

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS BIOLOGICAS



**REUBICACION DEL RECEPTOR DE DESECHOS AGROQUIMICOS
Y DISPOSICION FINAL DE LOS MISMOS POR EL METODO DE
RELLENO SANITARIO EN EL MUNICIPIO DE MEXICALI, BAJA
CALIFORNIA.**

**TESIS PROFESIONAL QUE COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE**

B I O L O G O

PRESENTA

EFRAIN CARLOS NIEBLAS ORTIZ

ENSENADA, B. C.

DICIEMBRE 1986

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS BIOLOGICAS

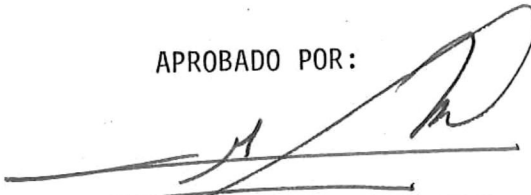
REUBICACION DEL RECEPTOR DE DESECHOS AGROQUIMICOS Y DISPOSICION FINAL
DE LOS MISMOS POR EL METODO DE RELLENO SANITARIO EN EL MUNICIPIO DE -
MEXICALI, B. C.

T E S I S P R O F E S I O N A L

QUE PRESENTA

EFRAIN CARLOS NIEBLAS ORTIZ

APROBADO POR:



QUIM. ALEJANDRO MARTINEZ RUIZ
PRESIDENTE DEL JURADO



QUIM. IRMA RIVERA GARIBALDI
SECRETARIO



BIOL. DANIEL PEREZ BASTIDAS
SINODAL



M. EN C. CARLOS MARQUEZ
SINODAL



OCEAN. JORGE ROSALES CASIAN
SINODAL

MI AGRADECIMIENTO ETERNO:

A MIS PADRES; Por su compañía, estímulo y apoyo constantes.
Pero sobre todo, por su loable esfuerzo para lograr la --
formación plena de cada uno de sus hijos.

A MIS HERMANOS; Cuya presencia, muestras de ánimo y afecto -
han sido un aliciente importante durante mi desarrollo.

A MIS SINODALES Y ASESORES; Por el tiempo dedicado a la revi-
sión y complementación del manuscrito y por su colabora--
ción desinteresada colmada de buenos concejos tendientes-
a lograr una mejor presentación del trabajo realizado.

A TODOS MIS COMPAÑEROS, AMIGOS Y FAMILIARES; Que de alguna -
forma colaboraron en la realización y culminación de mis-
estudios profesionales.

RESUMEN

Se propone la reubicación del receptor actual de desechos agroquímicos localizado en el Cerro del Centinela del Valle de Mexicali, por considerarse una fuente de contaminación para los ecosistemas acuático y terrestre de la zona de la Laguna Salada, la cual posee un alto potencial de desarrollo turístico y pesquero. Basándose en factores socio-económicos y ecológicos se localizaron en diferentes puntos del Valle de Mexicali, seis sitios potenciales y se eligió de entre ellos el sitio con mejores condiciones para la instalación del nuevo receptor de agroquímicos, garantizando un mínimo impacto ambiental. Para la eliminación de los desechos se optó por el método de relleno sanitario por ser actualmente la técnica más adecuada para la disposición final de los desechos ya que presenta características más favorables en relación a las otras técnicas de eliminación como lo son la incineración directa, la pirólisis y el tratamiento físico-químico.

ABSTRACT

Relocation on toxic waste and agro-chemical wastes is proposed. Actual location is El Centinela Hill on Mexicali Valley, which is considered a source of contamination for the aquatic and terrestrial ecosystems of the Laguna Salada Area; this area contains a high potential of tourist and fishing development. In base of social, economic and ecological factors six different potential sites in the Mexicali Valley have been localized. From them, a site with the best conditions was chosen for the installation of the new toxic waste disposal, which warrants a minimum environmental impact. For the waste elimination it was chosen the method of landfill, which at the moment is the most adequate technique for the waste disposal, because it presents advantageous characteristics in comparison with other techniques of waste elimination, such as direct incineration, pyrolysis and physico-chemical treatment.

INDICE

Página

RESUMEN Y ABSTRACT.	
1.- INTRODUCCION.	
2.- OBJETIVOS	4
3.- LOCALIZACION Y CLIMA DEL VALLE DE MEXICALI	5
4.- ANTECEDENTES GENERALES	11
4.1.- ANTECEDENTES SOBRE EL USO DEL RELLENO SANITARIO EN OTROS PAISES	11
4.2.- HISTORIA DE LOS AGROQUIMICOS	13
4.3.- PRINCIPALES GRUPOS DE AGROQUIMICOS	14
4.3.1.- FERTILIZANTES	15
4.3.2.- PLAGUICIDAS	16
4.3.2.1.- INSECTICIDAS	16
4.3.2.2.- HERBICIDAS	20
4.3.2.3.- FUNGICIDAS	22
4.3.2.4.- NEMATICIDAS	24
5.- ANALISIS DE LOS PLAGUICIDAS	27
5.1.- ACCION DE LOS PLAGUICIDAS	27
5.2.- PERSISTENCIA Y BIOACUMULACION DE LOS PLAGUICIDAS EN LAS REDES TROFICAS	28
5.3.- DISPERSION DE LOS PLAGUICIDAS EN EL MEDIO AMBIENTE	31
5.4.- RESISTENCIA DE LAS PLAGAS A LOS INSECTICIDAS	34
5.5.- EFECTOS NOCIVOS PRODUCIDOS POR LOS PLAGUICIDAS	38
5.5.1.- EN PECES	38
5.5.2.- EN ANFIBIOS Y REPTILES	40
5.5.3.- EN AVES	42
5.5.4.- EN MAMIFEROS	44
5.5.5.- EN EL HOMBRE	46

	Página
6.- RESEÑA HISTORICA DEL USO DE AGROQUIMICOS EN EL VALLE DE MEXICALI	51
6.1.- SUPERFICIE CULTIVADA EN EL VALLE DE MEXICALI	52
6.2.- PRINCIPALES CULTIVOS Y SUS PLAGAS	53
6.3.- RELACION Y VOLUMEN DE AGROQUIMICOS APLICADOS EN EL VALLE DE MEXICALI ANUALMENTE	63
6.4.- CANTIDAD DE ENVASES DESECHADOS POR AÑO	63
7.- ANALISIS DEL RECEPTOR ACTUAL DE DESECHOS AGROQUIMICOS	66
7.1.- ANTECEDENTES	66
7.2.- LOCALIZACION	67
7.3.- IMPACTO AMBIENTAL	67
7.4.- IMPACTO ESTETICO	68
8.- DESCRIPCION DEL METODO DE RELLENO SANITARIO	70
8.1.- METODO DE TRINCHERA	70
8.2.- METODO DE AREA	72
9.- SISTEMA DE OPERACION DEL RELLENO SANITARIO	76
9.1.- BARDEADO	76
9.2.- CAMINOS DE ACCESO	77
9.3.- BASCULA	77
9.4.- LABORATORIO	77
9.5.- MAQUINARIA Y EQUIPO	78
9.6.- MONITOREO	78
9.7.- CONTROL DE DRENAJES	80
9.8.- IMPERMEABILIZACION	80
10.- METODOLOGIA PARA LA SELECCION DEL SITIO	83
11.- RESULTADOS	86
11.1.- SITIO 1	86

	Página
11.2.- SITIO 2	87
11.3.- SITIO 3	91
11.4.- SITIO 4	92
11.5.- SITIO 5	93
11.6.- SITIO 6	94
12.- DISCUSION	97
12.1.- SELECCION DEL SITIO	97
12.2.- CONFRONTACION ENTRE LOS METODOS DE ELIMINACION DE DESECHOS	105
13.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
13.1.- CONCLUSIONES	108
13.2.- RECOMENDACIONES	109
14.- BIBLIOGRAFIA CITADA	111

INDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	Página
I	CLASIFICACION DE LOS PLAGUICIDAS POR SU COMPOSICION QUIMICA. (SEGUN WARE, 1978)	17
II	CONCENTRACION DE PP'DDE EN EL TEJIDO ADIPOSO DE RANAS. (SEGUN MIRANDA, 1982)	42
III	FORMA DE ACCION TOXICA DE LOS GRUPOS DE PLAGUICIDAS EN EL HOMBRE. (SEGUN MIRANDA, 1982)	49
IV	SUPERFICIE Y EPOCA DE SIEMBRA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN FLORES GARCIA, 1983) E (INIA - CIANO, 1984)	56
V	RELACION DE ESPECIES PLAGA EN LOS CULTIVOS DEL VALLE DE MEXICALI. SEGUN MACHAIN <i>et al</i> (1975) E INIA - CIANO, (1984)	58
VI	RELACION DE MALEZAS MAS COMUNES EN LOS CULTIVOS DEL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN INIA - CIANO, 1984)	60
VII	RELACION DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS DEL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN INIA - CIANO, 1984)	62
VIII	PRINCIPALES GRUPOS DE PLAGUICIDAS Y SUS VOLUMENES TOTALES APLICADOS AL CULTIVO DEL ALGODONERO DURANTE EL CICLO 1981-81. (DIRECCION GENERAL DE SANIDAD VEGETAL, 1981)	64
IX	RELACION DE ESPECIES PRESENTES EN LA LAGUNA SALADA. (SEGUN COMPEAN Y BAYLON, 1981)	69
X	RESUMEN DE DATOS DEL SITIO DE RELLENO SANITARIO SEGURO DE GALLENBACH, ALEMANIA FEDERAL. (SEGUN DEFREGGER, 1983)	74
XI	INCOMPATIBILIDAD DE RESIDUOS QUIMICOS PELIGROSOS. (SEGUN SEDUE, 1984)	79
XII	RELACION DE LAS PRINCIPALES ESPECIES QUE CONFORMAN LA FLORA DEL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN AGUILAR, 1985)	88
XIII	RELACION DE LAS PRINCIPALES ESPECIES QUE CONFORMAN LA FAUNA DEL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN AGUILAR, 1985)	89
XIV	CARACTERISTICAS SOCIO-ECONOMICAS Y ECOLOGICAS DE LOS SITIOS PRESELECCIONADOS	98
XV	APTITUD DE LOS SITIOS PRESELECCIONADOS SEGUN SUS VENTAJAS (V) Y DESVENTAJAS (D)	102

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	Página
1	LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	7
2	PROMEDIO MENSUAL DE PRECIPITACION PLUVIAL (mm) Y EVAPORACION (mm), REGISTRADOS DESDE 1914 A 1982 EN EL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN MIRANDA, 1982)	8
3	VALORES MAXIMO, MINIMO Y PROMEDIO DE TEMPERATURAS (°C) MENSUALES, REGISTRADAS DESDE 1914 A 1982 EN EL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN MIRANDA, 1982)	9
4	CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS VIENTOS DOMINANTES EN EL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN MIRANDA, 1982)	10
5	TRAMA ALIMENTARIA DE UN ESTUARIO DE LONG ISLAND (E.U.A.) Y LAS CANTIDADES DE DDT Y SUS METABOLITOS (PPM) ENCONTRADAS EN LOS ORGANISMOS ANALIZADOS. TOMADO DE WOODWELL (1967)	32
6	DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SITIO DE RELLENO SANITARIO (TOMADO DE PEARCE, 1983)	71
7	LOCALIZACION DE SITIOS PRESELECCIONADOS	99
8	LOCALIZACION DEL SITIO PROPUESTO Y DEL RECEPTOR ACTUAL	103
9	CORTE LITOLÓGICO DEL SITIO PROPUESTO (SEGUN SEDUE, 1984)	104
10	CORTE LITOLÓGICO DEL POZO No. 841 DE LA ZONA DE LA LAGUNA SALADA	106

1.- INTRODUCCION,

La necesidad de contar en el Valle de Mexicali con un receptor de envases y desechos de productos agroquímicos así como también de un método adecuado para la disposición final de los mismos, que evite el deterioro del medio por efecto de sus residuos tóxicos, ha sido el factor principal que ha promovido la elaboración del presente trabajo.

El Valle de Mexicali es una de las principales zonas agrícolas del País -- ya que en él se cultivan aproximadamente 184,648.00 Has. El éxito de obtener una buena producción agrícola depende en gran medida, de las aplicaciones que se hagan sobre la superficie cultivada de una gran cantidad y diversidad de -- productos agroquímicos, la mayoría de los cuales son de origen sintético constituyendo un grave peligro para el equilibrio ecológico de la región debido a sus propiedades de alta residualidad, amplio espectro de acción, larga persistencia y una gran tendencia a acumularse en el tejido adiposo de los organismos.

En la actualidad, en el Valle de Mexicali, las aplicaciones de los agroquímicos se han incrementado hasta llegar a alcanzar cifras extraordinarias que -- arrojan un promedio de 350,000 envases desechados al año (SEDUE,1984). Esta cantidad se puede desglosar de la siguiente manera: 50,000 a 60,000 cubetas de lámina de 20 Lts.; 30,000 botellas de plástico de 1 Lt.; 15,000 a 20,000 botellas de plástico de 3.5 Lts.; 200,000 a 250,000 sacos de papel de 25 Kg y 600- a 700 tambores de 200 Lts. Tal cantidad de envases son abandonados a la intemperie donde están sometidos a los efectos climáticos tales como el lavado por parte de las lluvias y la volatilización de sus gases tóxicos por efecto de las altas temperaturas de la región , de esta manera , constituyen un grave pe----

ligro ya que pueden intoxicar directamente al hombre y a la fauna silvestre -- por contacto, ingestión y/o respiración.

Actualmente existen varias técnicas para la adecuada eliminación de este tipo de desechos. El método de relleno sanitario, que consiste en la encapsulación subterránea de los desechos mediante el uso de capas impermeables constituidas de materiales naturales o sintéticos parece ser, por el momento, el método más adecuado. El tratamiento físico-químico es una técnica que básicamente se emplea para detoxificar sustancias químicas peligrosas que posteriormente se eliminan en algún sitio de relleno sanitario.

Por otra parte, la incineración es un proceso que convierte, a través de una combustión controlada, desechos combustibles en productos gaseosos y en residuos que contienen material no combustible o cenizas. Por último, la pirólisis consiste en la descomposición físico-química del material orgánico presente en los desechos, debido a la acción de la temperatura en una atmósfera deficiente de oxígeno.

El uso indiscriminado de los agroquímicos ha provocado serias alteraciones en los ecosistemas marinos y terrestres. Por un lado, el lavado de los campos agrícolas arrastra todos los residuos de estos productos químicos hacia los cuerpos y corrientes de agua; además, estos compuestos se infiltran hacia los mantos acuíferos de los cuales se extrae agua para uso doméstico y agrícola. Estos cuerpos y corrientes en la mayoría de los casos, drenan sus residuos tóxicos al Golfo de California afectando seriamente el equilibrio ecológico del mismo. Por otro lado, estas sustancias deletéreas son transportadas por efecto de los vientos dominantes hacia las áreas urbanas constituyendo un importante componente de la contaminación atmosférica.

En el presente estudio se plantea una solución al problema que representa la disposición final de los envases y desechos de agroquímicos en el Valle de Mexicali, tratando de basarse en la realización de un compendio bibliográfico de las investigaciones emprendidas sobre este problema. Esta propuesta de solución, conjuntamente con otras alternativas de control de plagas y el uso limitado de los agroquímicos, pretende ser una respuesta más apropiada para un aprovechamiento más racional de los recursos agrícolas y marinos de la región.

2.- OBJETIVOS.

Quedan establecidos los siguientes objetivos.

1).- Localizar en el Valle de Mexicali; en base a consideraciones ecológicas y socio-económicas; un sitio que funcione como receptor de los envases y desechos de los productos agroquímicos.

2).- Recomendar en el sitio seleccionado un método de disposición final de los desechos , con el fin de aislarlos para evitar que interactuen -- con el medio.

3).- Proponer una serie de acciones que habrán de integrar el sistema de operación del método recomendado y que en su conjunto estarán encaminadas a lograr los límites máximos de seguridad pública y ambiental en el sitio seleccionado.

3.- LOCALIZACION Y CLIMA DEL VALLE DE MEXICALI.

3.1.- LOCALIZACION.

La zona de estudio comprende a la ciudad de Mexicali y al Valle del mismo nombre, ubicados en la porción noreste del Estado de Baja California Norte --- (Fig. 1), pertenecientes al Municipio de Mexicali y al distrito de riego No.14.

Sus límites son: al norte el Valle Imperial, perteneciente al Estado de California, E.U.A.; al oriente la Mesa Arenosa de San Luis, perteneciente al Desierto de Altar, Sonora y al Valle de Yuma, E.U.A.; al sur el litoral del -- Golfo de California y al oeste la Sierra de los Cucapah (Pérez, 1981).

La superficie estudiada es de 3,045.00 Km², de los cuales 121.90 Km² es-- tan representados por áreas urbanas.

3.2.- CLIMA.

De acuerdo a la carta de climas elaborada por la Dirección de Estudios -- del Territorio Nacional (DETENAL), escala 1:500,000 y a la información procesa da por Miranda. (1982) de las estaciones meteorológicas existentes en la zona, - se determinó que el clima para el área de estudio es cálido seco, con una pre- cipitación media anual de 5 mm., evaporación media anual de 170 mm (Fig. 2), - y temperaturas promedio mayores de 22°C.

La temperatura máxima para el área de estudio es de 49°C, la media de --- 34°C y la mínima de 3°C (Fig. 3).

La dirección de los vientos dominantes es de noroeste a sureste los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril; en dirección sureste a noroeste -

los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre. Los períodos de calma se registran en los meses de mayo y noviembre (Fig. 4).

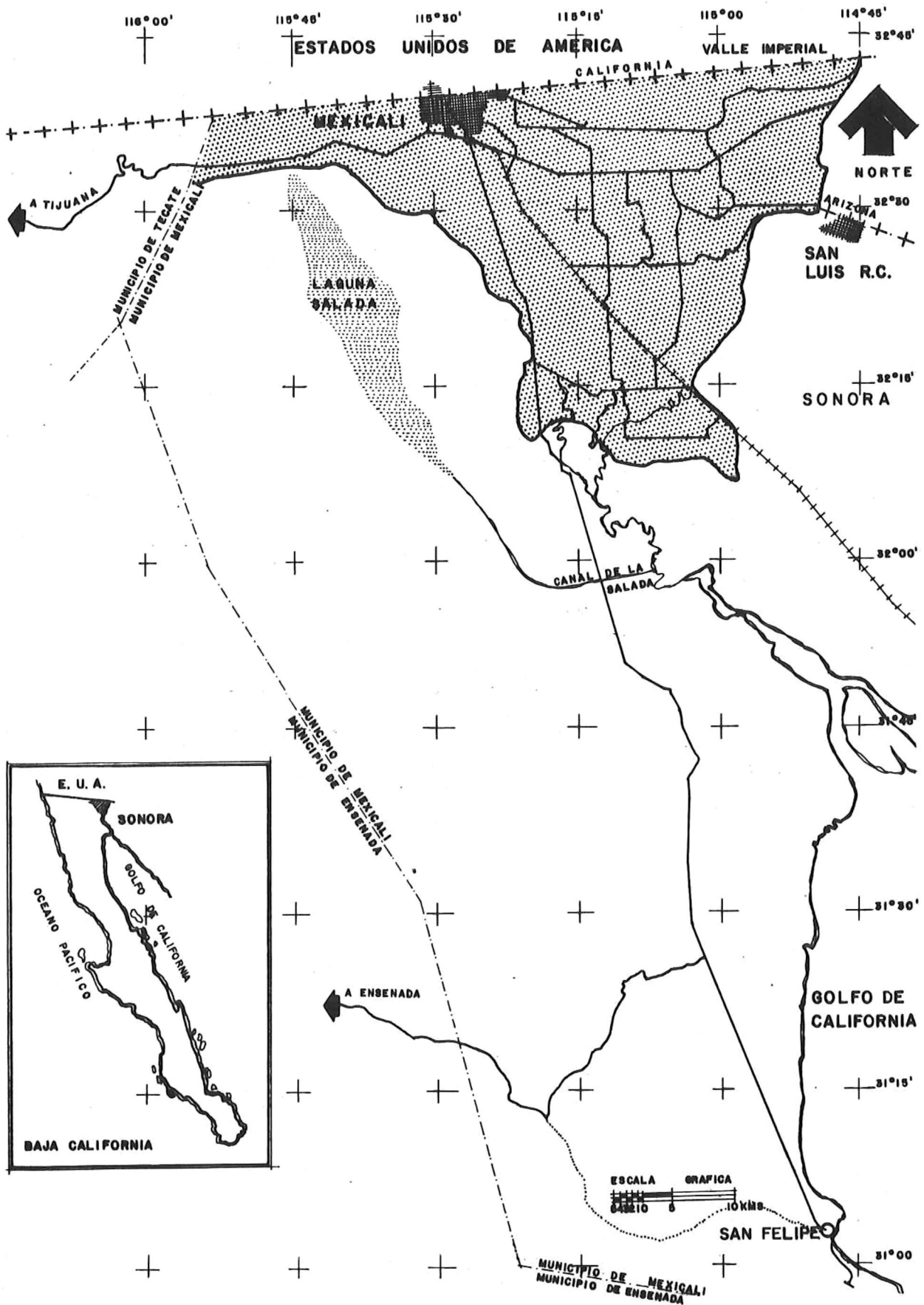


FIG. I. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

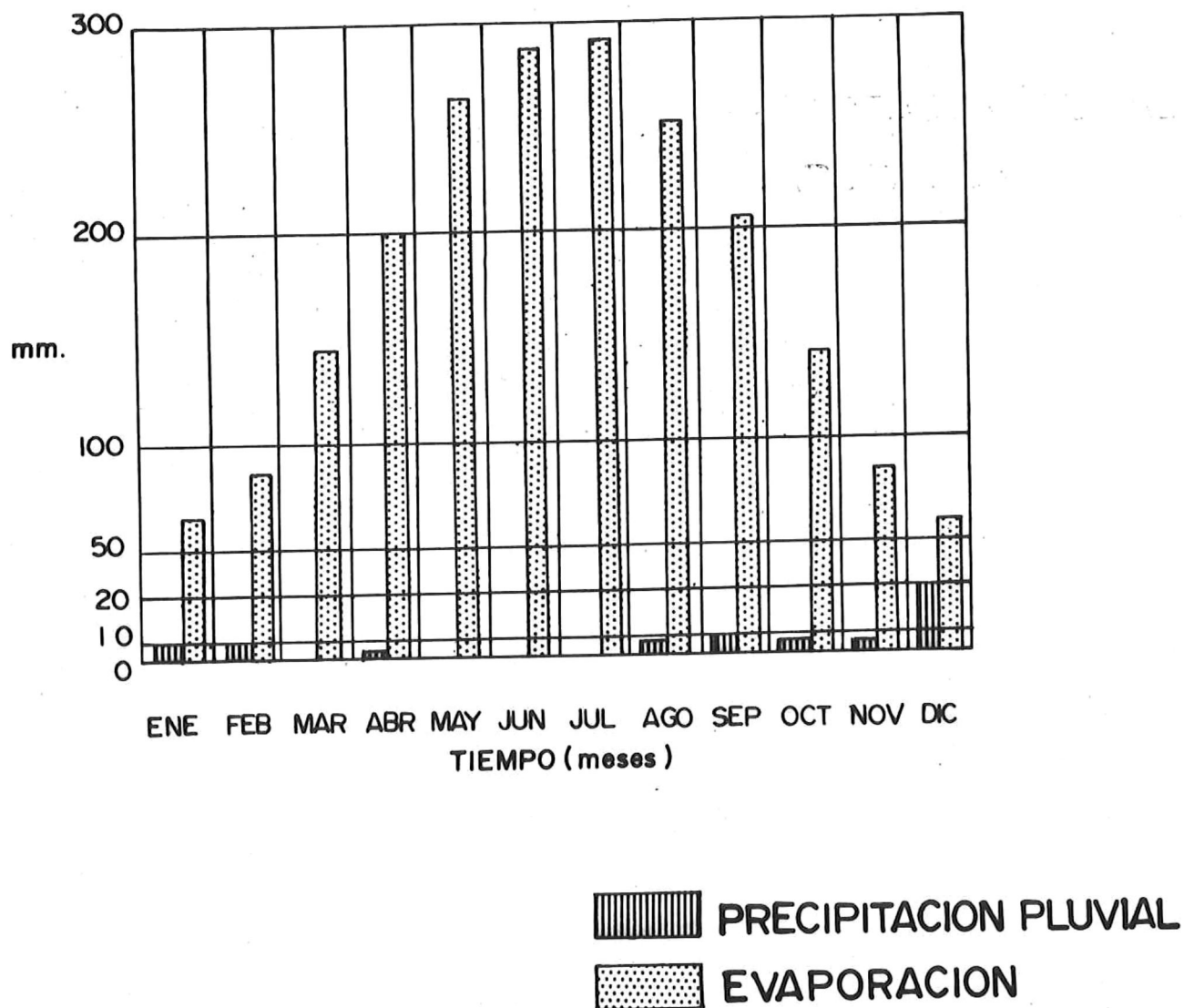


FIG. 2.- PROMEDIO MENSUAL DE PRECIPITACION PLUVIAL (mm.) Y EVAPORACION (mm.), REGISTRADOS DESDE 1914 A 1982 EN EL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN MIRANDA, 1982).

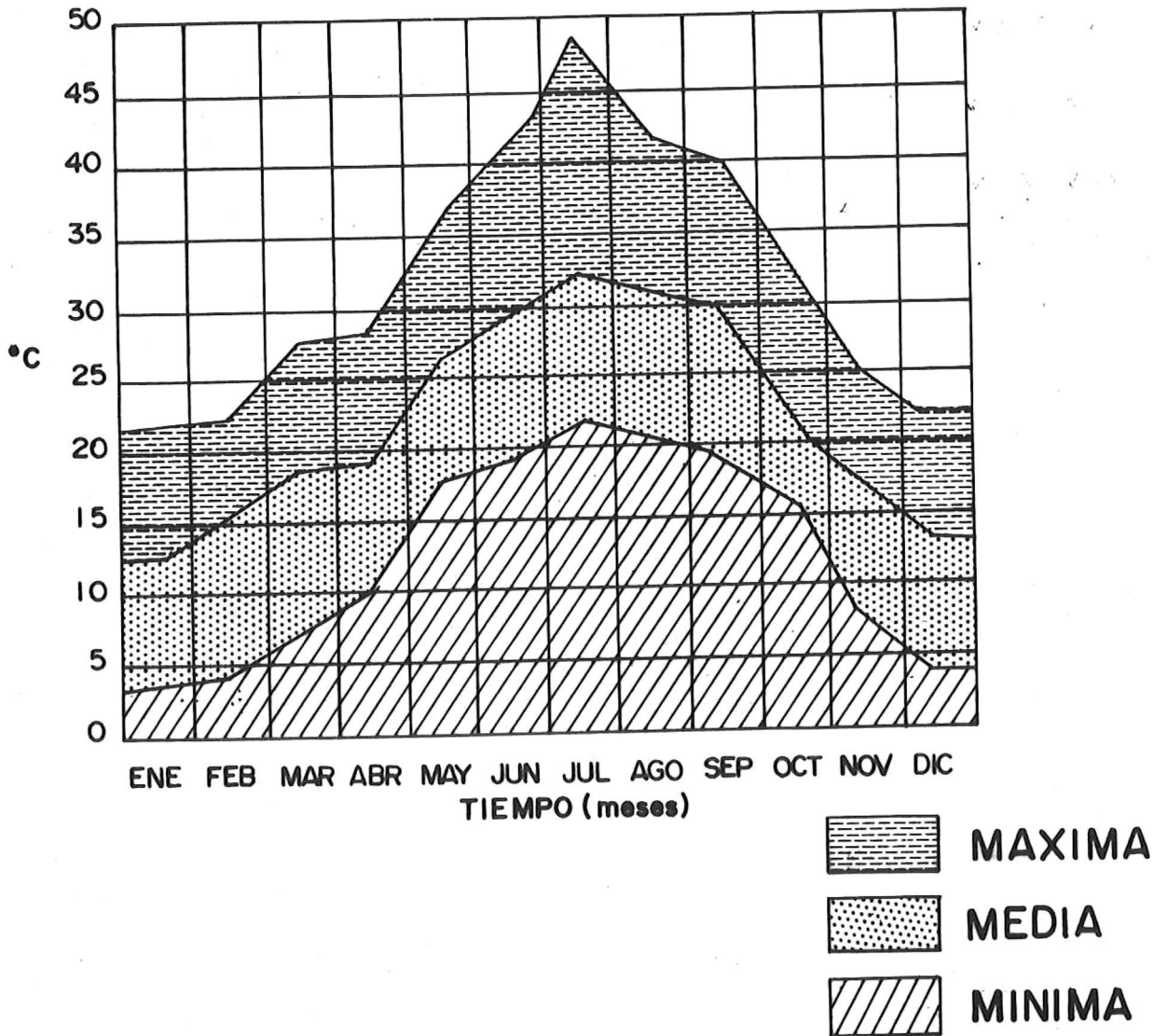


FIG. 3. VALORES MAXIMO, MINIMO Y PROMEDIO DE TEMPERATURAS (°C) MENSUALES, REGISTRADAS DESDE 1914 A 1982 EN EL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN MIRANDA, 1982).

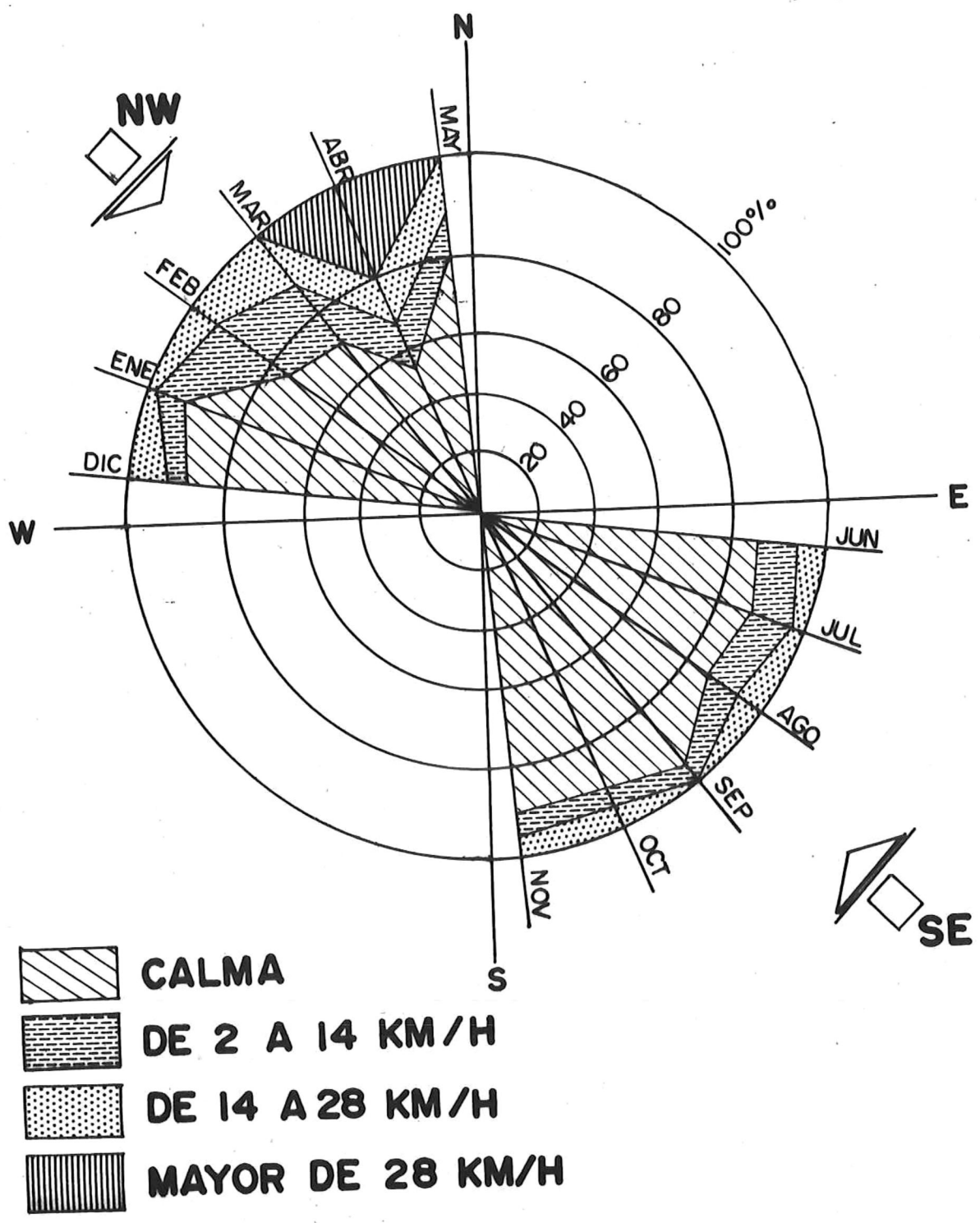


FIG. 4.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS VIENTOS DOMINANTES EN EL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN MIRANDA, 1982).

4.- ANTECEDENTES GENERALES.

4.1.- ANTECEDENTES SOBRE EL USO DEL RELLENO SANITARIO EN OTROS PAISES.

En el pasado, los residuos industriales han sido generalmente considerados como una consecuencia inevitable de la producción industrial, responsabilidad exclusiva de la industria. Ni las consecuencias de una eliminación inadecuada de tipos diferentes de desechos, ni los aspectos peligrosos de su eliminación, eran tema de particular preocupación. Al mismo tiempo, los métodos especiales de eliminación estaban, en términos generales, poco desarrollados (Defregger, 1983).

A finales de la década de los 60 y principios de los 70 comenzaron a evidenciarse los impactos adversos que sobre la salud y el ambiente produce la eliminación de desechos tóxicos sin un control adecuado. Así mismo, empezó a sentirse una paulatina preocupación por el estado del medio ambiente humano, especialmente en los países altamente desarrollados e industrializados. Fue entonces cuando se comenzaron a implementar las primeras medidas para la investigación del alcance del problema y a desarrollar los medios para resolverlo --- (Defregger, 1983; Pearce, 1983).

A partir de entonces se ha hecho un gran esfuerzo para adoptar métodos más seguros en la eliminación de los desechos. A pesar de que las nuevas tecnologías plantean actualmente una amplia gama de posibilidades de tratamiento y eliminación, la opción de un método adecuado se determina fundamentalmente por su factibilidad técnica y su costo. En la práctica, se utiliza regularmente un número limitado de técnicas, de entre las cuales el relleno sanitario es con mucho la más utilizada (Pearce, 1983).

La disposición de desechos peligrosos mediante el relleno sanitario es un Método importante de eliminación en muchos países (Suess y Huismans,1983). En los Estados Unidos se estima que 54 millones de toneladas de desechos peligrosos son producidos anualmente (Pizzuto,1981). Aproximadamente el 80% de éstos son eliminados en sitios de relleno sanitario.

El volumen total de desechos peligrosos industriales producidos en los -- países miembros de la Comunidad Económica Europea (CEE) se calcula entre 15 y 20 millones de toneladas anuales, de las cuales aproximadamente 7 millones -- son eliminadas mediante tratamiento fisico-químico, incineración y relleno saⁿnitario (Klein,1981).

En Inglaterra, la investigación gubernamental para el manejo y la eliminaⁿción de sus cerca de 5 millones de toneladas anuales de desechos tóxicos y pe^ligrosos, está actualmente valuada en 1.2 millones de libras al año y está di^vidida entre el relleno sanitario, el tratamiento fisico-químico y el recicla^je de los desechos (Burgess,1983).

Se estima que en la República Federal de Alemania se generan anualmente 4 millones de toneladas de desechos especiales. Aproximadamente un 15% es elimiⁿado por incineración y un 35% es reducido mediante tratamiento fisico-quími^co; el 50% restante es eliminado en sitios de relleno sanitario seguros (De--fregger,1983).

En Francia, donde se generan 2 millones de toneladas de desechos tóxicos- al año, existen 14 sitios adecuados de relleno sanitario que son utilizados - para disponer aproximadamente el 50% de los desechos. La incineración directa elimina el 20% y la detoxificación por medio del tratamiento fisico-químico, el restante 30% (Le Roy, 1983).

4.2.- HISTORIA DE LOS AGROQUIMICOS

La población humana siempre ha estado limitada por la disponibilidad de alimentos. Durante los primeros años de su existencia, el hombre vivió alimentándose de plantas y restos de animales. Bajo estas circunstancias la Biósfera no podía mantener una población humana de más de diez millones de seres (Brown, 1970). Fue con el cultivo intensivo de las plantas y la domesticación de los animales, desde hace cerca de diez mil años, que el hombre comenzó a modificar la biósfera para sus propios fines. Sin embargo, aun con esto, no ha habido un período en la historia de la humanidad en que el mundo haya estado completamente libre de hambre y desnutrición (Nicholas,1981).

La agricultura moderna depende principalmente de cuatro tecnologías que son: mecanización, irrigación, fertilización y control de plagas. Cada una de ellas ha contribuido de manera sustancial al aumento de la capacidad de la tierra para producir de una manera intensiva los alimentos para el hombre (Vizcaino,1975). Sin embargo; son las dos últimas técnicas, fertilizantes y plaguicidas químicos, las que más claramente están afectando los ciclos naturales de energía (Brown, 1970).

En el caso de los fertilizantes químicos, el hombre comprendió desde hace mucho que su alternativa consistía en fertilizar la tierra o trasladarse a otro sitio (Turk et al, 1982). Posteriormente se dio cuenta que de los medios capaces de incrementar la producción agrícola a corto plazo, los abonos químicos son los que proporcionan rendimientos máximos (Pratt,1965). La aplicación de estas sustancias a suelos no abonados rinde resultados sensacionales. En ca

tos típicos, la producción ha sido incrementada hasta diez veces por encima del nivel normal. De esta forma resulta muy fácil en poco tiempo conseguir aumentos de cosechas de 100 a 200%.

Por otro lado, la humanidad se vió en la necesidad de erradicar las plagas de insectos, roedores, aves y microorganismos que por miles de años, desde que la agricultura empezó, han destruido en reiteradas ocasiones, sus cosechas ----- (Turk et al, 1982). La agricultura se ha venido sirviendo, para lograr dicho fin de los plaguicidas. El arsenal de estos compuestos químicos va en constante aumento, entre ellos se encuentra una gran cantidad de compuestos, que se han clasificado desde diferentes puntos de vista, la más general de estas clasificaciones es según el tipo de organismos a que esta enfocado su ataque; así, existen insecticidas, herbicidas, rodenticidas, nematocidas, fungicidas y muchos más --- (Vizcaino, 1975).

4.3.- PRINCIPALES GRUPOS DE AGROQUIMICOS.

En la actualidad se aplican a los cultivos agrícolas una amplia gama de sus tancias químicas. Estas sustancias reciben en conjunto el nombre de agroquímicos, entre los más importantes se encuentran incluidos los plaguicidas, fertilizantes, fitorreguladores y antibióticos agrícolas.

Los plaguicidas son con mucho el grupo de agroquímicos más diverso. Dentro del cual se encuentran los insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, aca ricidas y otros que reciben su nombre según el tipo de plaga que controlen.

Los fertilizantes químicos se encuentran representados por nutrientes orgáni

cos e inorgánicos, que son aplicados a los suelos, según las necesidades de los mismos, para poder lograr rendimientos máximos en la producción.

Los fitorreguladores y los antibióticos agrícolas son sustancias que por lo general se aplican a los cultivos a un mismo tiempo. Los primeros son hormonas - vegetales que influyen tanto en el crecimiento como en la diferenciación celular de los cultivos y que se utilizan sobre todo en los huertos de árboles frutales - para regular la maduración de sus frutos. Los antibióticos agrícolas son sustancias utilizadas para controlar los diferentes tipos de enfermedades que atacan - en un momento determinado a los cultivos.

4.3.1.- FERTILIZANTES.

Un gran procedimiento empleado por el hombre para incrementar la producción de alimentos lo es la aplicación de fertilizantes químicos a los cultivos agrícolas. El origen de esta tecnología se debe, en gran medida, al Alemán, Justus Von Liebig quien a principios del siglo XIX determinó las necesidades específicas de nitrógeno, fósforo, potasio y otras sustancias, para el crecimiento de las plantas (Brown, 1970).

Actualmente, tales sustancias han sido plenamente identificadas y se sabe - que una planta en desarrollo necesita, en mayor o menor grado, 13 nutrientes; de ellos seis en gran cantidad y siete más escasamente; los primeros reciben el nombre de macronutrientes, y de micronutrientes los segundos (Pratt, 1965).

Los macronutrientes han sido divididos en primarios y secundarios. Dentro de la primera categoría quedan incluidos el nitrógeno, fósforo y potasio; y el calcio, magnesio y azufre son llamados macronutrientes secundarios. Los siete micronutrientes, que a veces se añaden en pequeñas cantidades a los fertilizantes que

proporcionan uno o varios de los nutrientes primarios, son boro, cobre, hierro, manganeso, zinc, molibdeno y cloro (Pratt, 1965).

La gran expansión del uso de fertilizantes en este siglo ha beneficiado enormemente a la humanidad, ya que, según se estima, el uso de los abonos químicos es responsable, por lo menos, de una cuarta parte de la producción total de alimentos. Sin embargo los beneficios no van solos, el escape de fertilizantes químicos a ríos, lagos y otros cuerpos de agua crea un peligro de profundos efectos sobre estos ecosistemas, este peligro es el bien conocido fenómeno de eutroficación (Brown, 1970). Consiste fundamentalmente en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no pueden ser eliminados definitivamente por mineralización total o por asimilación del fitoplancton, de manera que la descomposición de materia orgánica producida hace disminuir en gran medida la concentración del oxígeno disuelto en el agua, contribuyendo de esta manera a una progresiva regresión de los cuerpos de agua (Margalef, 1980).

4.3.2.- PLAGUICIDAS.

La clasificación de los plaguicidas según su composición química se describe en la tabla I.

4.3.2.1.- INSECTICIDAS.

Los insectos, de acuerdo con los cálculos más recientes, comprenden alrededor de tres millones de especies, es decir, más que todos los animales y plantas juntos. De este enorme número, el 99% son, desde el punto de vista humano, inofen

TABLA I.- Clasificación de los plaguicidas por su composición química.
Según Ware (1978).

1.- Insecticidas.

1.1.-Inorgánicos.

- 1.1.1.-Arsenicales: Verde de París, Arseniato de calcio.
1.1.2.-Fluorados: Fluoruro de sodio, Fluorsilicato de bario.

1.2.-Orgánicos.

- 1.2.1.- Organoclorados: DDT, BHC, Clordano, Dieldrin, Toxafeno.
1.2.2.- Organofosforados.
1.2.2.1.- Alifáticos: Malatión, Monocrotofos, Vapona, Fosdrin.
1.2.2.2.- Feniles: Paratión etílico, Paratión metílico, Gardona.
1.2.2.3.- Heterocíclicos: Diazinon, Azinfosmetil.
1.2.3.- Carbamatos: Carbaryl, Metomyl, Aldicarb, Carbofuran, Baygon.
1.2.4.- Formamidas: Clordimeform, Amitraz.
1.2.5.- Tiocianatos: Letano, Tanite.
1.2.6.- Dinitrofenoles: Dinitrocresol, Dinocap.
1.2.7.- Botánicos: Nicotina, Piretro, Rotenona.

- 1.3.-Fumigantes: Bromuro de metilo, Dibromuro de etileno, Dicloruro de Etileno.

2.- Herbicidas.

- 2.1.- Inorgánicos: Arseniato de sodio, Sulfato de amonio, Tiocianato de amonio, Nitrato de amonio, Sulfato de amonio, Sulfato de cobre, Clorato de sodio.

2.2.- Orgánicos.

- 2.2.1.- Aceites de petroleos: Queroseno, Gasolina, Aceite diesel.
2.2.2.- Arsenicales: Acido cacodylico, Metarseniato de sodio, metarseniato de disodio.
2.2.3.- Acidos fenoxialifáticos: 2,3,-D; 2,4,5,- T; 2,4,- DB; silvexmopa.
2.2.4.- Ureas sustituidas: Monuron, Diuron.
2.2.5.- Carbamatos: Cloroprofan, Barban, Terbutol.
2.2.6.- Heterocíclicos Nitrogenados.
2.2.6.1.- Triazines: Atrazine, Simazine.
2.2.6.2.- Triazoles: Picloram, Amitrole.
2.2.7.- Derivados del fenol.
2.2.7.1.- Nitrofenoles: DNOC, Dinoseb.
2.2.7.2.- Dinitrofenoles: Dinitrocresol, Dinocap.
2.2.7.3.- Fenoles clorados: Pentaclorofenol.

3.- Fungicidas.

3.1.- Inorgánicos.

- 3.1.1.- Compuesto de azufre.
3.1.2.- Compuesto de cobre: Caldo bordelex, Sulfato de cobre, Oxicluro de cobre.

3.2.- Orgánicos.

- 3.2.1.- Ditiocarbamatos: Tiram, Zineb, Manes, Ferban.
3.2.2.- Tiazoles: Terrazole.
3.2.3.- Tiazines: Anilazine.
3.2.4.- Aromáticos sustituidos: Hexaclorobenceno, Pentaclorofenol, pentacloronitrobenceno.
3.2.5.- Dicarboximidias: Captan, Polpet, Captafol.

4.- Nematicidas.

- 4.1.- Hidrocarburos Halogenados: D-D; EDB; DBCP; Bromuro de metilo.
4.2.- Organofosforados: Forano, Disulfoton, Tionazin, Profos.
4.3.- Isotiocianatos: SMDC, MIT, DMTT.
4.4.- Carbamatos: Aldicarb, Carbofuran.

sivos o claramente útiles, las especies molestas son el restante 1%, que supone unas tres mil especies. Estas constituyen las plagas agrícolas y los vectores de enfermedades humanas y animales (Williams, 1967).

La historia del control químico de plagas de insectos data de la segunda mitad del siglo XIX, cuando el escarabajo de la patata (Leptinotarsa desemlineata) se extendió rápidamente a través de los Estados Unidos y amenazó muy seriamente su producción. Después de mucho argumentar se decidió finalmente pulverizar los campos de patatas con arsénico en forma de verde de París. Este primer paso abrió la vía al empleo de los plaguicidas (Van Emden, 1982).

De esta forma surgió la primera generación de insecticidas: Petróleo para verter a las charcas, arseniato de plomo para envenenar a los insectos masticadores y nicotina y rotenona para las plagas chupadoras (Williams, 1967). A esta primera generación pertenecen tres grupos de insecticidas que según Van Emden (1982) han sido ampliamente utilizados: un grupo estaba formado por los venenos estomacales incluyendo el verde de París y por radicales tóxicos como arsénico o Fluorsilicatos formulados a modo de sales de metales especialmente de plomo y de sodio. Esas sales eran relativamente estables y las plantas podían pulverizarse con los compuestos sin que apareciesen síntomas de fitotoxicidad. Otro grupo consistía en aceites alquitranados que por su efecto deletéreo sobre las plantas solo podían ser utilizados en plantas inactivas carentes de hojas, tal como los árboles frutales en período invernal. Un tercer grupo estaba formado por extractos de plantas, las más conocidas de estas sustancias son el piretro, que se obtiene de los crisantemos; la rotenona extraída de la raíz del derrí que es una leguminosa de las islas Orientales y la nicotina la cual se obtiene del tabaco.

La segunda generación de insecticidas aparece a fines de los años treinta -

y principios de los cuarentas, cuando fue sintetizado el cloro-difenil tricloroetano o DDT (Williams, 1967; Turk et al, 1982). Los primeros logros que se introdujeron en esta nueva era del control de los insectos parecieron ser decisivos. Pronto se sintetizaron otros compuestos parecidos al DDT como aldrina, clordano, dieldrina, endrina, lindano, toxafeno y heptacloro, entre los más comunes, y que por su constitución química semejante reciben el nombre de hidrocarburos clorados.

Estos insecticidas poseen una extraordinaria eficacia contra gran variedad de plagas. No solo matan por contacto sino que proporcionan un control residual de larga duración en los lugares en los que se aplican. Además son poseedores de otro punto favorable, se producen a bajo precio y en cantidades ilimitadas (Metcalf, 1952).

Los plaguicidas organoclorados, que figuran ahora entre los productos químicos sintéticos más extensamente distribuidos del mundo, están contaminando una parte sustancial de la biósfera (Wurster, 1969). Son dispersados en todo el medio por corrientes de aire y agua. Sus movimientos y distribución extensa por el mundo entero se explican por sus características de solubilidad y estabilidad química y, especialmente, por su tendencia a fijarse en materia orgánica, a ser transportados por el agua y a concentrarse en los tejidos grasos de los organismos al pasar de un nivel a otro en las redes tróficas (Woodwell, 1967).

Otro grupo de insecticidas sintéticos empleados en la agricultura son los organofosforados, al cual pertenecen el paratión, el malatión, paratión metilico, y el Fosdrin, entre los más importantes. Este nuevo grupo de plaguicidas

cidas ha ido desplazando a los organoclorados ya que se descomponen en la naturaleza en una escala de tiempo que se mide en días o semanas (Turk et al,1982). Sin embargo, los organofosforados también son venenos no selectivos o de amplio espectro de acción (Miranda, 1982), trastornan los ecosistemas del mismo modo que los organoclorados al destruir a los enemigos naturales de las plagas combatidas y a la fauna beneficiosa de las regiones donde se aplican.

Los carbamatos constituyen el tercer y último gran grupo de insecticidas orgánicos. Fueron introducidos al mercado en 1965 cuando fue sintetizado el carbaril, el cual fue el primer carbamato que logró convencer como un exitoso insecticida. Debido a que los carbamatos poseen una alta tasa de solubilidad en agua, actúan como insecticidas sistémicos. Los carbamatos poseen dos características que los han convertido en los insecticidas más convenientes: una muy baja toxicidad para los mamíferos y son altamente efectivos contra los insectos que han desarrollado resistencia a los organoclorados y a los organofosforados. A partir del descubrimiento del carbaril fueron sintetizados otros compuestos como: isolan, dimetan, pirolan, metomil y propoxur, entre los más ampliamente utilizados (Ware,1978).

4.3.2.2.- HERBICIDAS.

Los herbicidas son sustancias químicas que sirven para controlar a las plantas perjudiciales o indeseables y que se asemejan en mucho a los insecticidas debido a sus efectos no selectivos o de amplio espectro de acción y a su tendencia a concentrarse, al paso de un nivel a otro, en las redes tróficas. Sin embargo, a diferencia de aquellos, los herbicidas se degradan fácilmente por lo que su persistencia en el ambiente es menor (Turk et al,1981).

Estas sustancias empezaron a utilizarse en gran escala poco después de la

segunda guerra mundial (Odum, 1983); al principio se utilizaron para limpiar - de maleza el paso de las líneas de alto voltaje. Los usos subsiguientes han incluido la limpieza de las vías férreas y de los márgenes de las carreteras; el control de las malas hierbas en agricultura y silvicultura y, desafortunadamente, han sido empleados como destructores de cultivos y agentes defoliantes de los bosques, durante la guerra.

Existen aproximadamente 75 herbicidas de uso ordinario los cuales pueden ser clasificados en dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos. Los primeros químicos utilizados en el control de malas hierbas fueron los compuestos inorgánicos (Ware, 1978). Entre 1906 y 1960, las soluciones de arseniato de sodio fueron los herbicidas más utilizados. Al igual que los insecticidas arsenicales, los herbicidas de arsénico inhiben la fosforilación oxidativa. Otros herbicidas inorgánicos de amplio uso actual son el sulfonato de amonio, tiocianato de amonio, nitrato de amonio, sulfato de cobre y sulfato de amonio.

Los primeros herbicidas orgánicos fueron a base de aceites de petróleo - los cuales son una compleja mezcla de hidrocarburos de cadena larga que contienen nitrógeno y azufre. Estos aceites son efectivos herbicidas de contacto. -- Dentro de los herbicidas orgánicos también quedan incluidos los arsenicales orgánicos, como el ácido cacodílico (ácido dimetil-arsénico), los cuales son mucho menos tóxicos que los compuestos inorgánicos; ácidos fenoxialifáticos; nitroanilinas, carbamatos y ácidos alifáticos (Ware, 1978).

Según su modo de acción, los herbicidas pueden clasificarse en dos grupos (Odum, 1983). El primero comprende, entre otros, el Monuron y el simazin que - impiden la fotosíntesis y provocan así la muerte de la planta por la falta de energía. El segundo grupo lo tipifican el 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) y el 2,4,5,-T (ácido 2,4,5-Triclorofenoxiacético), los cuales actúan como defoliantes.

Los efectos del 2,4,-D y del 2,4,5,-T sobre los ecosistemas no han sido bien explicados todavía. Sin embargo, son capaces de modificar las comunidades vegetales y de afectar indirectamente a los animales herbívoros y carnívoros. El 2,3,5-T se considera como una sustancia peligrosa por la presencia de su acompañante, el subproducto llamado dioxina (2,3,6,7-tetraclorodibenceno-a-dioxina). Se ha demostrado que este producto es teratogénico, o deformante del feto a concentraciones sumamente bajas. Asimismo, ha intervenido en la aparición de graves daños a la piel, del tipo acné, en trabajadores de fábricas que producen 2,4,5-T (Odum, 1983).

Durante la guerra de Vietnam, las fuerzas militares Estadounidenses rociaron 72 millones de litros de herbicidas (entre 1961 y 1971) sobre un área estimada de 1.7 millones de hectáreas de bosques y sobre unas pequeñas áreas de cultivos agrícolas (Carlson, 1983). El 2,4,5-T fue el principal defoliante utilizado (61% del total de los herbicidas aplicados). Otra sustancia llamada "Agente Blanco", consistente en una mezcla de los herbicidas 2,4,-D y Picloram, fue el segundo compuesto utilizado (28%). En tierras de cultivo, el principal herbicida aplicado fue el ácido cacodílico, el cual sumó el 11% del total aplicado.

Dos de los productos utilizados en la guerra de Vietnam están altamente prohibidos en Estados Unidos. El picloram ha sido comprado por Galston (1970) como un herbicida análogo al DDT, a causa de su persistencia relativa en los suelos y el ácido cacodílico contiene más de 50% de arsénico, y su empleo repetido puede conducir a la acumulación de éste en los suelos.

4.3.2.3.- FUNGICIDAS.

Estrictamente hablando, los fungicidas son compuestos químicos para matar --

o detener el desarrollo de los hongos patógenos, los cuales son los agentes -- causales de un gran número de enfermedades en las plantas.

La mayoría de los fungicidas actúan como protectores, previniendo la germinación de las esporas y la subsecuente penetración fúngica en los tejidos de las plantas. Los protectores son aplicados repetidamente para cubrir a nuevas plantas y para reponer el fungicida que se ha degradado o ha sido lavado por las lluvias. El principio de aplicación de los fungicidas difiere del de insecticidas y herbicidas. Solo aquella porción de la planta que ha sido cubierta por el fungicida está protegida contra enfermedades así que es esencial lograr una cobertura buena y uniforme. Gracias a la química moderna, muchas enfermedades de los granos, semillas, frutas y vegetales almacenados son controladas mediante la aplicación de fungicidas (Ware, 1978).

Historicamente los fungicidas estuvieron centrados alrededor de compuestos de azufre, cobre y mercurio, y aún ahora la mayoría de las enfermedades de las plantas pueden ser controladas por estos compuestos. Sin embargo, los compuestos de azufre y de cobre pueden retardar el crecimiento de plantas susceptibles, por lo tanto, se empezaron a desarrollar los fungicidas orgánicos. Estos son poseedores de una gran actividad fungicida y por lo general son menos fitotóxicos.

Existen cerca de 150 fungicidas de uso ordinario los cuales pueden clasificarse en inorgánicos y orgánicos. Los primeros compuestos utilizados en el control de hongos patógenos fueron los inorgánicos. De estos, el azufre es probablemente el fungicida más antiguo. Los fungicidas a base de cobre incluyen la mezcla de sulfato de cobre y cal, llamada comunmente caldo bordelés. Los diversos compuestos que contienen cobre han sido utilizados para controlar a una

gran variedad de enfermedades causadas por hongos como lo son tizones, royas - y mildius. Sin embargo, el cobre es tóxico para todas las células vegetales -- por lo que debe utilizarse en dosis pequeñas, que sean adecuadas para desarrollar su actividad fungicida sin afectar a las plantas tratadas. Los fungicidas inorgánicos a base de mercurio, son probablemente los más tóxicos de todos los fungicidas. Las propiedades fungicidas del mercurio y su toxicidad a los animales son debidas en parte al grado de asociación de sus iones divalentes, los - cuales son tóxicos a todas las formas de vida. Como resultado de esto, en Estados Unidos su uso agrícola ha sido prohibido por la agencia de protección al - ambiente (Mellanby, 1977) y (Ware, 1978).

Los fungicidas orgánicos empezaron a desarrollarse hace 35 años para reem- plazar a los inorgánicos los cuales son más severos y menos selectivos en su - acción. El primer fungicida orgánico fue descubierto en 1931. Este fungicida, - Tiram, fue seguido por muchos otros. Así fueron sintetizados alrededor de 125- compuestos orgánicos los cuales se encuentran clasificados dentro de los si- - siguientes grupos: ditiocarbamatos, tiazoles, tiazines, dicarboximidias y los de- rivados del benceno (Ware, 1978).

Los fungicidas orgánicos poseen cualidades sobresalientes. Son eficientes - en gran medida. Es decir se requieren menores cantidades de fungicidas orgáni- cos, en comparación con los inorgánicos, para lograr un buen control; y, son - seguros para las plantas cultivadas, los animales y el ambiente. La mayoría de estos compuestos también poseen una muy baja fitotoxicidad. Y por último, una - gran parte de ellos son degradados rápidamente por los microorganismos del sue- lo, previniendo así su acumulación en los suelos (Ware, 1978).

4.3.2.4.- NEMATICIDAS.

El grupo de los nemátodos esta constituido por los gusanos redondos mi---

microscópicos que viven en el suelo y el agua. Muchos son de vida libre mientras que otros son parásitos de plantas y animales. Algunas especies de nemátodos - introducen microorganismos patógenos en las raíces de las plantas. De esta manera pueden predisponerlas a sufrir enfermedades tales como, marchitez y pudrición de la raíz. En otras instancias, los nemátodos por si mismos causan la enfermedad, interrumpiendo el flujo del agua y de nutrientes en el xilema, resultando en la privación del crecimiento de las partes aéreas de las plantas y -- provocando finalmente disminución en el crecimiento de las mismas (Ware, 1978)

Según Ware (1978) los nematicidas que han sido desarrollados comercialmente se clasifican en cuatro grupos: 1).- hidrocarburos halogenados 2).- organofosforados; 3).- isotiocianatos; 4).- carbamatos.

La mayoría de los hidrocarburos halogenados actúan como fumigantes narcóticos, ya que debido a su alta solubilidad en grasas, se acumulan en el sistema nervioso de los nemátodos. Los nematicidas más importantes de este grupo -- son el DD (dicloropropeno-dicloropropano) y el EDB (dibromuro de etileno); ambos son inyectados al suelo algunos días antes de la plantación, para matar -- tanto a nematodos como insectos del suelo.

Los compuestos organofosforados, utilizados normalmente como insecticidas también se emplean para controlar las infestaciones de nemátodos. Desafortunadamente, la mayoría de estos compuestos se degradan rápidamente en el suelo, -- por lo que solamente los sistémicos son efectivos nematicidas, como resultado de esto, solo unos pocos de los compuestos insecticidas son utilizados para -- producir efectos nematicidas. Estos compuestos actúan inhibiendo a una enzima-neurotransmisora, la colinesterasa, provocando parálisis y, finalmente, la --- muerte de los nemátodos afectados.

Dentro del grupo de los isotiocianatos, existen unicamente dos nematici -

das importantes: el SMDC (N-metilditiocarbamato); y el MIT (metilisotocianato) que es un fumigante de preplantación.

El grupo de los carbamatos esta representado por el aldicarb y por el carbofuran. El aldicarb, es un nematicida sistémico que se emplea en pocos cultivos, a pesar de que muestra grandes cualidades tanto como insecticida como nematicida. Se inyecta en el suelo al momento de la plantación y después de que las plantas han atravesado por sus diferentes estados de crecimiento. Una vez en el suelo, se solubiliza en el agua, es absorbido por las raíces y es transportado a través de toda la planta. Por su parte el carbofuran, es un reciente y prometedor insecticida-nematicida, posee una vida residual relativamente corta y es útil sobre cultivos de forraje y hortalizas.

Con los nematicidas en general, el problema de los residuos tóxicos se vuelve más serio. Su prolongado efecto residual puede limitar el uso de algunos compuestos a pesar de su alta toxicidad a los nemátodos. Parece, entonces, que los nematicidas volátiles y no residuales deben ser, de aquí en adelante, los compuestos que se utilizen para el control de los nemátodos (Ware, 1978).

5.- ANALISIS DE LOS PLAGUICIDAS.

En esta sección se pretende realizar una descripción del comportamiento general de los plaguicidas en el medio, tanto acuático como terrestre, la persistencia y acumulación de sus residuos a lo largo de las cadenas alimenticias y sus efectos en el humano.

5.1.- ACCION DE LOS PLAGUICIDAS.

Los plaguicidas químicos fueron aceptados inicialmente con gran entusiasmo por su bajo costo, su fácil empleo, su rápida acción y porque combaten una amplia gama de plagas. Estos atributos produjeron un optimismo exento de sentido crítico (Turk et al, 1981). Sin embargo, este optimismo fue la causa, en parte de la saturación casi absurda del medio con los venenos no selectivos y persistentes.

El amplio espectro de acción de los plaguicidas ha traído como consecuencia una serie de alteraciones ecológicas a nivel mundial. Es decir, son tóxicos no solamente para los insectos perjudiciales contra los que se aplican, sino también para los demás insectos; además, por su persistencia en el ambiente, e incluso, al incrementar su concentración, como ocurre a lo largo de las redes tróficas, constituyen un peligro para otros organismos, incluido el hombre (Williams, 1967).

El empleo de plaguicidas no selectivos ha inducido a menudo a la destrucción de los volúmenes de población de organismos depredadores. En este sentido, los estudios han demostrado que los insectos y aves depredadores son más susceptibles a los efectos de los plaguicidas que las plagas de insectos, de este modo al quedar suprimidos los controles naturales, las poblaciones de las plagas prosperan más que antes de la aplicación de los plaguicidas (Turk, et al, 1981).

Otro efecto de los plaguicidas de amplio espectro de acción consiste en que al matar a una especie algunas veces se produce el surgimiento de otra. -- Turk et al., (1981) consideran como ejemplo la historia del ácaro rojo que me-- dra en los bosques occidentales de Estados Unidos. Este insecto se alimenta de la clorofila de hojas y de las agujas siempre verdes. Debido a que en un eco-- sistema normal de bosque los depredadores y la competencia han mantenido bajo el número de ácaros, estos nunca han constituido un problema grave. Sin embar-- go en 1956, surgieron complicaciones cuando el servicio forestal de Estados U-- nidos roció con DDT, en una campaña para eliminar otra plaga: El gusano de la yema del abeto. Los gusanos fueron erradicados, pero el insecticida envenenó -- también a los enemigos naturales del ácaro rojo, tales como las mariquitas, -- jejenes, y algunos ácaros depredadores. Al año siguiente, los bosques se vie-- ron infestados por una invasión de ácaros rojos. Aunque el gusano de la yema -- del abeto había sido temporalmente controlado, el nuevo problema del ácaro ro-- jo resultó ser más desastroso.

En un ecosistema natural, las abejas polinizan muchas especies vegetales -- al viajar de flor en flor. Pero también son aniquiladas por los plaguicidas. -- Cuando queda diezmada la población de abejas, surgen pérdidas en los cultivos -- por falta de polinización. En algunos casos, las pérdidas han sido más perju-- diciales que el ataque de los insectos.

Estos ejemplos no son más que dos de los numerosos casos en que los pla-- guicidas de amplio espectro han originado problemas más graves que aquellos -- que han resuelto y en que el objetivo de incrementar la producción agrícola ha fracasado.

5.2.- PERSISTENCIA Y BIOACUMULACION DE LOS PLAGUICIDAS EN LAS REDES TROPICAS.

Los ciclos ecológicos son considerados como mecanismos que han evoluciona

do para conservar los elementos esenciales para la supervivencia de los organismos que forman las comunidades.

Uno de los ciclos más importantes, es el movimiento de los alimentos y la energía de un organismo a otro por caminos que se denominan cadenas alimenticias (Odum, 1983). Tales cadenas empiezan con las plantas que utilizan la energía solar para sintetizar materia orgánica; los animales comen las plantas, otros animales a estos herbívoros, y los carnívoros pueden también constituir niveles adicionales en los que se alimentan unos a otros. Si los eslabones menores de la cadena sobreviven, es debido al retorno de los alimentos. Esto ocurre gracias a la descomposición efectuada por microorganismos que convierten los restos orgánicos en sustancias utilizables de nuevo por las plantas.

Woodwell (1957) estima que las cadenas alimenticias permiten la transmisión de cerca de 10% de la energía de un nivel inferior a uno más alto; esto es, cada nivel puede pasar un 10% de la energía que recibe de abajo sin sufrir una pérdida de población que ponga en peligro su supervivencia. Sin embargo la energía no pasa por una cadena claramente ordenada sino que se dispersa en gran cantidad de organismos a través de una extendida y compleja red trófica. Cuanto más compleja es la comunidad, más diverso es su carácter y más complicada es la red. Esta complejidad es uno de los principales factores que se deben considerar cuando se investiga como las sustancias tóxicas pueden distribuirse y concentrarse en las comunidades vivientes.

La mayoría de los plaguicidas químicos son sintéticos, y su aparición en el medio ambiente es muy reciente. Algunos son fácilmente biodegradables, debido a que su estructura química es muy semejante a los compuestos de origen natural. Otros, en cambio, se desintegran más o menos rápidamente mediante la

la acción química del agua, de los ácidos y las bases ambientales, del oxígeno atmosférico y tal vez de otros agentes químicos y/o físicos. Sin embargo, existen otros, como los plaguicidas organoclorados, que son muy persistentes, es decir, no se degradan rápidamente en el ambiente (Turk et al, 1981).

La amplia persistencia de algunos plaguicidas es la característica que los ha convertido en un problema ecológico grave ya que son capaces de acumularse en los tejidos de los organismos a través del paso de energía de un nivel trófico a otro en las comunidades. Esto es posible debido a la alta solubilidad de estas sustancias en grasa y a su insolubilidad en agua o sangre, de manera que, si pequeñas cantidades de estos tóxicos penetran en el cuerpo se concentrarán en el tejido graso de los organismos y no podrán ser arrastradas muy eficazmente por la sangre. Así pues, las concentraciones de pesticidas se van acumulando en los órganos de los animales (Turk et al, 1982).

Al pasar estas sustancias, de un organismo a otro a través de las redes tróficas se produce un aumento gradual de los biocidas en cada nivel trófico de manera que los organismos que son el último eslabón de la cadena, contienen cantidades exageradamente superiores a las encontradas en el medio (Vizcaino, 1975).

Edwards (1969) encontró residuos de aldrin y dieldrin dentro de los tejidos grasos de las lombrices de tierra a concentraciones diez veces más altas que en el suelo circunvecino. Otros investigadores verificaron estos resultados y mostraron que en sus resultados habían encontrado concentraciones similares de heptacloro, heptacloroperoxido y DDT. El hecho de que las lombrices de tierra concentren en su tejido graso estos venenos tiene un interés significativo, ya que además de descomponer muchos de los restos de las plantas; penetran el suelo, lo voltean y lo airean contribuyendo de este modo a la forma---

ción, fertilización y oxigenación de los suelos. Asimismo, sirven de alimento a los animales tales como aves y roedores, los cuales pueden concentrar esos plaguicidas en sus cuerpos a niveles mucho mayores que los encontrados en las lombrices. En consecuencia, las lombrices de tierra, como un eslabón bajo en la cadena alimenticia, puede ser una importante fuente de residuos químicos tóxicos en los animales superiores.

En un ejemplo de los desastres ecológicos producidos por la persistencia y bioacumulación de ciertos plaguicidas, Mellanby (1977) señala que cuando se recubrieron semillas con dieldrin para proteger a las plantas jóvenes del ataque de la larva de la mosca del bulbo del trigo, esas semillas fueron ingeridas por tortolas, faisanes y otras aves, que murieron en gran número. Cuando los cadáveres fueron a su vez, comidos por aves rapaces o por zorros, estos sufrieron fatales envenenamientos secundarios. Algunos de los depredadores murieron por comer una o dos presas muy contaminadas. mientras que otros, concentraron dosis subletales durante cierto período a partir de varias presas aparentemente normales.

En un estudio realizado por Woodwell et al., (1967), en Long Island E.U.A., (Figura 5), encontraron que las plantas y los animales del área constituían una cadena que concentraba el DDT de manera espectacular. El plancton, que constituye el nivel más bajo, contenía 0,04 ppm (partes por millón) de DDT; un pez del género Phoxinus tenía 1 ppm y un pájaro carnívoro (una gaviota de pico anillado) contenía 75 ppm en sus tejidos. Algunos de los animales carnívoros en esta comunidad habían concentrado el DDT por un factor de más de mil sobre los organismos de la base de la pirámide de nutrición.

5.3.- DISPERSION DE LOS PLAGUICIDAS EN EL MEDIO AMBIENTE.

La mayoría de los plaguicidas, sobre todo los insecticidas organoclorados

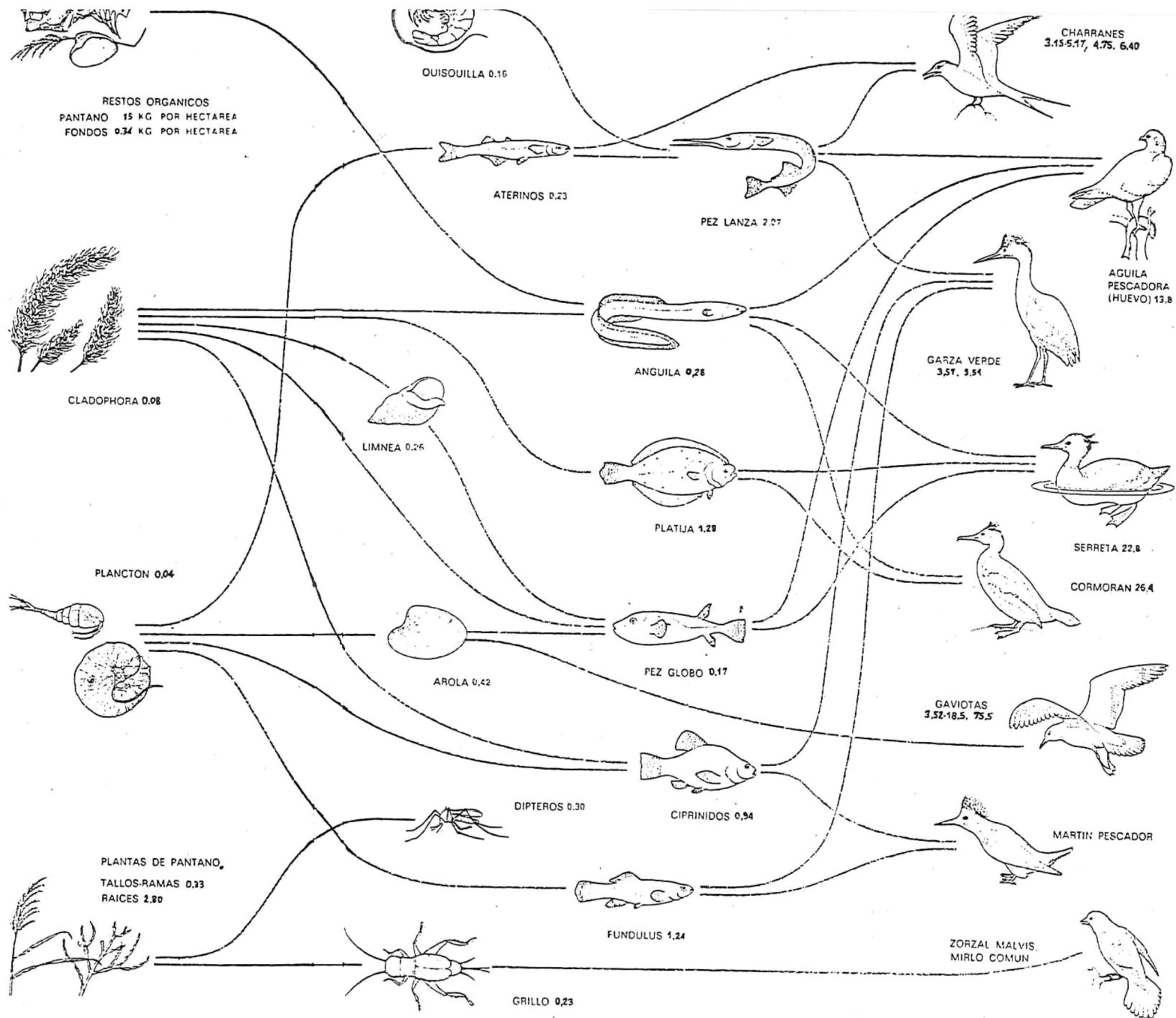


FIG. 5.- TRAMA ALIMENTARIA DE UN ESTUARIO DE LONG ISLAND (E.U.A.) Y LAS CANTIDADES DE DDT Y SUS METABOLITOS (PPM) ENCONTRADAS EN LOS ORGANISMOS ANALIZADOS. TOMADO DE WOODWELL (1967).

son relativamente insolubles en agua; su degradación es muy lenta, poseen una pronunciada tendencia a adherirse a finas partículas de polvo, coloides o sales, y finalmente son solubles en el tejido adiposo de los seres vivos.

Según Woodwell et al., (1967) y Avalos (1974) del total de DDT que es aplicado por medios aéreos solo el 50% cumple con su misión quedando adherido a las hojas de las plantas o incorporándose al sustrato y el 50% restante, queda en la atmósfera en forma de vapor o adherido a partículas para ser transportado por el viento a lugares cercanos y lejanos hasta que se precipita por acción de la lluvia. Los residuos que quedan sobre el sustrato, son transportados por los escurrimientos de agua hacia los ríos o a los drenes para llegar generalmente al mar en donde son incorporados a los organismos.

Turk et al (1981) señalan que la precisión al momento de la aplicación aérea de los plaguicidas, es un factor determinante en la dispersión de los mismos y que dicha precisión depende de ciertos factores como la habilidad del piloto, la cantidad de obstáculos a vencer como árboles, postes eléctricos, así como la dirección y velocidad del viento.

Woodwell (1967) menciona que gracias a los puntos claves suministrados por estudios sobre las lluvias radiactivas, mucho se ha aprendido sobre el movimiento y la distribución de los plaguicidas a nivel mundial. Esto se debe a que estos toxones se dispersan sobre la tierra de manera similar a las partículas radiactivas al ser recogidos y transportados por corrientes de aire y agua. Además, señala que otros mecanismos ajenos a los movimientos de aire y agua también pueden llevar a los plaguicidas a grandes distancias alrededor del mundo. Peces y aves migratorias los transportan a miles de kilómetros. De este modo, los plaguicidas se encuentran en el aire de las ciudades, en la fauna entera del norte de America y en rincones remotos de la tierra, como en los pin-

guinos de adelia y gaviotas de Skua, ambos carnívoros de la Antartida. También se encuentran por todo el mundo en el tejido adiposo humano.

El hecho de que los plaguicidas pueden ser transportados por corrientes de agua y aire sugiere que estos toxones pueden ver aumentada su concentración debido a una serie de circunstancias meteorológicas en una determinada región. Turk et al, (1982) señala que bajo condiciones críticas, como las ocurridas durante 1950 en algunas regiones del sur de los Estados Unidos, cuando se efectuaron rigurosas aplicaciones de insecticidas que fueron seguidas por fuertes lluvias, el escurrimiento proveniente de la zona agrícola fue de tal magnitud que la concentración residual de insecticidas se elevó a casi mil veces de lo normal.

Otros numerosos estudios han demostrado que la precipitación (agua y nieve) juega un importante papel en determinar donde se depositará la caída de estas sustancias. En este sentido Woodwell (1967) menciona que varios investigadores del servicio de conservación del suelo, encontraron, luego de un estudio extenso en Washington, que la cantidad de plaguicidas precipitados era directamente proporcional a la cantidad total de lluvia anual.

5.4.- RESISTENCIA DE LAS PLAGAS A LOS INSECTICIDAS.

Los esfuerzos del hombre para controlar los organismos plaga tropiezan -- con la notable facilidad que muestran dichos organismos para desarrollar resistencia a los plaguicidas (Williams, 1967).

Desde los años cincuentas serias advertencias de un revés entomológico -- fueron formuladas por Metcalf (1952), Soloman (1953) y Ripper (1956); quienes en sus respectivas investigaciones concluyeron que mediante procesos genéticos fundamentales las plagas de insectos han desarrollado una sorprendente resis

tencia frente a los insecticidas en general.

El uso prolongado de un insecticida dirigido hacia una plaga puede conducir a una disminución en la eficacia del mismo, aunque la composición del producto continúe siendo la misma, su empleo tiende a traducirse en el desarrollo de una población inmune a los insecticidas (Miranda, 1982).

Después de repetidas exposiciones sobre varias generaciones de insectos, el insecticida actúa como un agente de selección artificial sobre los mismos. Como una consecuencia de esta presión de selección intensa, únicamente sobreviven aquellos que han desarrollado la capacidad de tolerar al insecticida (Ware, 1978).

Se sabe gracias a experiencias de campo y de laboratorio, que mientras -- los insectos susceptibles mueren, los insectos resistentes sobreviven y son capaces de heredar su resistencia a la siguiente y a las futuras generaciones. -

La resistencia de los insectos a los productos químicos es un problema -- digno de una verdadera preocupación. En 1944 solo se conocían 44 especies que habían desarrollado resistencia a insecticidas. Ahora, 40 años después, se estima que este número ha aumentado a 250, más de la mitad de las cuales son plagas de insectos (Ware, 1978).

La explicación de la resistencia desarrollada por los insectos parece explicarse en términos bioquímicos, de esta manera se confirmó que ciertos insectos resistentes al DDT son capaces de transformarlo en un metabolito menos tóxico (Metcalf, 1952). Durante las investigaciones se aplicaron cantidades medidas de DDT a moscas resistentes y no resistentes, tras lo cual, después de macerar y extraer los contenidos corporales, determinaron los productos de degradación del DDT mediante espectrofotometría. Encontraron que las moscas resis--

tentes eran capaces de detoxificar el DDT en un alto grado, gracias a la acción enzimática que convierte al DDT en DDE, derivado etilénico menos tóxico. Las enzimas, en las líneas de moscas resistentes, llevan a cabo este proceso con mayor rapidez que en las no resistentes.

Una característica en las observaciones recientes es la resistencia que desarrollan los insectos a otros tóxicos cuando la desarrollan respecto a uno al que han sido expuestos (instituto de ecología, 1975). En un estudio realizado por Metcalf (1952), se encontró que una línea de moscas muy resistentes al DDT mostraba una resistencia considerable frente a diversos análogos estructurales del DDT, tales como el metoxicloro, lindano, clordano, Heptacloro, aldrin y dialdrin.

Según Turk et al, (1981), la resistencia desarrollada por los insectos -- hacia los insecticidas es un grave problema en si mismo y puede complicarse si la plaga desarrolla resistencia y los depredadores no. Si esto ocurre, las plagas tendrían una nueva ventaja biológica pudiendo prosperar y aumentar sus poblaciones en forma mucho más numerosa que antes. Esto es favorecido por tres factores, a saber:

- 1).- Los insectos considerados como plagas suelen ser más pequeños y se reproducen con mayor frecuencia que sus depredadores, aumentando así las probabilidades de que surjan cepas resistentes.
- 2).- Los depredadores ingieren una dieta más rica en insecticidas que las plagas iniciales. Esto es una consecuencia de la bioacumulación de los residuos tóxicos de los insecticidas a lo largo de las cadenas alimenticias.-
- 3).- En todo ecosistema, existen siempre menos depredadores que herbívoros --- (incluidos los que constituyen plagas). Para toda especie, el tener una

población reducida equivale a correr el riesgo de extinción. Por lo tanto; - las plagas, por ser más numerosas, cuentan con una mayor probabilidad de supervivencia que las especies depredadoras.

Debido a que más insecticidas se han vuelto inefectivos para ciertas especies, el problema del control de plagas se incrementa proporcionalmente. - Las poblaciones de algunas plagas de insectos tienen ahora una gran proporción de individuos resistentes a la mayoría de los insecticidas conocidos - por lo que el empleo de los mismos ya no es recomendado como una medida de control.

Se corre además otro riesgo; la resistencia a los insecticidas no es exclusiva para las plagas agrícolas. Los problemas de salud pública, resultantes de la resistencia de insectos transmisores de enfermedades pueden volverse más importantes que las dificultades agrícolas que en este sentido se tienen actualmente (Metcalf, 1952).

La resistencia es realmente un problema en muchas plagas de insectos y el problema no se ha de resolver por si mismo. Los insecticidas a los cuales los insectos se han vuelto resistentes ya no son una herramienta útil, y obligan a encontrar nuevos insecticidas con nuevos y diferentes modos de acción. Por desgracia, la investigación y el descubrimiento de nuevos insecticidas no han mantenido el paso y han perdido finalmente contra el desarrollo de la resistencia, unido a esto existe la deposición legal de algunos insecticidas por razones de seguridad humana y ambiental. Así, el amplio rango de respuestas a la resistencia de insectos deberá ser encontrada en otros métodos de control o en la combinación de métodos conocida como control integral de plagas (Ware, 1978).

5.5.- EFECTOS NOCIVOS PRODUCIDOS POR LOS PLAGUICIDAS.

5.5.1.- EN PECES.

Como se ha descrito anteriormente, a partir de la aplicación de un plaguicida, una fracción del mismo se distribuye en la atmósfera y los residuos que se precipitan se sedimentan en el suelo (Miranda, 1982). Sin embargo, no todo el producto queda retenido en este último; una fracción es filtrado hacia los mantos freáticos, los cuales constituyen las reservas de agua potable; mientras que, una gran parte de estos residuos es transportada hacia los mares a través de corrientes superficiales junto con los sedimentos producto de la erosión de los campos agrícolas y forestales.

Los efectos producidos por los plaguicidas en la fauna acuática se presentan en función de una serie de factores biológicos como son: especie, edad, peso, sexo y susceptibilidad del individuo (Salmeron y Salmeron, 1968). Igualmente la distribución de estas sustancias en el medio marino, depende de parámetros fisico-químicos como la solubilidad o grado de suspensión del compuesto, las corrientes marinas y de los movimientos verticales de masas de agua.

La contaminación del medio ambiente marino por plaguicidas ha manifestado problemas en la salubridad de especies marinas, principalmente en las que representan un recurso explotable para el hombre como: peces, crustáceos y moluscos (Gutiérrez Galindo et al., 1983). El impacto biológico de estos compuestos entre los cuales destaca el DDT y en particular su metabolito DDE, en el ecosistema marino del sur de California (E.U.A.) y Baja California (México), ya se ha puesto de manifiesto. Estudios en estas regiones han detectado niveles y efectos nocivos de hidrocarburos clorados en peces (Duke y Wilson, 1971; Velarde, 1973); en moluscos (Young et al., 1976; Risebrough et al., 1980) y en se-

dimentos (McDermott et al, 1974).

Los trabajos llevados a cabo por Risebrough et al (1976) entre 1960 y -- 1970 muestran que los niveles de compuestos organoclorados en agua, invertebrados y vertebrados del sur de California (E.U.A.) fueron los más altamente registrados que en cualquier otro ecosistema costero del mundo.

Los efectos producidos por los compuestos organoclorados en peces se traducen en daños al sistema nervioso central, manifestandose en forma de inestabilidad, dificultades respiratorias y movimientos lentos o inactividad. Algunos otros efectos son: acumulación de residuos en las grasas dañando el hígado y los riñones, disminución en la capacidad reproductiva, reacción lenta a los estímulos externos, crecimiento restringido y búsqueda de aguas anormalmente calientes. Las branquias son órganos que pueden resultar dañados y como consecuencia, la tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno disminuye --- (Miranda, 1982). Además, les causan dilatación de la vejiga natatoria, presencia de aire en el ducto intestinal, cambios en la conducta, espasmos, ceguera y mucosidad a nivel de las branquias, hasta que sobreviene la muerte.

Los plaguicidas persistentes y liposolubles pueden ser fatales para aquellos peces que almacenan energía en forma de grasa para su empleo en los meses de invierno. Las truchas forman una capa de grasa durante los meses de verano en que el alimento es abundante. En el invierno, esta grasa es metabolizada para obtener de ella energía. En regiones donde la tierra ha sido rociada con plaguicida, ésta grasa contiene altas concentraciones de éstas sustancias. Se sabe que organoclorados liberados en el torrente sanguíneo de las truchas a concentraciones de 1.4 ppm han matado a la mitad de la población de la trucha en solo tres días (Turk, et al, 1981).

En un estudio realizado por Hernandez (1975) en el Valle de Mexicali sobre las concentraciones de residuos de insecticidas organoclorados en peces, se tomaron muestras en canales de irrigación de especies con un contenido relativo de tejido adiposo, como el bocón y la lisa; se encontraron concentraciones de 1.0 y 1.5 ppm de dos metabolitos del DDT llamados P' P' DDT y O P' DDT respectivamente. Estos valores no rebasan el límite máximo permitido por la S.A.R.H. (1979) en su legislación relativa al agua y su contaminación.

En una investigación realizada en el Golfo de California, Nuñez (1975) y Guardado (1976) señalan que los insecticidas organoclorados detectados en la parte alta del Golfo son una amenaza que se cierne sobre el equilibrio ecológico de esta zona y que podrían contribuir a la disminución de la abundancia del recurso pesquero más importante de la región como lo es el camarón. Y sugieren que no es muy remota la posibilidad de que estos organoclorados también hayan contribuido en parte a llevar a las puertas de la extinción a la Totoaba (Cynoscion sp) que anteriormente constituyó un recurso importante para las pesquerías de la región. Aunque también es importante mencionar que a pesar de la veda, la Totoaba se sigue pescando ilícitamente.

Si consideramos que las interacciones de todos los componentes del ecosistema marino pueden hacer variar notablemente las concentraciones de los plaguicidas, es evidente que estos constituyen un factor importante que puede ser decisivo para el equilibrio ecológico de zonas como el alto Golfo de California, donde se tiene la certeza de que se están incorporando cantidades considerables de plaguicidas (Nishikawa et al, no publicado).

5.5.2.- EN ANFIBIOS Y REPTILES.

Según Hayes Jr. (1975), la aplicación del insecticida organoclorado DDT-

a concentraciones normales utilizadas para el control de plagas forestales,--
comunmente solo ejerce pequeños efectos sobre ranas, sapos, salamandras, víbo-
ras y tortugas, aunque ocasionalmente algunos de estos mueren. Sin embargo, -
algunas excepciones han sido reportadas. Por ejemplo, aparentemente todas las
ranas (Rana sylvatica) que habitaban en dos charcas de un bosque murieron cuan-
do el área fue rociada con DDT a una concentración de 112 mg/m² para el con--
trol de las orugas. Se encontró que la mayoría de las ranas estaban saluda---
bles después de un día de la aspersion, pero todas murieron dos días y medio-
después de la aplicación, presumiblemente esto se debió a que las ranas ha---
bían comido larvas que cayeron dentro del agua de las charcas. El análisis --
del contenido estomacal de 34 ranas muertas mostró que cada una de ellas ha--
bían ingerido un promedio de cinco orugas.

En 1971 Cory et al (citado por Miranda, 1982) efectuaron un estudio con-
el objeto de detectar residuos del metabolito del DDT llamado P P'DDE en tres
especies de anfibios (Tabla II). La atención se enfocó hacia dicho compuesto-
debido a que era en ese período el insecticida organoclorado más ampliamente-
utilizado.

Tales investigadores concluyeron que la contaminación originada por el -
uso masivo del DDT en el oeste de Estados Unidos durante ese período era total,
ya que los residuos podían detectarse fácilmente en los diversos sistemas bio-
lógicos. El descubrimiento de una concentración más elevada de P,P'DDE en el-
tejido graso de las ranas muestreadas en la región del sur de California se -
debe a que en dicha región existe una superficie agrícola mucho mayor que en-
las otras áreas y que en ella se lleva a cabo una agricultura manejada más in-
tensamente.

TABLA II .- CONCENTRACION DE PP'DDE EN EL TEJIDO ADIPOSO DE RANAS.
(SEGUN MIRANDA, 1982).

REGION	NO. DE SITIOS MUESTREADOS	NO. DE MUESTRAS	CONCENTRACION (P.P.M.)
California (E.U)	8	16	4.98
Nevada (E.U)	2	3	0.58
Arizona (E.U)	2	19	0.72
Baja California (México)	1	2	1.04

5.5.3.- EN AVES.

Se ha demostrado, tanto en el medio natural como en experimentos de laboratorio, que los herbicidas, fungicidas, insecticidas y otros plaguicidas en general a base de compuestos organoclorados afectan el crecimiento, la reproducción y la mortalidad de algunas especies de aves. Especialmente aquellas que figuran como consumidores secundarios o terciarios.

Hace unos treinta años se empezó a observar un brusco descenso en la población del Halcón peregrino, tanto en Norteamérica como en Europa. Disminuciones similares fueron observadas en las poblaciones del águila de cabeza blanca (Haliaetus leucicephalus); del águila pescadora (Pandion haliaetus) y del halcón de cooper, en Estados Unidos, y del águila real (Aquila chrysaetos) el cernicalo vulgar (Falco tinnunculus) y el gavilán (Accipiter nisus) en Europa Occidental. Las disminuciones de población en todas estas aves, han sido más graves en la zona oriental de los Estados Unidos y en Europa Occidental donde los hidrocarburos clorados comenzaron a utilizarse hace treinta años -- (Peakal , 1970.)

Los análisis han confirmado las suposiciones acerca de los efectos de estos pesticidas sobre la reproducción de las aves, ya que se comprobó la presencia de grandes cantidades de hidrocarburos clorados en el cuerpo de éstas- (Risebrough et al, 1970).

Las anomalías reproductivas siguen las mismas pautas en las diversas especies: retrasos en la reproducción, un notable adelgazamiento de las cáscaras y abundantes roturas de los huevos, ingestión de éstos por parte de los padres y alta mortalidad de embriones y de crías (Peakall, 1970).

La población de pelicanos castaños (Pelecanus occidentalis) en la isla Anacapa y a lo largo de la costa de California, E.U., sufrió una grave disminución en el período 1962-1972 a consecuencia del adelgazamiento de los cascarones de los huevos, que se rompían antes de llegar a abrirse. La fuente de los residuos de DDT era una industria de Los Angeles que durante 10 años descargó de 200 a 500 Kg. diarios de DDT en el sistema de drenaje de Los Angeles y por éste al mar. Los residuos eran acumulados en los organismos marinos, de los cuales luego se alimentaban los pelicanos (Goldberg, 1975).

En una colonia de las Islas Anacapa, frente a la costa, se encontró que 300 parejas de pelicanos nidificantes no habían producido ni un solo huevo viable, sus nidos poco después de la puesta, contenían numerosos huevos rotos. El contenido de DDT en los pelicanos, según las medidas efectuadas por Risebrough et al (1970), alcanzó una proporción de 2,500 ppm; las cáscaras eran tan finas que no se podían coger los huevos sin abollarlos.

Numerosos estudios demostraron la relación existente entre la disminución del grosor de las cáscaras de los huevos y las concentraciones de plagui

cidas organoclorados encontrados en los tejidos de las aves. Era evidente -- que algo interfería con el metabolismo cálcico de las aves y que debía estu-- diarse el efecto de los plaguicidas con más detalle (Peakall, 1970; Bitman -- et al., 1970)

Estos autores, en sus respectivas investigaciones, encontraron que el -- DDE (metabolito del DDT) inhibe a la anhidrasa carbónica, siendo esta enzima-- indispensable para la depositación del carbonato de calcio en los cascarones-- de los huevos en un proceso que tiene lugar en el oviducto de las aves en las veinte horas anteriores a la puesta.

Con estos estudios quedó demostrado que el adelgazamiento del cascarón y la rotura de los huevos se deben, evidentemente, a la inhibición de la anhi-- drasa carbónica por algunos compuestos organoclorados (Peakall, 1970).

5.5.4.- EN MAMIFEROS

Los mamíferos parecen ser menos susceptibles que las aves al efecto de -- los insecticidas organoclorados (Hayes Jr. 1975). La diferencia probablemente está más relacionada con los hábitos alimenticios y otros comportamientos que a una susceptibilidad inherente. Daños poco serios han sido producidos a los mamíferos por aplicaciones de organoclorados, aunque las aplicaciones a una -- concentración de 560 mg/m² o mayores que ésta han causado efectos trascenden-- tales en algunas especies (Adams et al., 1949, Citado por Hayes Jr. 1975).

Un estudio realizado por Dimond y Sherburne (1969) ha revelado por cuan-- to tiempo el DDT puede persistir en los mamíferos silvestres después de una o más aplicaciones en los bosques a una concentración de 1.1 Kg/Ha. Poco des-- pués de un tratamiento sencillo, la concentración promedio en mamíferos herbí-- voros y en pequeños carnívoros fue de 1.06 y 15.58 ppm respectivamente. En ba

se a las tasas de degradación observadas, estos investigadores estiman que, -
los residuos en los mamíferos carnívoros pueden permanecer por cerca de 15 -
años

Durante el desarrollo de una investigación, sobre el metabolismo de las ratas, se encontró que el clordano, un organoclorado, es capaz de inducir a las células hepáticas de las ratas a sintetizar enzimas que hidroxilan a las hormonas sexuales, como lo son: estrógenos, testosterona y progesterona volviéndolas más solubles en agua y apresurando, de este modo, su eliminación. -
Con lo cual los niveles de hormonas en la sangre descienden gravemente. Esto es muy importante ya que el éxito reproductivo de muchas especies depende sobre manera de las hormonas sexuales, ya que además de provocar cambios físicos en los órganos reproductivos, desencadenan una serie de cambios etológicos encaminados al apareamiento (Peakall, 1970).

La inducción por los plaguicidas de las enzimas hepáticas que hacen descender los niveles de hormonas se ha encontrado en una amplia variedad de vertebrados, incluido un primate, el saimiri o mono ardilla (Peakall, 1970).

Expertos de la organización mundial de la salud (OMS), han demostrado en múltiples pruebas de laboratorio que el dieldrin provoca inflamaciones en el hígado de los perros, es además el causante de la muerte de conejos y en dosis pequeñas desarrolla tumores en los ratones (Carson, 1972).

Otro compuesto, el aldrin, cuyo grado de toxicidad es 200 veces mayor -- que el DDT ha sido el causante de la muerte de cachorros de perro, debido a que la leche de la madre, por su alto contenido en grasa, es un vehículo efectivo de este compuesto (Carson, 1972).

Asimismo, el aldrin ha contaminado a pequeños mamíferos herbívoros que -

ingieren semillas tratadas con este producto organoclorado. Algunos síntomas de intoxicación que presentan las ardillas al ingerir en su dieta el aldrin son: dificultad en la respiración, falta de coordinación muscular y finalmente una muerte violenta precedida por espasmos musculares y convulsiones (Miranda, 1982).

Según Hayes Jr. (1975) los mamíferos poseen varias vías para la excreción de los plaguicidas que no han sido absorbidos, y que deben considerarse como un medio para protegerse de la intoxicación. Estos caminos de excreción comprenden en primer término el vómito y, posteriormente, sus residuos pueden ser eliminados a través del aire exalado, orina, heces, leche y piel. Además menciona que el paso del tóxico hacia el feto, en las hembras preñadas, puede ser considerado como otro medio de excreción.

Los mamíferos marinos no están libres de sufrir los efectos nocivos inducidos por los plaguicidas. En un estudio realizado por DeLong et al (1973) se descubrió que altos niveles de residuos de compuestos organoclorados son capaces de provocar nacimientos prematuros en leones marinos.

5.5.5.- EN EL HOMBRE.

La mayoría de los plaguicidas químicos son tóxicos tanto para las plagas hacia las cuales ha sido enfocada su aplicación como para el hombre. Aunque a la mayor parte de las personas le es relativamente fácil evitar el contacto con grandes dosis de plaguicidas, es casi imposible evitar la exposición a los residuos tóxicos que se encuentran en los alimentos, en el aire y en el agua potable (Turk et al, 1981).

Según Hayes Jr. (1975), la información acerca de los diferentes aspectos de los efectos de los plaguicidas sobre la salud humana solamente puede obte

nerse mediante cuatro tipos de fuentes: 1).- Casos de envenenamiento accidental; 2).- Examen de individuos que por su trabajo han tenido exposiciones prolongadas con los plaguicidas; 3).- Análisis de individuos a los cuales se les han aplicado plaguicidas como un instrumento terapéutico; 4).- Mediante la administración de estos compuestos tóxicos a voluntarios.

Cada uno de los cuatro tipos o fuentes de información sobre la toxicología de los plaguicidas en el hombre, tienen sus propias ventajas y desventajas. Sin embargo y por lo general, los casos de envenenamiento accidental constituyen la fuente más abundante de información sobre este aspecto.

Se han reportado una gran cantidad de envenenamientos accidentales. Según las estadísticas de la organización mundial de la salud (OMS) anualmente se intoxican 500,000 personas con plaguicidas en los países en vías de desarrollo, de estos se estima que aproximadamente 5,000 personas al año mueren intoxicadas. Sin embargo, estos datos no indican nada sobre el número de casos de cancer, aborto, parto con producto muerto y niños con malformaciones congénitas, todos debido al uso de plaguicidas (Weir y Schapiro, 1982).

Entre 1972 y 1975, se registraron más de 14,000 intoxicaciones y 40 muertes debido a los plaguicidas utilizados en los cultivos de algodón de Centroamérica. Asimismo, en Paquistán durante un programa de aplicación de malatión para la erradicación de la malaria, murieron por lo menos cinco personas y 2,900 más resultaron intoxicadas (Weir y Schapiro, 1982).

Por otro lado, la acumulación de los plaguicidas en el hombre ha sido calculada entre los 5 y 10 ppm. La principal fuente de ingestión de estos compuestos la constituyen los alimentos. Por ejemplo, recientemente han sido encontradas trazas de DDT, BHC y dieldrin en la leche humana (Hayes Jr. 1975).

En una localidad de Guatemala fueron reportadas altas concentraciones de ----
PP'DDT. La concentración máxima registrada en una muestra individual fue de -
5.94 ppm; mientras que el promedio de las concentraciones fue de 1.78 ppm --
(Olszina-Marzys et al., 1973). Los cálculos basados en estos valores indican -
que los niños lactantes de esa localidad podrían acumular un máximo de 1.06 -
mg/kg/día y un promedio de 0.32 mg/kg/día. Estos valores son del mismo orden-
de magnitud que los encontrados en los trabajadores que fabrican y formulan -
el DDT.

Aun antes del nacimiento, los fetos reciben cantidades significativas de
compuestos tóxicos. En un estudio realizado por O'Leary et al., en 1970 (citado
por Hayes Jr. 1975) se demostró que el DDT es transportado y acumulado en los
fetos humanos. Además del DDT, al menos 10 isómeros o metabolitos de seis in-
secticidas organoclorados han sido encontrados en los tejidos de los fetos.

Tanto los plaguicidas organoclorados como los organofosforados y los car-
bamatos afectan directa o indirectamente al sistema nervioso (Tabla III). A -
nivel bioquímico o fisiológico lo que ocurre es lo siguiente: los estímulos -
externos se transmiten de un punto del cuerpo a otro a través de un cambio en
la concentración de iones en los nervios; el estímulo es transportado más --
allá de la neurona o célula receptora en forma de acetil-colina la cual se di-
funde produciendo la respuesta al estímulo, una vez que la acetil-colina ha -
provocado la respuesta correspondiente ha de ser eliminada para que el recep-
tor pueda restablecerse para un estímulo futuro, o para evitar respuestas in-
controladas de un mismo estímulo. La eliminación de la acetil-colina, se efec-
tua por hidrólisis del compuesto; esta reacción química está catalizada por -
la acetil-colinesterasa. En individuos contaminados con estos plaguicidas; --
esta enzima es inhibida y de esta forma el órgano receptor no puede restable-

TABLA III .- FORMA DE ACCION TOXICA DE LOS GRUPOS DE PLAGUICIDAS EN EL HOMBRE.
(SEGUN MIRANDA, 1982).

FORMA DE ACCION TOXICA	Clorados	Fosforados	Carbamatos	Arsenicales	Halogenados	Cianuros	Fosfatos Inorganicos	Acidos Organicos	Ureas	Disolventes Organicos	Piretrinas
Neurotoxicos	X										X
Depresores del sistema nervioso.	X				X					X	
Tóxico renal	X				X			X		X	
Tóxico hepatico	X				X			X		X	
Inhibidor enzimatico		X	X								
Tóxico celular				X		X					
Irritante bronquial							X		X	X	X
Irritante ocular											X

cerse, originando convulsiones, parálisis y finalmente, en casos extremos, la muerte (Mc Gilvery, 1970).

En una fábrica de Texas, E.U.A. la elaboración de una toxina nerviosa organofosfatada llamada fosvel, produjo graves trastornos al sistema nervioso central de los trabajadores que la formulaban. Tales trastornos se tradujeron en la pérdida de coordinación muscular y de la capacidad de pensar y hablar con claridad (Weir y Schapiro, 1982).

Se ha demostrado que una dosis de 46 miligramos de DDT por kilogramo de peso corporal puede producir un incremento de cuatro veces en los tumores hepáticos, pulmonares y linfoides de los animales. Asimismo, se ha observado que las víctimas de cáncer humano tienen de dos a dos y medio veces más DDT en su grasa que la población normal (Peakall, 1970).

Por otra parte, se tiene el conocimiento de que los hidrocarburos clorados inhiben la acción de la ATP-asa, la cual es una enzima que proporciona energía para el transporte de iones como Ca^{+} , Na^{+} y K^{+} a través de la membrana celular. De esta forma el transporte iónico se ve bloqueado, siendo éste de vital importancia en la economía energética del cuerpo humano (Skou, 1965 y Peakall, 1970).

En el año de 1977 se descubrió que el plaguicida organoclorado DBCP --- (1,2-Dibromo-3-cloropropano), afecta las células germinales y provoca esterilidad en las personas que han permanecido expuestas al plaguicida por largo tiempo, como el caso de los trabajadores que lo fabrican (Weir y Schapiro --- 1982).

6.- RESEÑA HISTORICA DEL USO DE LOS AGROQUIMICOS EN EL VALLE DE MEXICALI.

El inicio de la agricultura intensiva en la región del Valle de Mexicali, trajo consigo toda una gama de prácticas culturales que la situaron como una de las más adelantadas, tanto técnica como productivamente. Entre estas Prácticas destaca sobremanera el control de plagas por medio de productos químicos.

El control de plagas, en el Valle de Mexicali, desde un principio estuvo dirigido a los dos cultivos de máxima importancia, uno forrajero y otro textil la alfalfa y el algodón. De hecho este último, es el cultivo que más atención ha recibido, ya que cerca del 70% del volumen de insecticidas utilizados son destinados a este cultivo (Miranda, 1982).

El uso de plaguicidas en el valle de Mexicali data desde el establecimiento del cultivo del algodón en el año de 1912. El tipo de productos utilizados entonces, eran los venenos estomacales como el arseniato de plomo, el arseniato blanco y el verde de París, entre otros. Estos insecticidas fueron originalmente dirigidos al control del gusano perforador de la hoja (Bucculatrix thurberiana); El gusano bellotero (Heliothis spp) y la chinche lygus (Lygus spp). Posteriormente, en 1948 se inició una nueva era en el control de plagas con la introducción de insecticidas organoclorados (Direc. Gral. sanidad vegetal, 1981).

Entre ellos el DDT ocupó un primer lugar, en cuanto a volumen utilizado. Posteriormente se aplicó una mezcla de DDT más toxafeno y azufre cuya fórmula 3-10-50 se aplicó en forma aérea. Las primeras aspersiones de este tipo provocaron la muerte de algunas aves domésticas cerca de las áreas tratadas. A diferencia de las primeras aplicaciones efectuadas con tracción animal, las aspersiones aéreas

de organoclorados empezaron a producir un impacto obviamente negativo en la ecología del Valle de Mexicali (Miranda, 1982).

En el año de 1954, los plaguicidas a base de fósforo (Organofosforados) hicieron su incursión en el Valle agrícola de Mexicali. Entre los principales productos utilizados se encuentran el paratión etílico y el malatión. Este tipo de insecticidas pronto se hizo favorito de los agricultores debido a su elevada toxicidad y su amplio espectro de acción. Actualmente, en el Valle de Mexicali se utilizan principalmente los productos organofosforados conjuntamente con productos de diversa composición tales como las piretrinas y los carbamatos. Sin embargo se siguen aplicando algunos productos organoclorados como el clordano y el aldrin (Miranda, 1982).

6.1.- SUPERFICIE CULTIVADA EN EL VALLE DE MEXICALI.

En el año de 1939, la comisión nacional de irrigación, formó el distrito de riego No. 14 del río Colorado. En la actualidad este distrito tiene un área de influencia de 208,870 Hectáreas, de las cuales 24,186 pertenecen al Estado de Sonora y las restantes 184,648 pertenecen al Valle de Mexicali (Flores y García, 1983).

Tomando en cuenta que en el Estado de Baja California se dedican a la agricultura 224,500 hectáreas, de las cuales 202,300 son bajo riego y 42,400 de temporal, tenemos que el Valle de Mexicali es la zona de mayor superficie agrícola del Estado y además, concentra el 82.2% del area total de riego (Flores y García, 1983).

6.2.- PRINCIPALES CULTIVOS Y SUS PLAGAS.

En la región del Valle de Mexicali se siembran comercialmente alrededor de 30 especies de plantas de las cuales el trigo, cebada, zacate ryegrass y otras del ciclo otoño-invierno ocupan el 48% de la superficie, en el ciclo primavera-verano se siembra alrededor del 42% de la superficie, destacando el algodonerero; también se cultivan ajonjolí, maíz, sorgo y hortalizas. Los cultivos perennes tales como alfalfa, vid y espárrago ocupan alrededor del 10% - - - - (INIA-CIANO, 1984).

ALGODONERO.

De los cultivos que caracterizan a esta región destaca el algodonerero ya -- que ha sido explotado durante casi 70 años. Su área ha fluctuado, en los últimos años; entre 42 y 82 mil hectáreas, correspondiendo este último dato al ciclo 1980-80 cuando se alcanzó el rendimiento regional más alto de 5.4 pacas -- por hectárea (Guereña et al., 1982).

Los insectos fitófagos del algodonerero que con frecuencia requieren el uso de insecticidas en el Valle de Mexicali son: gusano rosado, gusano bellotero, gusano perforador de la hoja, araña roja, chinche lygus, chinches apestosas, pulga saltona negra, mosquita blanca, chicharritas, periquitos, falsa chinche-bug, gusano falso medidor, picudo del algodonerero, gusano soldado, gusano peludo, trips y grillo de campo (Ver nombre científico en la Tabla V) - - - - (Machain et al., 1975).

Con respecto a las malas hierbas, en el Valle de Mexicali se han identifi cado 27 especies de malas hierbas, (Tabla VI) con mayor o menor grado de in---

festación en campos del algodón. Las de mayor frecuencia de aparición son: el zacate salado, zacate de agua o pinto, enredadera o trompillo, zacate grama, quelite, coquillo y tomatillo (Guereña et al, 1982).

Las enfermedades (Tabla VII) que pueden afectar al algodón en el Valle de Mexicali son: pudrición texana, pudrición de la bellota y secadera causada por varias especies (Guereña et al, 1982).

ALFALFA.

Actualmente la alfalfa es la planta forrajera de mayor importancia en el Valle de Mexicali, ya que anualmente ocupa una superficie de aproximadamente 16,000 Has. El rendimiento medio obtenido en este cultivo es de 12 toneladas por hectárea.

Las principales plagas que atacan a la alfalfa son el pulgón verde, picudo egipcio, gusano verde de la alfalfa, chinche lygus, chicharritas, gusano soldado, periquito tricornudo y pulgón manchado (Machajin et al, 1975).

El cultivo de la alfalfa puede ser atacado por algunas enfermedades que afectan ya sea la raíz y corona o la parte aérea. Las principales enfermedades de la alfalfa en el Valle de Mexicali son: Pudrición texana, cenicilla vellosa y chahuixtle (INIA-CIANO, 1984).

TRIGO.

El trigo es el segundo cultivo de importancia en el Valle de Mexicali, con una superficie aproximada de siembra anual de 50,000 Hectáreas. En la región actualmente se tiene una producción por hectarea de 5.4 toneladas (Flores y García, 1983).

Las plagas de insectos que atacan al cultivo del trigo en el Valle de Mexicali de acuerdo a su importancia son; pulgón del follaje; pulgón del tallo, pulgón del cogollo, pulgón de la raíz y gusano soldado (INIA - CIANO, 1984).

Las malezas que compiten con el cultivo del trigo por agua, luz, nutrientes y espacio son, entre las más comunes, avena silvestre y alpiste.

CEBADA.

La cebada ocupa el segundo lugar de importancia entre los cultivos de invierno del Valle de Mexicali. De acuerdo con las estadísticas disponibles a partir de 1964, la superficie sembrada con este cereal ha fluctuado considerablemente. La mayor superficie sembrada se registro en el ciclo 1975-76 y fue de 37,753 hectáreas, y la mínima de 730 hectáreas en el invierno de 1964-65. Las investigaciones realizadas por la S.A.R.H. indican que se pueden obtener rendimientos de hasta 4 a 6.5 toneladas por hectárea (INIA-CIANO, 1984).

Las principales plagas que atacan a la cebada son; pulgón de la raíz, pulgón del follaje y gusano soldado. Entre las malas hierbas más importantes que se presentan en este cultivo se encuentran: alpiste silvestre, avena silvestre, alambriillo, trébol amarillo y chual. En cuanto a las enfermedades que afectan a este cultivo es factible de observar en una baja incidencia las siguientes: cenicilla, escaldadura, tizón de la hoja y roya de la hoja (INIA-CIANO, 1984).

AJONJOLI.

Las altas temperaturas en el Valle de Mexicali durante el verano, permiten un adecuado desarrollo del ajonjolí. Esta oleaginosa se puede sembrar des-

pués de un cultivo de invierno, preferentemente trigo, lo que permite mantener ocupada la tierra todo el año. La superficie sembrada regionalmente es muy variable, en 1983 se sembraron 16,500 hectáreas. El rendimiento medio en los últimos años fue de 1,200 Kilogramos por hectárea; no obstante se pueden obtener hasta 2,000 kilogramos por hectárea (INIA-CIANO, 1984).

Las principales plagas insectiles del ajonjolí son: gusano trozador, grillo, gusano soldado, chinche lygus, y el gusano de las bellotas. Aunque las enfermedades del ajonjolí en el Valle de Mexicali no son de importancia económica, se sugiere tener especial cuidado en el manejo del agua, ya que cuando existen encharcamientos en el terreno se presenta la pudrición de la raíz o damping off, la cual causa la muerte de la planta (INIA-CIANO, 1984).

En la tabla IV se puede observar la relación de los cultivos más importantes del Valle de Mexicali, la superficie destinada a cada uno de ellos y su época de siembra.

TABLA IV .- SUPERFICIE Y EPOCA DE SIEMBRA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL VALLE DE MEXICALI. SEGUN FLORES Y GARCIA (1983) E INIA-CIANO (1984).

CULTIVO	SUP. HECTAREAS	EPOCA DE SIEMBRA.
Algodón	82,000	15 de marzo al 30 de abril
Trigo	79,300	10 de noviembre al 10 de diciembre.
Cebada	37,753	15 de noviembre al 15 de diciembre.
Ajonjolí	16,500	1ro. de mayo al 30 de junio.
Alfalfa	16,000	15 de octubre al 30 de noviembre
Rye-grass	9,700	durante octubre y noviembre.
Hortalizas	8,475	variable

CONTINUACION TABLA IV.

Maíz	7,600	15 de febrero al 31 de marzo o 1ro. de julio al 10 de agosto.
Sorgo forrajero	3,000	15 de marzo al 30 de abril.
Sorgo de grano	3,000	1ro. de marzo al 15 de abril o 1ro. de julio al 10 de agosto.
Cartamo	2,000	15 de noviembre al 31 de diciembre.
Avena forrajera	400	15 de septiembre al 30 de octubre.
Frijol	130	en marzo o en agosto.

TABLA V. .- RELACION DE ESPECIES PLAGA EN LOS CULTIVOS DEL VALLE DE MEXICALI.
SEGUN MACHAIN et al., (1975) E INIA-CIANO (1984).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ORDEN	FAMILIA
Araña roja	<u>Tetranychus spp</u>	Acarina	Tetranychidae
Chicharritas	<u>Empoasca mexara</u>	Homoptera	Cicadellidae
	<u>Aceratagallia curvata</u>	"	"
	<u>Acinopterus reticulatus</u>	"	"
	<u>Acinopterus angulatus</u>	"	"
Chinches apestosas	<u>Nezara viridula</u>	Hemiptera	Pentatomidae
	<u>Chlorochroa ligata</u>	"	"
	<u>Euschistus spp</u>	"	"
Chinche lygus	<u>Lygus hesperus</u>	Hemiptera	Miridae
	<u>L. lineolaris</u>	"	"
	<u>L. elisus</u>	"	"
Chinche rápida	<u>Creontiades spp</u>		
Falsa chinche bug	<u>Nysius raphanus</u>		
Grillo de campo	<u>Acheta assimilis</u>	Orthoptera	Gryllidae
Gusano bellotero	<u>Heliothis zea</u>	Lepidoptera	Noctuidae
	<u>Heliothis virescens</u>	"	"
Gusano cogollero	<u>Spodoptera frugiperda</u>	Lepidoptera	Noctuidae
Gusano falso medidor	<u>Trichoplusia hi</u>	Lepidoptera	Noctuidae
	<u>Pseudoplusia includens</u>	"	"
Gusano peludo	<u>Estigmene acrea</u>	Lepidoptera	Arctiidae
Gusano perforador de la hoja	<u>Bucculatrix thurberiella</u>	Lepidoptera	Lyonetiidae

CONTINUACION TABLA V.

Gusano rosado	<u>Pectinophora gossypiella</u>	Lepidoptera	Gelechiidae
Gusano soldado	<u>Spodoptera exigua</u>	Lepidoptera	Noctuidae
Gusano saltarín	<u>Elasmopalpus lignosellus</u>		
Gusanos trozadores	<u>Agrotis ipsilon</u>	Lepidoptera	Noctuidae
	<u>A. malefida</u>	"	"
	<u>Feltia subterranea</u>	"	"
	<u>Peridroma spp</u>	"	"
Gusano verde de la alfalfa	<u>Colias philodice</u>	Lepidoptera	Pieridae
Gusano minador	<u>Liriomyza sp</u>		
Mosquita blanca	<u>Bemisia tabaci</u>		
Picudo egipcio	<u>Hypera brunneipennis</u>	Coleoptera	Curculionida
Periquito tricornudo	<u>Spissistilus festinus</u>	Homoptera	Membracidae
Pulgón de cogollo	<u>Rhopalosiphum maidis</u>	Homoptera	Aphididae
Pulgón del follaje	<u>Schizaphis graminum</u>	Homoptera	Aphidae
Pulgón del tallo	<u>Rhopalosiphum padi</u>		
Pulgón de la raíz	<u>R. rufiabdominalis</u>		
Pulgón manchado	<u>Therioaphis maculata</u>	Homoptera	Aphididae
Pulga negra	<u>Chaetocnema sp</u>	Coleoptera	Chrysomelidae
Pulga saltona	<u>Pseudatomoscelis seriatus</u>		
Pulga saltona negra	<u>Spanagonicus albofasciatus</u>	Hemiptera	Miridae
Pulgón verde	<u>Acyrtosiphon pisum</u>	Homoptera	Aphididae
Trips	<u>Frankliniella spp</u>	Thysanoptera	Thripidae

TABLA VI .- RELACION DE MALEZAS MAS COMUNES EN LOS CULTIVOS DEL VALLE DE --
MEXICALI. (SEGUN INIA-CIANO, 1984).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO.
ANUALES DE VERANO	
Chamizo	<u>Salsola kali</u>
Enredadera o trompillo	<u>Ipomoea spp</u>
Girasol	<u>Heliantus annuus</u>
Quelite o bledo	<u>Amaranthus spp</u>
Tomatillo	<u>Physalis angulata</u>
Verdolaga	<u>Portulaca oleracea</u>
Zacate de agua o pinto	<u>Echinochloa colona</u>
Zacate Huachapore	<u>Cenchrus echinatus</u>
Zacate salado	<u>Leptochloa uninervia</u>
ANUALES DE INVIERNO	
Avena silvestre	<u>Avena fatua</u>
Alpiste silvestre	<u>Phalaris minor</u>
Alambrillo	<u>Polygonum aviculare</u>
Cola de zorra	<u>Setaria spp</u>
Chual	<u>Chenopodium murale</u>
Mostacilla	<u>Sisymbrium irio</u>
Mostaza	<u>Brassica campestris</u>
Lebhuguilla	<u>Sonchus asper y aleraceus</u>

CONTINUACION TABLA VI

Lengua de vaca

Rumex crispus

Trébol amarillo

Melilotus indicus

PERENNES

Coquillo

Cyperus spp

Gloria de la mañana

Convolvulus arvensis

Zacate grama

Cynodon dactilon

Zacate Jhonson

Sorghum halepense

TABLA VII .- RELACION DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS DEL VALLE DE MEXICALI. (SEGUN INIA-CIANO,1984).

NOMBRE DE LA ENFERMEDAD	ESPECIE CAUSAL
Cenicilla	<u>Erysiphe graminis</u>
Cenicilla vellosa	<u>Peronospora trifoliorum</u>
Chahuixtle de la alfalfa	<u>Uromyces medicaginis</u>
Chahuixtle del cártamo	<u>Puccinia carthami</u>
Escaldadura	<u>Rhynchosporium secalis</u>
Pudrición carbonosa	<u>Macrophomina phaseoli</u>
Pudrición texana	<u>Phymatotrichum omnivorum</u>
Roya de la hoja	<u>Puccinia hordei</u>
Secadera o pudrición de raíz	Esta enfermedad es ocasionada - por hongos pertenecientes a los generos Fusarium, Phytophthora, Pythium, y Rhizoctonia.
Tizon de la hoja	<u>Helminthosporium sativum</u>

6.3.- RELACION Y VOLUMEN DE AGROQUIMICOS APLICADOS EN EL VALLE DE MEXICALI -- ANUALMENTE.

El uso de plaguicidas alcanza en la actualidad cifras extraordinarias en los valles que conforman el Golfo de California. En el Valle de Mexicali, en particular, se emplean un promedio de 1'000,000 de litros y kilogramos por temporada.

Durante el ciclo algodonero de 1979 se aplicaron un total de 680,847 unidades de insecticidas, de las cuales 37,605 correspondieron a productos organoclorados; lo cual relativamente asciende al 5.5 % del total utilizado durante ese período. Posteriormente en la temporada de 1980, se observó una disminución más pronunciada de estos productos ya que fueron aplicadas 11,197 unidades de un total de 830,000 lo que correspondió únicamente al 1.34%. En el ciclo de 1981 se aplicaron un total de 411,801 unidades de plaguicidas al cultivo del algodonero (Tabla VIII) de las cuales el 1.27% correspondio a productos clorados (Direc. Gral. de Sanidad Vegetal, 1981).

En el ciclo de 1984 se habían aplicado hasta el día 19 de octubre y tan solo al cultivo del algodonero un total de 712,368 unidades de plaguicidas (Direc. Gral. de Sanidad Vegetal, 1984).

6.4.- CANTIDAD DE ENVASES DESECHADOS POR AÑO.

Debido a las grandes cantidades de plaguicidas aplicados a los cultivos del Valle de Mexicali, cada año se desechan cerca de 350,000 envases de plaguicidas, lo cual representa un peligro potencial de contaminación en los lugares donde estos envases se concentran. Uno de estos lugares son las pistas de aterrizaje, propiedad de las diferentes compañías y sociedades cooperativas que --

TABLA VIII.- PRINCIPALES GRUPOS DE PLAGUICIDAS Y SUS VOLUMENES TOTALES APLICADOS AL CULTIVO DEL ALGODONERO DURANTE EL CICLO 1981-81. (DIRECCION GENERAL DE SANIDAD VEGETAL, 1981).

GRUPO	PRODUCTO	LTS. ó KG.
Organofosforados	Gus-met-200	126,030
	Parati6n metilico-720	38,738
	Supracid	25,977
	Hostati6n-40	11,221
	Azodrin-5	8,977
	Rotor	5,468
	Bolstar-720	5,017
	Cidial-1000	4,370
	Mevidrin-60	4,139
	Parathi6n etilico-1000	4,031
	Metidhati6n	3,234
	Epenthi6n-500	2,320
	Cotnion-m-25	2,278
	Monosano-600	2,229
	Tamaron-600	2,178
	Ethi6n-50	1,489
	Rogor-L440	1,416
	Thimet	1,309
	Curacron	868
	Crotofon-5	784
	Lorsban 480-e	765
	Monocrotofos-50	750
	Folimat-1000	430
	Malathi6n	235
	Comit6	159
	Lacacron	153
	Celathi6n	132
Fulthiona	52	
		254,749
Carbamatos	Sevimo1-300	69,846
	Lanate-L-24	4,487
	Sevin-80	2,896
	Vidate	312
		77,591

CONTINUACION TABLA VIII.

Piretroides	Cymbush	9,439
	Belmark-30	5,279
	Decis-2.5	2,382
	Pounce-38.4	1,965
	Ambush-50	686

19,751

Organoclorados	Lacafol-18.5	1,935
	Kelthane-18.5	690
	Endrin-19.5	609

3,234

se dedican a esta actividad (Miranda, 1982).

Este problema presenta características singulares en el Valle de Mexicali- debido a las altas temperaturas y otros fenómenos meteorológicos que se presentan durante el verano y que aceleran la volatización o gasificación de los plaguicidas y sus residuos tóxicos; no se conoce con certeza el tipo de reacciones que se pudieran generar a partir de la acumulación de un sinnúmero de productos químicos de diferente composición y compatibilidad química, así como los posibles efectos nocivos derivados de dicha reacción sobre el equilibrio ecológico- de la región y sobre la población humana (Cordero et al., 1980).

7.- ANALISIS DEL RECEPTOR ACTUAL DE DESECHOS AGROQUIMICOS.

Como resultado de una mala organización y administración de los productos-agroquímicos; se han propiciado una serie de impactos ambientales originados -- por una selección inadecuada del sitio y por una disposición final incontrolada de sus residuos tóxicos en el receptor actual de los mismos.

7.1.- ANTECEDENTES.

A principios de 1978 se integró el comité de prevención de intoxicaciones y deterioro de la naturaleza por el uso de plaguicidas, el cual estaba integrado por algunas dependencias gubernamentales, organismos descentralizados y por la iniciativa privada, que de alguna manera estaban relacionados con el manejo de plaguicidas.

Uno de los problemas más importantes que enfrentó el comité, fue el encontrar solución a la inadecuada disposición de los envases y desechos de agroquímicos. Para ello empezó a visorar la localización de un receptor en donde se -- pudieran depositar y acumular toda clase de envases y demás productos de desechos que se generan en las plantas formuladoras (Velarde, 1980).

Finalmente el comité llegó a la conclusión de que el terreno que reunía -- las características apropiadas para el propósito que se perseguía, era uno localizado en el ejido Emiliano Zapata, específicamente en la falda suroeste del -- cerro "El Centinela".

Una vez determinada la ubicación del terreno, el comité procedió a solicitar la intervención de la delegación de la Secretaría de la Reforma agraria con el fin de gestionar la aprobación del comisariado ejidal del lugar y por otra --

parte para iniciar el trámite de expropiación del terreno para utilidad pública (Velarde, 1980).

7.2.- LOCALIZACION.

En la actualidad el receptor de desechos agroquímicos se encuentra situado a la altura del kilómetro 23 de la carretera Mexicali--Tijuana, (figura 8) en la falda suroeste del cerro "El Centinela". Su vía de acceso es un camino de terracería de aproximadamente 25 Mts. de longitud que se encuentra al márgen derecho de la carretera antes mencionada (Perez y Estrella, 1982).

7.3.- IMPACTO AMBIENTAL.

Las características fisiograficas donde se ubica el receptor de desechos agroquímicos no son las adecuadas por presentar los siguientes inconvenientes.

- a).- TOPOGRAFIA.- La ubicación del receptor se caracteriza por encontrarse sobre una superficie accidentada del cerro "El Centinela", con un amplio rango de pendientes que impiden realizar un tratamiento adecuado de los desechos. Eso ha provocado que los envases y desechos agroquímicos queden expuestos a la intemperie donde pueden ser transportados a otros lugares por los vientos dominantes y por el agua de lluvia.
- b).- VIENTOS DOMINANTES.- Debido a la localización del receptor y a la dirección de los vientos dominantes, los malos olores y los gases tóxicos de los desechos son transportados a la zona turístico-recreativa de laguna salada, provocando molestias a los turistas que visitan este centro recreativo. Además, los olores desagradables también son percibidos por los automovilistas que transitan por la carretera Mexicali-Tijuana.

c).- CAUCE DEL ARROYO.- La falta de vigilancia en el receptor ha ocasionado - que los usuarios arrojen sus desechos fuera de la zona seleccionada, muchas veces sobre el cauce de un arroyo que desemboca en la laguna salada y que en épocas de lluvia transporta los desechos y sus residuos tóxicos- hacia la carretera y la laguna. Los residuos de los envases que se encuentran a la intemperie dentro del receptor y que son lavados por las -- aguas durante las épocas de precipitación pluvial, también son transportados hacia la laguna a través de este escurrimiento.

En este sentido es importante señalar que en la laguna salada existen doce especies de peces y dos de camarón, Estas en su denominación común son chiro o joton, sardina plateada, carpa común, tres especies de bagre, mojarra agalla azul, lobina o bocón, tres especies de mojarra, lisa, camarón azul y camarón cristal (Tabla IX). De estas especies, siete se capturan comercialmente y constituyen un importante ingreso económico a los permisionarios que las capturan (Compean y Baylon, 1981).

d).- ACCESO.- La vía de acceso al receptor resulta peligroso, ya que se encuentra inmediato a una curva de la carretera Mexicali-Tijuana, lo cual podría provocar graves accidentes de tránsito.

7.4.- IMPACTO ESTETICO.

Esteticamente hablando el receptor de desechos agroquímicos se encuentra - en una zona inadecuada debido a que produce una sensación visual que no esta en armonía con el medio que lo rodea, ya que los automovilistas que pasan por la carretera Mexicali-Tijuana y los que estan en el area recreativa de la - laguna observan un desagradable contraste entre el medio natural y el receptor- de desechos.

Por lo antes expuesto se hace necesaria la reubicación inmediata del receptor ya que es de suma importancia conservar a la laguna salada como un ecosistema inalterado dado su alto potencial ecológico y recreativo.

TABLA XIX.- RELACION DE ESPECIES PRESENTES EN LA LAGUNA SALADA. (SEGUN-COMPEAN Y BAYLON, 1981).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Chiro o jotón	<u>Elops affines</u>	Elopidae
Sardina plateada	<u>Dorosoma petenense</u>	Clupeidae
Carpa común	<u>Cyprinus carpio</u>	Cyprinidae
Bágre	<u>Ictalurus punctatus</u>	Ictaluridae
	<u>Pylodictis olivaris</u>	"
	<u>Poecilia sp</u>	Poeciliidae
Mojarra agalla azul	<u>Lepomis macrochirus</u>	Centrarchidae
Lobina o bocón	<u>Micropterus salmoides</u>	"
Mojarra	<u>Tilapia nilotica</u>	Cichlidae
	<u>T. zillii</u>	"
	<u>Saratherodon masambicus</u>	"
Lisa	<u>Mugil cepalus</u>	Mugilidae
Camarón azul	<u>Peneaus stylirostris</u>	Peneidae
Camarón cristal	<u>Palaeomonetes sp</u>	Palaeomonidae

8.- DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE RELLENO SANITARIO..

El relleno sanitario se define como el método de Ingeniería para la disposición final de los desechos, colocándolos en el suelo en capas y cubriéndolos con una cubierta de tierra impermeable al final del día de operación o tan frecuentemente como sea necesario, de tal manera que los desechos no sean un peligro para la salud pública o el ambiente (S.S.A.,1982).

El objetivo principal de un relleno sanitario es el de aislar los materiales de desecho dentro de un área cerrada y de prevenir las filtraciones incontroladas de contaminantes líquidos. El diseño de una instalación (Fig.6) por consiguiente, requiere precauciones tales como un forro impermeable, un sistema de recolección y tratamiento de lixiviantes y una cubierta adecuada, resistente a la erosión y a la filtración del agua de lluvia (Pearce, 1983).

En la etapa del diseño del relleno sanitario, después de obtener los datos preliminares del sitio elegido y las características de la zona, se puede optar por uno de los dos métodos de diseño existentes: el de trinchera y el de área. El método seleccionado dependerá de las características naturales del sitio elegido y de la cantidad y características de los desechos a eliminar (S.S.A., 1982).

8.1.- MÉTODO DE TRINCHERA.

Este método es utilizado normalmente en sitios donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes son suaves y las propiedades del suelo son tales, que permiten la excavación utilizando equipos normales de movimiento de tierra.

En este sistema la operación consiste en depositar los desechos en la ba-

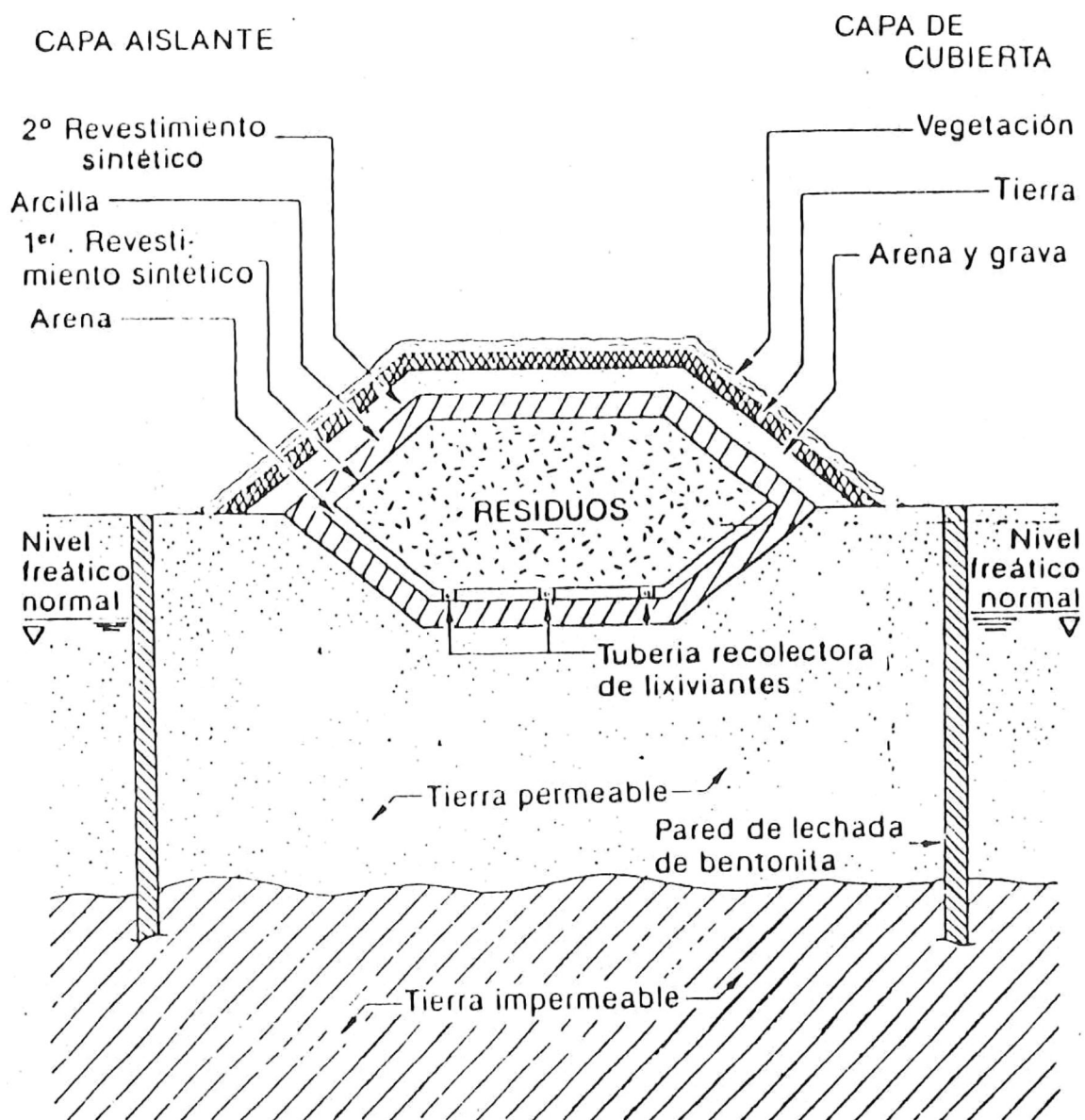


FIG. 6.- DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SITIO DE RELLENO SANITARIO.
TOMADO DE PEARCE (1983).

se de una trinchera, previamente excavada, donde son acomodados en capas hasta formar una celda, para después ser cubiertos con el material excavado de la trinchera esparciendolo y compactándolo sobre la celda de desechos ya elaborada. La trinchera debe ser tan profunda como las condiciones geohidrológicas del sitio lo permitan, de tal manera que la vida útil del relleno sea considerablemente amplia.

18.2.- METODO DE AREA.

Este método practicamente puede utilizarse en cualquier área de terreno disponible; siempre y cuando las condiciones geohidrológicas así lo permitan, se puede llevar a cabo en canteras abandonadas, cañadas secas, terrenos planos, depresiones ó ciénegas. Sin embargo, un punto importante que no debe olvidarse al elegir éste método es que la distancia de transporte del material descubierta no sea muy grande, de tal manera que la operación resulte económica.

El procedimiento es similar al utilizado en el método de trinchera; consiste en depositar los desechos en la base del área a rellenar hasta formar una celda que después será cubierta con el material disponible. De esta forma se inicia la construcción de celdas en un extremo del área y se avanza hasta terminar en el otro extremo, siguiendo un plan de operación determinado.

La agencia de protección al ambiente de los Estados Unidos (EPA, 1982; citado por Pearce, 1983) ha publicado a nuevo código general de prácticas para el diseño y operación de los sitios de relleno sanitario. Este reglamento ha sido implementado principalmente para la protección de los mantos acuíferos subterráneos por lo que recomienda que todos los nuevos sitios de relleno sanitario se construyan con un sistema de recolección de lixiviantes y un revestimiento capaz de prevenir la migración de éstos durante el tiempo de operación.

del relleno. Señala, además, que en aquellos sitios en los que no sea posible construir un sistema de doble revestimiento se debe utilizar los revestimientos sintéticos como una alternativa.

Un buen ejemplo de un sitio de relleno sanitario seguro es el de Gallenbach (Alemania Federal), el cual ha estado operando desde 1975. El sitio es operado por el método de área sobre un relleno de arcilla de 60 cm. de espesor y con una permeabilidad comprobada de 10^{-8} cm/seg. Los desechos sólidos solubles en agua son depositados en tanques y cubiertos con concreto para reducir la contaminación del lixiviante. La tabla X muestra un resumen de datos de Gallenbach (Defregger, 1983).

Además de la cubierta diaria, se coloca una membrana plástica sobre extensiones completas, para reducir la filtración. También se utiliza un vibrador operado manualmente para compactar la cubierta diaria y así reducir el volumen de lixiviante generado.

El lixiviante es recolectado por una serie de drenajes subterráneos, localizados en el revestimiento de arcilla. Este es entonces canalizado hacia un estanque de retención forrado de plástico (3mm de espesor). De donde es enviado a una planta de tratamiento físico-químico para su detoxificación (Defregger, 1983).

Los países desarrollados, donde el relleno sanitario es una práctica común para la eliminación de desechos tóxicos, están de acuerdo con respecto a que el más importante de los perjuicios potenciales resultantes de su operación es la contaminación de los recursos hidráulicos, particularmente de las aguas subterráneas. No obstante, donde han ocurrido incidentes de contaminación del agua superficial y subterránea, se han debido comúnmente a una mala

TABLA X RESUMEN DE DATOS DEL SITIO DE RELLENO SANITARIO SEGURO DE --
GALLENBACH, ALEMANIA FEDERAL. (SEGUN DEFREGGER, 1983).

Fecha de iniciación	1975
Capacidad total	1,400.000 M ³
Superficie del sitio	15 Hectáreas
Tonelaje recibido por año	70,000 Toneladas (1981)
Volumen de lixiviante recolectado	10,000 Toneladas (1981)
Capacidad de almacenamiento <u>in situ</u>	
- Lixiviante	3,250 M ³
- Agua de lluvia	7,500 M ³
Tipo de tierra	Arcilla y adobe
Profundidad del manto acuífero	
- Local	4 Metros
- Regional	18 Metros
Características del relleno de arcilla	
- Espesor de la capa aislante	60 centímetros
- Permeabilidad	10 ⁻⁸ cm/seg.
Espesor de la cubierta final	0.75 Metros

selección del sitio ó una mecánica operacional inadecuada más que al uso impropio del relleno sanitario como una vía de disposición final (Suess y Huisman, 1983).

9.- SISTEMA DE OPERACION DEL RELLENO SANITARIO.

El sistema de operación de un relleno sanitario se define como el conjunto de acciones encaminadas a lograr los máximos beneficios y límites de seguridad pública y ambiental en el sitio seleccionado para tal efecto. Es por esta razón que se debe realizar la mejor elección del sitio para el relleno ya que eliminará, en la mayoría de los casos, muchos problemas operacionales en el futuro.

9.1.- BARDEADO.

El uso de bardas perimetrales y portátiles en el sitio del relleno sanitario tiene como objetivos principales la protección y seguridad del sitio, el control del acceso de los vehículos recolectores y el control del material liviano susceptible de ser arrastrado por el viento.

El control del acceso al sitio, ayuda en forma extraordinaria a la eficiente supervisión del uso óptimo de los vehículos encargados de transportar los desechos agroquímicos hasta el sitio. Además, esto permite una eficiente operación del relleno sanitario ya que al controlar el acceso se podrá indicar a los vehículos el lugar del frente de trabajo donde deberán depositar -- sus desechos.

Las bardas portátiles son de gran utilidad ya que varios componentes de los desechos, como bolsas y cajas de cartón y plástico, son muy susceptibles de ser transportadas por los vientos hacia fuera del área del sitio de relleno, causando con ello una mala impresión a la vista de los observadores. Para lograr su objetivo, las bardas portátiles deberán instalarse en el frente de trabajo colocandolas en dirección contraria a los vientos dominantes.

9.2.- CAMINOS DE ACCESO.

Los caminos de acceso al relleno sanitario pueden ser permanentes o temporales. Los del primer caso, serán construidos desde el sistema de carreteras - públicas hasta el sitio del relleno, estos se deberán diseñar considerando el volumen de los vehículos que habrán de esperarse diariamente.

Los caminos temporales son normalmente utilizados para enviar los desechos al frente de trabajo desde el sistema de caminos permanentes, su nombre se debe a que la localización del frente de trabajo esta cambiando constantemente.

9.3.- BASCULA.

La báscula en un relleno sanitario juega un papel muy importante, ya que permite conocer los volúmenes diarios de desechos que entran a disposición final. También es un eficiente auxiliar en la determinación de la vida útil sobrante del sitio.

Tomando en cuenta el tipo de vehículos que se utilizarán para el transporte de los desechos, la báscula empleada en el sitio deberá tener una capacidad de peso de 30 toneladas, aproximadamente.

El uso de la báscula permite además, efectuar los requerimientos comerciales impuestos por las autoridades encargadas de la administración del receptor, sobre todo si se utiliza un sistema de pagos basado sobre el peso de la carga.

9.4.- LABORATORIO.

La instalación de un pequeño laboratorio es sumamente necesaria, ya que permitirá analizar muestras de los desechos recibidos que habrán de eliminarse-

en el sitio. Esto es con el fin de confirmar que los resultados de esas muestras vayan acordes con las reportadas en la guía de transporte que el chofer del vehículo recolector habrá de presentar a la entrada del sitio. Con esto se logra un control preciso del tipo de desechos que se están eliminando en el sitio y como consecuencia se evita que sean eliminados materiales incompatibles a los desechos agroquímicos y a los materiales sintéticos empleados en la impermeabilización del relleno sanitario (Tabla XI).

9.5.- MAQUINARIA Y EQUIPO.

La maquinaria y equipo a utilizar en el relleno sanitario son parte fundamental para lograr los objetivos de disponer los desechos agroquímicos en una forma sanitaria.

Las máquinas comúnmente usadas para la operación del relleno sanitario son la retroexcavadora y el dragalíneas para excavar, los bulldozer para esparcir, compactar y cubrir y las motoniveladoras para darle la pendiente final al sitio donde se lleva a cabo el relleno sanitario.

9.6.- MONITOREO.

Tomando en cuenta que el fin de un relleno sanitario es el de evitar la contaminación producida por los desechos, el monitoreo de la calidad del agua subterránea toma caracteres importantes, debido a que mediante su ejecución se conocerán las posibles alteraciones que puedan sufrir dichas aguas durante el transcurso del tiempo.

El sistema monitoreo deberá contar con un mínimo de dos pozos de muestra, que deberán situarse en la dirección del flujo subterráneo, uno antes y otro aguas abajo del sitio del relleno. Las muestras de agua obtenidas de los -

pozos serán analizadas en el laboratorio física, química y bacteriológicamente, con el fin de conocer en un tiempo determinado el efecto negativo que pudiera causar una falla en el diseño del relleno.

Un buen sistema de monitoreo permite prevenir desde un principio los problemas que se presenten con tiempo suficiente para realizar las acciones tendientes a solucionarlo y así evitar el deterioro de la calidad del agua subterránea.

9.7.- CONTROL DE DRENAJES.

El agua de escurrimiento es motivo de preocupación en la operación de un relleno sanitario; esto se debe a los problemas potenciales de contaminación que pueden presentarse al estar el mencionado elemento en contacto con los estratos de desechos agroquímicos; ya que al efectuarse dicho contacto se genera un percolado conocido con el nombre de lixiviado, el cual presenta características altamente contaminantes a los cursos de agua superficial y al flujo de agua subterránea.

Además del problema anterior, el agua de escurrimiento sin control, puede erosionar la tierra, dicha erosión causa efectos adversos a la operación de un relleno sanitario, ya que al llevarse la corriente el material de cubierta, los desechos quedarán expuestos al aire libre con los consiguientes efectos contaminantes sobre el medio ambiente.

Por lo anterior, el buen diseño del sistema de drenajes, tanto exteriores como interiores, resolverá uno de los problemas más críticos durante la operación del relleno sanitario.

9.8.- IMPERMEABILIZACION.

En la actualidad, el agua subterránea es una fuente muy importante de --

agua potable en la región, por lo tanto se vuelve sumamente necesario tener cuidado de no alterar en forma negativa sus características físicas, químicas y bacteriológicas, con el producto de los contaminantes emanados de un relleno sanitario mal diseñado y operado.

Por lo anterior la protección del agua subterránea se hace necesaria y obligatoria en cualquier relleno sanitario. Esta protección puede ser llevada a cabo por dos métodos de impermeabilización, uno natural y el otro artificial.

Los métodos naturales consisten en aprovechar las condiciones locales del suelo del sitio, de tal manera que sus características físico-químicas eviten de una manera efectiva la contaminación del acuífero subterráneo por el lixiviado que habrá de generarse en el relleno. Básicamente se pueden aprovechar terrenos con alto contenido de arcillas o buscar sitios con capas impermeables a poca profundidad.

El método de impermeabilización con arcillas, consiste en colocar una capa impermeable formada de arcillas compactadas con espesores que varían de 20 a 60 centímetros, dependiendo de las características del lixiviado a esperar y de la profundidad de los mantos acuíferos.

Los métodos artificiales consisten en colocar materiales sintéticos con el fin de evitar la entrada de contaminantes en los mantos freáticos. En los últimos años se han generalizado el uso de materiales hechos de hule sintético, polietileno o cloruro de polivinilo (pvc).

Estas membranas sintéticas deben ser colocadas con mucho cuidado y bajo una severa supervisión ya que las uniones deberán resultar impermeables. Al ser colocadas se debe evitar perforarlas. Este tipo de material debe ser asentado sobre una base regular de arena nivelada y en la parte superior otra del

mismo material, esto tiene el proposito de evitar rasgaduras en la membrana - por contacto directo con los desechos.

Es importante que al momento de seleccionar la membrana sintética se tome en cuenta el tipo de desechos que habrán de eliminarse en el relleno, con el fin de evitar incompatibilidad entre los desechos y la membrana.

0.- METODOLOGIA PARA LA SELECCION DEL SITIO.

Se localizaron seis sitios potenciales para la reubicación del receptor -- actual mediante la observación directa del área de estudio (Valle de Mexicali) y con ayuda de la cartografía elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Para cada uno de los seis sitios se realizó un análisis de sus características socio-económicas y ecológicas con el fin de elegir entre ellos aquel que, en base a tales características, pudiera ser operado con un mínimo impacto sobre el medio ambiente.

Los factores Socio-económicos y ecológicos que influyeron en la selección del sitio se enumeran a continuación:

- 1.- Análisis de la localización de cada uno de los sitios potenciales con relación a la distancia mínima de transporte y proximidad a las fuentes generadoras de agroquímicos, con el fin de reducir al mínimo posible los gastos de transportación.
- 2.- Se estudió la ubicación de cada uno de los seis sitios con relación a la proximidad a los asentamientos humanos, fundamentándose en lo establecido en el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Mexicali.
- 3.- Se discutió el tipo de tenencia de la tierra de los sitios propuestos debido a que este factor es importante ya que indica los lineamientos legales necesarios para la adquisición del sitio.

- 4.- Se analizó la superficie de los sitios prospectos con el fin de calcular la vida útil que el receptor tendría en cada uno de ellos. Este es un criterio importante que indica la viabilidad económica de construir el receptor en cada uno de los sitios.
- 5.- Otro de los factores que se consideraron para la selección del sitio mas viable fueron los caminos de acceso, teniendo la precaución de que presentaran buenas condiciones para ser transitados en cualquier época del año, o en caso de ser necesario diseñarse de acuerdo a los requerimientos del sitio elegido.
- 6.- Durante la selección del sitio, el uso actual del suelo, fué un criterio de selección importante. Desde este punto de vista, se otorgó una mayor preferencia a sitios con ausencia de instalaciones e infraestructura. Así como también de un nulo desarrollado de cualquier actividad primaria.
- 7.- Dada la importancia que reviste, desde el punto de vista económico, la disponibilidad del material de cubierta para efectuar el recubrimiento de los desechos; este fué otro factor de importancia al momento de la elección del sitio.
- 8.- Dentro de los factores ecológicos que se tomaron en cuenta para la selección, se encuentra el edafológico. Desde este punto de vista y apoyandose en estudios edafológicos elaborados por la S.A.R.H., se efectuó un analisis de las propiedades físico-químicas del suelo de los sitios con el objeto de conocer su grado de permeabilidad edafológica.

- 9.- Con auxilio de las cartas geológicas del INEGI se realizó un estudio geológico en el cual se tomaron en cuenta la proximidad de cada uno de los sitios prospectos a zonas de fallas y fracturas, zonas con potencial de deslaves y la sismicidad de los lugares con el objeto de prevenir el riesgo potencial de colapso en las instalaciones del sitio elegido.
- 10.- Las características hidrológicas fueron así mismo analizadas con el fin de seleccionar un sitio con ausencia de un contacto hidráulico, sea este superficial o subterráneo, con el objeto de evitar al máximo el peligro potencial de contaminación del agua. Toda vez que este es un recurso importante para el desarrollo de las actividades humanas.
- 11.- La dirección de los vientos dominantes fué otro de los factores importantes utilizado como criterio de selección con el objeto de evitar el transporte eólico de olores desagradables y de gases tóxicos hacia desarrollos urbanos.
- 12.- Por último se realizó un estudio de la flora y la fauna presentes en cada uno de los seis sitios prospectos; ya que este es un criterio de selección sumamente importante. En este sentido se trató de elegir aquel sitio con menor diversidad y abundancia de especies, con el fin de minimizar los riesgos de intoxicación a las plantas y animales silvestres del Valle de Mexicali.

11.- RESULTADOS.

Mediante el análisis de las características socio-económicas y ecológicas de los seis sitios potenciales se obtuvieron los siguientes resultados.

11.1.- SITIO 1.

LOCALIZACION Y ACCESO.

Se localiza a la altura del kilometro 10 de la carretera Mexicali-Tijuana y aproximadamente a 2 kilometros hacia el sur de la misma. Su acceso presenta buenas condiciones en los primeros 1,500 mts., no así en los 500 mts. restantes.

SUPERFICIE Y TOPOGRAFIA.

Este sitio cuenta con una superficie aproximada de 6 hectáreas y su topografía se manifiesta un poco accidentada por efecto de la erosión hídrica provocada por escurrimientos superficiales que se presentan durante los periodos de precipitación pluvial.

TENENCIA DE LA TIERRA Y USO ACTUAL DEL SUELO.

Se encuentra en propiedad ejidal, correspondiendo su jurisdicción al ejido Heriberto Jara. En este sitio no se realiza actividad alguna y no existe ningún tipo de infraestructura por lo que el uso actual del mismo se considera rústico.

GEOLOGIA Y EDAFOLOGIA.

Su suelo se caracteriza por ser altamente permeable debido a que está básicamente constituido por gravas con arenas. Desde el punto de vista geológico el sitio se encuentra exento de fallas y fracturas.

HIDROGRAFIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA.

En este sitio unicamente se presentan algunos escurrimientos superficiales durante los esporádicos períodos de precipitación pluvial. Con respecto al agua subterránea, el nivel freático se encuentra a 15 metros de profundidad.

FLORA Y FAUNA SILVESTRE.

Las condiciones de aridez que caracterizan al Valle de Mexicali tienen -- como consecuencia que los seis sitios propuestos presenten una gran similitud con respecto a sus componentes bióticos, por lo que este criterio de selección unicamente se mencionará en este sitio y se omitirá en los cinco sitios ---- restantes con el objeto de no caer en repeticiones. Debido a estas condiciones de aridez, la zona de estudio posee una pobre abundancia de especies (Aguilar, - 1985); las cuales presentan, en su mayoría, un bajo potencial de explotación - sea éste, forrajero ó faunístico-cinegético (S.A.R.H.,1982).

La vegetación esta constituida por una asociación de arbustos con árbo-- les bajos y cactáceas que se clasifican dentro del tipo vegetativo denominado matorral parvifolio subinermes. En la tabla XII, se enlistan las especies vegetales con mayor dominancia en la zona de estudio.

Las principales especies de fauna silvestre que se encuentran en el área de estudio se enlistan en la tabla XIII

PERIODO DE VIDA UTIL

Tomando en cuenta el volumen generado de desechos y la superficie del si tio se estima que éste contará con una vida útil de 10 años.

11.2. SITIO 2.

LOCALIZACION Y ACCESO.

Esta situado en la porción Este del Cerro el Centinela, a la altura del-

TABLA XII.- RELACION DE LAS PRINCIPALES ESPECIES QUE CONFORMAN LA FLORA -- DEL VALLE DE MEXICALI (SEGUN AGUILAR, 1985).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Alfilerillo	<u>Erodium texanum</u>	Geraneaceae
Ceitilla	<u>Aristida adscensionis</u>	Graminae
Cenicilla	<u>Encelia farinosa</u>	Compositae
Chamizo	<u>Atriplex canescens</u>	Chenopodiaceae
Choyas	<u>Opuntia bigelovii</u>	Cactaceae
	<u>O. acanthocarpa</u>	"
Franseria	<u>Franseria dumosa</u>	Compositae
Gobernadora	<u>Larrea tridentata</u>	Zygophyllaceae
Golondrina	<u>Euphorbia leucophylla</u>	Euphorbiaceae
Mezquite	<u>Prosopis juliflora</u>	Mimosaceae
Mezquitillo	<u>Krameria grayi</u>	Krameriaceae
Ocotillo	<u>Fouquieria splendens</u>	Fouquieriaceae
Palo fierro	<u>Olneya tesota</u>	Fabaceae
Peluda	<u>Cryptantha angelica</u>	Boraginaceae
Pitaya	<u>Lemaireocereus thurberi</u>	Cactaceae
Salvia	<u>Hyptis emoryi</u>	Labiatae
Verdolaga de cochi	<u>Trianthema portulacastrum</u>	Aizoaceae

TABLA XIII.- RELACION DE LAS PRINCIPALES ESPECIES QUE CONFORMAN LA FAUNA - DEL VALLE DE MEXICALI (SEGUN AGUILAR, 1985).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
MAMIFEROS		
Ardilla de california	<u>Citellus beecheyi</u>	Sciuridae
Conejo de Audobon	<u>Sylvilagus auduboni</u>	Leporidae
Coyote	<u>Canis latrans</u>	Canidae
Murciélago café	<u>Eptesicus fuscus</u>	Vespertilionidae
Murciélago nariz de hoja	<u>Macrotus californicus</u>	Phyllostomidae
Murciélago narizón	<u>Choeronycteris mexicana</u>	"
Rata almizclera	<u>Ondatra zibethicus</u>	Cricetidae
Ratón canguro del desierto	<u>Dipodomys deserti</u>	Heteromyidae
Ratón del desierto	<u>Perognathus penicillatus</u>	"
Zorra norteaña	<u>Vulpes macrotis</u>	Canidae
Zorrillo listado	<u>Mephitis mephitis</u>	Mustelidae
Zorrillo manchado	<u>Spilogale putorius</u>	"
AVES.		
Codornis de california	<u>Callipepla californica</u>	Phasianidae
Codornis de Gambell	<u>Lophortyx gambelii</u>	"
Correcaminos	<u>Geococcyx californicus</u>	Cuculidae
Cuervo común	<u>Corvus corax</u>	Corvidae
Cuervo norteamericano	<u>C. brachyrhynchus</u>	"
Chorlito	<u>Numenius phaeopus</u>	Scolopacidae

CONTINUACION TABLA XIII

Halcón de la pradera	<u>Falco mexicanus</u>	Falconidae
Lechuza	<u>Asio flammens</u>	Tytonidae
Paloma alas blancas	<u>Zenaida asiatica</u>	Columbidae
Tecolote orejas largas	<u>Asio otus</u>	Tytonidae

REPTILES

Cachora Gilberti	<u>Eumeces gilberti</u>	Scincidae
Iguana del desierto	<u>Dipsosaurus dorsalis</u>	Iguanidae
Lagartija leopardo	<u>Crotaphytus wislizenii</u>	"
Víbora de cascabel	<u>Crotalus viridis</u>	Viperidae

kilómetro 21 de la carretera Mexicali- Tijuana. Su acceso, que consiste en 2 Km. de terracería comprendidos entre la carretera y el sitio, presenta buenas condiciones.

SUPERFICIE Y TOPOGRAFIA.

Ocupa una extensión de 5 hectáreas y su topografía se caracteriza por -- presentar una superficie plana.

TENENCIA DE LA TIERRA Y USO ACTUAL DEL SUELO.

Se encuentra en propiedad del ejido Emiliano Zapata y no presenta uso ac tual del suelo, por lo que se le considera rústico.

GEOLOGIA Y EDAFOLOGIA.

No se localizaron fallas y fracturas cercanas a este sitio. Su suelo presenta una baja permeabilidad debido a la presencia de un horizonte constituido por arcillas.

HIDROGRAFIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA.

En este sitio no existen escurrimientos superficiales y el nivel freático de sus aguas subterráneas se encuentra a 70 Mts. de profundidad.

PERIODO DE VIDA UTIL.

Se estima que este sitio contará con una vida útil de 8 años, aproximada mente.

11.3.- SITIO 3.

LOCALIZACION Y ACCESO.

Se localiza a 200 metros del kilómetro 35 de la carretera Mexicali-Ti---

juana. No existe camino de acceso entre la carretera y el sitio.

SUPERFICIE Y TOPOGRAFIA.

Tiene una superficie de aproximadamente 6 hectáreas y su topografía se manifiesta accidentada por efecto de la erosión hídrica, a la que esta sujeto durante los períodos de precipitación.

TENENCIA DE LA TIERRA Y USO ACTUAL DEL SUELO.

Este sitio se encuentra dentro de la jurisdicción del ejido Emiliano Zapata y no se realiza en él ninguna actividad por lo que su utilización actual se considera rústica.

No se presentan fallas y fracturas geológicas próximas al sitio. Su suelo se caracteriza por ser altamente permeable debido a que esta formado por -- gravas y arenas en su mayor parte.

HIDROGRAFIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA.

Sobre la superficie de este sitio atraviezan pequeños arroyos intermitentes por los cuales unicamente escurre agua durante los esporádicos períodos de lluvias. Con respecto al agua subterránea, el nivel freatico se encuentra a -- una profundidad de 8 metros.

PERIODO DE VIDA UTIL.

Se estima que este sitio tendrá una vida útil de aproximadamente 10 -- años.

11.4.-- SITIO 4

LOCALIZACION Y ACCESO.

Este sitio se encuentra a la altura del kilometro 24 de la carretera Mexiu

cali-San Felipe y a 1.5 Kms. al oeste de la misma, en dirección a la Sierra de los Cucapah. Su acceso, que comprende una distancia de 1.5 Kms. de terracería entre la carretera y el sitio presenta buenas condiciones.

SUPERFICIE Y TOPOGRAFIA.

Cuenta con una superficie de aproximadamente 7 hectáreas y su topografía es completamente plana.

TENENCIA DE LA TIERRA Y USO ACTUAL DEL SUELO.

Este sitio se encuentra bajo la jurisdicción del ejido Heriberto Jara y no presenta uso actual del suelo, por lo que se considera rústico.

GEOLOGIA Y EDAFOLOGIA.

No existen fallas y fracturas geológicas cercanas al sitio. Su suelo es altamente permeable debido a que está constituido por gravas y arenas.

HIDROGRAFIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA.

Sobre la superficie del sitio únicamente se presentan escurrimientos durante los períodos de precipitación pluvial. Por otra parte, el nivel freático de las aguas subterráneas se encuentra a una profundidad de 13 metros.

PERIODO DE VIDA UTIL.

Este sitio contará con una vida útil de aproximadamente 12 años.

11.5.-SITIO 5

LOCALIZACION Y ACCESO.

Se localiza en el kilometro 31 de la carretera Mexicali-San Felipe y a -

200 metros al Oeste de la misma, en dirección a la Sierra de los Cucapah. El acceso que conduce hacia este sitio se encuentra en buenas condiciones.

SUPERFICIE Y TOPOGRAFIA.

Cuenta con una superficie de 5 hectáreas y su topografía se manifiesta plana.

TENENCIA DE LA TIERRA Y USO ACTUAL DEL SUELO.

El sitio se encuentra en propiedad ejidal, perteneciendo su jurisdicción al ejido Lic. Adolfo López Mateos. Carece de infraestructura y no se realiza ninguna actividad, por lo que se considera rústico.

GEOLOGIA Y EDAFOLOGIA.

Se encuentra exento de fallamientos y fracturas geológicas y su suelo está constituido por gravas y por arenas saturadas lo que le confiere propiedades de alta permeabilidad.

HIDROGRAFIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA.

No se presentan escurrimientos superficiales y el nivel freático de las aguas subterráneas se encuentra a una profundidad de 13 metros.

PERIODO DE VIDA UTIL.

Se estima que este sitio contará con una vida útil de aproximadamente 8 años.

11.6.- SITIO 6.

LOCALIZACION Y ACCESO.

Se ubica a la altura del kilometro 34 de la carretera Mexicali-Tijuana ,

y aproximadamente a 400 metros al Norte de la misma. Actualmente no existe un camino de acceso bien definido que comunique al sitio con la carretera.

SUPERFICIE Y TOPOGRAFIA.

La superficie disponible en este sitio es de 9 hectáreas y su topografía se caracteriza por presentar lomerios suaves con una diferencia de aproximadamente 15 metros entre la parte más alta y la más baja. Este sitio se encuentra a una altura promedio de 40 metros sobre el nivel del mar y el sentido general de la pendiente es de Suroeste a Noreste.

TENENCIA DE LA TIERRA Y USO ACTUAL DEL SUELO.

El sitio se encuentra en propiedad ejidal, correspondiendo su jurisdicción al ejido Emiliano Zapata. En esta zona no se presenta el desarrollo de ninguna actividad del tipo agropecuaria o minera. De igual manera, no existe infraestructura instalada, por lo que el uso del suelo del sitio se considera rústico.

GEÓLOGIA Y EDAFOLOGIA.

Geologicamente el sitio se encuentra exento de fallas y fracturas. Está constituido por cuatro unidades edafológicas bien diferenciadas y formadas por gravas con arenas, arenas con arcillas, gravas con arenas y arenas saturadas. La presencia de la capa de arenas arcillosas le confiere propiedades de baja permeabilidad.

HIDROGRAFIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA

Este sitio se encuentra en una zona donde existe la posibilidad de escurrimientos superficiales que se pueden presentar durante los esporádicos

períodos de precipitación pluvial. Con respecto al agua subterránea, el nivel freático de la misma se encuentra a una profundidad de 50 metros.

PERIODO DE VIDA UTIL.

Se estima que el receptor tendrá una vida útil de 14 años aproximadamente.

12.- DISCUSION.

12.1.- SELECCION DEL SITIO

En base a los resultados descritos en el punto anterior, se realizó una confrontación entre los seis sitios propuestos (Tabla XIV) con el objeto de elegir entre ellos el más adecuado.

Los sitios 1,2,3, y 6 se localizan al noroeste del Valle de Mexicali a la altura de los kilometros 10,21,35 y 34, respectivamente, por la carretera Mexicali-Tijuana. Los sitios 4 y 5 se localizan respectivamente en los kilometros 24 y 31 de la carretera Mexicali-San Felipe, quedando orientados hacia el suroeste del Valle de Mexicali (Fig. 7).

Con respecto a la cercanía existente entre los sitios propuestos y Asentamientos Humanos, los sitios 1 y 5 presentan el inconveniente de contar con localidades cercanas a ellos, que podrían verse afectadas si los vientos dominantes transportan hacia dichos asentamientos olores desagradables y gases tóxicos. El resto de los sitios no presentan estos problemas.

Desde el punto de vista de la tenencia de la tierra, se trató de localizar sitios propiedad del Gobierno Federal, Estatal o Municipal con el fin de facilitar el trámite de adquisición del terreno; sin embargo todos los sitios propuestos están ubicados en propiedad ejidal. Asi mismo, el uso actual del suelo de los seis sitios es rustico, es decir que no cuentan con instalaciones e infraestructura. Con respecto a estos dos criterios de selección, tenencia de la tierra y uso actual del suelo, ninguno de los seis sitios presenta ventajas sobre el resto ya que estan en igualdad de circunstancias.

Los sitios 2,4 y 5 cuentan con buen acceso, lo que podría considerarse -

TABLA XIV: CARACTERISTICAS SOCIO-ECONOMICAS Y ECOLOGICAS DE LOS SITIOS PRE-SELECCIONADOS.

S I T I O S	CRITERIOS DE SELECCION													
	LOCALIZACION	DISTANCIA A CENTROS GENERADORES	DISTANCIA A ASENTAMIENTOS HUMANOS	TIPO DE PROPIEDAD	ACCESO	SUPERFICIE (Hes.)	USO ACTUAL DEL SUELO	EXISTENCIA DE MATERIAL DE CUBIERTA	PERMEABILIDAD DEL SUELO	CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL	PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO	DIRECCION DE LOS VIENTOS DOMINANTES	TOPOGRAFIA	VIDA UTIL
1	NOROESTE DEL VALLE DE MEXICALI POR LA CARRET. MEXICALI-TIJUANA	10Km.	4Km.	EJIDAL	NO	6	RUSTICO	NO	ALTA	AUSENTES	15 Mts.	NW-SE	TERRENO ACCIDENTADO EROSION HIDRICA	10 AÑOS
2	NOROESTE DEL VALLE DE MEXICALI POR LA CARRET. MEXICALI-TIJUANA.	21Km.	13Km.	EJIDAL	SI	5	RUSTICO	SI	BAJA	AUSENTES	70Mts.	NW-SE	TERRENO PLANO	8 AÑOS
3	NOROESTE DEL VALLE DE MEXICALI POR LA CARRET. MEXICALI-TIJUANA	35Km.	27Km.	EJIDAL	NO	6	RUSTICO	NO	ALTA	AUSENTES	8 Mts.	NW-SE	TERRENO ACCIDENTADO EROSION HIDRICA	10 AÑOS
4	SUROESTE DEL VALLE DE MEXICALI POR LA CARRET. MEXICALI-S. FELIPE	24Km.	9Km.	EJIDAL	SI	7	RUSTICO	NO	ALTA	AUSENTES	13 Mts.	NW-SE	TERRENO PLANO	12 AÑOS
5	SUROESTE DEL VALLE DE MEXICALI POR LA CARRET. MEXICALI-S. FELIPE	31Km.	2Km.	EJIDAL	SI	5	RUSTICO	NO	ALTA	AUSENTES	13 Mts.	NW-SE	TERRENO PLANO	8 AÑOS
6	NOROESTE DEL VALLE DE MEXICALI POR LA CARRET MEXICALI-TIJUANA	34Km.	26Km.	EJIDAL	NO	9	RUSTICO	SI	BAJA	AUSENTES	50Mts.	NW-SE	LOMERIOS SUAVES	14 AÑOS

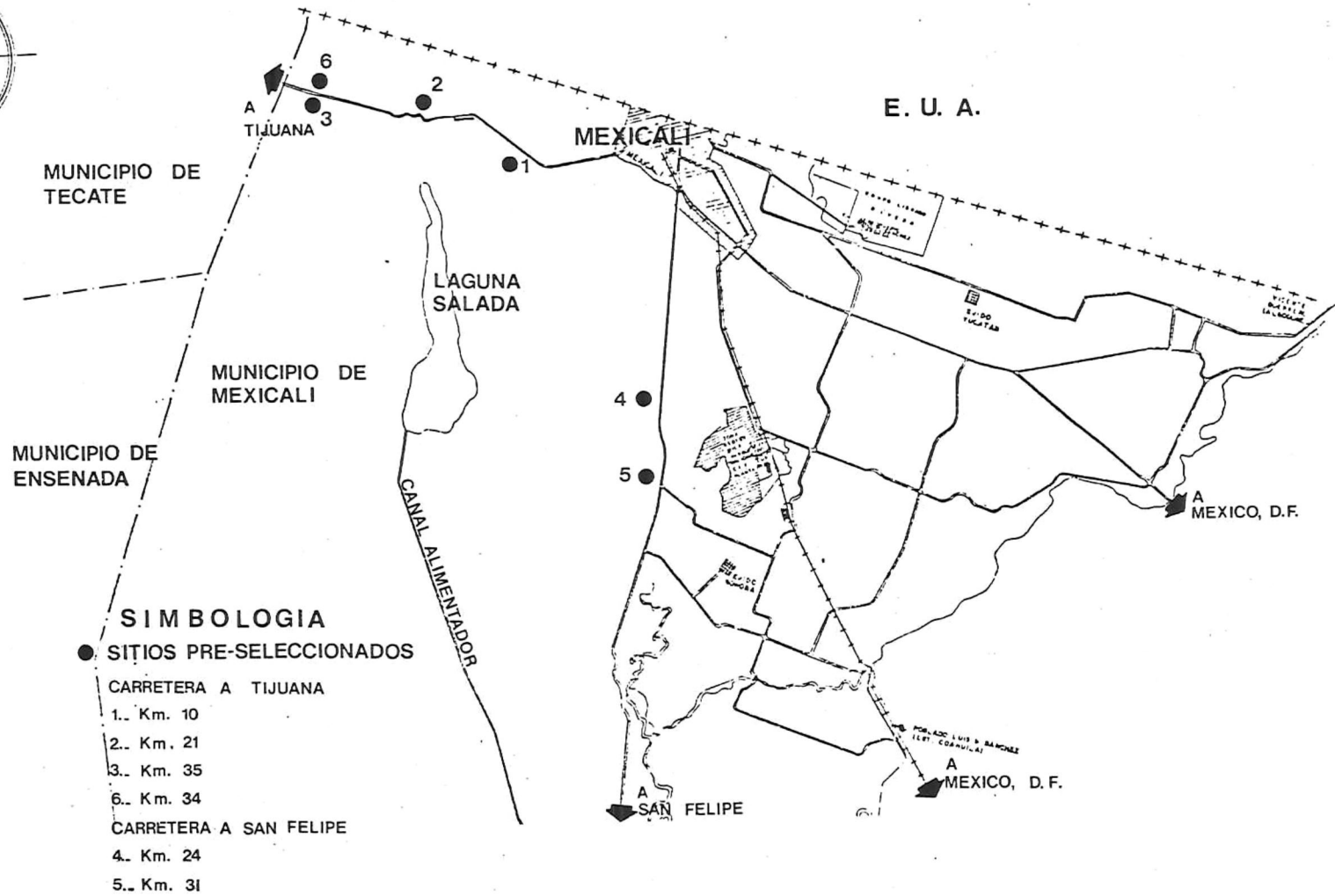
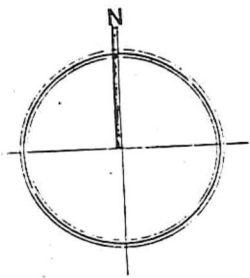


FIG. 7.- LOCALIZACION DE LOS SITIOS PRE-SELECCIONADOS.

en un momento dado como una ventaja sobre los sitios restantes, ya que estos últimos carecen de caminos de acceso.

Debido a que la vida útil del receptor depende de la superficie del sitio, ambos son criterios de selección que están íntimamente ligados por ser directamente proporcionales. Basándose en estos dos puntos, los sitios 4 y 6 poseen una ventaja sobresaliente sobre los sitios restantes.

Los únicos sitios que cuentan con material para efectuar la cubierta del relleno sanitario son el 2 y el 6. Así mismo, el suelo de estos dos sitios posee una baja permeabilidad por presentar en sus perfiles un horizonte constituido por arcillas. En contraste, los 4 sitios restantes poseen una alta permeabilidad del suelo y carecen por lo tanto de material edáfico para la cubierta del relleno sanitario.

Con respecto a la proximidad de los sitios con cuerpos de agua, sea ésta superficial o subterránea, se otorgó mayor preferencia a aquellos sitios que estuvieran ausentes de todo contacto hidráulico. En este sentido, los seis sitios están libres de contacto con cuerpos de agua superficial. Sin embargo, cuatro de ellos (1,3,4 y 5) presentan el riesgo de contaminar las aguas subterráneas ya que en la zona donde se encuentran el nivel del manto freático está relativamente superficial (12 metros en promedio). Además estos cuatro sitios poseen suelos altamente permeables con lo que el riesgo se incrementa. Contrariamente, los sitios 2 y 6 poseen la ventaja de contar con suelos impermeables y con mantos freáticos muy profundos, 70 y 50 metros respectivamente.

Desde el punto de vista topográfico los sitios 1 y 3 tienen el inconveniente de presentar una superficie accidentada por estar sometidos a los efectos de erosión hídrica que se presenta durante la época de lluvias. Los si---

tios restantes poseen características topográficas adecuadas para llevar a cabo el relleno sanitario.

Como se puede observar en la tabla XV, los sitios 2 y 6 sobresalen por presentar un mayor número de ventajas con respecto a los sitios restantes. Sin embargo, el sitio número 6 (Fig.8) es entre los dos, el más adecuado por contar con características más favorables para la instalación del relleno sanitario para desechos agroquímicos.

Aunque actualmente este sitio no cuente con camino de acceso bien definido, esta situación no lo desfavorece en gran medida ya que los trabajos para trazar el acceso no serán mayores a 500 metros.

Debido a que el sitio seleccionado se encuentra en propiedad ejidal, se deberá solicitar la intervención de la delegación en el Estado de la Secretaría de la Reforma Agraria, con el fin de gestionar la aprobación del comisariado ejidal del lugar y para iniciar el trámite de expropiación del terreno por utilidad pública.

Cabe señalar que desde el punto de vista edafológico, el sitio presenta características adecuadas para el establecimiento del relleno sanitario para desechos agroquímicos, ya que la presencia de la capa de arenas arcillosas (Fig.9) le confiere un rango de seguridad adicional debido a su propiedad de baja permeabilidad, la cual facilitará la contención de los lixiviados y de los residuos tóxicos dentro del área del relleno, evitando la contaminación por filtración del manto acuífero. Por otro lado, la ausencia de fallamientos y fracturas geológicas cercanas al sitio viene a ampliar el margen de seguridad con el que contará el relleno debido a que este tipo de fenómenos no constituyen un riesgo de colapso potencial de las instalaciones que habrán de

TABLA XV.- APTITUD DE LOS SITIOS PRE-SELECCIONADOS SEGUN SUS VENTAJAS (V) Y DES-VENTAJAS (D).

S I T I O S	CRITERIOS DE SELECCION							
	DISTANCIA A CENTROS GENERADORES.	DISTANCIA A ASENTAMIENTOS HUMANOS	ACCESO	SUPERFICIE	EXISTENCIA DE MATERIAL DE CUBIERTA	PERMEABILIDAD DEL SUELO.	PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO.	VIDA UTIL
1	V	D	D	D	D	D	D	D
2	D	V	V	D	V	V	V	D
3	D	V	D	D	D	D	D	D
4	D	V	V	V	D	D	D	V
5	D	D	V	D	D	D	D	D
6	D	V	D	V	V	V	V	V

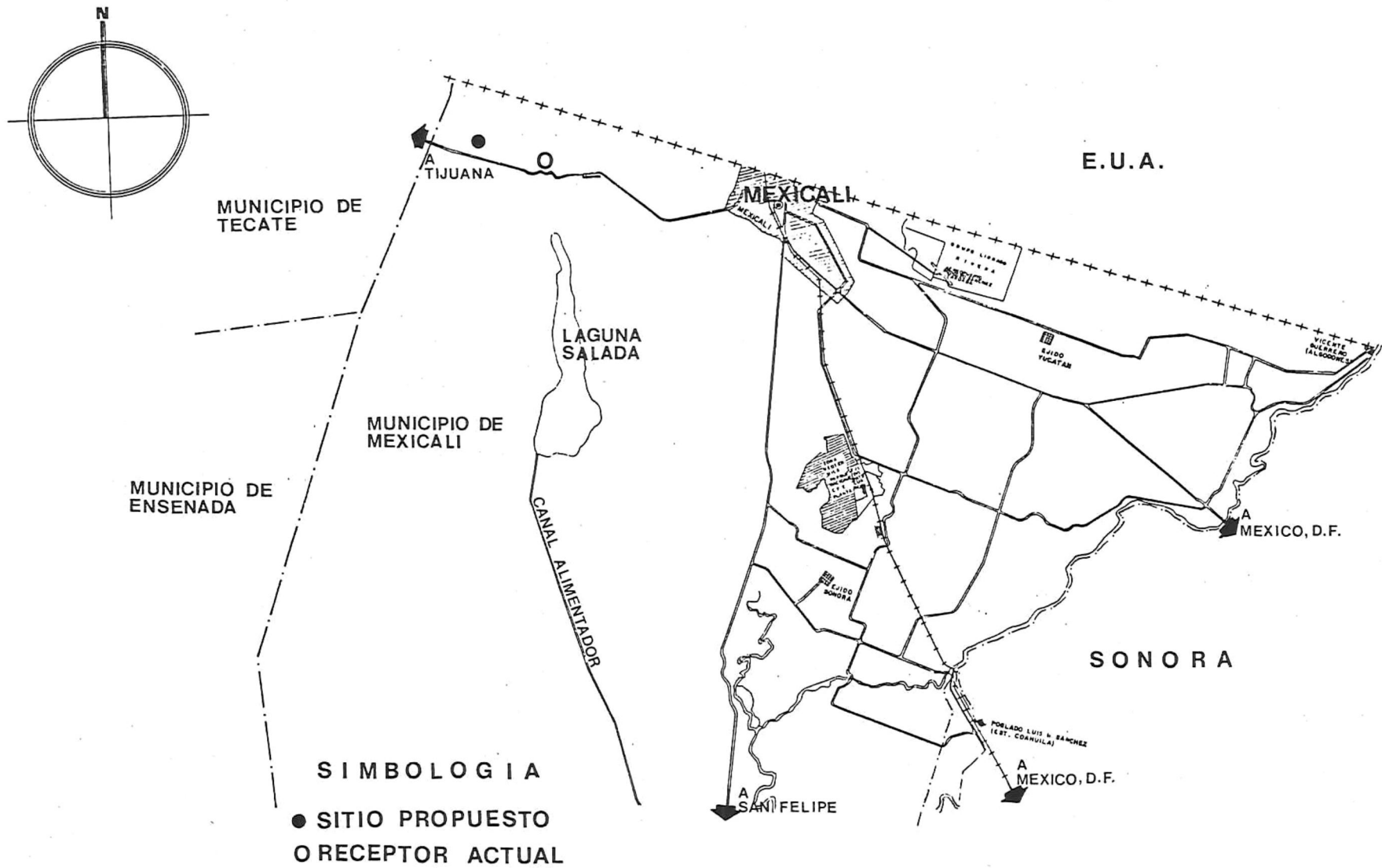


FIG. 8.- LOCALIZACION DEL SITIO PROPUESTO Y DEL RECEPTOR ACTUAL

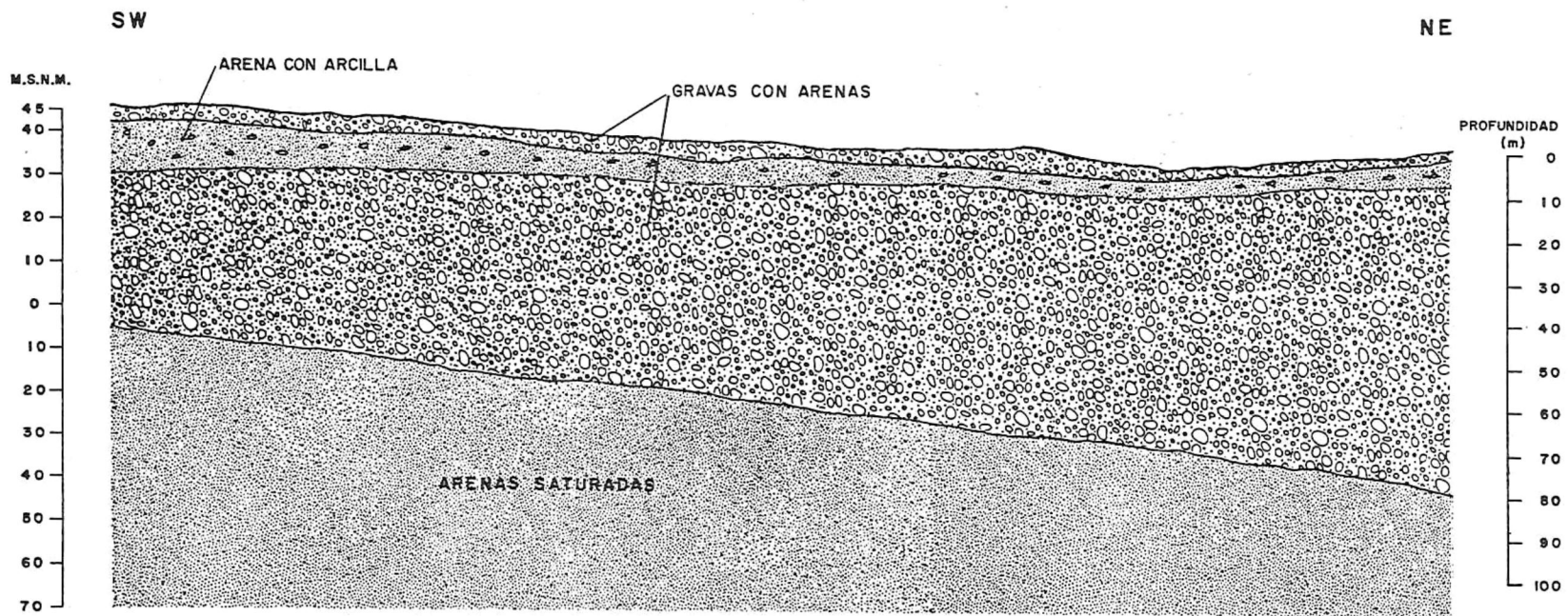


FIG. 9.- CORTE LITOLÓGICO DEL SITIO PROPUESTO. (SEGUN SEDUE, 1994).

construirse en el sitio.

Sin embargo, será de fundamental importancia controlar el agua de lluvia que se precipite dentro del área del relleno, ya que ésta es uno de los principales problemas que se pueden presentar durante el tiempo de operación del mismo por ser el agua componente principal para la producción de lixiviado al entrar en contacto con los desechos ahí depositados. Debido a esto, se deberán diseñar una serie de canales para captar y transportar toda el agua de lluvia hacia un estanque de retención que estará forrado con una capa de plástico de 3mm de espesor, donde el agua se evaporará y los sólidos precipitados se depositarán en el relleno.

Con respecto al agua subterránea, se realizó un estudio de la información existente en la S.A.R.H. referente a los pozos construidos en la zona del sitio encontrándose que el pozo más cercano se localiza aproximadamente a seis kilómetros del sitio elegido y con un desnivel aproximado de 40 metros. El pozo (Fig.10) está señalado con el No. 841 del distrito de riego No.14 y está ubicado a la altura de la Laguna Salada; su nivel estático se encuentra a 11 metros y su nivel dinámico, alrededor de los 30 metros.

Considerando las diferencias de altura entre el sitio elegido y la zona del pozo No. 841, se estima que el nivel de aguas freáticas en el sitio propuesto se encuentra aproximadamente a 50 metros de profundidad.

12.2.- CONFRONTACION ENTRE LOS METODOS DE ELIMINACION DE DESECHOS.

Al mismo tiempo que se están desarrollando nuevos métodos de eliminación de desechos tóxicos y peligrosos, parece ser que el relleno sanitario, al menos por ahora, continuará siendo la técnica más viable. Esto es debido, en parte, a las desventajas que presentan las principales técnicas alternativas de-

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
 DIRECCION GENERAL DE DISTRITOS DE RIEGO
 DISTRITO DE RIEGO N° 14 RIO COLORADO B, CFA.
 RESIDENCIA DE CONSERVACION DE POZOS

POZO N° I SALCEDO
 POZO N° (841) LOCALIZACION LAGUNA SALADA

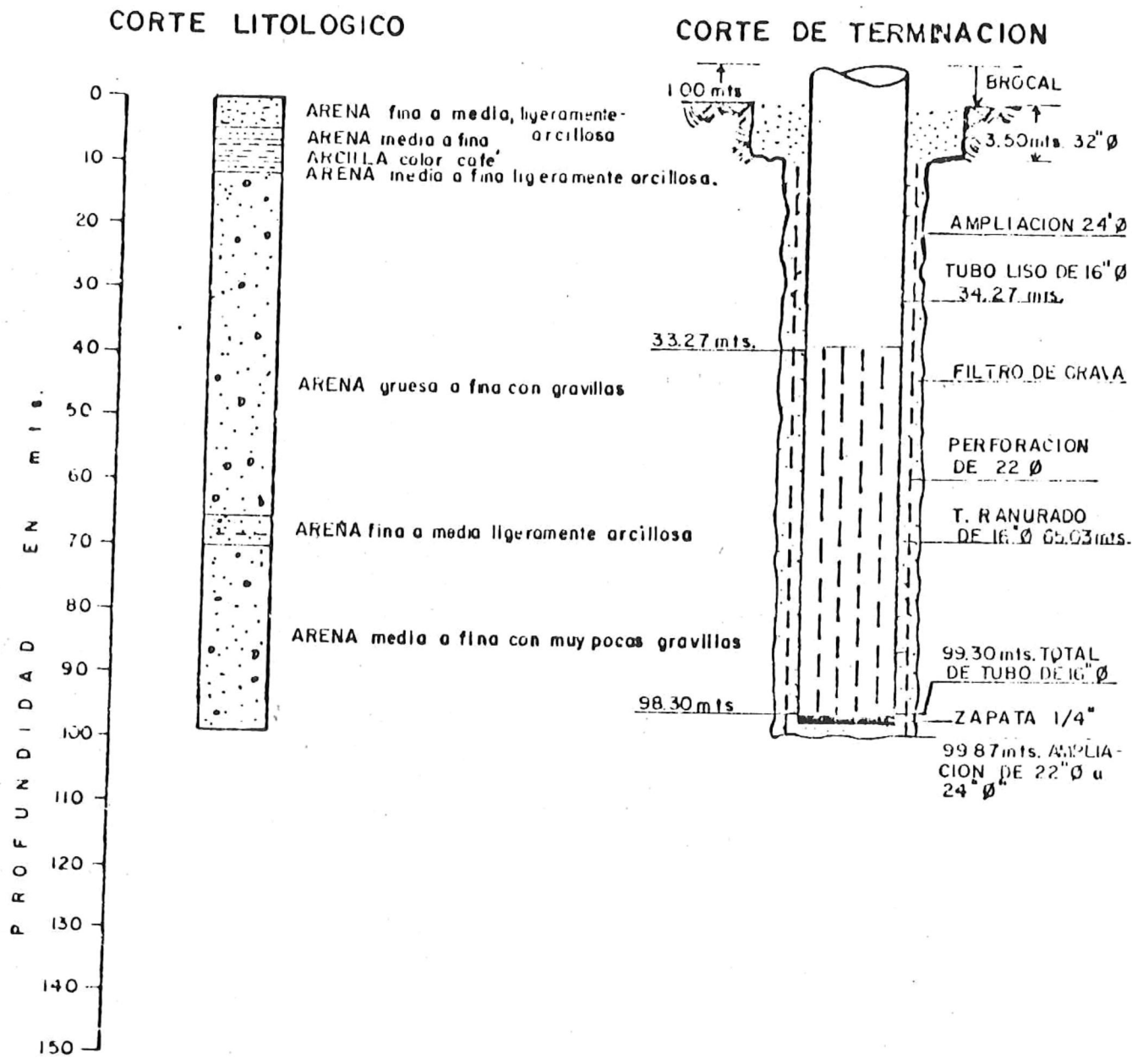


FIG. 10.- CORTE LITOLOGICO DEL POZO No.841 DE LA ZONA DE LA LAGUNA SALADA.

eliminación, La incineración que es el único medio de destrucción directa, tiene la desventaja de no ser adecuada para ciertos tipos de desechos y de generar productos gaseosos tóxicos y partículas no incineradas. También se presentan los problemas de eliminación de metales pesados de las chimeneas y el daño a las estructuras incineradoras. Además la capacidad de eliminación por este método es baja, comparada con el volumen de desechos que puede tener cabida en los depositos de relleno sanitario y, en terminos relativos, los costos de incineración son aproximadamente dos veces y media más altos que los costos del relleno sanitario (Pearce, 1983).

Asi mismo, los diferentes procesos de tratamiento fisico-químico están -- diseñados específicamente de acuerdo a las características de los desechos y a las transformaciones físicas y químicas por las que éstos deben pasar, y requieren de instalaciones y materiales muy sofisticados para lograr detoxificar los desechos. Los costos de operación de ésta técnica en relación al relleno sanitario tienen una proporción de 2 a 1 (Le Roy, 1983).

Por otra parte, los métodos con técnicas innovadoras tales como la pirólisis, en las que los problemas de contaminación atmosférica se reducen considerablemente, han funcionado bien a nivel experimental y pueden convertirse en métodos importantes en el futuro. Sin embargo, actualmente se carece de este tipo de instalaciones a nivel comercial (Pearce, 1983).

13.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

13.1.- CONCLUSIONES.

Como consecuencia de un deficiente análisis de selección, el receptor actual de desechos agroquímicos se encuentra ubicado en una zona que carece de los requisitos mínimos sanitarios, indispensables para preservar el medio ambiente y proteger a la salud pública. Esta selección errónea del sitio y del sistema de operación del mismo, se ha traducido en un grave impacto ambiental, toda vez que los desechos ahí depositados se encuentran a la intemperie y contaminando el aire, agua y suelo de la zona. Además, está provocando un impacto estético negativo a la zona de la laguna salada, la cual es importante mantener como un ecosistema inalterado dado su alto potencial de desarrollo pesquero, turístico y recreativo.

El método de relleno sanitario, propuesto en este trabajo, como técnica de disposición final de los desechos agroquímicos es en la actualidad la alternativa más viable desde el punto de vista económico y ambiental ya que permite la eliminación de grandes volúmenes de desechos de una manera práctica y con un mínimo riesgo hacia los ecosistemas.

El sitio propuesto para la instalación del nuevo receptor de agroquímicos posee características ecológicas y socioeconómicas muy difíciles de encontrar en el resto del valle de Mexicali. Propiedades como la presencia de suelos arcillosos, muy impermeables, y la ausencia de contactos hidráulicos superficiales y subterráneos lo convierten en el más viable para llevar a cabo el confinamiento controlado para desechos agroquímicos.

Tomando en consideración las características topográficas, geológicas y edafológicas del sitio propuesto, la eliminación de los desechos deberá realizarse por el método de trincheras, ya que ofrece mayores ventajas de aprovecha-

miento óptimo del sitio. Además, éste método permite generar material de cubierta para encapsular los desechos de una manera fácil, económica y con un mínimo riesgo al medio ambiente.

Es conveniente agregar que en un sitio de relleno sanitario cualquiera, --- siempre existe la necesidad de una cuidadosa consideración del peligro potencial de contaminación del suelo y del agua superficial y subterránea por migración del lixivianante generado por escape de los residuos del área de confinamiento, aún cuando el sitio propuesto pueda parecer apropiado desde el punto de vista de sus propiedades geofísicas, su selección y uso no representan una absoluta garantía de que la contaminación del suelo y del agua adyacentes pueda evitarse.

13.2.- RECOMENDACIONES.

Para lograr los objetivos planteados en este trabajo es necesario establecer una serie de propuestas encaminadas a obtener al máximo los beneficios de un buen manejo, tratamiento y disposición final de los desechos agroquímicos en consecuencia de esto, se enumeran las siguientes recomendaciones:

- 1.- Clausurar inmediata y definitivamente el receptor actual con el objeto de evitar que sigan depositando volúmenes de desechos que agraven aún más el problema ambiental de esa zona y reubicar los desechos eliminados ahí, hacia el sitio propuesto.
- 2.- Impulsar el desarrollo de técnicas alternativas de control de plagas como el control biológico, control hormonal, esterilización de poblaciones de plagas mediante radiaciones, y otros, que pueden ser utilizados alternativamente dando lugar al control conocido como control integral de plagas. Esto es con el objeto de disminuir al mínimo posible las aplicaciones de productos químicos deletéreos a la salud y al ambiente y, por consiguiente, generar menores volúmenes de residuos y desechos peligrosos.

- 3.- Debido a que las cubiertas naturales constituidas por arcillas, no ofrecen una seguridad absoluta en el control de los residuos y del lixiviado generado en el área del relleno sanitario, se recomienda llevar a cabo una impermeabilización del sitio mediante el empleo de cubiertas sintéticas que en conjunto con las cubiertas de arcilla prevengan la infiltración del lixiviado hacia las capas subterráneas de agua.
- 4.- Diseñar un sistema de canales tendientes a desviar el agua de lluvia hacia fuera del área de operación del relleno, con el fin de evitar la acumulación del agua dentro del mismo y de prevenir al máximo la generación de lixiviantes.
- 5.- Establecer un sistema de monitoreo tendiente a vigilar la calidad del agua subterránea mediante el análisis periódico de muestras de agua que deberán tomarse de una serie de pozos concentricos al sitio. Esto es con el fin de prevenir el deterioro de la calidad del manto acuífero subterráneo y de evitar así un impacto ambiental de graves consecuencias.
- 6.- Por último, se recomienda forestar perifericamente el área del sitio propuesto para contrarestar el transporte eólico de malos olores y gases tóxicos que posiblemente se generen durante el tiempo de operación del relleno sanitario.

- 1.- Adams, L.; Hanavan, M.G.; Hosley, N.; and Johnston, D.W. 1949. The effects on fish, birds and mammals of DDT used in the control of forest insect in Idaho and Wyoming. *J. Wildl. Manage.* 13:245-254.
- 2.- Aguilar, J.L. 1985. Los Recursos Naturales de la Laguna Salada. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (No publicado). 37p.
- 3.- Avalos, M.H. 1974. Análisis del desarrollo de las pesquerías del camarón y la totoaba. Tesis profesional. E.S.C.M., - U.A.B.C.; 86p.
- 4.- Bitman, J.; Cecil, H. and Fries, G.F. 1970. DDT induced inhibition of avian shell gland carbonic anhidrase a mechanism for thin eggshells. *Science.* 168(3931): 594-595.
- 5.- Brown, L.R. 1970. La producción humana de alimento como proceso en la Biosfera. p.87-96, In: *El Hombre y la Ecosfera*, - Selecciones Scient., Amer. McGraw-Hill.
- 6.- Burgess, C.D. 1983. Aspectos de salud y seguridad en el manejo de residuos peligrosos en Gran Bretaña. *Industria y Medio Ambiente.* 4:7-11.
- 7.- Carlson, E.A. 1983. International symposium on herbicides in the Vietnam war: an appraisal. *Bioscience.* 33(8): 507-512.
- 8.- Carson, R. *The silent spring.* 1972. 3ra. Ed. Houghton Mifflin Co. Boston, Mass. U.S.A. 92p.
- 9.- Compean, J.G. y Baylon, G.O. 1981. Estudio preliminar de la pesquería de la Laguna Salada, Baja California. Delegación Federal de Pesca en el Estado de Baja California. 20p.
- 10.- Cordero, S.; Valtierra, D. y Marroquin, M. 1980. Programa de prevención de la intoxicación por el uso inadecuado de plaguicidas. Secretaría de Educación y Bienestar Social. - Dirección de Educación Pública del Estado. Mexicali, B.C. 31p.
- 11.- Cory, L., Jela, P. and Serat, W. 1971. Environmental DDT and the genetics of natural populations. Department of Biology. St. Mary's College, California. *Nature.* 229: 646-647.
- 12.- Defregger, F. 1983. Situación y tendencias en el manejo de residuos industriales peligrosos en la República Federal de Alemania. *Industria y Medio Ambiente.* 4: 16-22.
- 13.- De Long, R.L.; Gilmartin, W.G. and Simpson, J.G. 1973. Premature births in California sea lions: Associations with high organochlorine pollutants residue levels. *Science.* - 181: 1168-1169.

- 14.- Dimond, J.B. and Sherburne, J.A. 1969. Persistence of DDT in wild populations of a small mammals. *Nature*. 221: 486-487.
- 15.- Dirección General de Sanidad Vegetal, S.A.R.H. 1981. Relación de plaguicidas aplicados al cultivo del Algodonero en el Valle de Mexicali durante los ciclos agrícolas 1979-80-81. Manuscrito. 2p.
- 16.- Dirección General de Sanidad Vegetal, S.A.R.H. 1984. Relación plaguicidas aplicados al cultivo del Algodonero en el Valle de Mexicali. Ciclo 1984-84. Manuscrito. 2p.
- 17.- Duke, T.W. y Wilson. A.J.Jr. 1971. Chlorinated hydrocarbons in livers fishing new international, 1969. *Pesticides limit applied in U.S.A.* 8:85.
- 18.- Edwards. C.A. 1969. Soil Pollutants and soil animals. *Scientific American*. 220(4): 88-99.
- 19.- Environmental Protection Agency (EPA). 1982. Hazardous waste management system; permitting requirements for land disposal facilities. *Federal register*. 47(143):32273-32388.
- 20.- Flores, R.C. y García, S.L. 1983. Aspectos de la problemática del sector Agropecuario del estado de Baja California; alternativa de solución. Tesis profesional. E.S.C.A., - - U.A.B.C. 127p.
- 21.- Galston, A.W. 1970. Plants, people and politics. *Bioscience*. 20:405-410.
- 22.- Goldberg, E.D. 1975. Contaminación del mar: pasado, presente futuro. *Ciencia y Desarrollo*. CONACYT. 8:24-34.
- 23.- Guardado, P.J. 1976. Concentración de DDT y sus metabolitos en especies filtroalimentadoras y sedimentos en el valle de Mexicali y alto Golfo de California. *Reports. Calif. - Cooperat. Ocean. Fisher. Invest.* 18:73-80.
- 24.- Guereña, O.A.; Guzman, R.S.; Machain, L.M. 1982. Guía para producir algodón en el valle de Mexicali. Folleto para productores No. 2. Campo Agrícola experimental de Mexicali S.A.R.H. 24p.
- 25.- Gutiérrez-Galindo, E.A.; Sañudo, S.A. y Flores, B.P. 1983. Variación espacial y temporal de pesticidas organoclorados en mejillon *Mitilus californianus* (Conrad) de Baja California. *Ciencias Marinas*. 9(1): 7-18.
- 26.- Hayes Jr., W.J. 1975. Toxicology of pesticides. 1ra. Edition The Williams and Wilkins company. Baltimore, U.S.A. 580p.

- 27.- Hernández, M.J.R. 1975. Aplicación de la cromatografía de gases en la determinación de residuos tóxicos de DDT en peces de canales y lagos del valle de Mexicali, B.C. Tesis profesional. E.S.C.M.; U.A.B.C. 96p.
- 28.- INIA - CIANO. 1984. Area de influencia del campo agrícola-experimental del valle de Mexicali. In:Guía para la asistencia técnica agrícola. S.A.R.H. 154p.
- 29.- Instituto de Ecología. 1975. El hombre en el medio ambiente vivo. Un reporte sobre problemas Ecológicos globales. Editorial C.E.C.S.A. 271p.
- 30.- Klein, L. 1981. European community action on the management of waste products. In: Proceedings of the international conference "Rifiuti Solidi, Fanghi e Materiali Residui: - Rilevamento Tecnologia e Gestione". Rome. 17-20p.
- 31.- Le Roy, E. 1983. Procesamiento de residuos peligrosos en - Francia. Industria y Medio Ambiente. 4:47-52.
- 32.- Machain, L.M.; Martínez. C.J.; Sifuentes, A.J. y Carrillo, - S.J. 1975. Principales plagas de los cultivos del valle - de Mexicali y sus enemigos naturales. Folleto técnico No. 57. INIA-SAG. 50p.
- 33.- Margalef, R. 1980. Ecología 3ra. Edición. Ed. Omega, S.A. -- 951p.
- 34.- McDermott, D.J.; Heesen, T.C. and Young, D.R. 1974. DDT in - bottom sediments around five southern California outfall systems. Rept. T.M. 217. Long Beach, Calif. Coastal Water Res. Proj.
- 35.- McGilvery, R.W. 1970. Bioquímica. 1ra. Edición. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V. 99-105p.
- 36.- Mellanby, K. 1977. Biología de la polución. Cuadernos de Biología. Ed. Omega. 73 p.
- 37.- Metcalf, R. 1952. Insectos contra insecticidas. p. 125-130, In: Química y Ecosfera, Selecciones Scient.Amer. McGraw-Hill.
- 38.- Miranda, V.M. 1982. Impacto ecológico por el uso de insecticidas en el valle de Mexicali, B. C. Tesis profesional. - E.S.C.A., U.A.B.C. 102 p.
- 39.- Nicholas, M. 1981. Post-harvest food loss prevention-an-international perspective. Industry and Environment. 4(1):2-3.
- 40.- Nishikawa, K.K. et al. Estudio Químico sobre la concentración de insecticidas organoclorados en organismos de la parte norte del Golfo de California y desembocadura del Río Colorado. Inst. Invest. Oceanol. U.A.B.C. (No publicado).

- 41.- Nuñez, E.O. 1975. Concentración de DDT en Chione Californien-
sis de la parte norte del Golfo de California. Ciencias --
Marinas. 2(1): 6-13.
- 42.- Odum, E. 1983. Ecología. 3ra. Edición Nueva Editorial Inter- -
americana. 639 p.
- 43.- O'Leary, J.A.; Davies, J.E. and Felman, M. 1970. Spontaneous -
abortion and human pesticide residues of DDT and DDE. Am.
J. Obstet. Gynecol. 108:1291-1292.
- 44.- Olszyna-Marzys, A.E.; De Campos, M. Farvar, M.T. y Thomas, M.
1973. Residuos de plaguicidas clorados en la leche humana
en Guatemala. Bol. Of. Sanit. Panam. 74: 93-107.
- 45.- Peakall, D.B. 1970. Los pesticidas y la reproducción de las -
aves. p. 131-138, In: Química y Ecosfera, Selecciones - -
Scient.Amer. McGraw-Hill.
- 46.- Pearce, P. 1983. Relleno sanitario: Opción a largo plazo para
la eliminación de residuos peligrosos. Industria y Medio -
Ambiente. 4:58-63.
- 47.- Pérez, B.D. 1981. Ordenamiento Ecologico del valle de Mexica-
li. Tesis profesional. Facultad de ciencias, U.N.A.M.; Méxi-
co, D.F. 113 p.
- 48.- Pérez, B.D. y Estrella, V.G. 1982. Ecología de la Laguna Sala
da. U.A.B.C. Calafia. 4(7):59-64.
- 49.- Pizzuto, J.S. 1981. Super-Fund-The U.S. response. Symposium -
on waste disposal-the challenge. Madrid, Spain, Under the
auspices of international association of environmental co-
ordinators, Brussels. 9 p.
- 50.- Pratt, Ch. 1965. Fertilizantes Químicos. p. 113-124, In: Quí-
mica y Ecosfera. Selecciones Scient, Amer. McGraw-Hill.
- 51.- Ripper, W.E 1956. Effect of pesticides on the balance of ar--
thropod population. Ann. Rev. Entomol. 1 :403-438.
- 52.- Risebrough, R.W.; J.D. Davis and D.W. Anderson. 1970. Effects
of various chlorinated hydrocarbons. p. 40-53, In: J.W. --
Gillet(ed). The Biological Impact of Pesticides in the Envi-
roment. Environ. Health Sci. Series 1, Oregon State Univer-
sity, Corvallis, U.S.A.
- 53.- Risebrough, R.W.; De Lappe, B.W. and Walker, W. 1976. Trans--
fer of higher molecular weight chlorinated hydrocarbons to
the marine environment. p. 261-312, In: H.L. Windom and --
R.A. Duce (eds.). Marine Pollutant transfer, D.C. Heath --
and Co. Lexington Mass. Tor. 391 p.

- 54.- Risebrough, R.W. De la Lappe, B., Letterman, E. Lane, J. Fireston-Gillis, M. Springer, A. y Walker, W. 1980. California Mussel watch 1977-78. Vol. III. Organic pollutants in mussels Mytilus californianus and M. edulis along the California coast water quality. Monitoring report No. 79-22. p. 75-80. Bodega Marine Laboratory.
- 55.- Salmeron, J. y Salmeron, D.J. 1968. Intoxicaciones producidas por pesticidas. Monografías No. 19. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 124 p.
- 56.- S.A.R.H. 1979. Legislación relativa al agua y su contaminación. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. p. 43-45.
- 57.- S.A.R.H., 1982. Comisión Técnico Consultiva para la determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. Coeficientes de agostadero de Baja California. 95 p.
- 58.- S.E.D.U.E. Subdelegación de Ecología. Delegación en el Estado de Baja California. 1984. Proyecto ejecutivo de un cementerio industrial en Mexicali, Baja California. 306 p.
- 59.- Skou, J.C. 1965. Enzymatic basis for active transport of Na⁺ and K⁺ across cell membrane. *Physiological Reviews*. 45:213-215.
- 60.- Soloman, M.E. 1953. Insect population balance and chemical control of pest. Pest outbreaks induced by spraying. *Chem. Ind.* 43:1143-1144.
- 61.- S.S.A. 1982. Manual de manejo, tratamiento y disposición de desechos sólidos municipales. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. México, D.F. 363 p.
- 62.- Suess, J.M. and Huismans, W.J. 1983. Management of hazardous waste. World Health Organization-Regional Publications -- European series No. 14. 100 p.
- 63.- Turk, A. et al. 1981. Tratado de Ecología. 2da. Edición. Nueva Editorial Interamericana. 542 p.
- 64.- Turk, A. et al. 1982. Ecología- Contaminación-Medio Ambiente I. Edición. Nueva Editorial Interamericana. 227 p.
- 65.- Van Emden, H. 1982. Control de plagas y su Ecología. Ed. Omega, S. A., 65 p.
- 66.- Velarde, R.A. 1973. Niveles de hidrocarburos clorados en Corvina Cynoscion nobilis y las especies que componen su dieta alimenticia en la costa nor-occidental de Baja California. Tesis profesional. E.S.C.M., U.A.B.C. 93 p.

- 67.- Velarde, S.C. 1980. La necesidad de receptores de envases y desechos de agroquímicos en los estados limítrofes del Golfo de California. Seminario 80 Baja Calif. Sur. Sría. de Turismo. p. 259-263.
- 68.- Vizcaino, M.F. 1975. La contaminación en México. 1ra. Edición. Fondo de cultura Económica. 514 p.
- 69.- Ware, G.W. 1978. The pesticide book. W.E. Freeman and company editors. 197 p.
- 70.- Weir, D. y Schapiro, M. 1982. Circulo de veneno- Los plaguicidas y el hombre en un mundo hambriento. 1ra. Ed. Editorial Terra Nova. 146 p.
- 71.- Williams, C. 1967. La tercera generación de plaguicidas. p. 139-144, In: Química y Ecosfera. Selecciones Scient.Amer. McGraw-Hill.
- 72.- Woodwell, G.M. 1967. Sustancias tóxicas y ciclos ecológicos. p. 146-154, In: El Hombre y la Ecosfera. Selecciones - - Scient.Amer. McGraw-Hill.
- 73.- Woodwell, G.M.; Nurster, C.F. and Isaacson, P.A. 1967. DDT residues in east coast stuary: A case of biological concentration of a persistent insecticide. Sciences. 156: - 821-824.
- 74.- Wurster, Ch. F. 1969. Chlorinated hydrocarbon insecticides and the world ecosystem. Biol. Cons. 1:123-129.
- 75.- Young, D.R.; Heesen, T.C. and Mc Dermott, D.J. 1976. An off shore biomonitoring system for chlorinated hydrocarbon. Mar. Pollut. Bull. 7 (8): 156-159.