4	-0.49030		1.43627
1 - 5	-2.27140		1.43627 *
2 - 3	-0.09139		1.43627
2 - 4	0.95641		1.43627
2 - 5	2.73651		1.43627 *
3 - 4	1.84840		1.43627

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PUNTO TOTAL POR SITIO DE MESTRO.

Method: 95 Percent LSI

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3 - 5		2.82790	1.43627 *
4 - 5		1.28110	1.43627 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA PUNTO TOTAL POR MESTRO.

METHODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5	25	3.8364800	x
4	25	5.1215240	x
6	25	7.2144400	x
3	25	7.2760800	x

contrast	difference	+/	limits
3 - 4	2.33506		1.28466 *
3 - 5	1.61760		1.28466 *
3 - 6	0.05964		1.28466
4 - 5	1.48904		1.28466 *
4 - 6	-2.09292		1.28466 *
5 - 6	-3.57296		1.28466 *

\* denotes a statistically significant difference.



## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA ZINC DISUELTO.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:ZINC/INSTRUMENTO	.483395	4	.120849	1.619	.2309
B:ZINC/INSTRUMENTO	39.126402	5	7.8252804	91.065	.0000
RESIDUAL	11.925479	140	.0851820		
TOTAL (EXCLUDED)	51.535277	149			

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA ZINC DISUELTO POR SITIO DE MUESTREO.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2	50	.9018667	X
5	30	.916933	XX
3	30	.9649367	XX
4	30	.9968667	XX
1	30	1.0566333	X

contrast	difference	z/	limits
1 - 2	0.15472	0.14902 *	
1 - 3	0.11167	0.14902	
1 - 4	0.05874	0.14902	
1 - 5	0.13991	0.14902	
2 - 3	-0.04185	0.14902	
2 - 4	0.00496	0.14902	
2 - 5	0.01481	0.14902	
3 - 4	-0.05193	0.14902	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA ZINC DISUELTO POR SITIO DE MUESTREO.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5 - 5		0.02824	0.14902
4 - 5		0.00017	0.14902

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA ZINC DISUELTO POR MUESTREO.

METODO: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5	25	1.199840	X
6	25	.6029040	X
4	25	.7190200	X
3	25	1.2289160	X
1	25	1.2774260	X
2	25	1.7524320	X

contrast	difference	z/	limits
1 - 2	-0.47800	0.16324 *	
1 - 3	0.04871	0.16324	
1 - 4	0.53861	0.16324 *	
1 - 5	1.07814	0.16324 *	
1 - 6	0.47472	0.16324 *	
2 - 3	0.52352	0.16324 *	
2 - 4	1.03341	0.16324 *	

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA ZINC DISUELTO POR MUESTREO.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2 - 5		1.55295	0.16324 *
2 - 4		1.14953	0.16324 *
3 - 4		0.50990	0.16324 *
3 - 5		1.02943	0.16324 *
5 - 4		0.62001	0.16324 *
4 - 5		0.51954	0.16324 *
4 - 6		0.11617	0.16324
5 - 6		-0.40342	0.16324 *

\* denotes a statistically significant difference.

## ANALISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES PARA ZINC TOTAL.

Source of variation	Sum of Squares	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig. level
<b>MAIN EFFECTS</b>					
ACIDENTAL SEED	10.722491	4	2.6806232	2.378	.0575
REINFOR.MAN STRUD	17.210421	3	5.7368068	5.000	.0026

RESIDUAL	105.89792	92	1.1271515		
----------	-----------	----	-----------	--	--

TOTAL (CORRECTED)	131.63065	99			
-------------------	-----------	----	--	--	--

0 missing values have been excluded.

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA ZINC TOTAL POR SEED DE MUESTREO.

Método: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

5	20	1.371500	x
1	20	1.490700	ax
4	20	2.0634500	x
3	20	2.0714500	x
2	20	2.1430500	x

contrast	difference	t/	limits
1 - 2	0.65235		0.66694
1 - 3	0.58075		0.66694
1 - 4	0.57275		0.66694
1 - 5	0.11920		0.66694
2 - 3	0.07160		0.66694
2 - 4	0.07960		0.66694
2 - 5	0.77115		0.66694 *
3 - 4	0.00800		0.66694

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA ZINC TOTAL POR SEED DE MUESTREO.

Método: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

3 - 5		0.69195	0.66694 *
4 - 5		0.69195	0.66694 *

\* denotes a statistically significant difference.

## PRUEBA DEL RANGO MULTIPLE PARA ZINC TOTAL POR MUESTREO.

Método: DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MINIMA AL 95 %

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

5	25	1.156000	x
6	25	1.835000	x
4	25	2.065600	x
3	25	2.253000	x

contrast	difference	t/	limits
3 - 4	0.10624		0.59653
3 - 5	1.09708		0.59653 *
3 - 6	0.41808		0.59653
4 - 5	0.90884		0.59653 *
4 - 6	0.22984		0.59653
5 - 6	-0.67900		0.59653 *

\* denotes a statistically significant difference.