

32  
2 eje.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores  
"ZARAGOZA"

Microbiología de Lixiviados:  
Un Estudio Previo

T E S I S  
Que para Obtener el Título de  
QUIMICO - FARMACEUTICO - BIOLOGO  
P r e s e n t a  
*Lázaro Pascual Larios Hernández*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México

UNAM



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis 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.

El hombre en todos los confines de la tierra,  
busca una serie de caminos que de hecho  
siempre lo llevan a la realizar las metas  
que se ha fijado, nadie puede juzgar a los demás  
por que esté las lleve a cabo o como las obtenga,  
pero si debe tener la calidad moral y humana  
para lograrlas y no ser juzgado por Dios

LAZARO

A MI ESPOSA :

BIOL. ANA LAURA MALDONADO TENA

Por el hecho de tener la paciencia y la  
comprensión, que se fundamentan en el más  
bello sentimiento de que soy objeto.  
No tengo ni la más remota idea de como  
cualquier deidad pueda juzgar los momentos de  
felicidad que tu me has dado, lo que si se  
es que nunca será suficiente mi dedicación y  
esfuerzo para corresponder a tu amor y a tu  
persona.

A MIS PADRES :

OLIVA HERNANDEZ VDA. DE LARIOS

ANTONIO LARIOS HINOJOSA †

Eternamente les agradezco el Don maravilloso de la vida y de la salud asi como su apoyo sin condiciones, fundamentado en la esperanza y en el cariño.

A MIS HERMANOS :

GUADALUPE, ANTONIO, JULIO, DOLORES Y CLAUDIO.

Por formar parte de una familia, que se ha apoyado siempre en los momentos más adversos luchando con firmeza y valentia.

A MI PAIS Y UNIVERSIDAD :

Por ofrecerme la libertad de pensamiento y de credo para obtener una profesión la cual enaltece mi calidad no física sino mental.

A MIS ASESORES :

BIOL. LETICIA LOPEZ VICENTE

Q.F.B. JUAN P. ANTONIO HERNANDEZ

Por el apoyo en reconocimiento al compatir conmigo su amplia experiencia profesional permitiendo mi superación personal al concluir esta investigación.

AL I.Q. EDUARDO LOYO ARNAUD,  
QIUM. GEORGINA ROSALES,  
Q.F.B. MARGARITA GUZMAN ARELLANO  
QUIM. SAMUEL SOSOL MENDEZ

Por honrarme con su amistad  
y apoyo, además de buenos consejos  
para brindarme de la mejor forma ante  
la vida.

A MIS AMIGOS :

OSCAR MARTINEZ QUIRARTE  
C.P. EDUARDO PEREZ FABILA  
I.Q. ANDRES TORRES MANJARREZ  
Y A TODA A.C.O.F.A. ADEMAS DE LA  
BIOL. LIDOVINA SALGADO

Por alentarme en un proceso que es difícil  
que para el hombre solo, "la maduración",  
ya que sin su compañía y convivencia  
hubiera sido casi imposible alcanzar.

A TODOS MIS FAMILIARES Y AMISTADES :

En cada una de las etapas de mi vida, a través  
de una formación personal y profesional, he recibido  
aliento y comprensión para lograr con su ayuda  
afirmar mis convicciones, no decaer y continuar  
hasta fin de todo lo que emprendido.

## **RESUMEN.**

Los lixiviados son líquidos producidos por la degradación de la materia orgánica presente en la basura, que aunada al agua de lluvia se percola a través de las capas de desechos, disolviendo algunos materiales y adquiriendo una serie de elementos tanto disueltos como en suspensión. Estos líquidos presentan movimientos horizontales y verticales que los desplazan a lo largo y ancho del terreno donde se generan infiltrándose al suelo para contaminarlo e inclusive llegar a mantos freáticos y probablemente acuíferos.

Los lixiviados se generan dentro de las zonas de acumulación de desechos sólidos denominados "basureros", los cuales pueden ser manejados como: 1) Relleno Sanitario, 2) Enterramiento controlado y 3) Tiradero a cielo abierto, donde a juicio de muchos el primer método es el más adecuado para la disposición de desperdicios por contar con sistemas de captación de subproductos de la basura como biogás y lixiviados, además de impedir la proliferación de fauna nociva. Sin embargo la experiencia demuestra que el relleno sanitario apenas entra en operación en nuestro país y más particularmente en el D.F., mientras que los otros métodos han sido usados desde siempre, lo cual pone en evidencia la falta de control en la generación de lixiviados y biogás.

Ubicado en Cd. Nezahualcoyotl, se localiza el basurero "Bordo Xochiaca" del cual se han obtenido muestras de lixiviado que han sido analizadas en cuanto a parámetros físicos y químicos se refiere, en el Laboratorio de Contaminación L-301 de la E.N.E.P. hoy F.E.S. Zaragoza. Encontrándose que presentan pH básico, gran cantidad de sólidos disueltos y suspendidos, así como elevadas concentraciones de sodio, potasio y metales pesados, además considerables cantidades de materia orgánica.

En este trabajo se cuantificaron, aislaron e identificaron las especies bacterianas indicadoras de contaminación Coliformes Fecales y Totales, Estreptococos Fecales y Clostridios Fecales, así como patógenas asociadas presentes en los lixiviados, proponiendo que la materia orgánica sirve de soporte nutritivo para el desarrollo de éstas y que además pueden ser transportadas hacia los cuerpos de agua subterránea, los cuales posteriormente sirven como fuente de agua potable para la población en general, generándose graves problemas de salud pública, ya que se detectaron especies patógenas que logran mantenerse viables dentro de estos líquidos. Todo lo anterior fue posible mediante métodos microbiológicos para el análisis de aguas, extrapolados a los lixiviados.

INDICE	PAGINA
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
3. OBJETIVOS	30
4. HIPOTESIS DE TRABAJO	30
5. MATERIAL Y REACTIVOS	31
6. METODOLOGIA	33
7. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO	37
8. RESULTADOS	39
9. ANALISIS DE RESULTADOS	46
10. CONCLUSIONES	52
11. BIBLIOGRAFIA	54
12. ANEXOS	57

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. CONTAMINACION

#### 1.1.1. ASPECTOS HISTORICOS DE LA CONTAMINACION

En un sentido amplio, la alteración de los ambientes no es de épocas recientes, ya que la contaminación ambiental ha existido en diversos grados desde antes de la aparición del hombre sobre el planeta. Gran cantidad de gases tóxicos debieron haber permanecido en suspensión en la atmósfera primitiva hace unos 500 millones de años. Es posible imaginar a los productos de las erupciones volcánicas que se sucedieron en este periodo, en donde los gases, humos y polvos expelidos contaminaron la hidrósfera y atmósfera prehistóricas (43).

Aproximadamente hace 2 millones de años, surge el *Homo habilis* primer animal que construyó armas e instrumentos utilizando los recursos que le brindaba su entorno, y del cual obtuvo satisfactores que le aseguraron su supervivencia y en consecuencia, comenzó alterar su ambiente. Estos hechos se pueden considerar como el nacimiento del fenómeno de la contaminación provocada por el hombre, aunque tuvo que pasar mucho tiempo para que sus efectos fueran siquiera perceptibles (18). Al igual que los demás animales, el hombre actuaba como depredador y competidor en las comunidades viéndose sometido a las consecuencias de los cambios ambientales, que le obligaban a adaptarse o a buscar otro lugar para su supervivencia (33).

El hombre primitivo obtuvo grandes beneficios con el descubrimiento y uso del fuego. Sin embargo, esto propició el deterioro y degradación de los sistemas ecológicos causados por la pérdida de grandes extensiones boscosas. Dichos lugares se cubrieron de pastizales favoreciendo la proliferación de las poblaciones de herbívoros, lo cual condujo a la erosión y pérdida de suelo que impidió la regeneración natural de los bosques. Posteriormente, estos animales humificaron la tierra y la volvieron apta para la agricultura, permitiendo la sedentarización del hombre y el comienzo de su desarrollo cultural (43).

De esta manera surgieron hace 10,000 años las primeras sociedades agrícolas, que produjeron cambios trascendentales en el ambiente, ya que la productividad aumentó, las poblaciones crecieron, se formaron las primeras ciudades y comenzaron a funcionar diversos tipos de industrias y comercios. Así el impacto sobre el ambiente



de este tipo de sociedades fue mucho mayor (18). El equilibrio del hombre con la naturaleza empezaba a verse comprometido (33).

Pero no es sino hasta la llegada de la era industrial (en el siglo XVIII), cuando el efecto de la contaminación sobre el medio actual empezó a alcanzar niveles alarmantes. Esto debido a que la producción en masa de satisfactores, medicamentos y alimentos, propició el crecimiento de la población y estimuló la creatividad científica y tecnológica, lo que a su vez facilitó una mayor producción (18). Nuevas fuentes de energía producidas por combustible, cuyo consumo iría aumentando. Los efectos de la combustión de dichos productos empezaron a notarse progresivamente sobre la biósfera (33).

Actualmente el mecanismo de retroalimentación mencionado anteriormente sigue funcionando (18), y durante este proceso de desarrollo se ha tenido una concepción equivocada sobre los recursos naturales renovables, ya que se ha entendido, a la renovabilidad como sinónimo de inagotabilidad, sin tener en cuenta que las leyes de la naturaleza deben respetarse. Los efectos de este proceso se manifiestan en la contaminación de la atmósfera, agua y suelo (9) y los niveles alcanzados hacen peligrar la capacidad de la biósfera para soportar y propiciar la vida. El aumento de la contaminación aparece relacionado con los modelos de crecimiento económico, con determinadas aplicaciones de los avances tecnológicos y con el proceso de urbanización que produce la formación de grandes megalópolis (33).

Con el crecimiento de los actuales centros urbanos y el avance industrial, el volumen de los residuos ha ido en aumento siendo los desechos vertidos a las corrientes de agua, al aire o al suelo (38).

### **1.1.2. CONTAMINACION Y CONTAMINANTES**

Es muy común el empleo de la palabra contaminación, sin embargo, en ocasiones este vocablo es sustituido por el término polución, de uso más corriente en países de habla inglesa. Jurídicamente, en nuestro país se entiende por contaminación "la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico" (36).

En consecuencia, la palabra contaminante se refiere "a toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altera o modifica su composición y condición actual" (36). Las definiciones anteriores pueden estar

sujetas a discusión, pero resultan útiles para situar el problema de la contaminación en el contexto nacional.

Por otra parte la contaminación puede ser integralmente definida de manera universal así:

*"Es la presencia de sustancias extrañas (sólidas, líquidas o gaseosas) en cantidades y concentraciones, capaces de interferir con el equilibrio de los elementos básicos de la naturaleza (agua, aire y suelo), que pueden afectar o afectarán la vida humana o la de especies benéficas, así como nuestros procesos industriales, condiciones de vida y acervo cultural, siendo éstas sustancias resultado de la actividad humana, es decir residuos de lo que hacemos, usamos y arrojamos cuando ya deja de tener alguna función o aplicación material en las actividades cotidianas (29, 36, 40).*

### 1.1.3. TIPOS DE CONTAMINACION

Durante mucho tiempo se dió por hecho que los factores que integran la naturaleza limpiaban el ambiente. En realidad, si la cantidad de residuos es relativamente pequeña y de origen orgánico, la naturaleza puede degradar la mayor parte de las sustancias desechadas, purificando el aire, agua y suelo. Pero con los cambios que se presentaron en la composición de los desechos, además de su cantidad y complejidad, esta capacidad natural (degradativa y amortiguadora), empezó a agotarse, acelerando los procesos de contaminación y deterioro ambiental (18). De esta manera tenemos que los contaminantes provienen o son producidos por lo que llamamos "fuente de contaminación" y están clasificadas en dos grupos:

A) Fuentes Naturales.- son aquellas en las que la actividad del hombre no tiene ninguna intervención o influencia ni nada que ver, en ellas podemos incluir a los deslaves ocasionados por las lluvias, la erosión producida por los vientos, los incendios producidos durante la caída de un rayo, la marea roja, la erupción de un volcán, etc. En fin una serie de fenómenos que cambian las características del medio donde ocurren ya que forman parte de la naturaleza.

B) No Naturales o Artificiales.- que se definen como aquellas que abarcan todas y cada una, de las actividades humanas que directa o indirectamente provocan contaminación, entre ellas tenemos: el trabajo en las fábricas, la operación de autobuses e inclusive salir de paseo a cualquier punto de la ciudad o del campo (30).

Estas "fuentes de contaminación" hallarán su destino en los elementos básicos que conforman al planeta, de aquí que la

contaminación se clasifique de acuerdo al elemento que afectan, así tenemos:

#### 1.1.3.1. Contaminación del aire.

El aire es una mezcla de gases, sustancias químicas y partículas en suspensión. Cuando la proporción de estos elementos se ve alterada por aumento o disminución de los mismos o por la adición de otros elementos extraños, se presenta una atmósfera contaminada.

Se entiende por contaminación del aire "la alteración de la calidad de la atmósfera a consecuencia de las actividades humanas, aunque también puede originarse por fenómenos naturales (22)". El incremento de la producción mundial de energía, la actividad industrial (transformadora o extractiva) y los procesos de combustión de materia orgánica (producidos por mecanismos de calefacción, incineración, el uso de automóviles y aviones), son las principales fuentes de contaminación del aire (43).

El grado en que afecta la salud humana una atmósfera contaminada, depende de su contenido de sustancias tóxicas como el monóxido de carbono, los óxidos de azufre, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, ozono, fluoruro de hidrógeno, las partículas en suspensión (nitratos, sulfatos, aerosoles, humos, vapores, polvos, polen y partículas viables: bacterias, hongos, virus y en ocasiones hasta estadios inmaduros de parásitos) así como los compuestos de origen metálico (22, 38).

Los análisis de aire han revelado la presencia de más de 3 mil sustancias extrañas. Entre las más frecuentes están los óxidos de carbono, nitrógeno, compuestos de azufre y aquellos que contienen carbono e hidrógeno ó carbono, hidrógeno y oxígeno (hidrocarburos) así como diversos compuestos de sodio, zinc, cloro, plomo, mercurio, etc. Los cuales causan la ruina del tejido de las hojas como venenos acumulativos en árboles, frutos, hortalizas y plantas de ornato.

También se ha observado que el smog fotoquímico (oxidante), blanquea y vitrifica las espinacas, lechuga, cardo, alfalfa, tabaco y otras plantas de hoja, así mismo se ha visto que los pétalos de los claveles se encrespan hacia adentro y se destruyen, en las orquídeas las hojas se decoloran hasta sus sépalos (3).

En el hombre los efectos adversos de los contaminantes del aire son diversos y los daños son esencialmente de tipo respiratorio acarreamo enfermedades agudas susceptibles de causar la muerte o crónicas como: asma, bronquitis, enfisema pulmonar, etc. Además se tienen afecciones de tipo circulatorio, digestivo, de los órganos de los sentidos y piel (3, 22, 40).

### 1.1.3.2. Contaminación del agua.

El agua representa uno de los recursos más importantes ya que es indispensable para todos los seres vivos y es utilizada en casi todas las actividades humanas (22). Contaminada sufre ciertos cambios en su naturaleza que la transforman en no apta para beber, regar, limpiar, etc, ni para el desarrollo de los seres que normalmente habitan en ella. La idea de que el mar, los ríos y los lagos son grandes basureros y que constituyen un medio rápido, además de barato para deshacerse de toda clase de residuos, ha ocasionado la contaminación universal de ésta (3). La adición a la misma de materia extraña indeseable que deteriora su calidad, entendiéndose como calidad de agua a su aptitud para los usos benéficos a los que se ha venido dedicando (22).

Entre las principales fuentes de contaminación del agua se pueden mencionar a las grandes ciudades y al gran número de industrias, las cuales generan enormes volúmenes de aguas negras y residuales que se encuentran contaminadas con un sin número de sustancias que se mezclan en los cuerpos acuáticos para contaminarlos (43).

La variedad de los efectos de la contaminación del agua es un indicador de la gran diversidad de usos que se le da (38). Entre los efectos más conocidos se encuentran la transmisión de infecciones virales, bacterianas y parasitarias (a través del agua para consumo). Químicamente la contaminación de este líquido está dada por una lista de sustancias que empieza con el petróleo siguiéndole los detergentes sintéticos, plaguicidas, nitratos y compuestos metálicos (3). En este caso se producen intoxicaciones por plomo, mercurio y otros metales, y asociados específicamente a la concentración de nitritos se sabe que provoca incrementos en la prevalencia y mortalidad por hipertensión (22).

Existen contaminantes que alteran la transparencia del agua, lo cual basta y sobra para poner en jaque a todo un ecosistema, ya que al verse impedida la entrada de luz en el medio, los productores tienen que optar entre emigrar (cosa que no siempre es posible) o morir de inanición. Por otra parte las centrales eléctricas y plantas de energía nuclear aumentan su temperatura lo que implica una pérdida de oxígeno disuelto, lo cual aumenta el metabolismo de los organismos acuáticos conduciéndolos a requerirlo más y más hasta acabar con el que queda y morir (3).

Otra circunstancia es que al llegar una buena cantidad de fertilizantes y detergentes a los cuerpos acuáticos, se determina la proliferación desmedida de ciertas algas, originando sobrepoblación y escasez de nutrientes y finalmente la muerte del plancton (fito y zooplancton), lo que incrementa de manera impresionante el número de bacterias que consumen dramáticamente oxígeno, haciendo difícil la vida en aguas que se encuentran a tal grado enrarecidas. Además es importante señalar lo peligroso que resulta descargar los drenajes de las grandes urbes, por la presencia de bacterias de origen fecal, quistes y huevecillos de parásitos, etc. Donde la resultante viene a ser el incremento de

enfermedades gastrointestinales de origen bacteriano, parasitario o viral por consumo de aguas contaminadas (3).

### 1.1.3.3. Contaminación del suelo.

Los suelos son una mezcla de sustancias minerales y de materia orgánica transformada por la descomposición de los residuos vegetales y animales, formando un sustrato muy complejo. Este sustrato sirve de soporte y alimento a las plantas, así como a una gran variedad de organismos (43). Durante siglos, los microorganismos se ocupaban de la descomposición y transformación de los desechos en sustancias asimilables para las plantas; pero desde la aparición de los productos sintéticos este proceso se ha ido modificando. Actualmente el deterioro de los suelos y su contaminación facilita la introducción de sustancias tóxicas en las cadenas alimenticias (18). La falta de planeación urbana, el crecimiento demográfico, la tala inmoderada de bosques y selvas, las actividades agrícolas y la disposición inadecuada de la basura son las fuentes principales de contaminación del suelo. Entre los contaminantes de mayor importancia que deterioran los suelos se encuentran los plaguicidas, los fertilizantes, las aguas contaminadas, los desechos sólidos, los detergentes, los residuos industriales (como los de la minería) y otros (43).

En lo que a contaminación de suelos se refiere, puede decirse que sus efectos radican en su papel de reservorio de contaminantes peligrosos para la salud. Las principales consecuencias negativas para la salud humana a causa de este tipo de contaminación, se encuentran influenciadas por las infecciones y parasitosis transmitidas por contaminación de tipo biológico (excretas humanas, drenaje como agua de riego, etc.), el aumento de la incidencia de enfermedades neoplásicas y de hipertensión asociadas a la concentración de algún compuesto químico en el suelo y los efectos patológicos ocasionados por los desechos industriales (22).

## 1.2. LA CONTAMINACION POR DESECHOS SOLIDOS

### 1.2.1. LA BASURA

El hombre siempre ha generado desechos, unos son el producto de su actividad económica, otros son consecuencia de sus funciones fisiológicas normales. Por este camino los seres humanos del siglo XX se han convertido en grandes productores de desechos, ya que cualquier satisfactor que consume o utiliza, genera un desperdicio al que llamamos basura (43).

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 (41). Sin embargo, existen términos que muchas veces son usados como sinónimo de basura como es el de residuo sólido. Para algunos un residuo es todo bien mueble destinado a ser abandonado por su propietario y un desecho sólido es todo desperdicio que es "paleable", es decir, que se puede cargar con una pala, a diferencia de los desechos líquidos los cuales son desperdicios "bombeables", o sea, se pueden aspirar y expulsar con una bomba (20). Según la E.P.A. (United States Environmental Protection Agency), el término residuo sólido incluye cualquier desperdicio o desecho de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como otros materiales descartados que incluyan material sólido, líquido, semisólido o gaseoso, resultado de las operaciones industriales, comerciales, mineras y agrícolas, y de las actividades humanas (34).

Legalmente, en nuestro país el significado de este vocablo incluye "todo material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control y tratamiento de cualquier producto, cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo generó" (12).

Un tipo muy especial de desechos lo constituyen aquellos definidos como desechos peligrosos, los cuales se refieren a desechos sólidos o a una combinación de ellos que debido a su cantidad, concentración, y características físicas, químicas o infecciosas puedan representar un peligro potencial para la salud humana o el ambiente, cuando son tratados, almacenados, transportados y dispuestos inadecuadamente (34). En México, se considera como tal a cualquier desecho que presente las siguientes características: inflamable, corrosivo, reactivo, tóxico, radiactivo, infeccioso, fitotóxico, teratogénico y mutagénico (18).

### 1.2.2. CLASIFICACION DE LOS DESECHOS

Aunque la basura es una mezcla heterogénea, sus componentes pueden catalogarse en varios grupos. Según el tipo de material, los desechos pueden ser (22):

- |                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| * Cartón           | * Papel                             |
| * Madera           | * Cuero                             |
| * Restos vegetales | * Material putrescible              |
| * Huesos           | * Vidrio                            |
| * Plásticos        | * Tierras y cenizas                 |
| * Envases de metal | * Restos de reparaciones domésticas |

Según la degradación biológica a la que están sujetos, se distinguen dos tipos (41):

\* Los biodegradables, que son aquellas basuras susceptibles de ser degradadas por la actividad y metabolismo microbiano, por ejemplo los desperdicios de alimentos y sus derivados, restos de animales y plantas, el papel, el cartón, los huesos, el trapo y la madera.

\* Los no biodegradables, que son aquellas basuras que permanecen intactos ante la degradación por la actividad y metabolismo microbiano, como son los materiales inertes, los cuales incluyen a los plásticos, las latas y envases metálicos, las botellas y frascos de vidrio, las cenizas y otros.

Según su origen, los desechos sólidos pueden ser de cuatro tipos (22):

- \* Residuos domésticos, de viviendas y locales comerciales.
- \* Residuos industriales.
- \* Residuos de hospitales, clínicas y laboratorios.
- \* Restos de materiales provenientes de la construcción.

Por último, según las propiedades de los desechos se identifican cinco clases (22):

- |                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| * Materia fermentable | * Materia altamente tóxica |
| * Materia inflamable  | * Materia inerte           |
| * Materia corrosiva   |                            |

### 1.2.3. COMPOSICION DE LA BASURA

La cantidad y calidad de las basuras ofrecen muchas variantes, que pueden relacionarse con la capacidad económica de ciertos núcleos de población, con las técnicas y materiales empleados en el empaquetado y envasado, y con la época del año, la cual determina los artículos y alimentos de consumo que hay en el mercado. Así pues, la basura resulta ser (aparentemente) un indicador del nivel económico de las sociedades (43). Es ella junto con los vestigios de los esqueletos humanos, quienes han permitido estudiar los avances de esta peculiar especie de la cual formamos parte (18).

La composición típica de los desechos urbanos de tipo domiciliario, está constituida por la de los residuos domésticos, compuestos principalmente por materia orgánica putrescible con humedad propia.

También la integran los escombros de la demolición, restos del barrido de las calles, residuos de mercados y almacenes, etc.; no incluyendo a los residuos de industrias, reactivos de hospitales, ni los efluentes de plantas de tratamiento de agua residual (22).

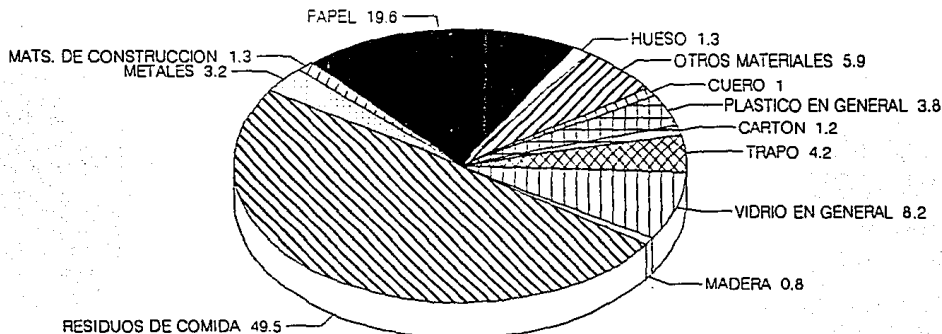
En la gráfica 1.1. se muestra la composición de la basura doméstica en la Ciudad de México, D.F. (22).

Es importante enfatizar que en la actualidad, es cada día mayor la presencia de plásticos en los residuos sólidos municipales, ya que en el transcurso de las últimas décadas, se han estado fabricando en cantidades exageradas y con características cada vez más notables de resistencia a los agentes naturales. Los plásticos se utilizan en la elaboración de una gran cantidad de artículos, por ser materiales muy económicos y de fácil manejo; pero presentan el inconveniente de ser inertes y muy estables, lo que dificulta su eliminación, ya que permanecen intactos en el ambiente y ocupan espacios cada vez mayores (43).



# COMPOSICION TIPICA PROMEDIO DE DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE MEXICO

(PLAN MAESTRO PARA DESECHOS SOLIDOS, 1984-1988, D.D.F. 1984)



COMPOSICION DE LA BASURA

#### **1.2.4. MANEJO DE LA BASURA**

El manejo de la basura o desechos sólidos, se puede resumir en un ciclo (figura 1.1.), que comienza con la generación y acumulación temporal de los mismos, para después continuar con su recolección, transporte y transferencia, culminando con el destino final o disposición final de los residuos en las zonas de acumulación (22).

##### **1.2.4.1. La generación.**

Para el ciudadano común y corriente, 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 baldío, entregarse al camión recolector o darla directamente al barrendero que limpia la calle (8). 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 empiezan. Por ejemplo, se ha estimado que cada habitante de la Ciudad de México, desecha diariamente un promedio de 1 kg de basura, lo que viene a hacer un total de 19 000 toneladas diarias (18). De este total, en los hogares del D.F. se desperdician alrededor de 100,000 kg de tortilla, 35,000 kg de frijol y 30,000 kg de arroz diariamente (22). Asimismo, esto se ha visto influenciado por el consumo desmedido de productos que se ofrecen al público en envases no retornables, los cuales proliferan día con día.

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. En otros lugares, como en la capital de Francia, la cantidad de desechos que se producen es del orden de 1kg/habitante/día, mientras que en los Estados Unidos de América se producen 2.4 kg/habitante/día aproximadamente (43).

##### **1.2.4.2. La recolección y el transporte.**

La recolección de la basura es el lazo de unión entre la disposición inicial en el domicilio y el sistema de depósito final. Este proceso debe estar organizado de tal modo que se realice de manera eficiente, sin producción de malos olores, polvos, ruidos o desorden, y en condiciones aceptables para un servicio de esta naturaleza (41).

La eficiencia de un sistema de recolección va a depender de la correcta coordinación de varios factores, como son la capacidad del vehículo colector, el número de personal encargado de la colecta de basura, el tipo de desechos recogidos y el número de viajes por día de una distancia determinada al sitio de disposición final.

# CICLO DE LA BASURA

---

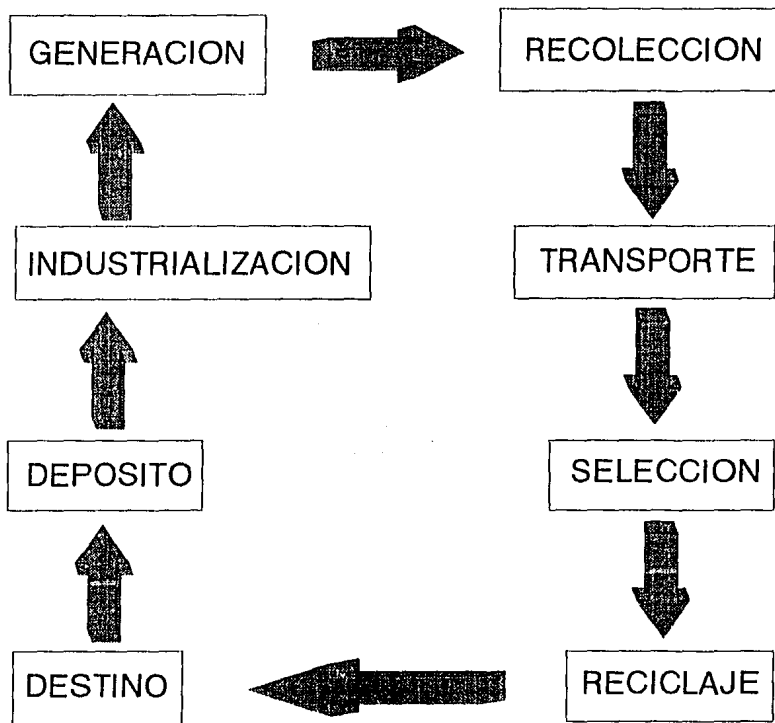


FIGURA 1.1.

Por otra parte, la frecuencia de recolección va a tener una gran influencia sobre la cantidad y composición de los desechos, ya que todavía existen lugares donde se realiza la colecta sólo una o dos veces por semana (20).

En el D.F., se emplea para la recolección equipo más o menos moderno, tales como barredoras mecánicas, camiones compactadores, trailers, etc, haciendo un total de casi 2000 unidades de recolección, de las cuales el 35 al 40 % se encuentran en talleres mecánicos para su reparación. En cambio en la Zona Metropolitana, que incluye además a los municipios conurbados del vecino Estado de México, las posibilidades para la recolección abarcan desde un perfeccionado sistema de "containers" en áreas como Cd. Satélite, hasta los tradicionales carros de madera tirados por mulas como en Cd. Nezahualcoyotl (8).

Para el transporte de los residuos es necesario contar con vehículos adecuados, sobre todo en las grandes ciudades en donde se hace vital proyectar rutas de recolección y transporte que reduzcan los recorridos. Una solución la constituyen las "Estaciones de Transferencia", en las cuales los trailers de gran capacidad son llenados con basura proveniente de 7 u 8 viajes de camiones recolectores más pequeños. Una vez que el trailer está lleno, es "despuntado", para después colocársele una malla protectora que impedirá que su contenido sea regado por aire al salir de la estación de transferencia para dirigirse a los sitios de disposición final que tengan asignados los desechos. Cabe mencionar que en la Cd. de México o mejor dicho en el Distrito Federal funcionan actualmente varias estaciones de transferencia localizadas en diferentes delegaciones como Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Cuauhtémoc y otras, así como también se tienen en el Edo. de México (tabla 1.1. ref. 8).

Por lo que se refiere al personal recolector, no se tienen datos para la Zona Metropolitana, sin embargo en el D.F. se calcula que cerca de 15,000 trabajadores participan en esta tarea, entre choferes, barrenderos, ayudantes, "macheteros" y voluntarios (8).

TABLA 1.1 . ESTACIONES DE TRANSFERENCIA EXISTENTES EN EL DISTRITO FEDERAL Y MUNICIPIOS CONURBADOS

DELEGACION O MUNICIPIO	ESTACION DE TRANSFERENCIA
ALVARO OBREGON AZCAPOTZALCO BENITO JUAREZ COYOACAN CUAUHTEMOC GUSTAVO A. MADERO IZTAPALAPA	ALVARO OBREGON AZCAPOTZALCO BENITO JUAREZ COYOACAN CUAUHTEMOC GUSTAVO A. MADERO IZTAPALAPA I IZTAPALAPA II SANTA CATARINA *
MILPA ALTA MIGUEL HIDALGO TLALPAN VENUSTIANO CARRANZA XOCHIMILCO TLALNEPANTLA	MILPA ALTA MIGUEL HIDALGO TLALPAN VENUSTIANO CARRANZA XOCHIMILCO TLALNEPANTLA I TLALNEPANTLA II *
CHALCO COACALCO NEZAHUALCOYOTL TULTITLAN	CHALCO * COACALCO * NEZA I * TULTITLAN *
* SIGNIFICA POR CONSTRUIR O EN CONSTRUCCION	

#### 1.2.4.3. El destino final de los residuos sólidos.

Hoy en día existen varios métodos de disposición final de basura y pueden dividirse en 2 grandes grupos: aquellos en los cuales los desechos se disponen en el mismo estado en que se recogen, como son los tiraderos a cielo abierto, enterramiento controlado y los rellenos sanitarios; y en segundo lugar aquellos que implican un tratamiento o uso parcial o total de los desperdicios recolectados, como son la incineración, el composteo, la recuperación, etc. (41).

Los métodos de tratamiento y disposición final de los residuos más comúnmente aceptados son la Incineración, el Relleno Sanitario y en algunas partes del mundo, el Composteo (34). En cuanto a sitios de disposición final se refiere, estos pueden ser manejados de distintas formas:

a) Tiraderos a cielo abierto (Vertederos brutos): Consisten en grandes depósitos de basura situados en lugares que no han sido seleccionados previamente para este fin. Los desechos generalmente son dispuestos sin ningún tipo de tratamiento sobre una gran área, produciendo molestias al vecindario que se derivan de los malos olores, la abundancia de ratas, moscas, helmintos, y de los incendios ocasionales (34, 41). Según un estudio de la Organización Mundial de la Salud, es un método de evacuación establecido y aceptado a reserva de adoptar medidas apropiadas para evitar perjuicios. Según estadísticas recientes aproximadamente el 70% de las cantidades de basura producidas se eliminan por este medio. Esta proporción alcanza el 90% en localidades rurales (34).

Ejemplos de lo anterior en el D.F., lo han sido los Ex-basureros de Santa Cruz Meyehualco, ubicado en el Oriente de la Cd. de México, y el de Santa Fe al Poniente de la misma, los cuales fueron clausurados en 1983 y 1986 respectivamente (22, 13); pero actualmente sigue funcionando un basurero de este tipo, Santa Catarina, localizado también al Oriente del D.F., el cual se encuentra en vías de transformarse en un Relleno Sanitario.

**b) Enterramiento Controlado:** Se encuentra controlado cuando se han tomado las disposiciones para que su espesor, compacidad y una cobertura de tierra permitan realizar en óptimas condiciones una fermentación aerobia rápida (degradación) de las basuras y mantenga las condiciones adversas para el desarrollo y la reproducción de insectos y la subsistencia de ratas (34). Consiste en disponer la basura en un área relativamente pequeña, extenderla y comprimirla, hasta alcanzar una altura aproximada de 2 metros, posteriormente se cubre con una capa de suelo traída de alguna excavación o con el producto de desasolve proveniente de los tubos de drenaje. Este método evita los malos olores, la posterior dispersión de la basura así como la formación de grandes bolsas de gases que son el resultado de la degradación de la materia orgánica, los cuales son altamente inflamables. Ejemplos de esta forma de manejo de residuos, están los tiraderos de Bordo Xochiaca (Neza I) localizado en Cd. Nezahualcoyotl y Prados de la Montaña al poniente de ciudad cerca de Santa Fé (22).

**c) Relleno Sanitario:** Este es un sistema de disposición final de desechos sólidos satisfactorio desde el punto de vista de protección al ambiente (34). En esencia consiste en depositar y vaciar los residuos recogidos durante el día y mediante maquinaria adecuada, se procede a formar una masa compacta de espesor uniforme y forma regular, de manera que se recubra apropiadamente con tierra y otros materiales semejantes al final de la jornada diaria. De este modo se consigue aislar del ambiente los residuos, estableciéndose condiciones para la generación de un proceso de descomposición anaeróbica o digestión de la basura.

Esta unidad de forma regular y aislada con material inerte o impermeable (por ejemplo arcillas o membranas artificiales impermeables), recibe el nombre de celda sanitaria (17, 42). Al mismo tiempo puede combinarse, si se desea, con un sistema de recuperación de elementos útiles (como papel, vidrio, metal, etc.), y posteriormente aprovechar las áreas en que se ha efectuado el asentamiento como parques deportivos, jardines públicos, etc. (41, 43).

Aunque no puede considerarse como un relleno sanitario propiamente dicho, ya que carece de sistemas para la captación de lixiviados, "Bordo Poniente", situado al noreste del D.F. en la propiedad federal del Ex-Lago de Texcoco, presenta algunos avances en este sentido, ya que cuenta con celdas de contención de los desechos que se van cubriendo tras cada jornada de trabajo, además incluye sistemas de captación de biogás no así de lixiviados (22).

En lo que se refiere a los métodos de disposición final que de alguna manera permiten la reutilización, parcial o total, así como la destrucción de desechos se tienen:

a) Incineración: Consiste en un proceso de combustión controlada, de desechos combustibles sólidos, o líquidos, para transformarlos a gases (34). Lo anterior se realiza por medio de un horno incinerador, el cual si está bien diseñado, proyectado y operado, permite aprovechar la parte de energía calórica disponible en la basura, para ser utilizada con propósitos municipales, industriales o domésticos. Con este método, todas las bacterias e insectos son destruidos en forma rápida y se eliminan los materiales combustibles de la basura en forma satisfactoria. En cambio, los componentes no combustibles de la misma, como el vidrio, se eliminan posteriormente sin inconvenientes sanitarios (41).

b) El composteo: Es un método que en términos generales se define como la descomposición biológica de la materia orgánica (que incluye desechos sólidos municipales y agrícolas, residuos de plantas de tratamiento, etc.) y que por la acción de bacterias, hongos, helmintos y otros organismos, se puede obtener un humus estabilizado que es susceptible de ser utilizado para mejorar y acondicionar el suelo, especialmente terrenos dedicados a la agricultura (41, 34). Entre otros factores se deben vigilar y considerar la composición de los desechos, la disposición de los residuos no composteables y la posible producción de malos olores. Sin embargo, este proceso resulta atractivo ya que las temperaturas que se alcanzan durante el mismo (alrededor de los 70°C), destruyen las larvas de moscas y otros insectos nocivos, así como a especies de bacterias patógenas (34).

En el caso de México, en el D.F. se cuenta con una Planta Industrializadora de Desechos 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 dicho abono en cuanto a su fertilidad, demuestran que el producto de la mencionada planta es extremadamente pobre en nutrimentos (22).

b) La recuperación: 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. Un sistema de disposición final en cualquier país en desarrollo, debe contar con equipos apropiados para la selección, del material recuperable como son los elementos metálicos, (ferrosos y de otro tipo), el papel y cartón, el vidrio, los huesos y algunos otros; ya que no pueden permitirse el lujo de desperdiciar productos que tienen alguna utilidad (41). No obstante, en la Cd. de México y con los sistemas utilizados actualmente, el reciclaje y recuperación de los subproductos útiles de la basura no alcanza ni el 15 % (22).

c) Existen otros sistemas de disposición final de desechos menos conocidos, los cuales presentan diferentes ventajas y desventajas

para su aplicación. Entre otros se puede mencionar a los siguientes; Reducción, Vaciamiento al mar y cursos de agua, Alimentación de cerdos, Trituración, Pirólisis, Incineración a altas temperaturas y Oxidación húmeda (41, 34).

### **1.3. EFECTOS DE LA CONTAMINACION POR DESECHOS SOLIDOS EN EL AMBIENTE.**

#### **1.3.1. IMPACTO SOBRE EL AIRE, AGUA Y SUELO.**

Los problemas que ocasionan los sitios destinados a la disposición de la basura se pueden resumir en lo siguiente: afectan al aire, al agua y al suelo.

En un principio, la zona elegida para disponer los desechos es devastada; una vez desnudo el suelo, aporta a la atmósfera gran cantidad de polvo, materiales inertes y microorganismos que el viento al pasar levanta en fuertes tolvaneras (22). Además debido a que la basura contiene cantidades variables de materia putrescible, en los tiraderos las bacterias aerobias inician la descomposición de los residuos, y cuando el oxígeno se consume o agota los microorganismos anaerobios aparecen, produciendo gases muy tóxicos y de olor repugnante, ejemplo de ello son el metano, ácido sulfhídrico, amoníaco y otros. Por otra parte la presencia de gases inflamables puede ocasionar combustiones espontáneas de las que surgen gran cantidad de humos que contaminan la atmósfera (43).

Los desechos también contaminan el agua, ya que cuando la lluvia o sus escurrimientos atraviesan un depósito de basura, provocan la disolución de algunos de sus componentes y propician la descomposición de la materia orgánica, arrastrando a su paso sustancias tóxicas y gérmenes patógenos, que según las condiciones del terreno pueden filtrarse hasta alcanzar las aguas freáticas y mantos acuíferos colaborando con ello a su contaminación (43).

Así mismo, la basura también produce contaminación en el suelo, pues al ser depositada en una determinada área, desaparece primeramente la capa vegetal lo cual favorece la erosión del mismo. Una vez cubierto por los residuos el suelo de estas áreas se inutiliza para otros fines. Aunado a lo anterior, la infiltración de aguas contaminadas puede dañar el suelo cuando se ve impregnado de sustancias tóxicas (43), provocando que pierda muchas de sus propiedades originales, como la friabilidad, textura, porosidad, permeabilidad, intercambio catiónico, concentración de macro y micronutrientes, volviéndolo estéril (22).



Por último, un aspecto que también se ve afectado por la disposición de residuos sólidos, es la calidad de vida, la cual sufre una disminución debido a que la basura provoca problemas como olores nauseabundos, atraen e incrementan la fauna nociva (ratas, moscas, cucarachas, etc.) y propician la insalubridad y las enfermedades transmisibles. Todo esto culmina con la degradación estética de las áreas utilizadas para tal fin (43).

#### 1.4. LOS SUBPRODUCTOS DE LA BASURA.

Los materiales componentes de los desechos sólidos son muy diversos, tanto en origen, como en composición química y en tiempos de degradación. Estos residuos se van eliminando en tiempos diferentes y dan lugar a nuevos componentes químicos que provocan a su vez la contaminación del medio. Estos nuevos elementos de la transformación son el Biogás y los Lixiviados, los cuales se consideran subproductos de la basura en descomposición que se dispersan comúnmente en el medio circundante al depósito de basura a través del aire, agua y suelo (22).

##### 1.4.1. El Biogás.

La degradación de la materia acumulada en los depósitos de residuos sólidos se realiza en dos fases:

- Una de tipo aeróbico, que comienza en el momento en que los materiales se generan y durante la acumulación temporal en los sitios de generación. La duración de esta etapa es variable y persiste mientras exista aire para sostener a las poblaciones aeróbicas. En ella intervienen hongos y bacterias cuyos productos finales son el  $\text{CO}_2$ , el  $\text{NH}_3$ , y el  $\text{H}_2\text{O}$ .

- Otra de tipo anaeróbico, durante la cual se reconocen dos etapas: La primera en la que no hay producción de metano y que en presencia de agua y enzimas bacterianas se producen  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y ácidos orgánicos como el Acético. La segunda llamada metanogénica en la que los principales gases que se producen son el  $\text{CO}_2$ , y el metano, por acción de la bacteria *Methanobacterium sp.*

Todos los gases anteriormente mencionados, se convierten en un peligro inminente. Por ejemplo, el metano y el hidrógeno son explosivos; el bióxido de carbono tiene un pH de tipo ácido y puede ser responsable de problemas severos de corrosión del agua subterránea. Otro gas que se forma en los basureros es el ácido

sulfhídrico, el cual es corrosivo y de olor nauseabundo (21). Además se han detectado otros gases como el etano, el propano, la fosfina, el nitrógeno y los óxidos nitrosos, todos ellos muy tóxicos para la vegetación y algunos organismos que habitan el suelo, por ejemplo los nemátodos (16). Es necesario hacer énfasis que en los sitios de disposición final, se presenta un movimiento horizontal del biogás, el cual ha sido monitoreado más allá de los límites de dichos sitios alcanzando una distancia de 234.84 m (21).

#### 1.4.2. Los lixiviados.

Los lixiviados pueden definirse como los líquidos que al percolarse por las capas del suelo u otro material sólido permeable, van disolviéndose en su totalidad o en alguno de sus componentes (21). Este fenómeno se presenta en los basureros en donde los lixiviados se originan principalmente por la percolación del agua de lluvia a través de los estratos de residuos sólidos, adquiriendo a su paso una serie de componentes tanto en suspensión como disueltos (35). También puede haber generación de lixiviados de la propia basura, ya que durante la etapa no metanogénica, uno de los subproductos es el agua, que puede contribuir a la disolución de algunos compuestos (22). En algunos sitios, al agua producto de la degradación de la basura y al agua de lluvia que se percola a través de la misma, se le combina la procedente de mantos freáticos cercanos que llegan a la superficie por capilaridad (21).

La generación de lixiviados se presenta entonces, cuando la capacidad de campo de todo el material depositado ha sido cubierta (35), así como la del suelo subyacente, ya que la percolación del agua supera a la evapotranspiración por un período de tiempo tal, que resulta suficiente para alcanzarla. Así el exceso de humedad, es decir, el lixiviado hace su aparición (7). Algunos investigadores calculan que en zonas húmedas, donde la precipitación excede a la evaporación, el volumen de lixiviado producido puede ser muy alto. La Oficina de Desechos Sólidos de la E.P.A. ha estimado que en un sitio de disposición final de residuos sólidos típico, con un área de 17 acres y una infiltración anual de 0.254 m, puede generar 17411 m<sup>3</sup> de lixiviados por año, manteniendo esta producción en un intervalo de tiempo de entre 50 a 100 años (7). Otros 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 3m, localizado en una zona con una precipitación media anual menor a 1500 mm, es de 120 000 m<sup>3</sup> por año (21).

Por otra parte, estos líquidos cuyas característica es ser sumamente contaminantes, presentan un movimiento horizontal por medio del cual van a desplazarse a lo largo del terreno utilizado para el depósito de la basura, escurriéndose hacia zonas aledañas (22). Se han encontrado además concentraciones peligrosas de lixiviados a varios cientos de metros de distancia del sitio de ubicación del basurero (21). Asimismo, los lixiviados también

presentan un movimiento vertical a través del cual se infiltran en el subsuelo, alcanzando en ocasiones los mantos freáticos y acuíferos, convirtiéndose en una fuente significativa de contaminación del agua subterránea (22). Cuando los lixiviados han llegado a dichos mantos, se mueven en dirección del depósito de agua (7), y migran a distancias considerables persistiendo en el agua por muchos años (34). Los lixiviados representan un fenómeno que puede ser observable, puesto que en algunos sitios se distinguen afloramientos los cuales forman lagunas superficiales, como ocurría en el basurero de Santa Cruz Meyehualco (antes de su clausura) y en de Bordo Xochiaca (actualmente). Esto va a verse influido principalmente por la permeabilidad del suelo, ya que, por ejemplo, en el Ex-basurero de Santa Fe los lixiviados no son observables en la superficie del terreno debido a que el suelo de dicho lugar está compuesto de areniscas sumamente permeables (22).

## **1.5. GENERACION Y COMPOSICION DE LOS LIXIVIADOS.**

### **1.5.1. FACTORES QUE AFECTAN LA GENERACION 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 (23):

#### **1.5.1.1. Disponibilidad de agua.**

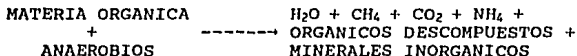
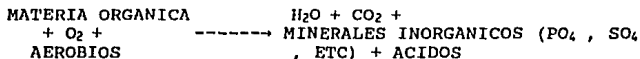
La causa primaria es la precipitación, pero también influyen directamente la superficie de escurrimiento, la intrusión de agua subterránea, la irrigación, la descomposición de los desechos y la codisposición de desechos líquidos y lodos.

a) La precipitación es en muchos casos la fuente mayoritaria de lixiviados, y va a comprender 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 (23).

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, la que a su vez afecta la superficie de escurrimiento. La vegetación también tiene efectos significativos sobre lo anterior, lo cual depende de la composición en especies, la edad y densidad de la vegetación, así como de la estación del año (23).

c) En cuanto a la intrusión de aguas subterráneas, los lixiviados se presentan 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 desecho saturado, el tiempo de contacto y la dirección del flujo del 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 desechos en los sitios de acumulación (23).

d) La descomposición microbiológica del material orgánico biodegradable puede generar agua, a través de las siguientes reacciones:



La actividad microbiana y su consecuente generación de agua, dependen principalmente de la cantidad y del pH de la humedad intersticial, de la temperatura, del oxígeno, de la composición y tamaño de la partícula de los residuos, del tipo de organismos presentes y del grado de mezcla de los desechos. Sin embargo, se puede decir que la cantidad de lixiviados generados por esta vía es mínima, en comparación con otras fuentes de generación (23).

e) La codisposición 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 lodo, su contenido de humedad, su capacidad de retención de humedad y el efecto de

liberación de agua de los lodos a causa de la compactación de los mismos (23).

#### **1.5.1.2 Evapotranspiración.**

Es la suma del agua perdida por evaporación y por transpiración, estan bien reconocidas, pero su evaluación es difícil por los efectos de interdependencia. El viento 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 conectadas a esta. Ya que cuando la evaporación disminuye la concentración de sólidos disueltos aumenta. El rango de evaporación disminuye cerca del 1% por cada 1% que aumenta la gravedad específica (23).

La evaporación del agua de la superficie del suelo, se controla por los mismos factores que la evaporación del agua de las superficies de agua libres. La diferencia está en que las partículas del suelo, tienden a encadenar moléculas de evaporándose otra vez. Esta fuerza atractiva, es una función del contenido de humedad del suelo. El peso de los suelos no saturados, mantienen cercanamente una proporción de evaporación constante sobre un rango de contenido de humedad. La evaporación se reduce de acuerdo al bajo punto de marchitamiento o porcentaje permanente de marchitamiento. La evaporación de la superficie del suelo, continuará tan larga como sea la capa somera de la superficie (cerca de 100 mm), para arcillas y de cerca de 200 mm para arenas; conteniendo humedad sobre el punto permanente de marchitamiento. En suelos más profundos la evaporación es insignificante (23).

#### **1.5.1.3. La infiltración.**

Es el flujo de agua a través de la superficie del suelo. Esta influye 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), superficie topográfica (inclinación, capacidad de almacenaje de la superficie, etc.), vegetación y condiciones de drenaje interior, donde se encuentra la influencia de la infiltración directamente. El rango mínimo de infiltración generalmente aprovecha el rango de percolación del suelo. Las características importantes del suelo tendientes a retardar la infiltración, son la alta porosidad no capilar y el alto contenido orgánico del subsuelo. Las gotas de lluvia que llenan el suelo desnudo, tienden a compactar la capa superficial y lavan claramente dentro de los poros largos, causando también una reducción severa en la infiltración. El tipo y la densidad de la vegetación del relleno, son otros factores importantes que afectan la infiltración. La vegetación protege la superficie del suelo del impacto de la lluvia. Esto también retarda la velocidad del flujo de la superficie, así esta se retiene en la superficie del relleno por un tiempo más largo. El agua puede penetrar al suelo más

lentamente si el flujo baja dentro del mismo. El drenaje interno por lo tanto, 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 podrían ser generados fácilmente durante las tormentas tipo diluvio, que duran horas, o en aguaceros prolongados (23).

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

Se define generalmente como la cantidad de agua que excede la capacidad de campo de los desechos. Teóricamente el movimiento del agua a través de los desechos compactados en las celdas, no ocurrirá hasta que la capacidad de campo sea excedida. Prácticamente debido a la naturaleza homogénea de los desechos, algunos canales de agua pueden aparecer, causando alguna percolación que aparezca primero alcanzando la capacidad de campo. En situaciones de campo la significancia de tal efecto de acanalamiento dificultará la estimación. Debido a este hecho, los desechos raramente tardarán en saturarse y la alta capacidad de absorción de agua de muchos desechos, hará que la cantidad de acanalamiento sea pequeña. Como el agua se percola verticalmente, atravesando el suelo de cubierta del relleno y dentro de los desechos, en las capas con las diferentes estructuras y propiedades que encuentra. Si el agua se mueve en las capas de desechos saturados (las cuales se encuentran en las capas superiores de desechos inmediatamente después de una tormenta prolongada) la gravedad específica y las fuerzas de presión, las cuales forman el gradiente hidráulico que influirá en el movimiento del agua (23).

La velocidad y la proporción de flujo de tales percolados, puede expresarse por la ley de Darcy como sigue:

$$V = Ki \quad \text{donde: } V = \text{velocidad de flujo}$$
$$a = KAi \quad a = \text{proporción de flujo}$$
$$K = \text{permeabilidad de los desechos}$$
$$A = \text{cruz seccional del area perpendicular a las direcciones de flujo.}$$
$$i = \text{gradiente hidráulico}$$

Se concluye que la permeabilidad de los desechos es afectada por el tamaño de partícula y la densidad de los mismos. Después de que la percolación se observa en el relleno, en la capa, con los lixiviados generados si hay intrusión de aguas subterráneas, los cambios en la retención de humedad y la contribución bioquímica son omitibles (23).

### 1.5.2. Composición del lixiviado.

Los lixiviados tienen características agresivas a causa de las elevadas cargas orgánicas y iónicas que se presentan (35). Los lixiviados provenientes de desechos domésticos comúnmente contienen altas concentraciones de materia orgánica soluble, iones inorgánicos como cloruros y sulfatos, así como de metales pesados, entre los cuales destacan Fe, Na, K, Ca, Mn, y Zn (23). Reportes de otros países muestran que la composición física, química y biológica de los lixiviados es tan variada que va desde un gran contenido de sólidos disueltos, cloruros, sulfatos, carbonatos, sodio, potasio, calcio, magnesio, hasta poseer elevados valores de DQO y DBO. También presentan elevadas concentraciones de metales pesados (Fierro, Cromo, Cadmio, Zinc, y Plomo) e inclusive pueden contener Bióxido de Carbono y Metano disueltos (4). Algunos estudios realizados en México específicamente en el Bordo Xochiaca, revelan que los lixiviados que ahí se producen presentan grandes cantidades de materia orgánica y de sólidos totales (suspendidos y disueltos), así como altas concentraciones de sodio, potasio y metales pesados (Cadmio, Cobre, Cromo, Fierro, Plomo y Zinc). El pH que se reporta es alcalino y las conductividades eléctricas son muy altas (14). Dichas concentraciones se ven reflejadas en altas conductividades y en ausencia de Oxígeno (22).

Por otra parte se han identificado compuestos orgánicos como los ácidos grasos de cadena corta, cuya presencia indica las primeras etapas de la degradación aerobia de los desechos, también se han determinado cetonas, alcanos, alcoholes de cadena corta solventes aromáticos, etc. (23).

En cuanto a la composición microbiológica hay que recordar 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. De hecho los residuos sólidos frecuentemente contienen heces fecales, resto de animales, pañales usados, desechos de hospital, etc., los cuales representan un peligro potencial para la salud humana. Dentro de esta gran variedad de microorganismos se tienen bacterias, hongos, parásitos y virus, que logran sobrevivir en los lixiviados a pesar de que las condiciones imperantes en ellos no son las óptimas para la supervivencia de cualquier especie. En este punto algunos autores descartan la presencia de germen patógenos mientras que otros reportan bacterias como Salmonelas, bacterias coliformes (*E. coli*), estreptococos fecales, huevecillos de parásitos (principalmente de *Ascaris*); hongos como *Cephalosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* entre otros, así como virus entéricos y poliovirus del tipo I y III (23).

La composición anteriormente descrita depende de la velocidad de descomposición de los desechos, influenciada por la humedad, la

actividad biológica, la temperatura y la presencia de oxígeno, así como de la cantidad y tipo de desechos que en él se depositen. Hasta el momento los lixiviados no pueden ser comparados con otros líquidos contaminantes, por ejemplo las aguas negras, pero sí pueden establecerse comparaciones acerca de su composición.

### **1.5.3. FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICION DE LOS LIXIVIADOS.**

La composición de los lixiviados va a depender de muchos factores, incluyendo aquellos inherentes a la masa de los desechos y a la localización del basurero o relleno (23).

#### **1.5.3.1. Composición de la basura.**

La masa de los residuos en un relleno está directamente relacionada con la cantidad de contaminantes. La porción disponible de la basura para la lixiviación es 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 desechos disponibles para lixiviar, también es influida por el área superficial de la basura y el tiempo de contacto entre los desechos y la solución. Por ejemplo, cuando el área superficial se incrementa, los constituyentes solubles pueden lixiviar y removerse más o menos rápidamente modificando la composición del lixiviado.

#### **1.5.3.2. Procesamiento de los desechos.**

Esto se refiere a las operaciones de trituración y empaquetado de los desechos 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 desechos
- 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 desechos

Lo anterior tiene como consecuencia que al incrementarse la capacidad de campo, se eleva tanto la tasa de remoción de contaminantes por volumen de lixiviado así como su concentración, comparados con las de los residuos no triturados. Con respecto al empaquetado (o embalaje), este se realiza para disminuir lo más posible el volumen de los desechos, 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 masa de contaminantes por volumen de lixiviado más pequeña y un retraso en la consecución de la capacidad de campo de los desechos, en



comparación con aquellos lugares en donde aquellos no han sido triturados o empacados.

#### **1.5.3.3. 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 desechos, 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 relleno es un parámetro que permite medir y monitorear cambios en la composición de los lixiviados (23, 41)

#### **1.5.3.4. 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 baja tasa 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 (23, 41).

#### **1.5.3.5. Profundidad de los desechos.**

El agua que penetra desde la superficie de la columna de basura, atraviesa las capas de desechos 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 desechos, puesto que cuando son bajas y lentas, el lixiviado presenta 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 (23, 41)

#### **1.5.3.6. Temperatura del relleno.**

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 desechos (23, 41).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En el laboratorio de Contaminación L-301 de la E.N.E.P. Zaragoza en el campus II, se ha estudiado desde 1984, la zona de acumulación de desechos sólidos (o Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos) denominada Bordo Xochiaca, la cual no cuenta con todas las características necesarias de un relleno sanitario como ha sido manejado por diversas instancias (22). Se encuentra localizado en Cd. Nezahualcóyotl, en el Estado de México. En él se pueden observar diversos sitios de afloramientos o lagunas de lixiviados, a los cuales se les ha realizado una caracterización física y química dado que no existe estudio alguno sobre ellos, o si los hay la información no es accesible (24).

Los estudios realizados en el laboratorio demuestran que cuantitativamente en el basurero de Bordo Xochiaca los lixiviados sobrepasan los valores encontrados para los parámetros físicos y químicos en los líquidos de otros basureros como Santa Fe y Santa Cruz Meyehualco (24). Sin embargo es importante que se realice un estudio microbiológico tratando de aislar e identificar las bacterias indicadoras de contaminación y patógenas asociadas que podrían estar presentes en los lixiviados, dado que existen grandes cantidades de materia orgánica que pueden servir como sustrato - para los microorganismos (22 y 28). Además de que se ha demostrado que existen bacterias, que pueden llegar a adquirir cierta resistencia a condiciones adversa expulsando metales pesados por sistemas de transporte activo, de la misma manera como lo hacen con algunos nutrientes (10).

Mediante este estudio se podrá inferir que dadas las condiciones que imperan en los lixiviados de Bordo Xochiaca en cuanto a su composición, estos se convierten en un foco potencial de contaminación ya que la materia orgánica presente va a servir de soporte alimenticio a un buen número de gérmenes, de manera que estos logran sobrevivir y mantenerse viables. Si a lo anterior conjeturamos que en épocas de viento y baja precipitación los lixiviados se evaporan, van a dejar en la superficie de los afloramientos una serie de materiales contaminantes que son esparcidos por el aire hacia los asentamientos humanos, como pueden ser las estructuras de resistencia que poseen algunos microorganismos sean esporas, quistes, o al propio microorganismo.

Por tanto es comprensible que los alimentos, el agua y diversos objetos se vean contaminados. Asimismo, la infiltración de los lixiviados en el suelo contamina aguas subterráneas, las cuales sirven de abastecimiento de agua potable para la población, la cual se puede ver afectada por alguna enfermedad a causa del desplazamiento de los lixiviados hacia los cuerpos de agua.

Peor aún, las personas que trabajan dentro del basurero, los llamados "pepenadores", adquieren una gran variedad de microorganismos patógenos al realizar sus labores dentro del basurero, pasando en un momento dado de forma asintomática, y convirtiéndose en portadores de enfermedades infecto-contagiosas hacia otros sectores de la comunidad (15, 16 y 22).

Por otra parte este trabajo daría a conocer la composición que tienen estos líquidos, estando disponible para consultas posteriores para cualquier persona interesada o estudiosa del tema, ya que es un material que estará contenido dentro del acervo cultural de la universidad, sin llegar a ser material clasificado para poder ser consultado.

Además pudiera tomarse como punto de partida de otros estudios encaminados a implementar sistemas para pretratamiento biológico de los lixiviados que se generen no sólo en este sino en diversos basureros buscando disminuir el poder contaminante, y evitar que se produzca un impacto ambiental de consecuencias irreversibles, al demostrarse la presencia de microorganismos indicadores de contaminación y patógenos que pueden influir en el bienestar y en la salud del hombre y otros seres vivos (4,5 y 22).

### **3. OBJETIVOS:**

#### **3.1. Objetivo general.**

Determinar la composición microbiana del lixiviado procedente de la zona de acumulación de residuos sólidos denominada "Bordo Xochiaca" y su influencia en la salud humana.

#### **3.1.1. Objetivos específicos.**

3.1.1.1. Determinar las siguientes especies bacterianas indicadoras de contaminación: Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Streptococos Fecales y Clostridios Fecales contenidas en los lixiviados.

3.1.1.2. Identificar a las especies bacterianas patógenas asociadas a los microorganismos indicadores de contaminación presentes en los lixiviados.

3.1.1.3. Establecer los posibles efectos de estos gérmenes en la salud humana e inferir sus consecuencias.

### **4. HIPOTESIS DE TRABAJO.**

Siendo los lixiviados sustancias líquidas podemos emplear métodos de análisis microbiológico de aguas para cuantificar, aislar e identificar las especies bacterianas indicadoras de contaminación y patógenas asociadas que en ellos se encuentren, ya que estas encuentran un sustrato adecuado en los lixiviados (materia orgánica) para poder mantenerse viables a pesar de las condiciones adversas (pH, metales pesados, etc.), que se presentan dentro de ellos. Demostrando que los lixiviados poseen un gran poder contaminante, capaz de provocar enfermedades microbianas en el hombre.

## **5. MATERIAL Y REACTIVOS:**

### **5.1. Material de trabajo:**

Muestras de lixiviado de 250 mL.

Material biológico:

Sangre de carnero estéril y desfibrinada.  
Sangre humana estéril y desfibrinada.  
Plasma humano para la prueba de coagulasa.

### **5.2. Equipo:**

Agitador mecánico para tubos de ensaye VORTEX-GENIE modelo K-550-G.  
Balanza analítica METER modelo H-80.  
Balanza granataria HAUS modelo Florham Park  
Incubadora MAPSA modelo EC-334.  
Microscopio AMERICAN OPTICAL modelo One-ten con 3 objetivos (10x 40x y 100x).  
Refrigerador MABE modelo Space line.  
Autoclave Termolyne modelo Económica.

### **5.3. Material de vidrio:**

Cajas de Petri completas.  
Vasos de precipitado de diferente capacidad.  
Pipetas serológicas graduadas de diferente capacidad.  
Tubos de ensaye de diferente medida.  
Tubos de ensaye con tapón de baquelita.  
Probetas graduadas de diferente capacidad.  
Matraces Erlenmeyer de diferente capacidad.  
Envases de vidrio para DBO.  
Termómetro graduado de -10 a 150°C.

### **5.4. Material diverso:**

Asas de siembra Nicromel calibradas a 0.01 mL con porta asa.  
Mecheros Fisher para gas alta temperatura.  
Gradilla metálica para tubos de ensaye.  
Tripie con malla de asbesto.

### **5.5. Colorantes:**

Cristal violeta para Gram.  
Lugol para Gram.  
Safranina para Gram.  
Tinta china para tinción de cápsula.  
Lugol para tinción de cápsula.  
Verde de malaquita para tinción de espora.

Azul de metileno para tinción ZIEHL-NIELSEN.  
Violeta de Etilo al 1%.  
Safranina para tinción ZIEHL-NIELSEN.

#### 5.6. Medios de Cultivo:

Agar de Papa y Dextrosa.  
Agar de Hierro y Triple Azúcar.  
Agar de Hierro Kligler.  
Agar de Sulfito y Bismuto.  
Agar Salmonella y Shigella.  
Agar de Eosina y Azul de Metileno.  
Agar Citrato de Simmons.  
Agar Urea de Christensen.  
Agar de Hierro y Lisina.  
Agar para Estafilococos No. 110.  
Agar de Mueller-Hinton.  
Agar Anaeróbico.  
Agar para Clostridios sulfato-reductores.  
Agar para Fenilalaninadesaminasa.  
Base de agar sangre.  
Base de agar sangre con azida.  
Base de agar cetrimida.  
Base de caldo Tetracionato.  
Caldo Rojo de Fenol con Carbohidratos.  
Caldo Lactosado.  
Caldo Verde Brillante bilis al 2 %.  
Caldo glucosa-azida (Medio Rothe).  
Caldo glucosa-azida-indicador (Medio Litsky).  
Medio MR-VP.  
Medio MIO.  
Medio SIM.  
Medio Tioglicolato.

#### 5.7. Reactivos:

Solución de EDTA 372 mg/L.  
Solución de Tiosulfato de Sodio 100 mg/L.  
Solución de Yodo en Yoduro de Potasio 6 en 5/20 mL.  
Solución de Rojo de Metilo 0.1 g/100 mL.  
Reactivo de Kovacs.  
Solución de Alfa-Naftol para VP.  
Solución de Hidróxido de Potasio al 40 %.  
Solución de Peróxido de Hidrógeno al 10 %.  
Solución de Cloruro Férrico en Acido Clorhídrico al 10 %.  
Agua mineral Tehuacan embotellada.  
Alkaseltzer.  
Aceite para objetivo de inmersión.  
Agua destilada.

## **6.1. De campo.**

**6.1.1. Reconocimiento del área realizando una visita al basurero de Bordo Xochiaca y localizando la zona de muestreo de los lixiviados (afloramientos o lagunas).**

**6.1.2. Muestreo del lixiviado con un período mensual durante un año colectando dos muestras de 250 mL en frascos para DBO con cuatro gotas de EDTA y una gota de Tiosulfato de Sodio al 10%**

## **6.2. De laboratorio.**

**6.2.1. Realizar la técnica del método del número mas probable de microorganismos (NMP) en los parámetros siguientes:**

a) Colimetría presuntiva y confirmativa (Totales y Fecales).

b) Estreptometría presuntiva y confirmativa.

c) Clostridiometría.

(VER PAGINA SIGUIENTE)

**6.2.2. Identificar a las especies bacterianas contenidas en el lixiviado indicadoras de contaminación y patógenas asociadas mediante previo aislamiento en medios de alta y moderada selectividad utilizando medios diferenciales (pruebas - bioquímicas primarias y alternativas).**

## **6.3. De gabinete.**

**6.3.1. Elaboración de tablas de resultados.**

**6.3.2. Análisis de resultados por estadístico de prueba.**

**6.3.3. Discusión de resultados.**

**6.3.4. Conclusiones.**



#### 6.2.1.1. METODO DEL NUMERO MAS PROBABLE (NMP):

##### a) Prueba presuntiva:

1.- A partir de una muestra realizar una serie de diluciones paralelas de  $10^{-1}$  a  $10^{-2}$  con agua peptonada estéril como se muestra en la figura no. 5.1.

2.- Preparar 5 series de 3 tubos por dilución con Caldo Lactosado (9 mL por tubo) con dispositivo Durham para fermentación.

3.- Tomar la primera serie de 3 tubos para fermentación e inocularlos con 1 mL de la muestra sin diluir obteniendo una dilución de la muestra igual a  $10^{-1}$ .

4.- Tomar la segunda serie de 3 tubos para fermentación e inocular con 1 mL de la primera dilución de la muestra en agua peptonada estéril ( $10^{-1}$ ) obteniéndose una dilución final de  $10^{-2}$ .

5.- Tomar la tercera serie de 3 tubos para fermentación e inocularlos con 1 mL de la segunda dilución en agua peptonada ( $10^{-2}$ ) obteniéndose una dilución final de  $10^{-3}$ .

6.- Tomar la cuarta serie de 3 tubos para fermentación e inocular con 1 ml de la siguiente dilución en agua peptonada ( $10^{-3}$ ) obteniéndose una dilución de  $10^{-4}$ .

7.- Finalmente tomar la quinta serie de 3 tubos para fermentación e inocularlos con 1 mL de la última dilución de la muestra en agua peptonada ( $10^{-4}$ ) obteniéndose al término de esta una dilución de  $10^{-5}$ .

8.- Colocar todos las series de tubos en orden creciente de dilución y agitarlos para homogeneizar su contenido evitando formar burbujas de aire en el interior del dispositivo Durham.

9.- Incubar los tubos a  $35\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24-48 horas  $\pm$  3 horas.

10.- Realizar una lectura a las 24 horas separando los tubos por dilución que presenten producción de gas dentro del dispositivo Durham considerando a éstos como positivos.

11.- Los tubos que no presenten producción de gas y cuyo color ha virado deben ser incubados durante otras 24 horas. Si después de ese tiempo no presentan producción de gas se consideran negativos junto con aquellos que no produjeron gas desde el principio.

## b) Prueba confirmativa:

- 1.- Los tubos positivos provenientes de la prueba presuntiva serán inoculados con una asada en tubos con Caldo Verde-Brillante Bilis al 2% con dispositivo Durham un tubo con este medio por cada tubo positivo obtenido.
- 2.- Los tubos inoculados se agitan para homogeneizar su contenido.
- 3.- Incubar éstos a  $35\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24-48 horas  $\pm 3$  horas.
- 4.- A las 24 horas realizar la lectura de los tubos separando y registrando los tubos que presenten producción de gas en el dispositivo Durham (Tubo positivo) mientras que el resto se continuará incubando hasta completar las 48 horas.
- 5.- Realizar la segunda lectura a las 48 horas separando los tubos positivos (producción de gas) y descartando el resto.
- 6.- Obtener el Número de tubos positivos de cada serie de tubos por cada dilución final en esta prueba.
- 7.- Buscar en las tablas de McCrady el Número Mas Probable (NMP) por 100 mL de muestra según el código encontrado en el paso 6.

### Ejemplo:

Dilución Final	Tubos positivos de 3 inoculados	Código	NMP de tablas
$10^{-1}$	3 de 3	3	93
$10^{-2}$	3 de 3	3 *	
$10^{-3}$	2 de 3	2 *	
$10^{-4}$	0 de 3	0 *	

\* Significa: Números representativos para el código en la búsqueda del NMP (Número Mas Probable de microorganismos por cada 100 mL de muestra).

En el ejemplo se tomó una dilución representativa por tanto deberá dividirse el NMP encontrado (que es de 93 microorganismos por cada 100 mL), entre la dilución obteniéndose finalmente un NMP de 9300 UFC/100 mL de muestra.

El Método del Número Mas Probable será usado para realizar los conteos bacterianos; Colimetría (Coliformes totales y fecales) Estreptometría y Clostridiometría con el criterio de que para cada conteo se usarán diferentes medios descritos como sigue en la tabla de la pagina siguiente.

CONTEO BACTERIANO	MEDIO USADO EN LA PRUEBA PRESUNTIVA	MEDIO USADO EN LA PRUEBA CONFIRMATIVA
COLIMETRIA	CALDO LACTOSADO CON INDICADOR (COLIFORMES TOTALES)	CALDO VERDE BRILLANTE BILIS 2%
	MEDIO EC LIQUIDO (COLIFORMES FECALES)	CALDO VERDE BRILLANTE BILIS 2%
ESTREPTOMETRIA	CALDO GLUCOSA AZIDA (ROTHER)	CALDO GLUCOSA-AZIDA-INDICADOR (LITSKY)
CLOSTRIDIOMETRIA	MEDIO DE WILSON-BLAIR O EN SU DEFECTO AGAR ANAEROBICO MAS UNA SOLUCION SULFITO-FERRICA PARA DETECTAR LA PRODUCCION DE SULFUROS (PRUEBA UNICA)	

(REFERENCIAS 1,2,11,26,28 y 32)

#### 6.2.2.1. AISLAMIENTO E IDENTIFICACION.

a) A partir de los tubos provenientes de la prueba presuntiva donde se reporte crecimiento aunque sea negativo para la producción de gas se tomará una asada la cual será inculada en una placa conteniendo un medio de selectividad moderada.

b) Incubar la placa a 36+/-1°C durante 24 horas.

c) Realizar resiembras tanto como sea necesario hasta obtener cepas puras.

d) Una vez obtenida la cepa pura hacer la identificación mediante pruebas de metabolismo bacteriano (pruebas bioquímicas).

NOTA: Se deben seguir los esquemas de aislamiento e identificación bacteriana que se reportan en las referencias 1,2,6,19,27, y 32.

## **7. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**

**7.1. 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.

**7.2. Ubicación política:** La zona de estudio se encuentra en el municipio de Cd. Nezahualcoyotl, 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".

**7.3. Comunicaciones:** Existen diferentes calles que transitan cerca como la Av. Nezahualcoyotl, la Av. Adolfo López Mateos y la Vía Tapo, la cual se encuentra a la entrada del tiradero.

**7.4. Extensión de la zona de estudio:** El área de influencia abarca 128 hectáreas, considerando todo el terreno que ha sido utilizado como basurero. La laguna superficial de lixiviados de la cual se toman las muestras se localiza aproximadamente en la zona central del mismo.

**7.5. 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 glyco y ártico.

**7.6. 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.

**7.7. Clima:** De acuerdo a la clasificación de Koppen 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.

**7.7.1. 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.

**7.7.2. Temperatura**, con una media anual de 15.3 °C y una variación de 6.6 °C. La temperatura más baja se registra en Enero con 11.6 °C y la más alta se presenta en Junio con 18 °C.

**7.7.3. 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.

## 8. RESULTADOS:

**TABLA 8.1. CUANTIFICACION DE LOS MICROORGANISMOS DETERMINADOS EN LOS LIXIVIADOS.**

MES DE MUESTREO	COLIFORMES TOTALES NMP / 100 mL	COLIFORMES FECALES NMP / 100 mL	PORCENTAJE DE COLIFORMES FECALES	ESTREPTOCOCOS FECALES NMP/100 mL	COL. FEC. ----- ESTREP. FEC.	CLOSTRIDIOS FECALES NMP DE ESR/100 mL
MAR 91	10150000	2175000	21.43	1950000	1.12	300000
ABR 91	4450000	930000	20.90	2225000	0.42	260000
MAY 91	3650000	1750000	47.95	2100000	0.83	700000
JUN 91	13500000	9275000	68.70	2275000	4.10	2200000
JUL 91	1185000	1010000	85.23	655000	1.54	370000
AGO 91	200000	190000	95.00	280000	0.70	400000
SEP 91	1800000	1300000	72.22	2100000	0.62	2500000
OCT 91	2300000	2100000	91.30	3000000	0.70	1100000
NOV 91	2400000	2200000	91.67	3100000	0.71	1800000
DIC 91	5350000	2650000	49.53	2500000	1.06	1900000
ENE 92	9200000	4900000	53.26	3300000	1.50	400000

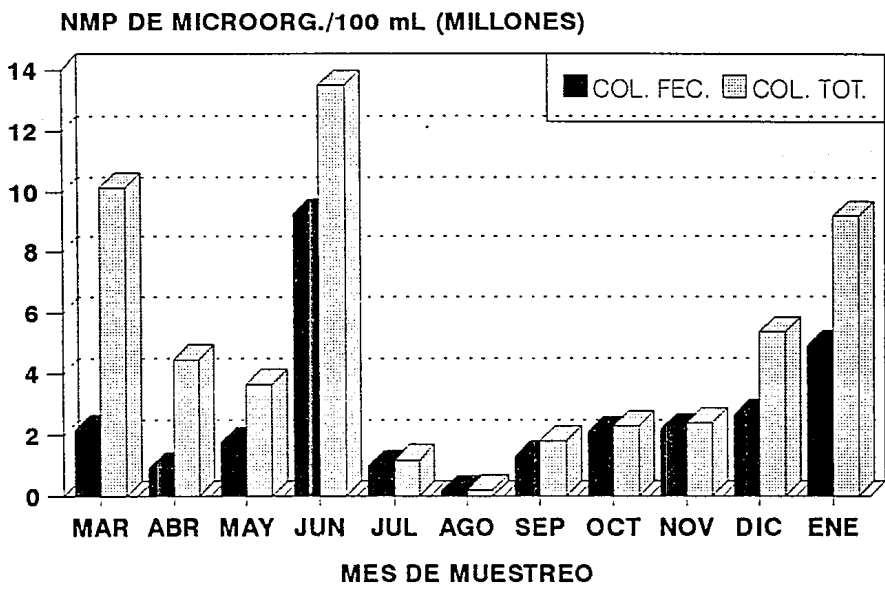
NMP/100mL = NUMERO MAS PROBABLE DE MICROORGANISMOS POR CADA 100 MILLISEGUNDOS DE MUESTRA DE LIXIVIADOS

ESR/100mL = ESPORAS DE CLOSTRIDIOS SULFATO-REDUCTORES POR CADA 100 mL DE MUESTRA DE LIXIVIADOS

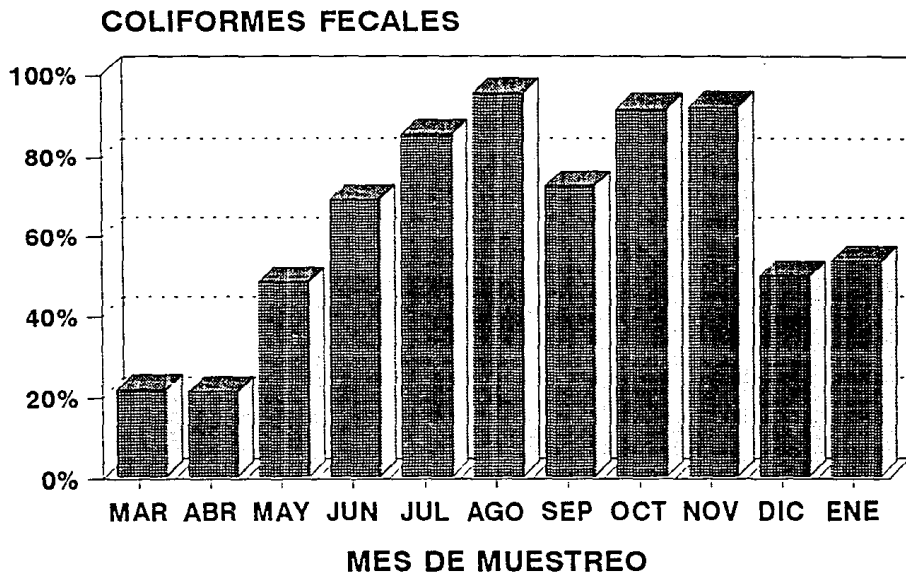
PORCENTAJE DE COL. FEC. = PORCENTAJE DE COLIFORMES FECALES EN LA MUESTRA

COL. FEC. / ESTREP. FEC. = RAZON DE DIVIDIR NMP DE COLIFORMES FECALES ENTRE NMP DE ESTREPTOCOCOS FECALES

C O L I F O R M E S  
T O T A L E S Y F E C A L E S

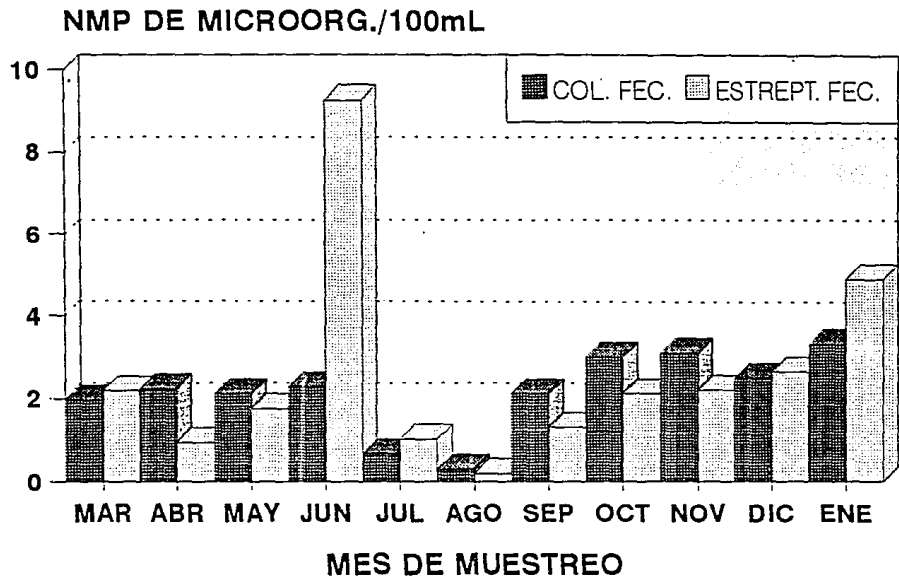


# PROPORCION DE COLIFORMES FECALES CON RESPECTO A LOS COLIFORMES TOTALES



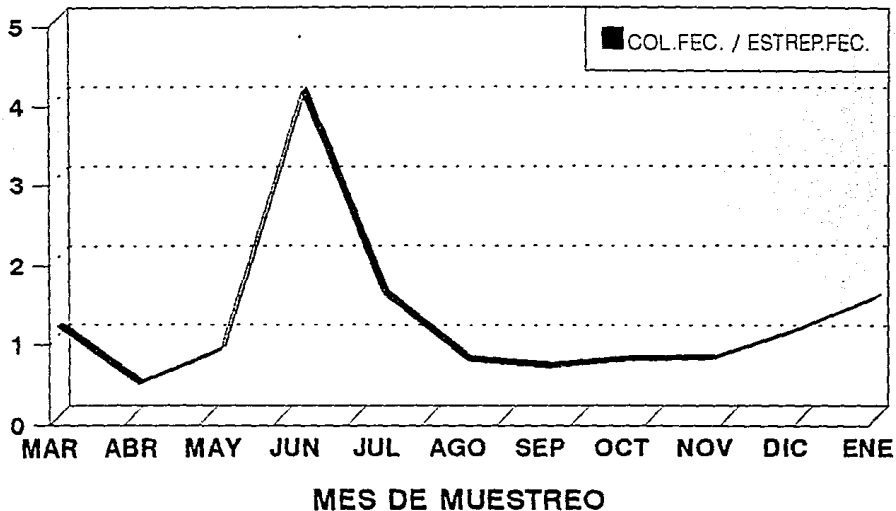


# MICROORGANISMOS FECALES RELACIONADOS COLIFORMES Y ESTREPTOCOCOS FECALES



# MICROORGANISMOS FECALES RELACIONADOS COL. FEC. / ESTREP. FEC.

COL. FEC. / ESTREP. FEC.



# CLOSTRIDIOS FECALES (SULFATO-REDUCTORES) MICROORGANISMOS ESPORULADOS

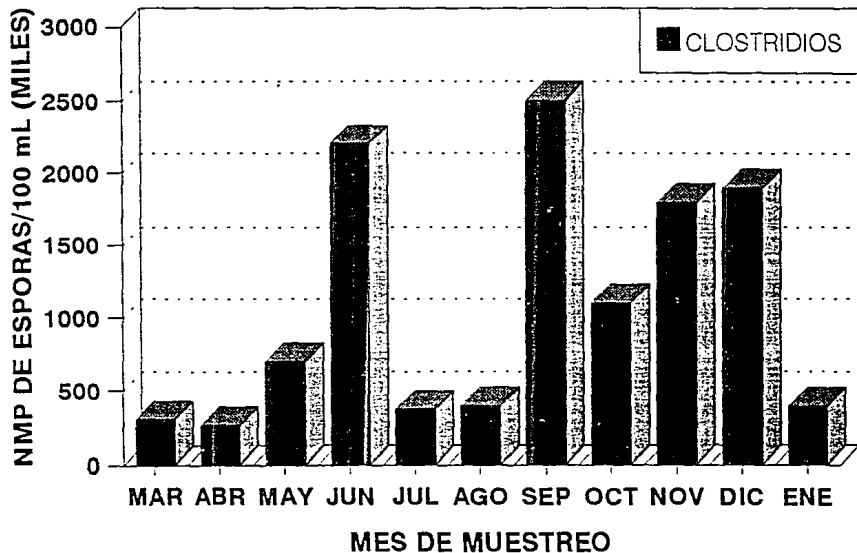


TABLA 8.2. MICRORGANISMOS AISLADOS DE LOS LIXIVIADOS

GRUPO	GENERO AISLADO Y PROBABLE ESPECIE	MES DE MUESTREO Y SU APARICION											
		MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	
COIFORMES	Escherichia coli SIN BRILLO METAL CCN BRILLO METAL	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>Klebsiella pneumoniae</u>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>Klebsiella pneumoniae</u>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>Klebsiella pneumoniae</u>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>Klebsiella sp.</u>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ESTREP. FCALES	<u>Enterobacter sp.</u>	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>seroflexus</u>	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>glaucoviridis</u>	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PATOGÉNICOS	Beta-Hemolíticos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alfa-Hemolíticos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	No Hemolíticos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<u>Shigella flexneri</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<u>Shigella sp.</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTRAS	<u>Staphylococcus aureus</u>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>Staphylococcus aureus</u>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>Staphylococcus aureus</u>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>Staphylococcus aureus</u>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<u>Staphylococcus aureus</u>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(+) Indica presencia. Los estreptococos beta-hemolíticos pertenecen en su mayoría a la especie denominada Streptococcus faecalis.

(-) Indica ausencia.

## 9. ANALISIS DE RESULTADOS:

Los procedimientos adecuados de recolección, preservación y almacenamiento de las muestras de lixiviado influyen directamente en los resultados de los análisis bacteriológicos, pues éstos son tan válidos como lo sea la muestra. Es por ello que en este trabajo, se realizó un plan que cumpliera con los objetivos y que al mismo tiempo se ajustará las limitaciones que pudieran presentarse, tales como, material de vidrio, disposición de medios de cultivo, reactivos, entre otros.

Se decidió en base al trabajo realizado por Cruz, E., Maldonado A. y Vázquez, N., que el número de muestras, la localización de los sitios de muestreo y periodicidad de este, fuera realizada de la siguiente manera; una muestra mensual con su repetición tomadas a una profundidad aproximada de 40 cm a partir de Enero de 1990, iniciando en este mes con un ensayo previo para dilucidar la probable existencia de microorganismos indicadores de contaminación y patógenos asociados. Una vez obtenido un dato favorable se optó en Marzo con los siguientes parámetros; recuento, aislamiento e identificación de los microorganismos ya detallados, mediante el Método del Número Mas Probable (NMP) y la ayuda de técnicas bacteriológicas de identificación.

Todo esto en base a que los autores anteriormente mencionados, proponen que el comportamiento de estas sustancias líquidas, en cuanto a parámetros físicos y químicos se refiere, dentro de la laguna o sitios de afloramiento de lixiviados es homogéneo física y químicamente, conforme al tiempo.

Otro aspecto importante en éste trabajo fue la preparación del material de muestreo. Los recipientes usados para el muestrear los líquidos percolados fueron frascos de vidrio transparentes de 250 mL de capacidad, con tapón esmerilado cuyo cierre es hermético, impidiendo posibles contaminaciones externas a éstos. La limpieza y lavado de los mismos así como del material utilizado, se realizó con agua tibia y enjuagues con agua caliente, para eliminar todo resto de detergente y descartar la presencia de agentes tóxicos o nutritivos que pudieran afectar los resultados.

Antes de ser esterilizados, a los frascos se les añadió por cada 100 mL de muestra 0.1 mL de solución al 10% de Tiosulfato de sodio, ya que se considera que esta concentración es suficiente para neutralizar la acción bactericida del cloro o cloruros residuales, presentes en el líquido. También fue necesario añadir 0.3 mL de solución de etilendiaminotetracetato de sodio (EDTA), al 15% para cada 100 mL de muestra, dado que estos líquidos presentan altas concentraciones de metales pesados que al reaccionar son quelados

o atrapados por el EDTA, descartando el poder bacteriostático e inclusive bactericida de ellos, de acuerdo a lo reportado por el mencionado autor.

Los frascos fueron esterilizados en autoclave a 121°C (15 libras de presión) durante 15 minutos, quedando después en reposo todo el resto del día, para permitir la disipación de los vapores formados por las soluciones que se agregaron en su interior (se llevó a cabo el mismo proceso para todo el material empleado). Previo recubrimiento con papel estraza protegiéndolos del medio durante el transporte al sitio de muestreo, con una tira de papel entre la boca y el tapón impidiendo que se pegarán, por la acción del calor dificultando la toma de muestra.

Para la Técnica de muestreo se consideró que eran muy pocas las dificultades presentadas, para el acceso al sitio de muestreo de lixiviados, por lo que se empleó, la de muestreo superficial a mano, modificada de acuerdo a los requerimientos y riesgos del lugar. La muestra así tomada llegó al laboratorio para ser analizada respetando un lapso no mayor de 6 horas entre la recolección y el análisis.

Fué utilizada la técnica descrita en el método del Número Mas Probable (NMP), que en el caso de la Colimetría se realizó una modificación, la cual consiste en la adición solamente al caldo lactosado de la prueba confirmativa, una pequeñísima cantidad de colorante indicador de violeta de etilo para que sirviera de inhibidor de bacterias diferentes de las coliformes, obteniéndose resultados confiables con respecto a lo que marcan los objetivos.

Los criterios más adecuados con los cuales se determinó la positividad de una muestra, fueron tomados con respecto a la determinación de que se tratará, así en Colimetría tanto las pruebas confirmativa como presuntiva la producción de gas dentro de las campanas Durham (desplazamiento del líquido dentro de la campana), fue el parámetro de mayor importancia en el medio de cultivo líquido respectivo, lo que marco la diferencia entre una muestra positiva de una negativa, aunque se presentará vire en el indicador sin producción de gas como sucedió en algunos casos. Para Estreptometría una muestra se consideró positiva, cuando los tubos sembrados presentaron turbidez en el medio de cultivo, durante la prueba presuntiva y la formación de botón de color rojo ladrillo en el fondo del mismo para la confirmación en todo momento. La Clostridiometría al ser un estudio único solo señaló la aparición de manchas negras incluidas dentro del medio sólido que evidenciaban la presencia de clostridios sulfato-reductores. Para evitar equivocaciones o resultados mal interpretados se hizo necesario, el uso de medios adicionales sembrados a la par pero no con muestra sino con agua destilada estéril llevando así un blanco o tubo de control para descartar posibles contaminaciones

externas en el trabajo de laboratorio, descartando los errores personales y de método.

Con el objeto de dar una buena interpretación de los resultados así obtenidos, se optó por presentarlos en gráficas las cuales manejan barras que indican, el mes en el que fue realizado el muestreo contra la cantidad de microorganismos por cada 100 mL de muestra de lixiviado (solo se procedió a utilizar una gráfica de puntos y líneas, para explicar el comportamiento de la población bacteriana), determinados durante el mismo. De esta manera se procedió llevar a cabo la siguiente interpretación de resultados.

Como se aprecia en la gráfica 8.1. que representa las cantidades de los microorganismos denominados coliformes totales y coliformes fecales determinadas durante el periodo de muestreo comprendido, entre Marzo 1991 a Enero de 1992. Se observa que en Junio las cantidades de ambos llegan a un máximo, mientras que en el mes de Agosto son halladas las mínimas en comparación con los demás meses. El primer caso puede explicarse, por la remoción practicada a los desechos durante las labores de saneamiento que dieron comienzo ese mes por parte de personal del Departamento del Distrito Federal, en coordinación con el Municipio de ciudad Netzahualcoyotl, Edo. de México, pudiéndose pensar que las bacterias contenidas en las capas de desechos, se hallan sumado durante la remoción de éstos, a las ya existentes en el lixiviado e incrementar el número de estas drásticamente en su cuenta mensual. Para el segundo caso, el descenso tan notable en la población se suscita probablemente como un efecto de dilución que sufre el líquido percolado ya que en el mes de Julio se presenta la máxima precipitación acumulada (242.1 mm), donde la cantidad de germenes decae significativamente, pero esto trae como consecuencia que el efecto se haga mas evidente en el mes siguiente llegando a un mínimo (Agosto). En la gráfica también se observa que es a partir de Abril, si tomamos a Marzo como una lectura basal o de inicio, donde se produce un descenso paulatino de la población microbiana determinado probablemente con el inicio de la precipitación pluvial y manteniéndose este, al aumentar las lluvias en el mes siguiente (Mayo). Es posible que de no haberse presentado la remoción de desechos en Junio se siguiera el mismo comportamiento, es decir que se reduzca la cantidad de germenes hasta morir y desaparecer totalmente, sino todo lo contrario. A partir de Septiembre se puede observar un repunte en la cantidad de germenes lo cual se deba con mucha probabilidad, a la adaptación de ellos a las nuevas condiciones que imperan en los lixiviados diluidos. De manera general la gráfica expresa que las cantidades de coliformes fecales son menores que las de coliformes totales siempre, hecho que de alguna manera resulta lógico, por ser los primeros un subgrupo de los segundos, aunque evidencia la presencia de coliformes no fecales en gran proporción.

La gráfica 8.2. nos informa acerca del porcentaje de coliformes fecales existentes en cada muestra tomando a los coliformes totales

como el 100 % por mes de muestreo. En ella se puede apreciar que la proporción a partir de Abril crece mas o menos linealmente hasta el mes de Agosto, lo que se deba probablemente al inicio de la dilución de los lixiviados por el agua de lluvia, que afecta la concentración de sustancias que inhiben el desarrollo bacteriano, permitiendo así que este se vea incrementado, al mismo tiempo que la adaptación de las bacterias no coliformes es alterada tendiendo a disminuir notoriamente, por el efecto diluyente propiciado por la precipitación (las precipitaciones se reportan de la forma siguiente: Marzo 0.0, Abril 12.9, Mayo 57.1, Junio 197.7, Julio 242.2, y Agosto 67.6 mm de Agua, datos obtenidos del servicio Meteorológico de Tacubaya). Los porcentajes en los meses siguientes tienden a ser muy variados, aunque se registran a la baja lo que en su momento puede ser ligado íntimamente al descenso paulatino de la precipitación (Septiembre 85.0, Octubre 143.1, Noviembre 5.9, Diciembre 5.2 en 1991 y en Enero de 1992 se reportan 25.4 mm) quizá porque las bacterias coliformes fecales, van resintiéndose los efectos de la excesiva dilución de los lixiviados, que en su principio fué favorable.

La gráfica 8.3. muestra las cantidades halladas de microorganismos fecales relacionados (Coliformes y Estreptococos), las cuales son muy variables unas con respecto a otras, a lo largo del período de muestreo, se tiene que la mayor abundancia de coliformes fecales esta dada en el mes de Junio y para los estreptococos fecales es Enero, mientras que las cantidades mínimas de ambos microorganismos coinciden en Agosto, mes posterior a la máxima precipitación. La explicación de esta gráfica por si sola resulta difícil y es más obtener la relación entre estas dos especies resultaría vaga, por lo cual se tuvo que realizar la razón siguiente:

*N.M.P. de Coliformes Fecales / N.M.P. de Estreptococos Fecales*

la cual nos establece:

- a) Cuando la razón obtenida es mayor que 4 se considera que la contaminación es de origen netamente humano.
- b) Cuando esta razón es menor de 0.7 se indica una contaminación derivada predominantemente o enteramente de origen animal.
- c) Si las razones calculadas caen entre 4.0 - 0.7, no se tiene la seguridad de cual es el origen de contaminación y se considera mixta. Es razonable decir que cuando la razón se acerca a los extremos del intervalo, los orígenes de la contaminación son dudosos y por lo tanto se considera que es mixta aunque tienden a tener mayor carácter o contribución, animal o humana según sea el caso. Excepto en los límites de 1.0 - 2.0, que representan una mezcla significativa o equitativa de ambos.

Todo esto si las muestras son tomadas a no mas de 24 horas de distancia del origen de la contaminación, el pH de la muestra



deberá ser de 4.0 a 9.0 sin usarse la cuenta de coliformes fecales para buscar la relación.

Esto trajo por ende la elaboración de una nueva gráfica, la 8.4. a partir de la cual se manifiesta que durante casi todo el periodo de muestreo la contribución de la contaminación varia inespecíficamente, puesto que en los meses de Marzo, Julio, Diciembre y Enero esta es mixta, mientras que durante la contribución mayoritaria o netamente de origen animal se halla en Abril, Mayo, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre. A diferencia de que Junio es el único mes donde se manifiesta la influencia humana siendo en extremo riesgoso puesto que los germenés si en este caso escaparan de lixiviado, se tendría la plena certeza que provocarían una epidemia en la población humana. Otro hecho es que la contribución humana coincide con la remoción llevada a cabo sobre los desechos en el basurero, lo cual nos hace pensar que los desechos removidos estaban constituidos en su mayoría por desechos empleados por el hombre para su higiene tales como y que de alguna forma mantienen viables a estas especies bacterianas; papel higiénico, toallas sanitarias, pañales, etc. Sin descartar la presencia de basura de hospitales. Por otra parte no es aventurado pensar, que las personas que ahí laboran tengan la imperiosa necesidad de realizar alguna de sus necesidades metabólicas y lo lleven a cabo al aire libre, lo cual también explica la contribución humana de germenés.

Es importante hacer notar que la contribución de carácter animal esta dada no solo por la presencia de animales vivos tales como perros, ratas, puercos, gallinas, etc., los cuales defecan al aire libre y en cualquier lugar, sino también por los cadáveres de animales que llegan en los recolectores de basura al lugar y que proporcionan una cantidad importante de microorganismos durante la descomposición que sufren sus cuerpos. Si a esto sumamos la generación de cantidades impresionantes de moscas que de alguna manera, son vectores activos en el transporte de microorganismos el número de estos se va definiendo paulatinamente.

La gráfica 8.5. pone de manifiesto la existencia, no de organismos completos es decir no estructuras vegetativas sino de partes constitutivas de los mismos, estas son las estructuras de resistencia a condiciones adversas denominadas "esporas" (no precisamente fungicas las cuales también fueron detectadas), propias de un grupo de germenés de gran importancia para la salud ambiental, refiriendonos específicamente a los denominados clostridios sulfato-reductores. Los cuales pertenecen en su mayoría al genero *Clostridium perfringens*, causante de serias enfermedades. La presencia de este grupo nos da una idea de que la contaminación lleva ya un tiempo mucho muy prolongado y que ha prevalecido a lo largo del tiempo, antes de efectuarse siquiera el presente estudio. A diferencia de los otros microorganismos estos presentan su maxima cantidad en septiembre, aunque tambien en junio se da una cantidad

máxima con respecto a los demás meses, coincidiendo con la ya mencionada remoción de desechos pudiendo explicarla. El valor mínimo es visto durante Abril hecho que se explica por el cambio de estación en el mes anterior, además del inicio de lluvias ya discutido, que van determinando las mejores condiciones de desarrollo para este grupo de germen como se aprecia en los dos meses subsecuentes (alza en la cantidad de esporas). La verdadera importancia de estos germen radica en su alta viabilidad, ya que pueden mantenerse en un estado latente por varios años y llegar a desarrollarse en el momento más propicio.

La tabla 8.2. señala a las especies bacterianas que fueron aisladas e identificadas mediante pruebas de metabolismo microbiano, a partir de los lixiviados. En ella se puede apreciar que a pesar de condiciones que estos guardan, sobreviven en ellos bacterias, cuya importancia en la salud humana es determinante, puesto que son agentes etiológicos causantes de una gran variedad de enfermedades, entre las que se pueden mencionar las gastrointestinales a veces de fatales consecuencias, y causadas por bacterias tales como; *Salmonella typhi* la cual es causante de la "Salmonelosis" y "Tifoidea", *Shigella flexneri* de la "Shigellosis", *Pseudomona* la cual presenta tanto afecciones gastrointestinales como infecciones de la piel y musculo esquelético, y *Staphylococcus aureus* que actúa principalmente en la piel, entre otras, también se encuentran bacterias las cuales están involucradas en algunas afecciones de tipo oportunista que sufre el hombre, caso concreto de *E. coli*, *Proteus sp* y otros germen relacionados.

## 10. CONCLUSIONES :

De acuerdo a la discusión realizada para los resultados se puede concluir:

- La técnica de tubos de fermentación usada por el Método del Número Mas Probable sirvió para demostrar la presencia de microorganismos indicadores de contaminación y auxilio el aislamiento de los germenos llamados patógenos asociados, realizándose una modificación de la misma para hacerla mas selectiva conforme a los objetivos.

- Con ello se demostró que la materia orgánica contenida dentro de los lixiviados en efecto sirve de soporte alimenticio para una gran cantidad y variedad de microorganismos ya que permite la supervivencia de estas especies al mantenerlas viables a pesar de la condiciones que en ellos imperan.

- Las especies indicadoras de contaminación que fueron detectadas en el lixiviado pertenecen a los grupos bacterianos denominados Coliformes (Totales y Fecales), Estreptococos Fecales y Clostridios Fecales, siendo los mas importantes desde el punto de vista contaminación de agua.

- Se puede establecer que la permanencia o supervivencia de estas especies, se da a todo lo largo del período de muestreo y que solo permanecen en un estado latente hasta que encuentran mejores condiciones para su desarrollo, lo que fue demostrado por el crecimiento observado en los medios de cultivo empleados.

- La cantidad de estas especies (indicadoras de contaminación) es muy variable a todo lo largo del muestreo pero consistente es decir siempre estan presentes y nunca desaparecen a pesar de las condiciones ya sea del mismo lixiviado o climáticas que se presenten dentro de el lugar.

- La variabilidad de estas cantidades puede estar influenciada por la temperatura ambiente en un menor grado, pues como se puede apreciar en ellas no es un factor que intervenga directamente en en el vida microbiana ya que se trata de bacterias netamente mesófilas y la temperatura nunca sobrepaso estos limites de acuerdo a lo reportado por el meteorológico. Aunque en caso de la precipitación fluvial se observa que los lixiviados sufren un efecto de dilución que influye directamente en las cantidades encontradas, cuestion que es vista solamente en los meses de lluvia.

- El mes donde se presenta la mayor cantidad de coliformes tanto totales como fecales es junio, mientras que para los estreptococos fecales es enero y septiembre es idóneo para los clostridios.

- Los meses críticos para estos germen es agosto, en los tres primeros casos, ya que abril lo es con el último.

- Se observa que la contribución de la contaminación fecal viene siendo mixta es decir animal y humana, aunque se observa una tendencia a que esta llegue a ser netamente de origen animal a todo largo del período de muestreo.

- Puede suponerse que el mes donde se halla la contribución humana se deba a la remoción de desechos, lo que demuestra, con una alta probabilidad que los lixiviados que apenas se están generando o de reciente generación arrastran o llevan dentro de su composición mayor cantidad de germen de origen fecal humano por el tipo de material que se deposita en el basurero.

- Lo anterior explica que los desechos más internos que serían los más antiguos poseen mayor cantidad de material humano que puede ser desde excretas hasta papel de baño entre otros.

- Los indicios de que la contaminación no es reciente sino añeja es dada por la presencia de cantidades tan elevadas de clostridios sulfato-reductores.

- La presencia de germen no solamente indicadores de contaminación sino de patógenos asociados, da a los lixiviados un carácter altamente contaminante y de gran importancia desde el punto de vista epidemiológico.

- Por último el sitio donde se generan y se encuentran los lixiviados puede llegar a ser un foco de enfermedades para la población aledaña. Pudiendo tener estas como vehiculos al aire, al agua y al suelo. Así como vectores biológicos a las moscas, cucarachas, ratas y otros animales que ahí habitan e inclusive tener al mismo hombre como un portador asintomático.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Allen, S., 1974. Ecological materials. John Wiley and Sons, England. pp 565.
- 2.- APHA-AWWA-WPFC, 1981. Standar Methods for the Examination of the Water and Wastewater. 15th Edition. American Public Health Association. U.S.A.
- 3.- Arana, F., 1983. Ecología para principiantes. Editorial Trillas. México.
- 4.- Barres, M., 1975. Etude bibliographique sur les lixiviats produits por la mise en decharge de dechets industriels. Vol. 2-4, Commision des Communaute Europeennes. Francia.
- 5.- Bennet, F.G., 1975 Characterization and treatment of leacheates generated from landfills. (Water - 1974): II Municipal Wastewater Treatment. Am. Inst. Chem. Eng. (71) 145: 319-329. U.S.A.
- 6.- Bioxon, 1980. Manual de Medios de Cultivo. Bioxon de México México.
- 7.- Canter, L., et al, 1987. Ground Water Quality Protection. Lewis Publishers Inc. U.S.A.
- 8.- Castillo, B.H., 1983. La sociedad de la basura. U.N.A.M. México.
- 9.- Carabias, L.J., 1988. Deterioro ambiental en México. CIENCIAS (13): 13-19. México.
- 10.- Cervantes, C., 1992. Bacterias que expulsan metales pesados. INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA. CONACYT. 14(186): 13-17. México.
- 11.- Chian, E., 1975. Compilation of methodology for measuring pollution parameters of landfill leachate. Ecological Research Series E.P.A.-600/3-75-011. Cincinnati, U.S.A.
- 12.- D.D.F., 1990. Reglamento para el servicio de limpia en el Distrito Federal. Diario Oficial de la Federación. México.
- 13.- Deffis, A.C., 1989. La basura es la solución. Editorial Concepto S.A. México.
- 14.- DETENAL, 1978. Carta Geológica. México.
- 15.- Duffus, J.H., 1983. Toxicología Ambiental. OMEGA. Barcelona.
- 16.- Flower, H., 1978. A study of vegetation problems associated with refuse landfills. E.P.A., U.S.A.

- 17.- González, P., 1987. Problemática actual de la disposición final de desechos en nuestro país. AGUA POTABLE. Febrero 1(28):8-10.
- 18.- Gutiérrez, E., 1990. Los residuos sólidos peligrosos ¿un riesgo sin solución? CIENCIAS. Octubre (20): 31-36.
- 19.- Koneman, E.W., et al, 1985. Diagnóstico Microbiológico. Interamericana S.A. México.
- 20.- Leroy, J., 1987. Los desechos y su tratamiento. Fondo de Cultura Económica. México.
- 21.- Liptak, B., 1974. Environmental Engineer's Handbook. Chilton Book Co., U.S.A. pp 1130.
- 22.- López, R., 1990. El impacto de los desechos sólidos sobre el medio. CIENCIAS. Octubre (20): 37-41.
- 23.- Lu, J.C.S., et al, 1985. Lecheate from municipals landfills. Noyes Publications. New Jersey, U.S.A.
- 24.- Maldonado, A., 1988. Caracterización física y química de los lixiviados producidos en el basurero de Bordo Xochiaca de Enero a Octubre de 1988. E.N.E.P. Zaragoza-U.N.A.M. México.
- 25.- Marquez, M., 1988. Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico-Biológicas. U.N.A.M., México. pp 657.
- 26.- Merck, 1981. Análisis Microbiológico del Agua. Merck. Alemania.
- 27.- Merck, 1981. Manual de medios de cultivo. Merck. Alemania.
- 28.- Metcalf, J., 1991. Wastewater Engineering. 3th Edition. Mc Graw Hill Inc. New York.
- 29.- Odum, E.P., 1984. Ecología. 3ª Edición. Interamericana S.A. México.
- 30.- Oropeza, L.M. y Charaza, G., 1981. Manual del curso "Introducción a la Ingeniería Sanitaria". 3ª Edición. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. S.A.R.H. México.
- 31.- Robles, V.E. y Gallegos, N.E., 1990. Manual del curso "Análisis Físico, Químico y Bacteriológico del Agua. E.N.E.P. Iztacala- U.N.A.M. México.
- 32.- Rodier, 1981. Análisis de las aguas. OMEGA, Barcelona.
- 33.- Salvat, 1973. La Contaminación. Salvat Editores. Grandes Temas. Barcelona, España.
- 34.- Salvato, J., 1982. Environmental Engineering and Sanitation.

3th. Ed. John Wiley and Sons, U.S.A. pp 1163.

35.- Sánchez, J., et al, 1990. Estudio del comportamiento de un relleno sanitario mediante una celda de control. MEMORIAS VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Soc. Mex. de Ing. San. y Amb. pag. 93-101.

36.- S.E.D.U.E., 1986. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación. Enero. México.

37.- S.P.P., 1986. Carta Edafológica. México.

38.- Stoker, R.R., y Seager, S.L., 1981. Química Ambiental. Editorial Blume. Barcelona, España.

39.- Trejo, R., 1986. Investigación bibliográfica sobre el procesamiento de la basura urbana. GESTION TECNOLOGICA. Mayo (3):72-77. México.

40.- Turk, A., 1973. Ecología: Contaminación y Medio Ambiente. Interamericana. México.

41.- Unda, F., 1969. Ingeniería Sanitaria Aplicada al Saneamiento y Salud Pública. U.T.E.H.A. Chile.

42.- Villaroel, O. y Bram, J., 1986. Análisis químico de líquidos percolados producidos en los rellenos sanitarios de La Feria y Cerros de Renca. Boletín del Instituto de Salud Pública de Chile, 26(1-2):129-134.

43.- Vizcaíno, F., 1986. La contaminación en México. F.C.E., México. pp 514.

## 12. ANEXOS



12.1. TABLA DE MCCRADY

TUBOS POSITIVOS POR			NMP PARA 100 mL DE MUESTRA.	
10 mL	1.0 mL	0.1 mL	3 TUBOS POR GRADO DE DILUCION	5 TUBOS POR GRADO DE DILUCION
0	0	0	MENOR A 3	MENOR A 2
0	0	1	3	2
0	1	0	3	2
0	2	0	6	4
1	0	0	4	2
1	0	1	7	4
1	1	0	7	4
1	1	1	11	6
1	2	0	11	6
2	0	0	9	5
2	1	1	14	7
2	1	0	15	7
2	1	1	20	9
2	2	0	21	9
2	2	1	28	-
2	3	0	30	12
3	0	0	23	8
3	0	1	39	11
3	0	2	64	-
3	1	0	43	11
3	1	1	75	14
3	1	2	120	-
3	2	0	93	14
3	2	1	150	17
3	2	2	210	-
3	3	0	240	-
3	3	1	460	-
3	3	2	1100	-
3	3	3	MAYOR O IGUAL A 2400	-
4	0	0	-	13
4	0	1	-	17
4	1	0	-	17
4	1	1	-	21
4	1	2	-	26
4	2	0	-	22
4	2	1	-	26
4	3	0	-	27
4	3	1	-	33
4	4	0	-	34
5	0	0	-	23
5	0	1	-	31
5	0	2	-	43
5	1	0	-	33
5	1	1	-	46
5	1	2	-	63
5	2	0	-	49
5	2	1	-	70
5	2	2	-	94
5	3	0	-	79
5	3	1	-	110
5	3	2	-	140
5	3	3	-	180
5	4	0	-	130
5	4	1	-	170
5	4	2	-	220
5	4	3	-	280
5	4	4	-	350
5	5	0	-	240
5	5	1	-	350
5	5	2	-	540
5	5	3	-	920
5	5	4	-	1600
5	5	5	-	MAYOR O IGUAL A 2400

NUMERO DE GERMEDES DE MAXIMA PROBABILIDAD (NUMERO MAS PROBABLE, NMP) POR 100 ml PARA 3 O RESP. 5 TUBOS PARALELOS POR GRADO DE DILUCION. SI LA CANTIDAD DE LAS MUESTRAS POR TUBO DIFIERE DE LOS TRES GRADOS DE DILUCION A EVALUAR EN UN FACTOR (P. EJ. 0,1; 10) FRENTE A LA TABLA, ENTONCES HAY QUE MULTIPLICAR EL NMP POR EL FACTOR RECIPROCO (P. EJ. 10;0,1)