

56

25/11/94



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

RECUPERACION DE CONTAMINANTES PARA  
LA PRODUCCION DE UN FERTILIZANTE  
COMPLEJO NPK

TESIS MANCOMUNADA  
Que para obtener el Título de  
INGENIERA QUIMICA  
p r e s e n t a n

JIMENEZ SALINAS ELIZABETH  
VELAZQUEZ CAMACHO SONIA



México, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1994



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

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

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

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

**JURADO ASIGNADO**



**EXÁMENES PROFESIONALES  
FAB. DE QUÍMICA**

<b>Presidente</b>	Prof.: RAMON ARNAUD HUERTA
<b>Vocal</b>	Prof.: SERGIO TREJO MARTINEZ
<b>Secretario</b>	Prof.: RODOLFO TORRES BARRERA
<b>1er. suplente</b>	Prof.: HUMBERTO RANGEL DAVALOS
<b>2do suplente</b>	Prof.: VICTOR MANUEL LUNA PABELLO

Sitio donde se desarrolló el tema: **QUIMICA OMEGA MEXICANA S.A. DE C.V.**

Nombre del asesor del tema:

Dr. SERGIO TREJO MARTINEZ

Nombre del supervisor técnico:

Ing. LUIS GARZA MEDRANO

Nombre de los sustentantes:

JIMENEZ SALINAS ELIZABETH

VELAZQUEZ CAMACHO SONIA

**A la U.N.A.M.:**

Nuestra eterna gratitud y en especial a nuestra facultad, por la oportunidad que nos fue otorgada para realizar esta carrera profesional y por todos los momentos inolvidables que en ella vivimos.

**A los profesores:**

Agradecemos a todos y cada uno de nuestros profesores el que nos hayan brindado sus conocimientos, gracias a los cuales hemos podido cubrir una de nuestras metas, nuestra admiración y afecto a cada uno de ellos.

**A Química Omega:**

Damos un agradecimiento muy especial por su apoyo y confianza para realizar éste proyecto, aportándonos conocimientos, experiencias y dedicamos su tiempo tan valioso para lograr éste propósito, en especial al Ing. Luis Garza Medrano y al Dr. Sergio Trejo Martínez, por su asesoramiento y paciencia.

**Ing. Rodolfo Torres Barrera:**

Con agradecimiento especial y lleno de afecto por su capacitado asesoramiento.

**Estrella González Servín:**

Para una amiga muy especial, agradecemos su colaboración en ésta tesis.

**Elizabeth y Sonia.**

Sin TU presencia, esto seguiría siendo un sueño; pero ahora es una realidad que la puedo palpar en compañía de mis padres, mis hermanos: Gema, Ale, Fer, Gus, Francis y Armando; mis familiares, mis amigos y todos aquellos que incondicionalmente me ayudaron.

**Gracias Dios Mio.**

**Sonia (México):**

Gracias por haberme permitido realizar esta tesis contigo, por tu amistad incondicional y sobre todo, por conocer a Luis Andrés, nuestro motor.

**Elizabeth**

Doy gracias al Señor que iluminó mi camino para llegar a este final y dar por realizado mi sueño dorado de ser Ingeniera Química.

Sin olvidar a ninguno, con todo mi amor y respeto agradezco a: mis padres, hermanos, compañeros, a la bola, profesores y a la amistad, que compartieron cada minuto de lucha y esfuerzo para poder realizar este propósito, que sólo juntos fue posible, gracias por todo su amor y apoyo.

Este esfuerzo es dedicado con todo mi amor y respeto a mi hijo Luis Andrés y a mi compañero, de quien recibí ejemplo, apoyo y todas las armas para luchar y lograr todas las metas deseadas, soportando mis altas, bajas y fallas.

**Con todo mi amor a ustedes.**

**Los amo.**

**Estrella Gonzáles Servín:**

Gracias por tu colaboración y tu amistad, y todo lo que representas. Te quiero mucho.

Para mi equipo de trabajo, Elizabeth (México), amiga y compañera, casi mi hermana, quiero decirte felicidades, "por fin lo logramos", con todos esos detalles que significaron tener a este motor que tú llamas, te damos las gracias los dos por soportarnos y apoyarnos, con todo nuestro amor, ya que tú fuiste una parte importante.

**Sonla**

## CONTRA LA CONTAMINACIÓN

El ambientalismo es un buen movimiento que ha vuelto la atención de la humanidad hacia la necesidad ineludible de cuidar mejor la nave delicada en que viaja por el espacio y que ya muestra señales evidentes de maltrato. Este movimiento ha logrado hacernos comprender que nuestros recursos no son inagotables; que se acaban los yacimientos minerales; que se acaban los combustibles fósiles; que erosionamos y arruinamos los suelos que necesitaron millones de años para formarse; que hacemos el aire irrespirable; que podemos dañar la delgada capa de gases que forman nuestra atmósfera y cambiar el clima del planeta con consecuencias imprevisibles; que envenenamos los mares y los ríos; que provocamos la extinción de algunas especies o la reproducción exagerada de otras alterando el equilibrio general y poniendo en peligro la existencia de todas incluyendo la nuestra porque todas se necesitan mutuamente.

Un movimiento que nos hace conscientes de los requisitos de sobrevivencia es evidentemente un buen movimiento y la humanidad le debe mucho a los que le abrieron los ojos ante los peligros que afronta y a los que han emprendido la cruzada de rectificación en el manejo del ambiente, y en contra de la contaminación.

El movimiento ambientalista comenzó como una lucha contra la contaminación ambiental provocada por los plaguicidas agrícolas y se hizo pronto extensivo a todas las formas de contaminación ambiental: los aditivos que se emplean en la preparación de alimentos, las medicinas que siempre tienen efectos secundarios, los escapes de los motores y el humo de las fábricas que envenenan la atmósfera, los desechos industriales que envenenan los ríos y los lagos, los derrames de petróleo que dañan los mares, así como los residuos, la radiación nuclear, los detergentes que no se descomponen, los envases que aparecen deseminados por todas partes, los rótulos o

vallas de carreteras que afectan el panorama, las grandes ciudades de construcción inhumana, los ruidos insoportables de motores, pitos, megáfonos, etc., la basura de las ciudades que cada día cuesta más eliminar, los malos olores, los fertilizantes que van al agua y promueven el crecimiento de microorganismos que eliminan los peces y enturbian el agua, las obras de riego y drenaje que afectan la flora y la fauna de inmensas regiones, las supercarreteras, aeropuertos y urbanizaciones que ocupan millones de hectáreas, la minería que raspa y arruina el suelo, la caza y la pesca inmoderadas que amenazan con la extinción de varias especies y desbarajan aún más el equilibrio ecológico, y aun la contaminación cultural del cine y la televisión que moldea la mente de los niños. En suma, todas las actividades humanas porque todas producen cambios en el ambiente. Cuando la intensidad de los cambios producidos es mayor que la capacidad de reciclaje o regeneración del ecosistema, esos cambios contaminan o rompen el equilibrio ecológico.

Podemos comprender fácilmente que la extinción de una especie o la propagación exagerada de otra constituyen un rompimiento del equilibrio ecológico, pero nos cuesta mucho reconocer en qué situación se encuentra nuestra propia especie que combate tan eficazmente los controles de población que le impuso la naturaleza. La situación natural ilegal que ocupa nuestra especie en irrupción no sería tan grave si sólo hubiéramos tomado tan en serio el lema de crecer y multiplicarnos, pero nuestro lema es "Creced, multiplícaos y consumid"

Por razón del número de seres humanos y de nuestros hábitos de consumo, no podemos dejar de alterar el equilibrio ecológico y contaminar: es imposible producir los alimentos para casi 4.000 millones de personas sin cultivar millones de hectáreas en evidente violación del equilibrio ecológico; es imposible proteger a esa población humana de enfermedades como el tifo, la malaria, la fiebre amarilla y la filaríasis sin el empleo de

plaguicidas; es imposible alimentar, alojar, vestir y transportar esa población humana sin el complejo industrial que produce las casas, los vehículos, la ropa, la energía, los fertilizantes, los plaguicidas, las medicinas, las diversiones y los demás productos que elevan el standard de vida.

Toda obra de desarrollo conlleva el aspecto negativo de su impacto ecológico; conocemos las consecuencias indeseables que la medicina moderna puede tener en la degeneración de la especie, conocemos las consecuencias ecológicas del Canal de Suez, de la represa de Aswan, del oleoducto de Alaska, del transporte de petróleo y de los efluvios industriales. No podemos ya pensar en una sola actividad humana encaminada a aumentar la producción que no constituya una intromisión en el equilibrio ecológico y que no conlleve consecuencias indeseables, y tenemos que reconocer entonces que uno no puede comerse el pastel y tenerlo. La humanidad está metida en un problema de desequilibrio ecológico que ella misma ha provocado y cualquier actividad humana está por fuera del concepto de equilibrio ecológico mientras no vaya dirigida a controlar la población y el consumo. O pongámoslo de otra manera: el equilibrio ecológico sólo podría restablecerse cuando nuestra especie cambiara sus hábitos de población y de consumo. Aunque no es probable que ésto ocurra voluntariamente, si parece existir una relación inversa entre el standard de vida y el crecimiento de la población. También es cierto que este problema no tiene la misma gravedad en todas partes. Los países industriales son más responsables de la contaminación ambiental y el desequilibrio ecológico es más grave en las naciones pobres con gran densidad de población, pero el hecho es que todos los pueblos aspiran a elevar su standard de vida y a eso se encaminan sus esfuerzos; a la hora de la verdad, ningún pueblo quiere sacrificar su progreso económico en aras del equilibrio ecológico.

Aparte de todo ésto, debemos advertir que también la naturaleza provoca grandes alteraciones del equilibrio ecológico; además de que el hombre mismo es un producto de la naturaleza.

Hemos tratado hasta aquí, de determinar la naturaleza del problema, porque sin una comprensión total del problema es muy fácil proponer soluciones y desgraciadamente, se han ofrecido demasiadas soluciones inadecuadas precisamente porque son parciales.

El movimiento ambientalista adolece a menudo de falta de objetividad. Esa falta de objetividad se debe a prejuicios personales, a ignorancia, o a motivos políticos, y ocurre que los ambientalistas no son los que tienen sobre sus hombros la responsabilidad de la producción; es evidente que no pueden ejercer una labor de policía dentro de la industria, pero el hecho es que no debería tratarse de una mera labor de policía, que el problema es tan grave y tan complejo, que sólo puede encararse por medio de la colaboración y que las actitudes parciales sólo contribuyen a agravarlo.

Suponemos que costaría mucho hallar hoy en día una persona normal con una actitud clínica con respecto a la contaminación ambiental. Puede ser que haya algo de hipocresía en el campo de la industria; un recurso que refleja la condición de pecado que tiene ya universalmente la contaminación ambiental, pero lo más común es en cambio una aceptación honrada del problema, un deseo de que se le puedan encontrar soluciones y una determinación de acatar con gusto las soluciones, siempre que éstas sean adecuadas y razonables, y es aquí donde la cosa no marcha bien; la conducta de muchos ambientalistas, incluyendo algunos científicos dentro de ese movimiento, adolece de los mismos defectos que caracterizaron el desarrollo industrial: un exceso de confianza en la bondad de sus actividades y una habilidad casi irresponsable para

considerar malas consecuencias. De ajuste tienen muchos limitantes del ambientalismo una actitud emocional que nunca tuvieron los industrialistas, una actitud moralista que les hace sospechosa cualquier oferta de colaboración que venga de la industria y rechazar cualquier objeción que uno haga a las soluciones que proponen.

Como consecuencia del acelerado crecimiento de la población en el país en los últimos 20 años, se ha registrado en forma paralela un crecimiento de la demanda de servicios y bienes de consumo, entre los que se tienen como los más importantes: agua, energía eléctrica, drenaje, salud, vivienda, educación, alimentos, ropa, calzado, etc. Muchos de dichos productos y/o servicios se han visto favorecidos por el desarrollo que la Industria del Petróleo ha tenido en los últimos 40 años, ya que gracias a ella se ha resuelto una gran cantidad de problemas con la introducción de productos que han venido a mejorar la calidad de vida del ser humano. Como ejemplos de algunos de ellos se pueden mencionar: los plásticos, resinas, plaguicidas, detergentes, fertilizantes, antibióticos, etc. En general se puede decir que, si bien estos productos tienen su origen en el petróleo, son un resultado concreto de la Industria Química.

En general se denomina Industria Química, a toda aquella industria que tiene como característica la de obtener productos a partir de la transformación por vía química de alguna materia prima. Con base en lo anterior, se puede observar que son miles los casos que entran en esta definición, lo que implica una gran complejidad de la industria.

Sin embargo, como la mayoría de las industrias, la Industria Química usa ciertas materias primas, produce una gran cantidad de compuestos de gran utilidad, pero también produce una gran cantidad de desechos, los cuales representan problemas serios para su disposición final.

Durante mucho tiempo se ha permitido a la industria el eliminar a la mayoría de sus residuos mediante su arrastre por disolución o suspensión en el agua, la cual en la mayoría de las veces es vertida a algún cuerpo receptor sin tratamiento alguno. Sin embargo, con el aumento en el número de industrias, en los volúmenes de producción y por la disminución de los caudales de los ríos debido a un uso más intensivo del agua, el problema de los residuos industriales presenta características alarmantes en algunos cuerpos de agua de la República Mexicana, tal es el caso del río Lerma, por citar a uno de los más conocidos.

Hasta hace algunos años se consideró que la construcción de los llamados "Distritos para el control de la contaminación del agua" podía resolver el problema, sin embargo, la realidad muestra que el problema no sólo no se ha resuelto, sino que se ha visto agravado, razón por la cual se están buscando otras alternativas más viables y eficientes.

Una de estas alternativas consiste en abordar el problema en forma específica por tipo de industria y no en forma global como en los distritos de control de la contaminación del agua.

Lo anterior implica el fijarle a cada tipo de industria límites máximos de algunos contaminantes que de acuerdo con su proceso específico pueden estar descargando al agua, para así controlar con un sólo límite a todo un grupo de industrias, facilitando el control de la contaminación.

El criterio mencionado da lugar a las llamadas "Normas Técnicas Ecológicas", de las cuales se pretende generar una para cada tipo de industria,

## INDICE

	<b>CAPITULO I</b>	
INTRODUCCION		1
	<b>CAPITULO II</b>	
GENERALIDADES DE LOS FERTILIZANTES		3
	<b>CAPITULO III</b>	
GENERALIDADES DE LOS FERTILIZANTES COMPEJOS NPK		19
	<b>CAPITULO IV</b>	
PROCESO TVA		54
	<b>CAPITULO V</b>	
ORIGEN DE LOS EFLUENTES CONTAMINANTES A TRATAR		67
	<b>CAPITULO VI</b>	
CALCULO TEORICO		72
	<b>CAPITULO VII</b>	
DESARROLLO EXPERIMENTAL		86
	<b>CAPITULO VIII</b>	
RESULTADOS		95
	<b>CAPITULO IX</b>	
CONCLUSIONES		111
	<b>CAPITULO X</b>	
BIBLIOGRAFIA		113
	<b>CAPITULO XI</b>	
APENDICE		118

**CAPITULO I**

**INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

Empresas Químicas de México, S.A. de C. V. se encuentra localizada en la zona industrial de San Luis Potosí. Esta empresa como toda la industria, en el desarrollo de productos químicos, provoca la producción de efluentes que en la mayoría representan un contaminante.

La política para la solución de problemas de contaminación no es inventar otros procesos de control que generen al mismo tiempo otros contaminantes, es dar nuevas alternativas y mejores soluciones a los problemas de contaminación, es aprovechar de alguna manera desperdicios que pueden ser utilizados como materias primas o recuperar algunos productos químicos que se encuentren contaminados, ya que éstos representan una pérdida y un costo a la empresa por su tratamiento posterior para poder ser desechados. Sin embargo el ambiente sigue ganando un contaminante.

La recuperación de efluentes para producir subproductos, o ser reciclados, o aprovechados de alguna manera para dar un uso secundario y consumirlos será una de las mejores soluciones a la contaminación, de ahí el objetivo de la tesis.

SEDESOL informó a Equimex sus límites máximos permisibles para descarga de efluentes, solicitando dar solución inmediata a algunas alteraciones, y ofrecieron una solución alternativa.

La planta analizó económicamente esta sugerencia de SEDESOL, y concluyeron que representaría un costo elevado a la empresa.

Buscando otras alternativas con el criterio anterior, se realizaron estudios de la composición de los efluentes y su origen, éstos son muy atractivos por tener un porcentaje de nitrógeno, pentóxidos, ácido sulfúrico libre importantes, y también representa un costo de recuperación muy bajo.

Estos resultados se discutieron y se propuso cuantificar el porcentaje a recuperar de estos tres compuestos, y así permitimos proponer la producción de un fertilizante conocido en el mercado como NPK ( Nitrógeno, Fósforo, Potasio). Las corrientes no presentan ningún otro factor extra que altere la composición de dicha fórmula.

## **CAPITULO II**

# **GENERALIDADES DE LOS FERTILIZANTES**

## FERTILIZANTES

### **Alimentando a las multitudes.**

Para el año 2025, el número de bocas a alimentar a nivel mundial, habrá dado un salto de más del 50% actual, alcanzando los 8.5 miles de millones de habitantes.

Tres cuartas partes de éste sorprendente número vivirán en los países en desarrollo; simplemente Asia tendrá que alimentar a 600 millones de personas más.

No obstante, a medida que la población mundial aumenta, la tierra disponible para cultivos alimenticios está reduciéndose. La tierra cultivada per capita ha disminuido de 0.36 hectáreas en 1970 a 0.26 en 1989, y se espera que caiga a 0.22 para el año 2000.

### **Pensando en el futuro:**

A medida que cada hectárea de tierra llega a ser más preciada, el reto es establecer sistemas agrícolas que sean tanto económica como ambientalmente sostenibles. La agricultura de sostenimiento debe cumplir con las necesidades de la generación actual y, a la vez mejorar las perspectivas para generaciones futuras, acoplándose a sus necesidades.

Mucha gente cree erróneamente que la sustentabilidad significa que la agricultura debe llevarse a cabo dentro de un "ciclo cerrado" tradicional. La teoría es que los nutrientes de las plantas pasan a través de la cadena alimenticia para que finalmente regresen al suelo, sin necesidad de un suministro externo.

La verdad es que tales nutrientes se pierden en el aire o en el agua y, más crítico, van en "un viaje sin retorno", de los sembradíos hacia las ciudades, e incluso otros países, a medida que lo producido se vende en tiendas o es exportado.

Sin embargo, con la adición de fertilizantes minerales, la pérdida de nutrientes puede ser compensada al suelo y solo así, cerrar el ciclo.

### ¿Qué son los fertilizantes?

Un fertilizante es cualquier material orgánico e inorgánico, natural o sintético, que se adiciona al suelo con finalidad de suplirlo en determinados elementos esenciales para el crecimiento de la planta.

En general, el fertilizante mineral es un alimento concentrado para las plantas. Son sustancias naturales, las cuales vienen en formas convenientes para su almacenamiento, transporte y aplicación eficiente por parte del agricultor.

Una vez que se encuentran en el suelo, los fertilizantes actúan exactamente igual que aquellos nutrientes que provienen de fuentes orgánicas ya que, químicamente hablando, son los mismos. La planta no puede saber en sí, de donde proviene el nutriente, simplemente lo ingiere porque es comida.

El empleo de fertilizantes minerales es un desarrollo relativamente tardío en la historia de la agricultura. En el pasado, eran utilizados los fósiles y otros depósitos naturales para aumentar la producción de cultivos, aunque a medida que se elevó la demanda, este tipo de abastecimiento de nutrientes se volvió inadecuado.

China, quien prácticamente utilizaba abono orgánico hace 30 años, ahora es el mayor consumidor de fertilizantes minerales a nivel mundial. En los Estados Unidos, casi dos terceras partes del total de nitrógeno que se agrega a los cultivos, proviene de fertilizantes minerales, y a medida que se amplía la deficiencia de nutrientes, la demanda de aquellos continúa creciendo.

#### **Los métodos tradicionales ya no son suficientes.**

La materia orgánica, tal como abono animal, y residuos vegetales, también proporcionan nutrientes a la planta. Aún cuando el abono animal no siempre se encuentra fácilmente disponible, especialmente en países en desarrollo, donde también sirve como gas para cocción y además de no ser agradable, el abono es voluminoso y difícil de transportar económicamente a grandes distancias.

En el pasado, los agricultores eran capaces de dar a sus terrenos un descanso completo durante cierto tiempo. En algunas regiones, la rotación de cultivos era practicada de la siguiente manera: después de dos o tres períodos de cultivo, el terreno se dejaba descansar hasta por una generación completa.

En un mundo en que es necesario aprovechar al máximo los cultivos en terrenos reducidos, esta práctica es obsoleta.

#### **Los fertilizantes promueven un mejor uso de la tierra**

Viendo a futuro, el agricultor debe recordar que el suelo es un capital más importante; debiendo cuidar su fertilidad y evitar su erosión. Los fertilizantes ayudan a

producir cultivos de alto rendimiento (un deber a medida que crece la demanda alimenticia). Este tipo de cultivos:

- Tienen sistemas radiculares vigorosos y producen grandes residuos, mismo que mejoran la productividad del suelo y reducen la erosión;
- Proporcionan una amplia "bóveda" de tierra en el suelo protegiéndolo de los efectos de lluvia densa, viento fuerte y alta temperatura.
- Absorben de la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), producto de las actividades humanas. Entre más absorban  $\text{CO}_2$ , mejor aún.

En algunos países, la presión de la población es tal que los agricultores han convertido en suelos inadecuados y frágiles a las tierras que les rodean y donde siembran sus cultivos.

Un ejemplo trágico es la tala de árboles en la Selva Amazónica, en donde el suelo era altamente húmedo y de una calidad pobre, aún así, los agricultores determinaron cultivarlo. Desafortunadamente, la pérdida de grandes áreas de selva en esta región, han creado problemas ambientales adicionales, que bien pueden evitarse.

Con los fertilizantes, existe un amplio enfoque para lograr mayores rendimientos en tierras ya cultivadas.

## Nutrientes

Por lo tanto es importante conocer cuales son los nutrientes necesarios, es decir los elementos requeridos por los vegetales para la formación de su contenido celular. éstos se clasifican como macronutrientes cuando son necesarios en grandes cantidades y micronutrientes en pequeñas cantidades. Hasta la fecha se consideran como indispensables 17 elementos agrupados atendiendo a las cantidades requeridas por las plantas.

Los tres primeros elementos: Carbono, Hidrógeno y Oxígeno son los que se necesitan en mayor proporción y no están clasificados como fertilizantes, porque las plantas los toman del agua y del aire.

Los siguientes elementos fertilizantes se clasifican como:

**Macronutrientes**  
**3 elementos mayores**  
**(Se utilizan en gran cantidad)**

Nitrógeno  
Fósforo  
Potasio

**3 elementos secundarios**  
**( Se utilizan en mediana cantidad)**

Calcio  
Magnesio  
Azufre

**Micronutrientes**  
**8 elementos menores**  
**( Se utilizan en pequeña cantidad)**

Fierro  
Zinc  
Manganeso  
Cobre  
Boro  
Cobalto  
Molibdeno  
Cloro

### **Nutrientes vegetales a partir de fertilizantes minerales:**

El uso de fertilizantes minerales procesados, ha tenido un desarrollo relativamente reciente en la historia de la agricultura.

Al principio fueron usados huesos y yacimientos naturales de fósforo como el guano, y de nitrógeno como los salitres para impulsar la producción de cultivos.

La tecnología de la Industria Mundial de Fertilizantes ha desarrollado las formas de procesar los depósitos naturales de fósforo y de potasio para hacer disponibles sus nutrientes a las plantas. El nitrógeno del aire es fijado en forma de amoníaco y después convertido en productos como la urea y el nitrato de amonio; los cuales son sustancias esencialmente simples y naturales que reaccionan en el suelo al igual que lo hacen las fuentes orgánicas una vez que éstas han sido liberadas.

Desarrollos posteriores de la tecnología han permitido a la industria elaborar productos más concentrados con relaciones nutrimentales propias para satisfacer las necesidades de varios cultivos y susceptibles de ser ajustados para proveer de nutrientes carentes en los suelos.

Los fertilizantes concentrados pueden ser almacenados, transportados y aplicados mucho más económicamente que los materiales de bajo contenido de nutrientes.

Asimismo la industria elabora productos con contenidos de nutrientes ad-hoc a la necesidades de varios cultivos y suelos identificados a través de la investigación. El

objetivo de la administración de fertilizantes en los períodos críticos de necesidades de las plantas.

Un control estricto de especificaciones físicas aunado a un desarrollo de métodos eficientes de aplicación, permiten una distribución más uniforme del producto en el campo.

La tecnología ha hecho desarrollos más allá de los nutrientes primarios (Nitrógeno, Fósforo, Potasio), entre los que se pueden incluir calcio, azufre, magnesio y micronutrientes como el zinc, boro y manganeso.

El rango de productos de la industria es dinámico permitiendo así cubrir las necesidades de nuevas variedades ...en realidad nuevos cultivos... así como tomar en cuenta las crecientes presiones ambientales. El desarrollo de un producto se basa en la investigación, parte de la cual es apoyada y conducida por científicos de la propia industria en cooperación con instituciones científicas de todo el mundo. La industria por lo tanto se ha tomado prescriptiva en naturaleza, es decir, elaborando productos que cumplen con necesidades bien definidas.

La disponibilidad de nutrientes suficientes para el crecimiento activo es esencial tanto para las reservas como para los cultivos, si es que éstos van a enfrentarse al principio con situaciones de calor, frío, sequía, plagas y enfermedades, y posteriormente para poder almacenar vitaminas, grasas, carbohidratos, los cuales son requeridos por la humanidad para su alimentación.

Todo esto combinado con otros "BMP's" (siglas en inglés de Mejoras Prácticas de Administración) hace que la adecuada fertilización de cultivos ofrezca las mayores probabilidades de producción de alimentos de la magnitud y calidad que son requeridos por la creciente demanda mundial.

Lo anterior también conserva nuestros suelos y recursos acuíferos, permitiéndonos proteger las tierras frágiles por medio de sus recubrimientos, cubiertas de tierra permanente, pudiéndose también disminuir o parar la destrucción de bosques tropicales, tan común hoy en día. En el este de las Amazonas solamente se necesita una décima parte de la tierra (0.4 ha) para producir una tonelada de maíz si se usan fertilizantes minerales. Esto comparado con el uso de tierras dependiente de un rejuvenecimiento de bosques secundarios.

El uso de variedades seleccionadas cuidadosamente y la provisión de nutrientes adecuados, acompañados frecuentemente por irrigación han permitido la producción de cultivos y frutas especializados, y con períodos de crecimiento alargados. Las anteriormente conocidas como "Delicias de temporada" se puede conseguir en cada vez más partes del mundo, dando así una mayor variedad al consumidor y otras opciones de ganancias al agricultor. En resumen, los fertilizantes minerales incrementan los rendimientos de los cultivos, sobre nuevas oportunidades a la diversificación de selección de alimentos y asegura la calidad de los alimentos producidos.

Existen datos confiables y explicativos de producción, comercio y consumo de fertilizantes a niveles naciones. Mientras que en la mayoría de los países en desarrollo el consumo está por debajo de los niveles óptimos, algo que ayudaría a los encargados de elaborar las políticas agrícolas a pronosticar los consumos, es un mayor

conocimiento del uso real en las fincas por región, comparados con los niveles óptimos. Existen pronósticos regionales de demanda por parte de la FAO, el Banco Mundial, y de la Industria de Fertilizantes misma, los cuales podrían ligarse con otras estadísticas para asegurar que los objetivos de calidad ambiental y estándares de emisión son satisfechos.

## CLASIFICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES

La industria de los fertilizantes se dedica fundamentalmente en elaborar productos que contengan principalmente en conjunto o separadamente nitrógeno, fósforo y potasio a partir de materias primas que las contienen en forma no aprovechable por las plantas o de productos intermedios que no pueden aplicarse directamente a los suelos.

Los fertilizantes se dividen principalmente en fluidos y en sólidos. Los fertilizantes sólidos se subdividen a su vez en fertilizantes sencillos (sulfato de amonio, superfosfato simple, urea, etc.), en fertilizantes complejos mezclados (mezclas físicas de sulfato de amonio y superfosfato simple etc.) y en fertilizantes complejos granulados. Estos últimos son el producto de las reacciones de algunos de los fertilizantes sencillos pero llevadas a cabo en conjunto.

### **Impacto ambiental del uso de Fertilizantes**

El impacto de uso de fertilizantes en el ambiente ha estado relacionado con la salud humana, la calidad del agua, la flora y fauna .

Afortunadamente, con el adecuado uso de fertilizantes, la producción de alimentos con una base científica, puede ir de la mano con la buena calidad del ambiente.

Un objetivo ambiental clave es la conservación de las floras y faunas indígenas. Puesto que la práctica de agricultura productiva implica cambios inevitables en la flora y fauna de la tierra en que es practicada, se ve necesario la imposición deliberada de un balance. Los objetivos rurales necesitan ser establecidos tanto en términos de producción agrícola como de las llamadas normas ambientales u objetivos de calidad ambiental. Lo anterior incluye la preservación de hábitats específicos como las tierras húmedas y las calientes, y la variedad de fauna y flora.

Cada uno de estos tópicos es influenciado más por lo sistemas agrícolas generales practicados (secuencia de cultivos prácticos de cultivo y la disposición de desechos agrícolas), que por el impacto directo de uso de fertilizantes. Sin embargo, los BMP para la aplicación de fertilizantes tomarán en cuenta las características del nitrógeno, fósforo y potasio y sus papeles en el medio ambiente.

En el suelo el nitrógeno se transforma rápidamente en nitrato el cual es extremadamente soluble, moviéndose fácilmente a través de la humedad del suelo.

Afortunadamente tenemos disponibles tecnologías que permiten la administración de la fertilización con nitrógeno para mantener a los nitratos apartados de fuentes de humedad, entre los que se pueden mencionar:

- Aplicación de nitrógeno total adecuado a los requerimientos para alcanzar los rendimientos planeados.
- Aparatos de monitoreo de nitratos en el suelo, para medir los niveles ya presentes, de manera que puedan ajustarse adecuadamente los niveles de aplicación de fertilizantes.
- Aplicaciones de nitrógeno oportunas en cuanto a los períodos de necesidad de cultivo.
- Aplicaciones múltiples (más pequeñas) de nitrógeno para satisfacer períodos de demanda de nitrógeno de los cultivos.
- Uso de técnicas de estabilización de nitrógeno para una formación de nitratos.
- Colocación específica de fertilizantes con contenido de nitrógeno.
- Aplicación con agua de riego para controlar la absorción de planta.
- Fertilidad balanceada (fósforo, potasio y otros nutrientes esenciales) para maximizar la eficiencia del uso del nitrógeno.

En cuanto a cultivos de labranza se refiere, la mayor fuente de nitratos en el suelo es la descomposición de la materia orgánica que ocurre entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente.

En ganadería intensiva, los estiércoles pueden provocar importantes pérdidas de nitrógeno a la atmósfera, a aguas superficiales y de aguas subterráneas. Para reducir el peligro potencial de estas fuentes, es conveniente el uso de cultivos capaces de tomar y retener dicho nitrógeno.

La investigación continúa demostrando que cuando se practican fertilizaciones apropiadas de nitrógeno, el riesgo de daño para la salud por contaminación de agua, es pequeño o nulo. Aunque existen áreas en las que la fertilización con nitrógeno, ha deteriorado la calidad de las aguas, ello ha estado, en la mayoría de los casos, relacionado con condiciones ambientales específicas o con fuentes de contaminación causada por una administración deficiente. Muy frecuentemente, los niveles altos de nitratos están vinculados con tratamientos inadecuados o disposiciones impropias de desechos humanos y/o animales.

La clave para administración exitosa del nitrógeno (proceda de fertilizantes u otras fuentes), está en entender el lugar que ocupa en general en la naturaleza. En la producción de cultivos, solamente las formas inorgánicas del nitrógeno, amonio y nitrato, pueden ser asimiladas por las plantas. A final de cuentas todas las fuentes, sean orgánicas o inorgánicas liberan estas formas. La mayoría de los fertilizantes contienen una o las dos.

El control de los efectos de los fertilizantes nitrogenados en el medio ambiente es dependiente, por lo tanto, en como maneja el agricultor sus fuentes de nitrógeno en relación con el ciclo total del nitrógeno.

A diferencia del nitrógeno, que es extremadamente soluble y fácilmente movible en el agua de los suelos, el fósforo forma precipitados insolubles y tiende a permanecer en el lugar que es puesto en el suelo, sea como fertilizantes o cuando es liberado por materia orgánica en descomposición. No representa peligro para las aguas subterráneas. Las dos pérdidas primarias del fósforo en el suelo son por erosión (viento y agua) y por extracción por parte de los cultivos. Aplicaciones superficiales excesivas de estiércoles animales pueden terminar en pérdidas significativas debido a los elementos erosivos mencionados anteriormente.

La sobreconcentración de fosfatos en las aguas de lagos y ríos puede originar el crecimiento desmedido de algas y otras plantas acuáticas indeseables por eutroficación. Usualmente lo que más contribuye a la descarga de fosfatos son los desechos urbanos e industriales. Sin embargo, las pérdidas superficiales (incluyendo la erosión del suelo) de tierras de cultivo, pastizales y bosques pueden contribuir a la contaminación de aguas superficiales. Las mejores prácticas del cultivo son muy efectivas para eliminar estos peligros y al mismo tiempo, permiten un uso eficiente de la fertilización asegurando así una óptima producción de alimentos. Lo anterior puede llevarse a cabo a través de varias formas, entre las que incluyen:

El uso de terrazas, pastizales anegados u otros métodos de conservación para sostener y filtrar los escurrimientos.

Eliminación de suelos altamente erosionables de la producción de cultivos, regresándola a suelos con cubierta permanente de tierra.

Dejar la superficie de la tierra sin tratar y con una cubierta adecuada de residuos de cultivos para aminorar el impacto de la lluvia.

Mezclando los fertilizantes con el suelo al incorporarlo, no solamente depositarlos en la superficie.

Fertilizar adecuadamente para obtener en forma rápida coberturas de suelo y de vegetación, evitando así el impacto erosivo de la lluvia.

Labranza reducida ... labranza de conservación, ausencia de labranza, labranza mínima, etc.

El uso de bandas de pastos con fines filtrantes a lo largo de corrientes de agua y alrededor de cuerpos acuáticos.

Debe mencionarse que en la mayoría de los cuerpos de agua dulce de los trópicos, el problema, más que exceso de fosfato, es la carencia de ellos. Para optimizar la producción de animales acuáticos, como pescado y camarones, frecuentemente es necesario añadir fosfato soluble en el agua.

En la actualidad esta siendo debatido el papel de las medidas fiscales en la consecución de los objetivos ambientales. Algunos proponen que la imposición de un impuesto a los fertilizantes reduciría su uso y con ello se mejoraría la calidad del agua. Esta propuesta niega reconocer que son los sistemas agrícolas y en particular los patrones de uso de la tierra, los responsables de la mayoría de los problemas de calidad del agua. Además, dado el precio en la demanda tradicional de fertilizantes,

sólo un impuesto alto al agricultor podría reducir el consumo. Sin embargo, las ganancias del agricultor se verían disminuidas en una cantidad igual al impuesto dado. Debe tenerse en mente que la clave está en el uso de fertilizantes, guiado por BMP's.

¿Qué pasaría con el medio ambiente si el mundo se enfrentara a un déficit de 500 millones de toneladas de granos, viéndose en la necesidad de tener que cultivar en áreas de bosque, tierras marginales, laderas empinadas, etc...?

## **CAPITULO III**

# **GENERALIDADES DE LOS FERTILIZANTES COMPLEJOS NPK**

## FERTILIZANTES COMPLEJOS NPK's.

Los fertilizantes complejos que son el interés en ésta tesis son productos que contienen: Nitrógeno, Fósforo y Potasio ( NPK ), preparados mediante una reacción química de compuestos nitrogenados en fosfatados y un agregado físico de compuestos de potasio. Normalmente las fórmulas se obtienen en forma de gránulos, donde todos ellos tienen una composición química uniforme. Una de las ventajas del uso de estos productos consiste en que se contiene los dos o tres nutrientes mayores de las plantas en un solo producto. En estos productos por ejemplo la fórmula 13-13-13, llamada triple 13, el primer número se refiere al porcentaje de nitrógeno total (N), el segundo al porcentaje de fósforo como pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) y el tercero al porcentaje de potasio como óxido de potasio ( $K_2O$ ) respectivamente.

Existen diferentes formulaciones de NPK , de acuerdo a la necesidad de tipo de cultivo y tierra en que se requiere aplicar.

### Importancia del NPK en el crecimiento de la planta

Los principales nutrientes son el nitrógeno, fósforo y el potasio, a continuación se hablará de su papel en el crecimiento de la planta.

#### a) Nitrógeno:

El nitrógeno es un elemento esencial en el metabolismo vegetal. Se le encuentra en compuestos tales como: clorofila, nucleótidos, fosfátidos, alcaloides, así como en múltiples enzimas, hormonas y vitaminas.

Su importancia es tal, que su deficiencia inhibe la capacidad de asimilación y formación de carbohidratos, lo cual provoca una deficiencia y prematura formación floral, resultando afectado el periodo vegetativo.

El déficit de este elemento se manifiesta por la pérdida uniforme del color verde de las hojas tomando un color amarillo pálido. Estas plantas reaccionan rápidamente a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

La adecuada dosificación de fertilizantes nitrogenados, así como el agua suficiente, influyen en buena medida sobre el crecimiento vegetativo.

La aplicación excesiva, estimula la formación de nuevos tejidos, empleando la mayor parte de sus carbohidratos en la elaboración de proteínas y aminoácidos, no permitiendo que los tejidos tengan coloración verde oscuro y consistencia esponjosa y blanda, reduciendo la resistencia del vegetal a las inclemencias climatológicas y a las enfermedades foliares (herrumbre o roya y cenicilla), también retrasa la madurez y en algunas ocasiones, la calidad del producto.

De lo mencionado, se desprende que la dosificación del nitrógeno deberá ser balanceada de acuerdo al tipo de cultivo, tomando en cuenta las necesidades de fósforo y potasio.

El hecho de que las plantas sólo asimilan el nitrógeno como ión, nitrato o amonio, da como resultado que la enorme reserva de nitrógeno elemental existente en la atmósfera no se aproveche; a excepción de algunas leguminosas que lo fijan, por medio

de bacterias ( Actinomicetáceas) que viven en simbiosis con la planta, en los nudos de la raíz.

Otro compuesto de importancia es la urea, debido a que al ser absorbida por las hojas es transformada a forma amoniacal por la ureasa, enzima que se encuentra tanto en el suelo como en los vegetales.

En vista de que en el suelo no existen minerales nitrogenados, la reserva de este elemento depende de la presencia de materia orgánica. Estos suelos reaccionan favorablemente al suministro de compuestos nitrogenados.

#### **b) Fósforo**

El fósforo ocupa una posición central en el metabolismo vegetal, desempeña importante papel en los procesos de transformación de energía, participando en el metabolismo graso. Es un importante constituyente de compuestos, como fitina, lecitina y nucleótidos. Las plantas deficientes en fósforo, en su mayoría presentan un sistema reticular poco desarrollado, las hojas y tallo con frecuencia son pequeños y presentan una coloración verde-rojiza, café-rojiza, púrpura o bronceada. La floración y madurez se retardan. Los bajos rendimientos en la producción se ven acompañados con una baja calidad del producto. Por lo que respecta a las leguminosas, el déficit de fósforo afecta las bacterias fijadoras de nitrógeno, ya que éstas no alcanzan un completo desarrollo.

Un exceso en el suministro de fósforo, puede acelerar la madurez a costa del crecimiento vegetativo. Por otra parte, el contenido de fósforo en los productos cosechados, es importante no sólo porque mejora la calidad de las sustancias

orgánicas, sino también por su importancia para la nutrición humana y animal. La asimilación del fósforo puede realizarse, bajo el mayor grado de oxidación del ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) en forma de ión ( $\text{PO}_4$ )<sup>3-</sup> ó ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ )<sup>1-</sup>.

Aunque la planta no requiere grandes cantidades de éste elemento en comparación con el nitrógeno, su ausencia limita el crecimiento de la planta. Tiene influencia en muchas funciones vitales como la fotosíntesis, la utilización de azúcares y almidones, y en procesos de transferencia de energía. La calidad y facilidad de maduración de las semillas está ligada a la buena nutrición de fósforo. Las plantas jóvenes absorben fósforo muy rápidamente; adecuadas cantidades de él incrementan el tamaño de las raíces.

### c) Potasio

El potasio es el tercer nutriente mayor de las plantas. Actúa como un catión libre; es decir, no forma parte de compuestos, como el nitrógeno y el fósforo. Es esencial en procesos como la fotosíntesis y en el período de formación de la fruta, además de dar resistencia a la planta a las enfermedades en la época de invierno. Desempeña un papel importante en la transformación de los azúcares y otros productos, además de ser necesario para la formación de aminoácidos y proteínas.

Este elemento es de vital importancia para la planta, pero hasta la fecha no se han aclarado completamente sus funciones, debido a que no forma compuestos orgánicos celulares. Se le encuentra en estado soluble en el jugo celular o absorbido en el protoplasma, pudiendo ser extraído por medio de agua. Su principal función es mantener la turgencia fisiológica coloidal del plasma vegetativo, el cual es

imprescindible para el desarrollo normal de los procesos metabólicos; mantiene en equilibrio el estado acuoso en la planta, impidiendo que se marchite.

El adecuado contenido de potasio, permite buena absorción del dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ ; la formación, condensación y transporte de los azúcares, así como la síntesis de lípidos y proteínas.

El potasio desempeña importante papel, como elemento antagónico del nitrógeno. Por lo que el exceso de nitrógeno produce un efecto fisiológico similar a la deficiencia en potasio y viceversa.

El correcto suministro de potasio mantiene en equilibrio los efectos perjudiciales que pueda provocar el exceso de nitrógeno, contribuye a la firmeza de los tejidos de sostén (particularmente fibras esclerenquimatosas); mejora la calidad de plantas fibrosas, la resistencia a las diversas enfermedades (cenicilla, roya, etc.), y al ataque de los insectos; mejora la calidad de los productos en textura y combustibilidad, en el caso del tabaco: incrementa el contenido de azúcar, de almidón y aceite de varias plantas; refina el sabor, mejora el tamaño y consistencia de los frutos.

La mayoría de las plantas pueden asimilar gran cantidad de potasio sin que merme su calidad; no así en los cítricos en los que produce efectos contrarios.

La absorción del potasio se realiza en forma de ión potasio, monovalente y electropositivo,  $\text{K}^{1+}$ .

## **Métodos alternativos para la producción de NPK's**

Existe una serie de puntos importantes que son comunes en todo el mundo, en términos del uso de fertilizantes y que llegarán a ser aún más importantes a medida que la población aumente, la tierra disponibles para cultivo disminuya y el costo de la jornada se incremente:

- Las economías en el uso de fertilizantes son gobernadas principalmente por el valor de la respuesta a la cosecha por unidad de nutrientes proporcionado por el fertilizante.
- Deben optimizarse los métodos de producción, distribución y aplicación de fertilizantes.
- Los fertilizantes deben poseer un alto contenido de nutrientes y gran solubilidad con el objeto de minimizar los costos de aplicación y distribución.
- Los fertilizantes aplicados en forma de multinutriente es el método más económico y, en general, ofrece la mejor práctica de manejo para el agricultor.
- A medida que las prácticas agrícolas sean más sofisticadas, los requerimientos para la incorporación de micronutrientes llegarán a ser cada vez más importantes.

Dados los parámetros anteriores, parece ser que los planteamientos que con mayor frecuencia se presentan son:

1.-"¿Cuáles son los métodos de producción y distribución disponibles y cómo pueden acoplarse mejor a las necesidades de la región?".

2.-"¿cuáles son nuestras opciones y como podemos evaluarlas en relación a nuestros recursos y requerimientos particulares?".

No existe una respuesta correcta única, ni tampoco una forma única. Hay una multitud de variables que influyen en la instrucción final a seguir. Estos factores pueden ser técnicos por naturaleza, o bien, económicos, políticos y, últimamente, ambientales.

El factor político normalmente representa el papel principal de las estrategias agrícolas en un país específicamente y casi siempre tiene mayor influencia respecto a como se produce o distribuye el fertilizante en dicho país. El interés ambiental mundial está presionando fuertemente en las políticas agrícolas, y en particular, cuando se relacionan con la producción y el uso de fertilizantes. Esto representará seguramente un papel importante en las decisiones que se tomen respecto a la producción y distribución de fertilizantes en el futuro.

Así que ¿Cuáles son nuestras elecciones?. Los cuatro principales procesos para la producir fertilizantes compuestos granulares son:

**Granulación Química.**

**Granulación por vapor.**

**Compactación.**

**Mezclas físicas.**

A continuación se presenta una descripción general de estas cuatro tecnologías básicas. No se intentará ser técnica en sí, aunque se ofrece un panorama general de los métodos de producción disponible.

### **Granulación Química**

Este proceso es el más complejo, también mediante el cual se produce actualmente la mayoría de los fertilizantes compuestos. La granulación química puede emplearse para producir diferentes grados finales de NPK's (tal y como se practica principalmente en Europa Occidental), o bien, para producir compuestos intermedios mismos que pueden ser incorporados más adelante en un canal de distribución para producir los grados finales de NPK's (tal y como se practica ampliamente en E.U.A.)

El concepto de la granulación química comenzó en los años 30's y fue desarrollado como un método para la incorporación de dos o más nutrientes en una forma que fuera fácil de manejar y transportar, además de ser consistente en cuanto a producir un producto de calidad en términos de contenido de nutriente. Esto es, se podían producir valores específicos de nutrientes en forma consistente y con un alto grado de confiabilidad. El propósito original de la granulación química fue el de evitar la formación de tortas en los sacos durante su almacenamiento y transporte, de tal suerte que el producto que llegara al agricultor fuera en forma adecuada para su aplicación al voleo.

Actualmente, arriba del 80% de los fertilizantes sólidos son embarcados a granel y la tecnología de la granulación química asegura lo siguiente: los productos fluyen libremente para facilidad de carga y descarga; la formación de tortas queda minimizada

durante el transporte y almacenamiento; y, cada uno de los gránulos es lo suficientemente fuerte como para soportar el manejo mecánico sin que se rompa.

La granulación química se logra mediante una unión de sólidos, líquidos y gases. provocando una reacción química para obtener una situación relativamente estable en cuanto a aglomeración y crecimiento controlado de las partículas. La cantidad y los tipos de sólidos, líquidos y gases, así como el alcance de la reacción química, varían de acuerdo con los diferentes procesos, materias primas y los productos que son fabricados.

Sin embargo, el resultado final deseado es un gránulo estable, con tamaño y valor de nutrientes consistentes. En general, los sólidos, líquidos y gases se unen en un granulador giratorio, continuamente se descarga el material plástico y húmedo del granulador a un secador giratorio. Además del secado, en esta etapa se consolidan los aglomerados y se forma el gránulo final. La evaporación del agua da como resultado el fortalecimiento de las uniones entre las partículas individuales de cada gránulo. Posteriormente se mide y separa el producto mediante mallas, se enfría, y finalmente se envía al almacén.

La mayoría de las granulaciones de NPK's en los E.U.A. se basa en un alto contenido de sólidos. El fluido alimentado (normalmente, amoníaco, soluciones de sales, ácidos y vapor) requieren alcanzar un nivel apropiado en la fase líquida y el calor es relativamente pequeño.

Como resultado de la anterior, los lugares para el almacenamiento y manejo de la mayoría de las materias primas son convencionales y el bajo nivel del proceso químico simplifica el equipo necesario de la planta y los requerimientos técnicos.

Los procesos de granulación química se utilizan para producir la mayoría de los fertilizantes granulados compuestos que se consumen a nivel mundial y también son responsables en la producción de ciertos fertilizantes simples, tales como urea granular y superfosfato granular, además de productos binarios como lo son el DAP así como los NPK's.

### **Granulación por Vapor**

La granulación por vapor es un método en donde los sólidos, mismos que deben estar en forma de finos o polvos, son mezclados hasta alcanzar el grado de nutrientes deseado, para después introducirlos en un granulador con vapor o agua que proporcionan plasticidad, calor y fase líquida suficientes para provocar que la materia sólida se aglomere formando gránulos.

Los gránulos húmedos y plásticos se someten a secado mediante un secador giratorio de tipo tambor y después se pasan por mallas para tener el tamaño de gránulo requerido. El material que no cumple las especificaciones en cuanto a tamaño se recicla. Normalmente es necesario enfriar el material antes o después del tamizado, dependiendo del grado fertilizante y de las condiciones locales (temperatura y humedad).

Cuando el enfriamiento es necesario, éste normalmente se lleva a cabo en un tambor giratorio. La granulación por vapor no requiere de reacciones químicas en la producción granular y ha tenido aplicaciones limitadas debido a razones que se discutirán más adelante.

### **Compactación**

Al producir NPK's por este método, se emplean fuerzas mecánicas con el propósito de formar partículas diversas (granulados) a partir de materia prima en polvo o finos. Básicamente, el proceso de compactación es la granulación en seco, de tal manera que no se necesita un medio líquido ni de reacciones químicas para formar los gránulos. En vez de esto, el fertilizante en polvo se somete a presión lo suficientemente alta para compactarlo y hacer que las superficies se encuentren lo suficientemente cercanas como para que las fuerzas intermoleculares y electrostáticas formen cohesión. La tecnología de compactación ha sido utilizada durante muchos años en la producción de potásicos (granular o grueso) y, de hecho, la mayoría de los potásicos granulares se producen de esta manera.

El proceso de compactación comienza con el pesaje y mezclado tanto de polvos como de gránulos dentro del grado de nutrientes requerido. Una vez que se mezclan adecuadamente, el material resultante es alimentado a un molino de alta eficiencia para asegurar un intervalo apropiado de tamaño para su compactación. En este punto, se alimenta el material recirculante cuyo tamaño de partícula es bajo, proveniente del circuito de trituración y tamizado, dentro de un mezclador continuo de alta intensidad. Comúnmente, la tasa de reciclaje para alimentación fresca se encuentra entre 1:1 y 2:2; posteriormente, esta mezcla homogénea se alimenta al compactador. Este equipo

consiste en prensas de rodillo basadas en el principio de aglomeración por presión. Criterios diversos, tales como la configuración superficial del rodillo, el diámetro del mismo, su velocidad rotacional, su fuerza ( presión) , así como el producto a compactar, tiene efectos importantes respecto a rendimientos, calidad y requerimientos operativos de la planta. Comúnmente, la presentación final del producto producido por este método es una hoja lisa de 5 a 20 mm. de espesor. Dicha hoja pasa a un proceso de trituración y se clasifica de acuerdo al tamaño de partícula deseado. La reducción del tamaño puede llevarse a cabo de diferentes formas de triturado, incluyendo molinos convencionales (jaulas o cadenas) o trituradores especialmente diseñados y que operan a velocidades bajas. Generalmente, el sistema de tamizado es un circuito cerrado de tamaño especial en donde el producto se envía a su acabado final o almacenamiento, y en donde los finos son regresados al proceso. La eficiencia tanto del triturado como del tamizado tiene un efecto importante en la capacidad de la planta.

Pueden existir muchas fases en cuanto al acabado del producto, esto dependiendo de la materia prima y el tipo de productos que sean producidos. Las partículas de forma irregular pueden ser sometidas a un proceso de abrasión en un tambor ad hoc con el objeto de redondearlas. Para aquellas partículas que son difíciles de compactar, tal vez sea necesario el uso de humedad (ya sea vapor o agua), y su respectivo proceso de secado.

También puede agregarse alguna capa de recubrimiento, en caso necesario, para reducir al máximo la formación de tortas.

De nueva cuenta, no existe reacción química en este proceso, no obstante, las propiedades de la materia prima (compatibilidad química, características térmica y plasticidad) tienen una importante influencia en el desarrollo del proceso.

La producción de NPK's por compactación es, relativamente, una idea nueva. Si bien, algunas plantas de Europa han estado operando bajo este proceso por más de 20 años.

Al parecer, la compactación esta teniendo cierto éxito a nivel mundial para la producción de compuestos, utilizando exclusivamente materia prima seca.

El empleo de una planta de compactación junto con una o más unidades de mezclado, ofrece ciertas posibilidades interesantes en términos de materia prima, productos finales y micronutrientes.

#### **Mezclas Físicas:**

Esta tecnología se refiere a la mezcla física de material fertilizante granulado, sin involucrar reacciones químicas o aumento en tamaño de partícula. Se ha dejado al final esta tecnología ya que no se puede llevar a cabo el mezclado si no se han producido las materias primas (granulados o compactados), que es como se obtienen en los procesos discutidos previamente. Las materias primas empleadas para el mezclado deben ser gránulos, también pueden venderse, distribuirse o aplicarse como productos terminados, ya sea simples o compuestos, por ejemplo la urea, el DAP y el cloruro de potasio. Aún cuando en comparación el proceso de mezclado es relativamente simple, muchas veces se sobrestima dicha simpleza, resultando la producción de fertilizantes de baja

calidad y contribuyendo a ampliar la creencia de que los productos mezclados físicamente son inferiores.

El mezclado físico requiere del uso de materias primas adecuadas y, a su vez, que sean pesadas correctamente para asegurar que los nutrientes requeridos estén presentes, previo al proceso de mezclado.

Una mezcla física aceptable deberá poseer ciertas características determinadas:

- Flujo libre
- Análisis correcto
- No segregarse
- No ser higroscópica (razonable)

Con el objeto de cumplir con los criterios previos, es esencial que se sigan ciertos procedimientos técnicos. Es absolutamente esencial que la materia prima a utilizarse se encuentre dentro del intervalo de aceptación en cuanto al tamaño de partícula. También es importante que el método de pesaje sea confiable y consistente, de preferencia, un sistema automatizado y autocontrolable, de tal manera que la participación de operadores sea nula o mínima. La necesidad de controlar las entradas de materia prima con el propósito de producir un producto final de calidad es tan importante en este proceso, como lo es en una planta de granulación química o de compactación. Sin embargo, generalmente no se lleva a cabo con la precisión o controles requeridos en otros procesos más sofisticados.

Una vez pesados, los ingredientes se deben mezclar en un equipo eficiente, el cual haya sido probado en cuanto a su capacidad para producir mezclas de calidad. De nueva cuenta, esta es un área en donde casi siempre sobrestima el proceso. De hecho, algunas áreas las mezcla se hacen revolviendo la materia prima con una pala sobre una base de cemento y después se ensacan.

En la mayoría de los métodos de producción, el proceso inicia con el mezclado de los materiales sólidos secos y la calidad del producto final resultante depende de éste proceso de mezclado. Así, es evidente que si se hace correctamente (con automatización y mezclado eficientes), pueden producirse mezclas de calidad.

Después de mezclarse el método de manejo para prevenir la segregación es algo muy importante, nuevamente, se enfatiza que es esencial el hecho de que el tamaño de cada una de las partículas esté dentro del intervalo de aceptación, ya que es el factor más importante para evitar la segregación. Después del mezclado, el producto a granel deberá manejarse lo menos posible antes de ser ensacado. Debe evitarse apilar el producto en las bodegas o en los surtidores.

Normalmente se requiere de un surtidor para ensacado y este debe tener baffles internos para evitar que el producto se separe. El producto mezclado deberá ser ensacado inmediatamente, utilizando un sistema adecuado, para asegurar que la humedad no penetre en el saco durante su almacenamiento o transporte.

Finalmente se reitera que no existe una solución óptima en cuanto a los métodos de producción. sin embargo, hay muchas consideraciones y algunas de ellas pueden

ofrecer indicativos respecto a que método podría ser el más adecuado para una situación particular en un país determinado.

### **Ventajas y desventajas de los métodos de producción.**

En este apartado se examinarán las ventajas y desventajas de los métodos de producción previamente mencionados. Se asume que el objetivo de cualquier método de producción es el de obtener productos compuestos, mismo que tendrán el contenido de nutrientes deseados y que podrán acoplarse lo mejor posible a los requerimientos agronómicos de su área de mercado. Obviamente, lo deben hacer en la forma más económica posible y, al mismo tiempo, producir los resultados ambientales deseados.

El aplicar demasiado fertilizante, no sólo es desperdicio del exceso, también puede dañar realmente el cultivo o el medio ambiente, aplicando muy poco, no se obtendrá la respuesta deseada del cultivo.

### **Granulación**

Desde un punto de vista técnico, la granulación química ofrece el mejor fertilizante multinutriente sólido. Todos los ingredientes se incorporan a la formulación antes de convertirlos a gránulos, de tal manera que cada uno de ellos contiene todos los nutrientes en la proporción predeterminada. Estas partículas son de alta calidad y poseen las mejores características físicas posibles (tamaño, resistencia al rompimiento, fluidez, etc.). Estas propiedades se pueden controlar en base a una selección cuidadosa de los materiales de entrada y en control cuidadoso de las operaciones del proceso. Obviamente, esto requiere que las plantas de granulación química sean

grandes complejos industriales, altamente sofisticados y costosos en cuanto a instalación. Es importante que tales complejos se encuentren cercanos a sus fuentes de materia prima para una producción eficiente y económica.

En general, parece que los complejos de granulación química que han obtenido éxito, poseen las siguientes características.

- Son enormes plantas integradas, productores de la materia prima necesaria (ácido, amoníaco, etc.), o bien, ubicadas cerca de la fuente de las misma.
- Producen un número limitado de grados y en grandes cantidades.
- Distribuyen sus productos en una área de mercado muy grande, generalmente a nivel internacional, más no regional.
- Tienen un mercado ya colocado ( grados especiales y micronutrientes), además de poseer una fuente local, y a bajo costo, de las materias primas requeridas.

Todavía operan algunas plantas de granulación más pequeña, trabajando para áreas regionales, aunque éstas están decreciendo en número. Debido a la naturaleza de la granulación química, es difícil producir económicamente una amplia variedad de fórmulas (requerimientos en incremento por la expansión y diversificación de alimentos). Generalmente no es rentable la operación de este tipo de plantas cuando debe importarse la materia prima, con mercado regional; obviamente existe excepciones cuando se dispone de algunas materias primas locales, tales como amoníaco y ácido

sulfúrico, lo cual ofrece una fuente de materia prima a bajo costo de las cuales se producen los productos finales.

### **Granulación por vapor**

El proceso de granulación por vapor puede ser más adecuado para plantas regionales, pudiendo manejar algunas aplicaciones para situaciones particulares. En este caso, la ventaja es que se utilizan todos los materiales sólidos y se combinan con vapor para producir NPK's en forma granular, lo cual posee características similares al producto granulado químicamente.

Las desventajas de estas plantas es que son relativamente caras de construir y operar, además de que presentan considerables limitaciones en cuanto a los productos que pueden fabricarse así como la materia prima que puede utilizarse. Las características físicas generalmente no son tan buenas como los de los productos granulados químicamente. La granulación a vapor ha tenido cierto éxito en la India, aunque no es ampliamente aceptada en otras partes del mundo. El vapor utilizado en la granulación química, casi siempre es para proporcionar calor adicional, con el objeto de mejorar la calidad del producto.

### **Compactación**

La compactación ofrece ciertas ventajas tanto de granulación como de mezclado. La compactación es un medio en el cual los polvos sólidos se consolidan por simple presión. Al igual que la granulación, la compactación combina todos los ingredientes en un gránulo para producir la proporción de nutrientes deseada. No existe reacción

química ni tampoco se agrega humedad, lo que simplifica enormemente el proceso, pudiendo reducir los requerimientos energéticos, así como la corrosión originada por las reacciones químicas. El cambio de formulaciones es un procedimiento fácil y relativamente simple, así como el hecho de que la contaminación se reduce ya que sólo se emplea material seco en este proceso.

Las ventajas adicionales son los relativamente bajos costos de inversión (comparados con la granulación), requerimientos bajos de personal y la simplicidad de operación. El proceso de compactación puede utilizar muchos tipos de materia prima (productos secos, granulados o finos) lo que tiene fuertes implicaciones económicas y tiene la capacidad de producir un amplio intervalo de grados o formulaciones.

- Restricciones en cuanto al contenido de humedad libre en la materia prima
- Limitaciones sobre ciertas materias primas, tales como la urea, el superfosfato, y el nitrato de amonio ( compatibilidad química e higroscópica).
- Los extremos puntiagudos de ciertos productos compactados tienden a romperse y crear finos si no se les da un tratamiento adecuado previo a su manejo (pulido o endurecimiento de la superficie).
- Los gránulos producidos por compactación no son esféricos y son más irregulares en su forma, que aquellos obtenidos mediante granulación. Esto puede originar cierta resistencia de su empleo a nivel agrícola, debido a la apariencia tradicional del producto.

## **Mezclas Físicas**

Las plantas fertilizantes que producen NPK como sus productos finales en base a mezclas físicas, cuestan considerablemente menos respecto a su construcción y son más fáciles de operar, comparadas con las grandes plantas de granulación y compactación. Las plantas de mezclas físicas tienen más flexibilidad que las de granulación, tanto para cambio de formaciones como en el número de variantes que puede producirse, sin embargo, el número y tipo de materia prima disponible es limitado.

Las principales ventajas de las mezclas físicas son:

### **Económicas:**

Costo de inversión

Recursos humanos

Costo de producción

Comparación de inversión estimada para mezclas físicas vs diferentes procesos de producción de NPK's

**Costo total de Producción Estimada para Diferentes Procesos  
de Producción de NPK's**

**Procesos de Producción de NPK's**

Costos	Mezclas físicas	Granulación compactación	Granulación por vapor	Granulación química
	( Dis./t de Triple 15 Anuales )			
Costo de Conversión (fijo)	8.1	21.4	24.5	36.1
Costo de conversión (variable, excepto mat. prima)	11.5	13.5	15.4	16.1
Costo de Materias Primas	138.9	126.8	126.8	128.9
Total Producto ensacado	158.5	161.7	166.7	181.3

**Técnicas:**

- Simplicidad del proceso. El mezclado físico requiere de equipo y procedimientos de experiencia relativamente simples. Se puede detener y reiniciar fácilmente la producción de acuerdo con la demanda. Las producciones cortas no ocasionan problemas económicos ni técnicos

**-Flexibilidad de producto y materia prima:**

Tomando en cuenta que la mezcla física solamente involucra pesaje y mezclado de materiales secos, es una cuestión simple el cambio de un producto (proporción de nutrientes y composición) a otro. Esta capacidad quizá sea la ventaja principal de este método ya que es muy flexible respecto al número de grados y proporción de nutrientes que pueden ser preparados a partir de unas cuantas materias primas (como no existe

proceso químico, se puede utilizar un número relativamente grande de materias primas para la producción de un producto dado.)

## **Calidad**

Se puede producir mezclas físicas de calidad, aunque dependen grandemente de calidad y compatibilidad de las materias primas a utilizarse. Por lo tanto, es esencial que la materia prima empleada en la mezcla sea químicamente compatible, su tamaño de partícula sea adecuado y suficientemente duradero como para resistir la degradación durante su manejo.

Las desventajas de este método son casi obvias:

- Aún cuando se encuentra generalmente disponible en el mercado internacional materia prima de alta calidad, muchas veces no se usan, en ocasiones por razones económicas.
- La segregación ocasionada por materia prima fuera de especificaciones en cuanto a tamaño, o por procedimientos de manejo del producto erróneos, pueden ocasionar una respuesta del cultivo errática.
- Puede que resulte dificultoso incorporar micronutrientes a las mezclas. Aún cuando se tiene una excelente distribución, la cantidad de estos puede ser tan pequeña, que algunas plantas no alcanzarán a absorber lo que necesitan si no se toman precauciones adecuadas de como son incorporados los micronutrientes.

- Debido a la inversión relativamente baja, y a los buenos procedimientos de control operativos: puede que no se utilicen sistemas de equipo adecuados, ocasionando tal vez, mezclas de baja calidad. por ejemplo, el pesaje y mezclado proporcional puede llevarse a cabo mediante un operador de carga y descarga y la calidad de la mezcla resultante depende totalmente de las acciones de la persona.

Nuevamente, es necesario enfatizar que las mezclas físicas no deben ser sobrestimadas. Se cree que uno de los mayores problemas de este método, a nivel mundial ha sido la tendencia en concebir a E.U.A. como modelo y como los "expertos" en mezclas físicas. De hechos, E.U.A. ha trabajado con este proceso por más de 30 años, dominando el mercado nacional en la producción de NPK's , sin embargo, las similitudes entre E.U.A. y el resto del mundo respecto al envío de NPK's al agricultor... ¿se acoplan fácilmente?

El sistema en E.U.A. posee las características siguientes:

- El dominio de la técnica por parte de muchos agricultores.
- Sistemas de transporte excelentes a todo lo largo del país en cuanto a materia prima (camión y tren), a granel y en pequeñas cantidades.
- Casi todas las mezclas se producen, entregan, y aplican a granel, empleando métodos altamente mecanizados.

- Existen muchas plantas mezcladoras en todo el país (5,000 ó más) cada una atendiendo un mercado muy localizado (de 9 a 12 Km) y ofreciendo una variedad de servicios.

En gran parte del resto del mundo, la situación es muy diferente. En América Latina y el Caribe, dicha situación se podría generalizar de la siguiente manera:

- Las parcelas son pequeñas.
- Las materias primas deben enviarse en grandes cantidades a granel ya que normalmente no se encuentran disponibles en la localidad.
- Los sistemas internos de transporte para el manejo de material a granel son limitados.
- Casi todos los fertilizantes se entregan ensacados a los agricultores.
- En general, los fertilizantes son aplicados al voleo y en cantidades relativamente pequeñas de tal manera que la calidad del producto es muy importante. La compra total del agricultor puede consistir sólo en unos cuantos sacos.
- Se siembra una gran variedad de cultivos y el tipo de suelo varía demasiado.
- Los costos de laboreo son bajos.

- La mayoría de la región es tropical o subtropical y las temporadas de siembra muy largas.

Todo lo anterior significa que la metodología de las mezclas físicas que se emplean en los E.U.A., no es transferible al resto del mundo, o por lo menos, es necesario realizar modificaciones importantes. Se deben seguir procedimientos técnicos adecuados para producir mezclas de alta calidad. Las pequeñas plantas mezcladoras locales con pocos controles y con falta de procedimientos operativos adecuados siempre tendrán problemas de mezclado.

De hecho, cuando se siguen procedimientos adecuados, se pueden producir mezclas físicas de buena calidad siempre y cuando se utilicen productos granulados y compactados de buena calidad.

Se cree que es claro que los compuestos y las mezclas tienen importantes ventajas y desventajas respecto a las economías de tecnología productiva y al uso a nivel agrícola. La importancia relativa casi siempre depende de las condiciones locales.

Por lo tanto, éstas son nuestras opciones:

- 1.- Importar NPK's granulados químicamente y de fácil aplicación en cierta proporción predeterminada, misma que se acople con los requerimientos locales.
- 2.- Importar materia prima (o utilizar la nativa si se encuentra disponible), y producir NPK's granulados o compactados para cumplir con los requerimientos locales.

- 3.- Importar materiales que hayan sido granulados o compactados cerca de la fuente de materia prima (potásicos del Canadá, urea de Trinidad, etc.) y mezclarlos para cumplir con los requerimientos locales específicos.

### **Opinión económica**

#### **¿Como podemos decidir la mejor?**

No existe una respuesta única para cualquier región o país. La condición lógica reside en la evaluación de muchos de los factores que ya se han discutido; principalmente económicos, requerimientos técnicos, de impacto ambiental y políticos.

Los cuestionamientos por hacer son obvios:

- 1.- ¿Se tiene materia prima local?
  - a) ¿Cuáles son ?
  - b) ¿Se pueden utilizar al momento o hay que desarrollarlas?
  - c) ¿Cuánto cuenta y que repercusiones tendrá a largo plazo?
  
- 2.- ¿Qué tan grande es el área geográfica a la cual se tiene que dar servicio?
  
- 3.- ¿De qué manera requieren el producto los agricultores?

4.- Si se tiene que importar la materia prima ¿Cuál es la forma que ofrece el mejor producto y que se acopla a los requerimientos específicos del cultivo, al costo más económico?.

5.-¿Cuánto cuesta?

Parece que cuando se evalúa cada parte, a excepción de lo político, esto es, lo técnico, económico y ambiental, un hecho que generalmente resalta es que el mejor lugar y el mejor método para la producción de fertilizantes (simples o compuestos) es en plantas de producción grandes y sofisticadas que se encuentran cerca o junto a la fuente de materia prima (los fertilizantes fosfatados junto a depósitos de fósforo, los nitrogenados junto al gas natural, y los potásicos en yacimientos ad hoc). Estos productos pueden producirse económicamente cerca de su fuente con buenos controles técnicos y son lo suficientemente grandes como para ubicar, y afortunadamente resolver, muchos de los problemas ambientales asociados a la producción.

A partir de estas fuentes, los productos pueden ser transportados para cumplir con los requerimientos locales respecto a las proporciones de los nutrientes requeridos.

#### **Panorama de la demanda del NPK en comparación con otros fertilizantes**

El siguiente cuadro ofrece una proyección de la demanda de fertilizantes basada en datos recopilados de Norte América, Europa, Japón , Israel, Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda y Latino América,

Año	1980	1985	1990	1995	2000
-----	------	------	------	------	------

Millones de Toneladas

Demanda de Nitrógeno

Paises desarrollados	37.5	47.6	58.9	71.4	85.1
Paises en desarrollo	<u>18.1</u>	<u>25.4</u>	<u>33.9</u>	<u>43.6</u>	<u>54.5</u>
<b>Total</b>	55.6	73.0	92.8	115.0	139.6

Demanda de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Paises desarrollados	22.5	26.7	31.0	35.6	40.6
Paises en desarrollo	<u>7.6</u>	<u>10.8</u>	<u>14.4</u>	<u>18.6</u>	<u>23.3</u>
<b>Total</b>	30.4	37.5	45.4	54.2	63.9

Demanda de K<sub>2</sub>O

Paises desarrollados	22.8	27.8	33.3	39.3	45.8
Paises en desarrollo	<u>4.3</u>	<u>6.3</u>	<u>8.6</u>	<u>11.3</u>	<u>14.4</u>
<b>Total</b>	27.1	34.1	41.9	50.6	60.2

Demanda de NPK

Paises desarrollados	83.1	102.1	123.2	146.3	171.5
Paises en desarrollo	<u>30.0</u>	<u>42.5</u>	<u>56.9</u>	<u>73.5</u>	<u>92.2</u>
<b>Total</b>	113.1	144.6	180.1	219.8	563.7

## Indices de fertilización por cultivos.

En el siguiente cuadro se muestran los índices de fertilización para diferentes tipos de cultivo, en donde se recomienda un máximo y un mínimo en kg/ha de cada uno de los tres principales nutrientes N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

### INDICES DE FERTILIZACION DE CULTIVOS ( kg / Ha )

#### Fertilizantes Simples

Cultivo	N Sulfato de Amonio		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Superfosfato simple		K <sub>2</sub> O Cloruro de Potasio	
	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante
<b>1.- Arroz</b>						
a) Suelo Orgánico	0-20	0-110	50-110	280-560	65-135	110-225
b) Suelo pesado	20-110	110-550	50-100	280-560	35-65	60-110
c) Suelo ligero	20-65	110-335	50-65	280-370	65-100	110-65
<b>2.- Soya</b>	0-45	0-220	35-65	190-370	55-85	110-170
<b>3.- Maiz</b>	45-90	225-450	50-100	280-560	65-100	110-165
<b>4.- Trigo</b>	35-45	170-275	50-65	280-370	50-65	85-100
<b>5.- Cebada</b>						
a) Cervecera	20-40	110-195	65-100	370-580	65-100	110-165
b) Forrajera	55-85	275-425	55-85	310-470	65-100	110-165

## INDICES DE FERTILIZACION DE CULTIVOS ( KG / Ha )

### Fertilizantes Simples

Cultivo	N Sulfato de Amonio		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Superfosfato simple		K <sub>2</sub> O Cloruro de Potasio	
	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante
6.- Mijo y sorgo	35-45	170-225	35-65	190-370	35-45	60-75
7.- Papa	35-65	170-340	50-100	280-560	85-140	170-280
8.- Caña de azúcar						
a) Sin riego	55-110	280-560	35-65	190-370	90-135	160-225
b) De riego	90-180	450-900	50-100	280-500	100-195	165-325
9.- Alfalfa						
a) Antes de siembra	0-20	0-110	135-170	760-950	100-135	165-225
b) Mantenimiento del cultivo	-	-	35-65	190-370	65-135	110-225
10.- Cacahuete	20-45	110-225	50-100	280-560	30-55	55-110
11.- Algodón	35-45	170-225	55-85	310-470	35-65	60-110
12.- Henequén	45-90	225-450	60-80	330-450	65-100	110-165
13.- Yute	65-90	335-450	20-45	125-250	100-135	165-225
14.- Lino						
a) Para fibra	20-65	110-335	60-80	330-450	65-100	110-165
b) Para lianza	45-65	225-335	60-80	330-450	55-85	110-170

## INDICES DE FERTILIZACION DE CULTIVOS ( kg / Ha )

### Fertilizantes Simples

Cultivo	N Sulfato de Amonio		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Superfosfato simple		K <sub>2</sub> O Cloruro de Potasio	
	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante
15.- Cafamo	50-100	250-500	50-100	280-560	65-135	110-220
16.- Tabaco						
a) Para puros	50%Urea	135-200	80-120	450-670	170-250	340-50
b) Para cigarros	20-45	50-100	80-120	450-670	110-200	220-400
17.- Cafe						
a) Arbustos de 1-5 años	15-45	85-225	40-60	220-330	20-45	40-75
b) Arbustos de 5-15 años	45-90	225-450	30-60	165-330	65-135	110-220
c) Arbustos mayores de 15 años	45-65	225-340	25-40	140-220	65-100	110-185
18.- Cacao						
a) Arboles hasta 3 años	20-35	110-170	40-50	220-280	35-45	60-75
b) Arboles mayores de 3 años	35-65	170-340	30-60	170-330	65-100	110-185

## INDICES DE FERTILIZACION DE CULTIVOS (KG / Ha)

### Fertilizantes Simples

Cultivo	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante
19.- Cocotero (gr/palmera)	200-400	1000-200	250-500	1250-2500	400-750	650-1250
20.- Palmera aceitera(gr/ palmera)						
a) Para palmeras jóvenes	50-100	250-500	90-180	500-100	100-200	200-400
b) Para palmeras en producción	75-150	275-750	90-180	500-1000	300-800	600-1200
21.- Palmera datilera (gr/ palmera)	500-900	2560-4500	600-800	3500-5000	200-500	500-1000
22.- Cítricos o frutos agríos						
a) 1er. año	9-45	45-225	10-55	56-305	5-10	10-20
b) 2o. año	10-55	50-275	15-85	83-472	5-10	10-20
c) 3er. año	15-85	75-425	20-110	11-611	10-20	20-40
d) 4o. año	20-110	100-550	30-170	167-944	30-55	80-110
e) 5o. año	35-170	175-850	40-220	222-1222	20-45	40-90
f) Del 6o. al 10o. año	45-90	220-440	40-80	220-440	35-80	70-140

## INDICES DE FERTILIZACION DE CULTIVOS ( kg / Ha )

### Fertilizantes Simples

Cultivo	N Sulfato de Amonio		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Superfosfato simple		K <sub>2</sub> O Cloruro de Potasio	
	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante
g) Del 10o. al 15o. año	65-135	350-700	40-80	220-440	55-110	110-220
h) Mayores de 15 años	110-220	500-1100	80-120	450-700	110-220	220-450
<b>23.- Manzano y peral</b>						
a) Arboles jóvenes	5-15	25-85	20-40	110-220	30-50	55-110
b) Arboles en producción	55-85	280-420	30-40	180-220	85-140	170-280
<b>24.- Mango gr árbol</b>						
a) Arboles jóvenes	50-250	250-1250	0-90	0-500	50-125	100-250
b) Arboles adultos	225-300	1100-1500	75-150	400-800	250-375	500-750
25.- Piña ( dividido en 2 ó 3 aplicaciones)	135-200	680-1000	65-100	370-560	135-200	270-400
<b>26.- Papayo</b>						
a) De 2 a 6 meses	10-20	55-110	35-50	190-280	10-20	20-40
b) De 6 a 12 meses	45-65	225-340	100-130	560-730	30-55	55-110
c) De 1 a 2 años	65-90	340-450	140-170	780-950	100-140	165-225
d) Mayores de 2 años	90-110	450-550	65-170	370-950	100-135	165-225
<b>27.- Aguacate</b>						

## INDICES DE FERTILIZACION DE CULTIVOS ( kg / Ha )

### Fertilizantes Simples

Cultivo	N Sulfato de Amonio		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Superfosfato simple		K <sub>2</sub> O Cloruro de Potasio	
	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante	Nutriente	Fertilizante
a)Arboles menores de 5 años	10-55	55-280	20-100	110-500	10-50	20-110
b)Arboles mayores de 5 años	90-110	450-550	65-140	370-780	110-170	225-340
28.- Plátano	45-90	225-450	65-135	370-760	135-270	225-450
29.- Vid	45-90	225-450	50-100	280-560	55-135	90-225

## **CAPITULO IV**

### **PROCESO TVA**

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### Proceso TVA.

Actualmente se elaboran fórmulas con proporciones de nutrientes muy variadas: 1-1-1, 2-1-1.1-4-4, 1-2-1, 1-3-0, 1-1-0, etc. y muchas más, requeridas por el consumidor. Para conseguir lo anterior se diseñaron plantas lo suficientemente flexibles para poder elaborar cualquier producto. Entre los varios diseños que surgieron destaca el proceso TVA (Tennessee Valley Authority) por su simplicidad.

En plantas TVA y similares el proceso de elaboración de fertilizantes complejos granulados consiste fundamentalmente en lo siguiente:

- 1) Neutralizar el ó los ácidos con amoniaco.
- 2) Formar una pasta de la suspensión resultante en el paso anterior con las materias primas sólidas, y con el producto fino.
- 3) Granular la pasta anterior.
- 4) Secar el producto granulado.
- 5) Separar el producto que cubre las especificaciones de tamaño.
- 6) Enfriar el producto.

7) Recubrir el producto.

8) Enviar el producto al almacén.

### **Teoría del Proceso**

La teoría del proceso de fabricación de fertilizantes complejos granulados debe verse desde dos puntos de vista: Uno físico y el otro químico. Los dos son tan importantes que no deben perderse de vista en ningún momento durante la fabricación de los fertilizantes.

El aspecto físico está determinado por una serie de factores entre los que se encuentra principalmente el tamaño de partículas y la recirculación adecuada del producto de las cribas hacia el amoniatador-granulador a fin de obtener en este equipo el equilibrio de fases sólida y líquida, indispensable para la buena granulación del producto.

El punto de vista químico se refiere a las reacciones de neutralización del ácido sulfúrico, llevadas a cabo en el preneutralizador y en el amoniatador, a la reacción de neutralización del ácido nítrico (en su caso) que se da en el preneutralizador, a las reacciones de amoniatación del ácido fosfórico y de amoniatación parcial del fosfato monoamónico que se dan en el preneutralizador, a la reacción de más amoniatación del fosfato monoamónico proveniente del preneutralizador y que se da en el amoniatador, a las reacciones de amoniatación del superfosfato simple y del triple (en su caso) que se dan en el amoniatador, a las reacciones secundarias y a las demás reacciones aún no determinadas.

Debe de haber un equilibrio entre los factores físico y químico, de tal manera que se opere la planta a su máxima capacidad y que se obtenga un producto con la calidad química y características físicas requeridas por el consumidor.

Debido a que todas las reacciones que ocurren en el proceso son exotérmicas, a los calores de reacción se le suman los calores sensibles de las materias primas que entran al proceso, los calores de dilución de los ácidos y del amoníaco y los calores de cristalización de las sales respectivas. Una vez establecido el equilibrio del proceso, la diferencia entre la suma de calores producidos e introducidos en el sistema, la suma de calores disipados por conducción y radiación y los perdidos en el producto y en los gases extraídos, se elimina aprovechando el calor latente de vaporización del agua que se añade.

### **Granulación**

Se distinguen dos técnicas generales de granulación que son las siguientes:

**Por humedecimiento y secado posterior (técnica antigua).**

El mecanismo de este procedimiento de granulación consiste en humedecer suficientemente la mezcla ( 12-20% de humedad ) que se desea que granule y en eliminar el excedente de agua por secado posterior del producto.

**Por temperatura:**

Usando sales solubles y posterior secado si es necesario (técnica moderna).

El mecanismo de este procedimiento de granulación descansa sobre la cantidad de fase líquida presente en la mezcla y se acepta que la granulación ocurre cuando la fase líquida alcanza una proporción de 20-30%

Nota: Se entiende por fase líquida el conjunto de agua y sales disueltas en la misma y/o sales fundidas.

La principal diferencia entre las dos técnicas de granulación anteriores es que en la técnica moderna las formulaciones se calculan de tal manera de que la mezcla de productos en el granulador esté a punto de granular. Esto requiere del uso de alrededor de 100 °C, para que en estas condiciones el volumen de fase líquida sea el correcto y contenga un mínimo de agua.

Para la misma cantidad de fase líquida la proporción de agua puede ser muy variable. Esto depende de la fórmula y de la formulación que se esté utilizando, por lo tanto es importante mantener en la fase líquida la mínima proporción de agua para que de este modo se disminuya la cantidad de fase líquida y sea necesaria menos recirculación del producto, lo cual aumenta la capacidad de producción de la planta.

La granulación puede producirse en cualquiera de las siguientes partes del equipo:

Amoniatador  
Granulador  
Secador  
Enfriador.

Normalmente, sin embargo, la granulación debe producirse así:

**Amoniatador:** Se aglomera el material en pequeños conjuntos sin forma definida.

**Granulador:** Los pequeños conjuntos van tomando forma esférica por rolado, al mismo tiempo que aumentan su densidad, tamaño y consistencia. Se forman los gránulos.

**Secador:** Lo gránulos se secan.

**Enfriador:** Los gránulos se enfrían y endurecen.

En algunas formulaciones la cantidad de fase líquida será tan grande que se necesitará de una cantidad de reciclo tal que disminuirá excesivamente la producción.

La teoría de la fase líquida es generalmente válida y útil en el control de la granulación, sin embargo es fácil predecir la cantidad de fase líquida durante el proceso de fabricación de una determinada fórmula, más aún si consideramos que durante la

granulación se están llevando a cabo reacciones químicas que cambian constantemente la proporción de la fase líquida a medida que la mezcla sigue el curso del proceso y si consideramos además que hay sales de tipo cementante y otras de tipo plastificante y que según concurren más u otras la tendencia a la granulación será distinta, por lo tanto la granulación nunca dejará de tener gran parte de arte.

### **Secado**

El término secado se refiere a la transferencia de líquido, de un sólido húmedo a una fase gaseosa no saturada. El proceso de secado de un sólido húmedo con un gas caliente es complejo.

Debido a que es casi imposible determinar teóricamente las características de un secador para determinado material, lo que se hace en la práctica es usar una serie de datos empíricos y realizar pruebas piloto.

En general habrá que determinar la temperatura y cantidad de gas, la conveniencia de que éste circule en contracorriente o en paralelo y el tiempo de retención del material dentro del secador.

**Nota:** La temperatura de los gases no deberá ser tan alta que perjudique las propiedades del material o del equipo, así como la cantidad de éstos dependerá de la temperatura de los mismos y de la cantidad de agua del material.

## **Descripción del Proceso de la planta de operación de Complejo GUA.**

Las materias primas que se estilizan en la elaboración de fórmulas de los fertilizantes complejos en ésta planta son las siguientes:

Amoniaco anhidrico.  
Solución de nitrato de amonio  
Ácido fosfórico  
Superfosfato simple  
Cloruro de potasio.  
Ácido sulfúrico.

Se emplean también los siguientes servicios auxiliares:

Vapor saturado .  
Agua de la red.  
Aceite Diesel.  
Aire de instrumentos y de servicios generales.  
Electricidad.

Las materias primas sólidas (superfosfato simple y cloruro de potasio), se transportan de la bodega a la planta por medio de un cargador frontal y se alimentan al acondicionador de materias primas. Las materias primas acondicionadas se pesan, se transportan por medio de una banda transportadora hacia el mezclador de gravedad, de aquí pasan a la tolva del elevador de reciclo por medio de un transportador de cadena de velocidad variable en donde se dosifican constantemente de acuerdo con la cantidad que indica la formulación de la fórmula que se está fabricando.

De aquí se transportan al amoniador-granulador por medio del elevador de reciclo.

Las materias primas líquidas llegan al proceso por el siguiente camino:

### **Amoniaco anhídrico líquido**

Se encuentra almacenado en tres tanques con capacidad de 60 TM. cada uno, de estos tanques se alimenta al proceso a través de inyectores de diseño especial en el preneutralizador y en el amoniatador-granulador. El amoniaco que se alimenta al preneutralizador pasa primero por un enfriador, el cual garantiza que el amoniaco se encuentra en estado líquido al pasar por el medidor de flujo tipo turbina, de aquí pasa a la válvula de control de gasto, de operación automática y pasando nuevamente por el enfriador, llega al inyector del preneutralizador. El amoniaco que se inyecta al amoniatador granulador tiene un sistema similar.

### **Ácido Sulfúrico**

Se encuentra almacenado en un tanque de acero al carbón de 270 m<sup>3</sup> de capacidad. De este tanque se impulsa por medio de una bomba hacia los inyectores del preneutralizador y del amoniatador-granulador. El sulfúrico que se alimenta al preneutralizador pasa por un medidor de flujo tipo magnético y por una válvula de control de gasto, de operación automática, antes de llegar al inyector. El sulfúrico que se alimenta al amoniatador-granulador sigue un camino similar.

### **Ácido Fosfórico**

Se encuentra almacenado en un tanque de acero al carbón forrado de hule de 270 m<sup>3</sup> de capacidad. De este tanque se impulsa por medio de una bomba hacia el medidor de flujo magnético pasando enseguida por la válvula de control de gasto de operación automática. De aquí se hace pasar a través del lavador de gases en donde se diluye

con agua y reacciona con el amoniaco que arrastran los gases del amoniatador-granulador y de este equipo se impulsa por medio de otra bomba hacia el inyector del preneutralizador.

#### **Nitrato de Amonio**

El nitrato de amonio se transporta de la bodega hacia el tanque de disolución de nitrato de amonio de aproximadamente 14.5 m<sup>3</sup> de capacidad por medio de un cargador frontal. En este tanque se disuelve el nitrato con agua para formar una solución de la concentración requerida por la formulación y ya en forma de solución se hace pasar a través de un filtro y se almacena en dos tanques de aproximadamente 25 m<sup>3</sup> cada uno (se mantiene en solución con serpentines de vapor en los 3 tanques). De estos tanques se impulsa la solución por medio de otra bomba hacia el preneutralizador, pasando antes por el medidor de flujo tipo magnético y la válvula de control de gasto, de operación automática.

También se alimenta agua de la red al preneutralizador por el inyector de nitrato de amonio en dos formas: Una cantidad de agua fija y una cantidad de agua variable que regule el control automático de temperatura del preneutralizador. La cantidad de agua fija antes de llegar al preneutralizador pasa por un medidor indicador de flujo. En el preneutralizador se llevan a cabo las reacciones de neutralización del ácido sulfúrico y de amoniatación de ácido sulfúrico, más amoniatación procedente del preneutralizador, amoniatación del superfosfato simple y formación de una pasta homogénea, en cuanto a humedad con todo el producto fino que regresa al proceso para su granulación. La pasta formada en esta sección pasa a la sección de granulación de este mismo equipo. Los vapores y polvo muy finos que se desprenden del amoniatador-granulador se

succiona por medio de un extractor hacia el lavador de gases en donde reacciona el amoniaco con el ácido fosfórico y se retiene la mayor parte del polvo fino. Los gases ya lavados se van hacia la atmósfera impulsados por el extractor del amoniatador-granulador y el amoniaco en forma de fosfato monoamónico y polvo fino regresan con al ácido fosfórico hacia el preneutralizador.

El producto formado pasa hacia el secador en donde viaja en corriente paralela con los gases de combustión de secado. Los gases de secado procedentes de la cámara de combustión se mandan a la atmósfera por medio del extractor del secador, pasando estos gases por el secador en donde secan el granulado y por los ciclones gemelos del secador en donde se le separa el producto fino que arrastraron del secador. El producto fino que se separa en los ciclones gemelos del secador regresa hacia el proceso a través del elevador de reciclo.

El granulado seco que sale del secador por medio de una banda transportadora se manda hacia el elevador de las cribas. Este elevador descarga el granulado a un transportador helicoidal, el cual lo distribuye a dos cribas vibratorias en donde se separa en tamaños. De cada una de las cribas salen tres granulados:

**Los gruesos** que regresan al sistema de granulación a través del elevador de reciclo, pasando previamente por el molino, donde se pulverizan, los **finos** que también regresan a través del elevador de reciclo y los **buenos** que se mandan al enfriador o bien que pueden regresarse parte o todos ellos al sistema de granulación a través del elevador de reciclo sin o pasando por el molino.

El producto final viaja en el enfriador a contracorriente con el aire de enfriamiento. El aire de enfriamiento se manda a la atmósfera por medio de un extractor, pasando previamente por los ciclones gemelos del enfriador en donde se les separa el producto fino que arrastraron en su paso por el enfriador. Este producto fino que se separa en los ciclones gemelos regresa al sistema de granulación directamente al amoniatador granulador.

El producto final ya frío pasa hacia el recubridor en donde se acondiciona para resistir mejor la intemperie. El exceso de material de recubrimiento se extrae por medio de un extractor y se separa del aire en el ciclón colector de material de recubrimiento. Este material de recubrimiento regresa a la tolva de material de recubrimiento y de aquí por medio del alimentador del recibimiento se manda nuevamente al recubridor para acondicionar nuevo producto.

El producto final acondicionado, del recubridor se manda por medio del elevador de producto hacia la banda transportadora de producto. Esta banda lo descarga al transportador reversible de banda que distribuye el producto en el almacén de producto terminado, en su lugar correspondiente.

### **Control del Proceso**

En general un óptimo rendimiento, la más alta producción y la buena calidad del producto dependerán de una buena operación de la planta.

El amoniatador-granulador es el corazón de la planta. En este equipo se refleja la buena o mala operación de las demás secciones y con buena supervisión del producto

a la salida de este equipo se pueden corregir los problemas rápidamente e incluso, con un poco de experiencia puede adelantarse a los mismos.

La capacidad de la planta está limitada por el equilibrio entre la fase sólida y la fase líquida presentes en la sección de granulación . Este equilibrio es diferente para cada fórmula y para cada formulación que se esté utilizando, sin embargo la capacidad de la planta puede quedar limitada por el exceso de reciclo, como consecuencia de una inadecuada granulación, pudiendo ser, sobrecarga o inundación del elevador de reciclo, sobrecarga del secador, de las cribas, de los molinos o del mismo amoniatador-granulador, o del secador o el taponamiento del ducto de descarga del amoniatador-granulador hacia el secador pueden también ser factores que limitan la capacidad como resultado de mal granulación.

El secado adecuado del producto en el secador, la homogeneidad de dosificación y calidad de las materias primas que llegan y se alimentan al proceso, determinarán una operación estable y uniforme del proceso de granulación, una alta capacidad de producción de la fórmula en cuestión y un producto final de calidad aceptable.

## **CAPITULO V**

# **ORIGEN DE LOS EFLUENTES CONTAMINANTES A TRATAR**

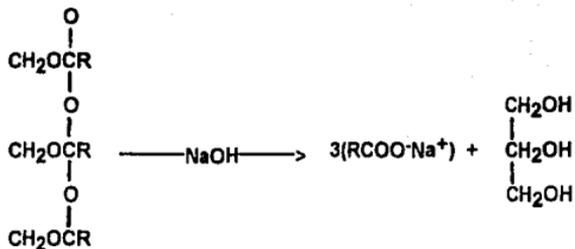
EQUIMEX es una empresa dedicada a la producción de especialidades químicas y al igual que todas las empresas de su ramo, junto con los productos de línea, se obtienen subproductos que la mayoría de las veces no tiene aplicación y pasan a constituir contaminantes de alto o bajo riesgo de peligrosidad; para cumplir con las normas de contaminación que establece SEDESOL, las primeras alternativas que se buscan es ajustar a través de reacciones secundarias, estos ajustes ó neutralizaciones que solamente llegan a contribuir un incremento en los costos de producción de la empresa.

Las corrientes clasificadas como efluentes contaminantes que son de nuestro interés a eliminar son subproductos de la empresa que se encuentran en tres estados físicos; gas, líquido y sólido, éstos desperdicios representan pérdidas y problemas para controlarlos

### **AGUAS ÁCIDAS**

La corriente líquida procede de la producción de ácidos grasos. En la producción de ácidos grasos de origen vegetal principalmente, provenientes de aceites de soya, se lleva acabo una reacción de saponificación entre el aceite de soya y la sosa caústica, para romper el triglicerido, y formar un jabón de sodio, después de extraer la glicerina y recuperarla, se lleva acabo un proceso de neutralización del jabón de sodio con ácido sulfúrico para obtener un ácido graso y quedar como subproducto un ácido sulfúrico con una determinada concentración de sulfato de sodio.

Las reacciones que se llevan a cabo son las siguientes:



Este proceso es el producto de un efluente con características de un medio fuertemente ácido, y es ésta agua el objeto de un tratamiento, tanto por su acidez, como su contenido de grasas y sales.

Se puede afirmar en base a lo observado en nuestras materias primas de origen vegetal y del ciclo de producción, que los contaminantes de las aguas ácidas con ácido sulfúrico y sulfato de sodio, contiene también grasas de origen vegetal, celulosa, cascarilla de la semilla y otro tipo de compuestos orgánicos 100% biodegradables.

La presencia del ácido sulfúrico representa un gran problema en el efluente lo cual la SEDESOL comunica, debe controlarse.

Anexamos requerimiento de SEDUE (ahora SEDESOL) que establece a la empresa las condiciones particulares de descarga de aguas residuales con el intervalo de límites máximos permisibles.

### **SEDIMENTOS (LODOS) CON ALTO CONTENIDO DE FÓSFORO Y NITRÓGENO**

En otro de su procesos que es la purificación de fosfatos a partir de ácido fosfórico grado comercial y amoniaco para la producción de fosfatos grado técnico y grado alimenticio, se obtiene un subproducto sólido parcialmente soluble en agua con un alto contenido de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) y nitrógeno (N) lo cual representa un problema serio ya que se requiere un lugar de almacenamiento siendo un subproducto sin aplicación.

El proceso que genera dos de nuestras corrientes a tratar consiste en lo siguiente:

En un reactor atmosférico se hace reaccionar a través de un tubo venturi una corriente de ácido fosfórico grado comercial con hidróxido de amonio en una proporción tal que se obtenga un producto neutralizado en dos de las tres valencias de ácido fosfórico con amoniaco. Este producto se disuelve en agua y se acondiciona con polielectrólitos y agentes absorbedores de materia orgánica, se pasa a un sedimentador en el cual se obtiene una corriente clarificada con bajo contenido de sólidos en suspensión en la superficie del sedimentador y una corriente en la parte inferior de alto contenido de sólidos en suspensión con un contenido de fósforo y nitrógeno muy importante, ésta corriente presenta un pH arriba de 6, los nutrientes que contiene son insolubles en agua y por consiguiente directamente no serían aprovechables por ningún vegetal, pero si baja el pH a un nivel en que los vegetales lo soporten, se vuelven en un

80% asimilables, esta corriente de sólidos con alto contenido de pentóxidos y nitrógeno es la segunda corriente que aprovecharíamos para la producción de un fertilizante complejo.

### AMONIACO

La mayoría de los fosfatos grado técnico que se utilizan en la industria química o para alimento, tales como detergentes, tratamiento de aguas, panaderías, etc. son sales de sodio y de potasio, por consiguiente del proceso descrito anteriormente en la corriente líquida del fosfato clarificado tenemos como producto una sal diamónica y es necesario convertirla a su correspondiente o a tri de sodio, o de potasio: esta reacción se lleva a cabo en un reactor a vacío en donde se neutraliza la sal con carbonato de sodio en las cantidades estequiométricas y se desprende el amoníaco en forma gaseosa, esta corriente de amoníaco es la que recuperaremos para nuestro proyecto en la producción de un fertilizante complejo, NPK

**CAPITULO VI**

**CALCULO TEORICO**

**CALCULO TEORICO**  
**OBTENCION DE LA FORMULA DE FERTILIZANTE COMPLEJO NPK**

La información proporcionada por Empresas Químicas de México, S.A. de C.V. de la producción de sus efluentes contaminantes es:

<u>EFLUENTE</u>	<u>TM/DIA</u>
Sólido (todos)	33
Líquido (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> libre)	90
Gas (NH <sub>3</sub> )	26

Los porcentajes obtenidos en los análisis realizados nos representaron una recuperación atractiva, por lo que se continuó la proposición de la fórmula NPK.

Las reacciones que se proponen para la formulación son las siguientes:

**Primera reacción :**

**Neutralizador:** se lleva a cabo la neutralización del amoníaco y ácido sulfúrico que representan la corriente gas y líquida respectivamente, su reacción es la siguiente.



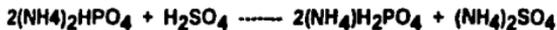
**Balance de materia en la reacción:**

	PESO MOLECULAR		TM/DIA	
REACTIVOS	PRODUCTOS	REACTIVOS	PRODUCTOS	REACTIVO
	PRODUCTO			
2NH <sub>3</sub>	34		26	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98		75	
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132		101
	---	---	---	---
<b>Total</b>	<b>132</b>	<b>132</b>	<b>101</b>	<b>101</b>

**Segunda reacción:**

**Reactor 1:** La fase sólida es una fórmula de fosfato diamónico (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (DAP). Se estudió la solubilidad en función del pH requerido para poder ser aplicado a las plantas, su intervalo a manipular el pH debe ser mayor de 4 y menor de 6 lo que nos permitió establecer una solubilidad aceptable en un pH 5 (+,-0.5).

En esta reacción se forma (NH<sub>4</sub>)H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (MAP) y (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a partir del (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (DAP), el cual sólo reaccionará el 60% debido a la solubilidad.



**Balance de materia para la reacción:**

REACTIVOS	PRODUCTOS	PESO MOLECULAR (g/mol)		TM/DIA	
		REACTIVOS	PRODUCTOS	REACTIVO	PRODUCTO
2 (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>		264		19.8	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		98		7.35	
	2 (NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		230		17.25
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		132		9.9
<b>Total</b>		<b>362</b>	<b>362</b>	<b>27.15</b>	<b>27.15</b>

**Tercera Reacción:**

**Reactor 2:** Es para lograr una reacción total y una homogenización de las anteriores reacciones, llevándose a cabo la siguiente reacción:



De esta manera se obtiene la fórmula de un fertilizantes con solo dos de los nutrientes, el nitrógeno como (N) y el fósforo como (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), recomendando un tiempo de residencia en esta reacción de 1 hr para lograr una mezcla completamente homogénea.

Por lo tanto la reacción original queda balanceada de la siguiente forma:

**Balance de materia para la reacción:**

		PESO MOLECULAR (g/mol)		TM/DIA
REACTIVOS	PRODUCTOS	REACTIVOS	PRODUCTOS	REACTIVO PRODUCTO
2 (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>		264		33
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		98		82.29
NH <sub>3</sub>		17		26
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>		132	13.2
	(NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		115	17.25
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		132	110.84
<b>Total</b>		<b>379</b>	<b>379</b>	<b>141.29 141.29</b>

A partir de estos datos, se calcula el porcentaje de los productos respecto a la producción total, (% P/PI) obteniéndose:

PRODUCTO	TM/DIA	%
DAP	13.2	9.34
MAP	17.25	12.21
SULFATO	110.84	78.45
<b>Total</b>	<b>141.29</b>	<b>100.00</b>

Además podemos saber la composición del MAP y DAP por su fórmula de fosfato diamónico y fosfato monoamónico calculamos la composición de los siguientes compuestos:

**DAP  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$**

Peso molecular del DAP:	132 g/mol
Peso molecular del nitrógeno:	28 g/mol presente en la fórmula.
Peso molecular del fósforo:	32 g/mol

Analizamos el %N presente en el DAP

(Peso molecular del Nitrógeno)

$$\frac{\text{-----}}{\text{(Peso molecular del DAP)}} \times 100 = (28/132) \times 100 = 21.2 \text{ \% Nitrógeno}$$

(Peso molecular del DAP)

(Peso molecular del Fósforo)

$$\frac{\text{-----}}{\text{(Peso molecular del DAP)}} \times 100 = (31/132) \times 100 = 23.48 \text{ \% Fósforo}$$

(Peso molecular del DAP)

Para representarlo como %  $\text{P}_2\text{O}_5$

El peso molecular del  $\text{P}_2\text{O}_5$  es 71 g/mol

Por lo tanto el % de pentóxido presente en el DAP es:

(Peso molecular  $P_2O_5$ )

.....X 100 = 53.78 % de  $P_2O_5$  presente en la molécula

(Peso molecular del DAP)

de fosfato diamónico

De la misma forma calculamos para el fosfato monoamónico el % de N y el % de  $P_2O_5$  presente en la fórmula.

En el siguiente cuadro mostramos la composición de nitrógeno y fósforo en por ciento presente en el fosfato diamónico (DAP) y fosfato monoamónico (MAP)

PESO				
MOLECULAR		% NITROGENO (N)	%FOSFORO $P_2O_5$	
DAP	132	18	46	Valor reportado
DAP	132	21.2	53.78	Valor teórico
MAP	115	12	52	Valor reportado
MAP	115	24.34	61.73	Valor teórico

El porcentaje de Nitrógeno presente en el sulfato de amonio es:

Peso molecular de  $(NH_4)_2SO_4$  132 g/mol

Peso molecular de Nitrógeno 14 g/mol

$$\frac{2(\text{Peso molecular N})}{\text{P.M. (NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4} \times 100 = \frac{28 \text{ g/mol}}{132 \text{ g/mol}} \times 100 = 21.21 \% \text{ Nitrógeno}$$

Una vez conocidos estos valores se realiza el balance de nitrógeno y el de pentóxido de fósforo tomando los porcentos de nitrógeno y pentóxido de fósforo reportados de la siguiente forma:

- a) Se conocen los porcentos de los productos que en su composición tienen al nitrógeno respecto a la producción total.
- b) Se conoce el porcentaje de nitrógeno presente en cada producto.
- c) Se multiplican ambos porcentos y se obtiene el valor del porcentaje de nitrógeno.
- d) Se suman todos los porcentos de nitrógeno para obtener el porcentaje de nitrógeno respecto a la producción total.
- e) Se realiza el mismo cálculo para calcular el porcentaje de pentóxido de fósforo.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

### Balance de Nitrógeno

PRODUCTO	%P/Pt	%N/P	%N
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	9.34	18	1.6812
$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$	12.21	12	1.4652
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	78.45	21.21	16.6392
			-----
			19.7866

### Balance de $\text{P}_2\text{O}_5$ :

PRODUCTO	% P/Pt	% $\text{P}_2\text{O}_5$ /P	% $\text{P}_2\text{O}_5$
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	9.34	46	4.2964
$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$	12.21	52	6.3492
			-----
			10.6456

Donde:

% P/ Pt = Porcentaje del producto de la producción total.

% i/P = Porcentaje de nitrógeno presente en los productos.

% i = Porcentaje de nitrógeno total recuperado en el proceso

Por lo tanto la fórmula del fertilizante complejo NPK es:

Nitrógeno	Fósforo	Potasio
%N	%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O
19.7866	10.6456	0

**Homogenizador:** Se formulará el fertilizante final agregando el tercer nutriente, el potasio (K) como KCl es recomendable que sea por separado y en la última etapa del proceso, ya que puede presentarse una reacción del ión cloro con el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, el tiempo de residencia para su homogenización y disolución total es de 1 hora. La presencia del KCl en la fórmula será como K<sub>2</sub>O. La cantidad de KCl a adicionar será la necesaria para obtener un fertilizante complejo NPK comercial. Podemos formular alternativas dependiendo de su aplicación o la requerida por la demanda del mercado, proponiendo formulaciones de acuerdo al tipo de cosecha en las diferentes temporadas.

**Balance para el KCl requerido.**

Para la producción de la fórmula más cercana a la comercial requeriremos un 5% de K<sub>2</sub>O por lo tanto se calcula el KCl necesario, es decir:

$$\%K_2O / (\%K_2O \text{ en KCl}) = 5 / 0.65 = 7.69 \text{ unidades de peso}$$

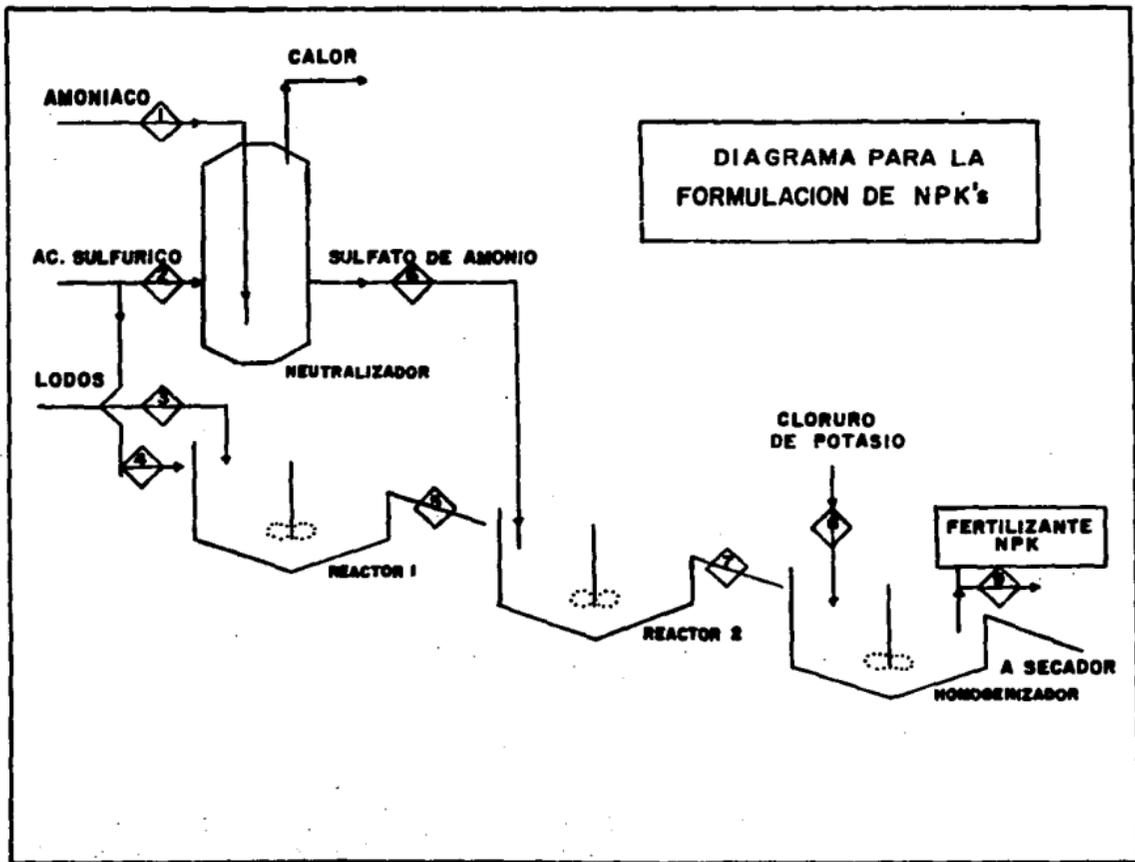
	TM/DIA
Peso total de nuestra fórmula	141.29
Mas peso adicional de KCl	7.69
	<hr/>
Peso final de la fórmula	148.98

Siendo ahora los nuevos porcentos de los nutrientes:

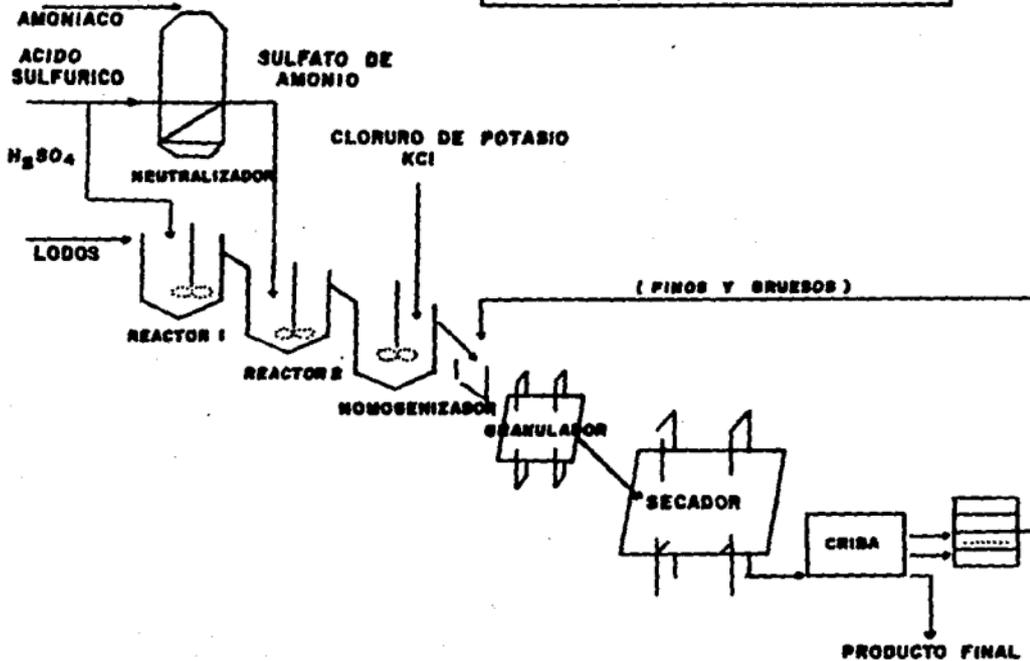
PRODUCTO	TM/DIA	%P/PT	%N	%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DAP	13.2	8.86	1.5958	4.0756	
MAP	17.25	11.58	1.3896	6.0216	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	110.84	74.40	15.7802		
KCl	7.69	5.16			5
<b>TOTAL</b>	<b>148.98</b>	<b>100</b>	<b>18.7646</b>	<b>10.0972</b>	<b>5</b>

Ofrecemos que en esta variedad de fórmulas existentes de NPK se pueden variar los porcentos presentes de cada uno de los nutrientes nitrógeno, fósforo, y potasio de acuerdo a las manipulaciones requeridas. algunas de las alternativas que ofrecemos son las siguientes

	Nitrógeno %N	Fósforo %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Potasio %k <sub>2</sub> O
<b>Teórica</b>	<b>19.50</b>	<b>10.64</b>	<b>0</b>
<b>Experimental</b>	<b>19.50</b>	<b>10.47</b>	<b>0</b>
<b>Teórica</b>	<b>18.63</b>	<b>10.09</b>	<b>5</b>
<b>Experimental</b>	<b>18.13</b>	<b>9.95</b>	<b>5</b>
<b>Optima</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Forzada</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>5</b>
<b>Ref.Comercial</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>8</b>



**DIAGRAMA PARA LA  
PRODUCCION DE NPK's**



## CARACTERISTICAS DE EQUIPO

TRANSPORTADOR DE BANDA ahulada de 36" de ancho por 12 de longitud entre centros, accionada por motor eléctrico de 7.5 HP 1750 RPM 3F/60C/440V, y reductor de velocidad, transmisión: catarinas y cadenas, soportería, accesorios e instalación.

GRANULADOR AMONATADOR rotatorio cilíndrico horizontal construido en placa de acero al carbón 3/8" espesor, dimensiones: 2.44 m de diámetro por 4.87 m de long., con raspador y tubos aspersores en el interior, 2 fajas de acero cada una sobre 4 cilindros de rodamiento, incluye: inyector de amonía co, inyector de ácido sulfúrico y caída de macmas accionado por motor eléctrico de 50 HP 1750 RPM 3F/60C/440V, y reductor de velocidad, marca FALK de 50 HP, acoplamiento directo, tolva lateral de descarga de producto, instrumentación, cimentación, accesorios e instalación.

SECADOR ROTATORIO horizontal, marca: SACKETT, tipo: corriente paralela, construido en placa de acero al carbón 5/16" de espesor, dimensiones: 2.44 m de diámetro por 18.30 m de longitud con 9 hileras de aspas en el interior construidas en placa de acero al carbón de 1/4" de espesor, de 1.52 m de longitud por 0.3 m de ancho, 2 fajas de acero cada una sobre 4 cilindros de rodamiento, accionado por motor eléctrico de 75 HP 1750 RPM, 3F/60C/440V, y reductor de velocidad, cople hidráulico, transmisión: cadena de rodillos para trabajo pesado.

CRIBA VIBRATORIA de 2 camas, marca: TYLER, tamaño 4 FT por 15 FT, modelo 38 HUM-MERS, serie: 15885, soportería, accesorios e instalación.

## **CAPITULO VII**

# **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

Una vez identificados los tres efluentes contaminantes de EQUIMEX se les realizaron análisis de:

- a) % Nitrógeno amoniacal y % de pentóxido de fósforo a los lodos.
- b) % Ácido sulfúrico libre a las aguas ácidas.

Con los resultados obtenidos, los cuales fueron aceptables para la producción del fertilizante complejo, se llevó a cabo su preparación en el laboratorio, realizándose ahora los siguientes análisis al fertilizante complejo para comprobar su fórmula teórica con la obtenida:

- c) % Nitógeno amoniacal.
- d) % Pentóxido de fósforo.

No se determinó el % de óxido de potasio debido a que éste se agrega en forma teórica y física. Por lo que a continuación se presenta:

- Descripción de los análisis aplicados.
- Tabla de resultados.
- Gráficas de los mismos.

## DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO AMONICAL

### MÉTODO DE DESTILACIÓN

Esta norma establece un método de destilación para la determinación de nitrógeno amoniacal en fertilizantes fluidos y sólidos que contengan amoniaco, sales amoniacales como nitrato de amonio, carbonato de amonio, fosfato de amonio y sulfato de amonio; no es aplicable a fertilizantes que contengan urea, se basa en la destilación del amoniaco de los compuestos amoniacales en un medio alcalino, absorbiéndolo en una disolución valorada de ácido sulfúrico y titulando el exceso de ácido con disolución valorada de hidróxido de sodio.

Se pesó aproximadamente 2 gramos de muestra, se transfirió a un vaso de precipitado de 250 ml, añadiendo 100 ml de agua, se midió el pH y si la disolución era alcalina, se neutralizaba con unas gotas de ácido sulfúrico.

Se hirvió durante 5 minutos, y se enfrió a temperatura ambiente, se transfirió a un matraz volumétrico de 250 ml, y se llevó a la marca con agua destilada, tomando una alícuota de 50 ml para la determinación.

Se transfirió la porción de análisis o la alícuota correspondiente al matraz kjeldahl, y se agregó 300 ml de agua.

Por separado, se agregó 5 ml de disolución valorada de ácido sulfúrico 0.5 N en un matraz erlenmeyer de 400 ml y 5 gotas de rojo de metilo, se completó con agua a un volumen total de 100 ml aproximadamente y se colocó el matraz erlenmeyer en el

aparato de destilación, cuidando que el tubo de descarga quedara sumergido 1.5 cm en el líquido.

Por último se agregó 40 ml de la disolución de hidróxido de sodio al 40% en el matraz Kjeldahl , y se dejó resbalar lentamente por la pared del matraz para formar dos capas de líquido, se agregó granalla de zinc y se conectó rápidamente el matraz al aparato de destilación.

Se calentó suavemente, aumentando gradualmente el calentamiento hasta obtener una velocidad de destilación adecuada. Se suspendió la destilación cuando se recuperaron de 200 a 250 ml de destilado, se retiró el matraz erlenmeyer, lavando la trampa de vidrio con un poco de agua, recibiendo el agua de lavado en el matraz colector.

Se tituló la disolución obtenida, con disolución valorada de hidróxido de sodio 0.5 N, hasta que viró de color rojo a amarillo. Anotando el volumen empleado.

El contenido de Nitrógeno amoniacal en la muestra, como porcentaje en masa de nitrógeno (N), se calculó con la siguiente expresión:

$$\%N_A = \frac{(V_1N_1 - V_2N_2) \times 0.014 \times V_3 \times 100}{m \times V_4}$$

En donde:

$V_1$  es el volumen empleado, en ml, de la disolución valorada de ácido sulfúrico, empleado en la determinación.

- $N_1$  es la normalidad de la disolución valorada de ácido sulfúrico.
- $V_2$  es el volumen, en ml, de la disolución valorada de hidróxido de sodio empleado en la determinación
- $N_2$  es la normalidad de la disolución de hidróxido de sodio.
- 0.014 es el miliequivalente del nitrógeno
- $V_4$  es el volumen, en ml, de la disolución de la porción de análisis, cuando proceda.
- $V_5$  es el volumen, en ml, de la alícuota empleada en la determinación, cuando proceda
- $m$  es la masa, en gramos, de la porción de análisis.

Las reacciones que se llevaron a cabo son:

a) En el tratamiento con álcali:



b) En la absorción:



c) En la titulación:



## DETERMINACION DE % DE PENTOXIDO DE FÓSFORO ( $P_2O_5$ )

Esta norma establece un método volumétrico para la determinación de pentóxido de fósforo, es aplicable a fertilizantes fluidos y sólidos, así como la roca fosfórica y ácido fosfórico se basa en la formación de un precipitado amarillo de fosfomolibdato de amonio, el cual se diluye con una disolución valorada de hidróxido de sodio y titulando el exceso del hidróxido con disolución valorada de ácido nítrico.

Se pesó 2.0 gramos de muestra y se transfirió a un matraz volumétrico de 250 ml, se adicionó 25 ml de  $HNO_3$  Q.P y 15 ml de  $HCl$  Q.P.; se digirió en la parrilla hasta que desaparecieron los humos blancos y se diluyó hasta el aforo con agua destilada. se tomó una alícuota de 10 ml con una pipeta volumétrica y se vertió dentro de un vaso precipitado conteniendo 50 ml de solución de nitrato de amonio al 10%, se calentó a  $40^{\circ}C$  y se adicionó 50 ml de solución de molibdato de amonio agitando durante 20 minutos, después se filtró a través de asbesto grado técnico sobre discos perforados dentro de un crisol Gooch el cual estaba conectado a un kitasato, se lavó por decantación dentro del embudo hasta que estuviera libre de acidez, se transfirió el precipitado al vaso original con todo el asbesto y la pastilla, y se lavó el embudo de tal manera que la muestra pasara cuantitativamente de vaso, éstos lavados fueron con agua destilada (100 ml aproximadamente).

Se adicionó hidróxido de sodio 0.324 N para disolver completamente el precipitado amarillo y se puso de 2 a 3 ml de exceso, se adicionó 0.5 ml de fenolftaleína y se tituló con  $HNO_3$  0.324 N hasta un ligero color rosa (pH 7.85). Anotando el volumen.

El contenido de pentóxido de fósforo en la muestra, como porcentaje se calculó con la siguiente expresión:

$$\%P_2O_5 = \frac{(V1 - V2) \times 2.5}{m}$$

En donde:

V1 es el volumen empleado en ml, de la disolución valorada de hidróxido de sodio.

V2 es el volumen empleado en ml, de la disolución valorada de ácido nítrico.

m es la masa en gramos, de la muestra .

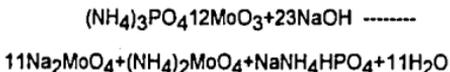
Las reacciones que se llevaron a cabo fueron:

a) Formación del fosfomolibdato de amonio (información)

Cuando se agrega una solución nítrica de molibdato de amonio a una solución que contiene iones ortofosfatos, se forma un precipitado amarillo de fosfomolibdato de amonio que tiene una composición próxima a la representada por la fórmula:



b) Disolución:



c) Titulación:



## DETERMINACIÓN DE % DEL ÁCIDO SULFÚRICO LIBRE

Esta norma establece un método volumétrico para la determinación del ácido sulfúrico libre, es aplicable a las aguas ácidas y se basa en la titulación del ácido sulfúrico libre (aguas ácidas) con disolución valorada de hidróxido de sodio.

Se tomó una alícuota de 10 ml. con una pipeta volumétrica de la muestra a analizar (agua ácida) y se vertió la muestra en un matraz volumétrico de 250 ml. con la ayuda del embudo y con un poco de agua en su interior ( 50 a 100 ml.), asegurando que pase cuantitativamente con la ayuda de la pipeta, lavando tanto la pipeta como el embudo.

Se enfrió la solución que por efecto de la dilución del ácido sulfúrico subió de temperatura, y cuando estuvo a temperatura ambiente se aforó. Se tomó una alícuota de 10 ml. con una pipeta volumétrica y se vertió en un matraz Erlenmeyer, se agregó dos gotas de naranja de metilo y se tituló con hidróxido de sodio 1 N, hasta que viró de rojo a amarillo.

El porcentaje de ácido sulfúrico libre contenido en la muestra se calculó con la siguiente expresión;

$$\% \text{H}_2\text{SO}_4 = V \times 5$$

En donde:

V Es el volumen empleado en ml. de hidróxido de sodio.

La reacción que se llevó a cabo en la titulación fué:



## **CAPITULO VIII**

### **RESULTADOS**

**TABLA No. 1**  
**RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS A LOS LODOS**  
**OCTUBRE**

1ª SEMANA	% N Amoniacal	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DIA		
5	6.0379	11.0249
6	5.9589	10.0596
7	6.0060	10.8378
8	5.8554	9.0766
9	5.4573	8.7518
PROMEDIO	5.8631	9.9501

2ª SEMANA	% N Amoniacal	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DIA		
12	6.2198	12.0037
13	6.0351	11.1070
14	5.7054	9.9980
15	5.9759	10.7393
16	6.1710	11.2566
PROMEDIO	6.0214	11.0209

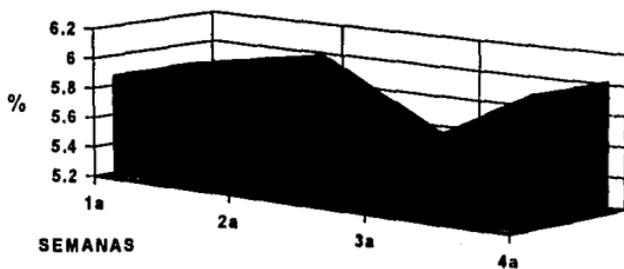
**TABLA No. 2**  
**RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS A LOS LODOS**  
**OCTUBRE**

3ª SEMANA	% N Amoniacal	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DIA		
19	5.0390	8.7937
20	5.5938	9.9820
21	6.0044	11.0069
22	5.8989	10.7677
23	5.1019	9.0809
PROMEDIO	5.5276	9.9262

4ª SEMANA	% N Amoniacal	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DIA		
26	6.0126	10.8825
27	5.8574	9.9977
28	6.3606	12.0208
29	6.0787	11.7100
30	5.9516	10.8207
PROMEDIO	6.0522	11.0863

**GRAFICA No. 1**  
**RESULTADOS DE LOS LODOS DE % N DEL MES DE OCTUBRE**

**NITROGENO**



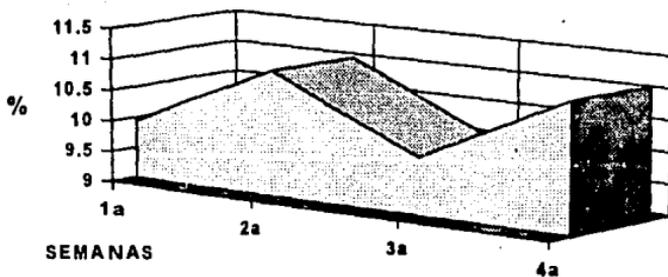
SEMANA	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
--------	----------------	----------------	----------------	----------------

%	5.8631	6.0214	5.5276	6.0522
---	--------	--------	--------	--------

GRAFICA No.2

RESULTADOS DE %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DEL MES DE OCTUBRE

PENTOXIDO DE FOSFORO



SEMANA	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
--------	----------------	----------------	----------------	----------------

%	9.9501	11.0209	9.9262	11.0863
---	--------	---------	--------	---------

**TABLA No. 3**  
**RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS A LODOS**  
**NOVIEMBRE**

1ª SEMANA	% N Amoniacal	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DIA		
2	6.1536	11.0209
3	5.1470	9.9299
4	6.0297	10.7285
5	5.8783	10.5446
6	6.1393	11.0129
PROMEDIO	5.8696	10.6474

2ª SEMANA	% N Amoniacal	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DIA		
9	5.8481	10.1443
10	5.9894	10.3292
11	5.0011	9.9262
12	6.1822	11.0364
13	6.0961	10.9972
PROMEDIO	5.8234	10.4867

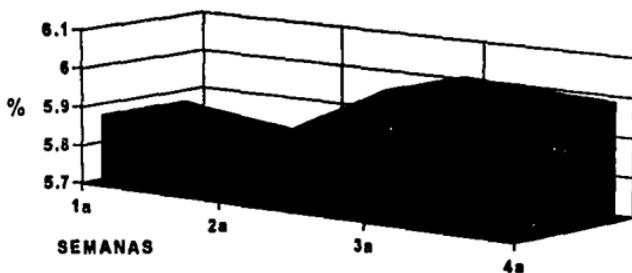
**TABLA No. 4**  
**RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS A LODOS**  
**NOVIEMBRE**

3ª SEMANA	% N Amoniacal	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DIA		
16	6.1105	11.1389
17	6.0625	11.0344
18	5.7796	10.9230
19	5.9653	10.9458
20	6.1749	11.2589
PROMEDIO	6.0186	11.0602

4ª SEMANA	% N Amoniacal	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
DIA		
23	6.1337	11.7247
24	6.0946	11.4381
25	5.9036	10.5286
26	6.0358	11.0397
27	5.8246	9.7524
PROMEDIO	5.9985	10.8967

**GRAFICA No. 3**  
**RESULTADOS DE %N DEL MES DE NOVIEMBRE**

**NITROGENO**



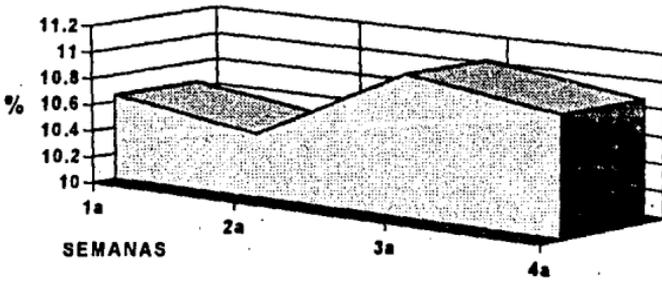
SEMANA	1ª	2ª	3ª	4ª
--------	----	----	----	----

%	5.8098	5.8234	6.0186	5.9985
---	--------	--------	--------	--------

GRAFICA No.4

RESULTADOS DE %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DEL MES DE NOVIEMBRE

PENTOXIDO DE FOSFORO



SEMANA	1a	2a	3a	4a
%	10.6474	10.4867	11.0602	10.8967

**TABLA No. 5**  
**RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS A LAS AGUAS ÁCIDAS**  
**NOVIEMBRE**

1ª SEMANA	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LIBRE
DIA	
2	11.50
3	11.75
4	12.25
5	11.75
6	11.50
PROMEDIO	11.75

2ª SEMANA	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LIBRE
DIA	
9	12.00
10	11.90
11	12.00
12	12.25
13	12.00
PROMEDIO	12.03

**TABLA No. 6**  
**RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS A LAS AGUAS ÁCIDAS**  
**NOVIEMBRE**

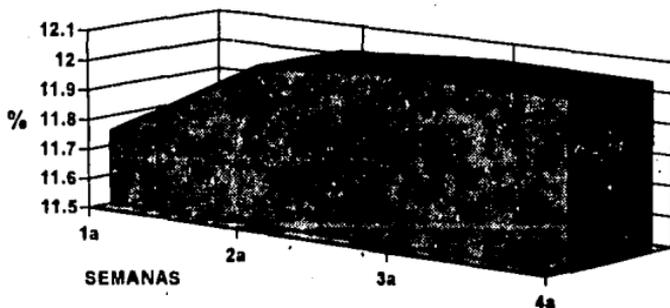
3ª SEMANA	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LIBRE
DIA	
16	12.25
17	12.25
18	12.00
19	11.90
20	11.90
PROMEDIO	12.06

4ª SEMANA	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LIBRE
DIA	
23	12.00
24	12.25
25	12.00
26	12.00
27	12.00
PROMEDIO	12.05

GRAFICA No. 5

RESULTADOS DE %  $H_2SO_4$  LIBRE DEL MES DE NOVIEMBRE

ACIDO SULFURICO LIBRE



SEMANA	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
--------	----------------	----------------	----------------	----------------

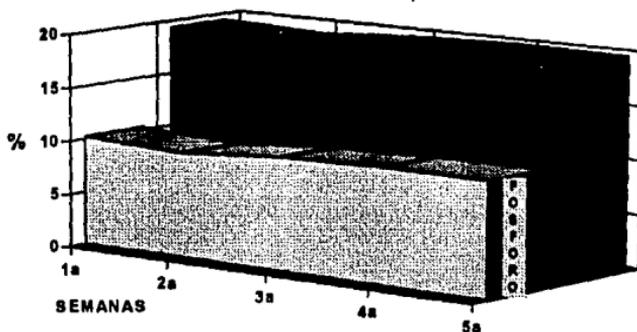
%	11.75	12.03	12.06	12.05
---	-------	-------	-------	-------

**TABLA No. 7**  
**RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS**  
**AL FERTILIZANTE COMPLEJO NPK**  
**PRODUCIDO EN EL LABORATORIO**  
**(SIN AGREGAR EL KCl)**

MTA. DEL FERTILIZANTE	% N	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1 <sup>a</sup>	19.3523	10.2758
2 <sup>a</sup>	18.9714	9.8645
3 <sup>a</sup>	19.5872	10.6023
4 <sup>a</sup>	19.8361	10.8533
5 <sup>a</sup>	19.7485	10.7719
PROMEDIO	19.4991	10.4736

GRAFICA No.6  
**RESULTADOS DE % N Y P2O5**  
**DE LOS NPKs**

**FERTILIZANTE COMPLEJO NPK**



PROMEDIO	NITROGENO	PENTOXIDO DE FOSFORO
----------	-----------	----------------------

%	19.4991	10.4736
---	---------	---------

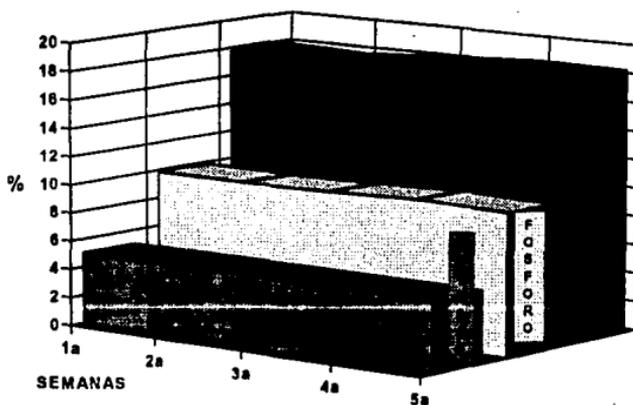
**TABLA No 8**  
**RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS**  
**A L FERTILIZANTE COMPLEJO NPK**  
**PRODUCIDO EN EL LABORATORIO**  
**(AGREGANDO KCl)**

MTA. DEL FERTILIZANTE	% N	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O*
1 <sup>a</sup>	17.9554	9.8847	5
2 <sup>a</sup>	17.7316	9.8516	5
3 <sup>a</sup>	18.1063	9.9361	5
4 <sup>a</sup>	18.4728	10.1253	5
5 <sup>a</sup>	18.3981	9.9724	5
PROMEDIO	18.1328	9.9540	5

\* Valor teórico

**GRAFICA No.7**  
**RESULTADOS DE LOS % DE N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Y K<sub>2</sub>O**  
**DE LOS NPKs**

**FERTILIZANTE COMPLEJO NPK**



PROMEDIO	NITROGENO	PENTOXIDO DE FOSFORO	OXIDO DE POTASIO
%	18.1328	9.9540	5

**CAPITULO IX**

**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

El desarrollo de la tesis ofrece la solución a tres efluentes contaminantes de Empresas Químicas de México, ya que se encontró a partir de los análisis realizados a ellos la alternativa de producir un fertilizante complejo NPK, acabando con un problema de contaminación y generando una ganancia a la empresa.

La formulación obtenida tiene la opción de ser cambiada según sea su aplicación al tipo de mercado que lo solicite, debido a que la cantidad de cloruro de potasio a agregar es optativa.

Además de que es factible, como se mencionó en el estudio, ya que la planta cuenta con el espacio y la mayoría del equipo requerido por el proceso.

Se invita por medio de ésta tesis a hacer conciencia a todas aquellas Industrias que tienen problemas de contaminación, a que, además de darles un tratamiento a sus efluentes para estar dentro de los límites establecidos por SEDESOL, realizar una investigación a fondo de que es lo que están tirando, para qué sirve y si es económico: resolviendo así de una forma efectiva y real el problema que producimos todos, pero no aceptamos.

## **CAPITULO X**

## **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

Calvo, Dr. José. Ambientalismo y Objetividad. Memoria II. Congreso Latinoamericano sobre Fertilizantes. Tomo 2. Caracas,Venezuela. 1976.

Casanova, E. Conferencia Latinoamericana de Intercambio Regional sobre Fertilizantes de América Latina. (ADIFAL). Costa Rica. 1990.

Chamba Herrera, Leonardo. Diccionario de Fertilizantes. ADIFAL. Volumen XV, Núm.50. Marzo-Abril. 1992.

Dennis H. Parrish. Factores Agronómicos y Económicos en la Selección de Fertilizantes ADIFAL. VolumenXV, Núm.50. Marzo-Abril. 1992.

EDILEPSA. Diccionario de Química. Ediciones Rioduero. 1981.

EFMA y PPI. Sistemas Agrícolas Sostenidos para el siglo XXI... ADIFAL. Volumen XV,Núm.51. Mayo-Junio. 1992

FERTIMEX, SMCS, ADIFAL. Uso Racional de los Fertilizantes en América Latina. Simposio del 6 al 9 de Febrero. Querétaro, México. 1991.

FERTIMEX. Uso y Aplicación de Fertilizantes. Serie Capacitación No. 13. Centro de Capacitación y Desarrollo de Personal. Difusión Técnica. 1981.

IFA. El Trabajo de la Industria de los Fertilizantes para un Sistema Agrícola Económica y Ambientalmente de Sostenimiento. ADIFAL. Volumen XV, Núm. 54. Noviembre-Diciembre. 1992.

Juárez, Clemente y C.Carlos Rochin Lemus. Manual de Química Aplicada. Editorial Rórez. 1966.

Kolthoff y Sandell. Tratado de Química Analítica Cuantitativa, General e Inorgánica. Editorial Nigar, SRL. Argentina. 1960.

Manual de Operación de la Planta de Fertilizantes Complejos NPK. Tecun-uman, Guatemala.

Papadakis, AIGJ. Los Fertilizantes. Editorial Albatros. 1968.

Rincón Arce Sonia. Los Microelementos, su función y su importancia como Fertilizantes. Memoria Conferencia Latinoamericana de Intercambio Regional sobre Fertilizantes. San José, Costa Rica. 1990

SEDUE. Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-030/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales provenientes de la

industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores. Gaceta Ecológica. Volumen III, Núm. 17. Septiembre de 1991.

Schultz Ludwig. Necesidad de Normas Uniformes para Fertilizantes. ADIFAL. Volumen XV, Núm.53. Septiembre-Octubre. 1992.

SEDUE. Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-001/88 que establece los criterios para la determinación de residuos peligrosos y el listado de los mismos. Gaceta Ecológica. Volumen I, Núm. II. Noviembre de 1990.

SEDUE. Ley de Protección Ambiental del Estado de San Luis Potosí. Gaceta Ecológica. Volumen II, Núm. 12. Diciembre de 1990.

SEDUE. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Gaceta Ecológica. Volumen I, Núm. 1. Junio de 1989.

SEDUE. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. Gaceta Ecológica. Volumen I, Núm.1. Junio de 1989.

Segura Gutiérrez, José Eduardo. Los Fertilizantes en México. Tesis. 1978.

Sidney W Benson. Cálculos Químicos. Editorial Limusa. 1979.

Taylor, L. Métodos Alternativos para la Producción de NPK's granular grado Fertilizante. ADIFAL. Volumen XV, Núm. 52. Julio-Agosto. 1992.

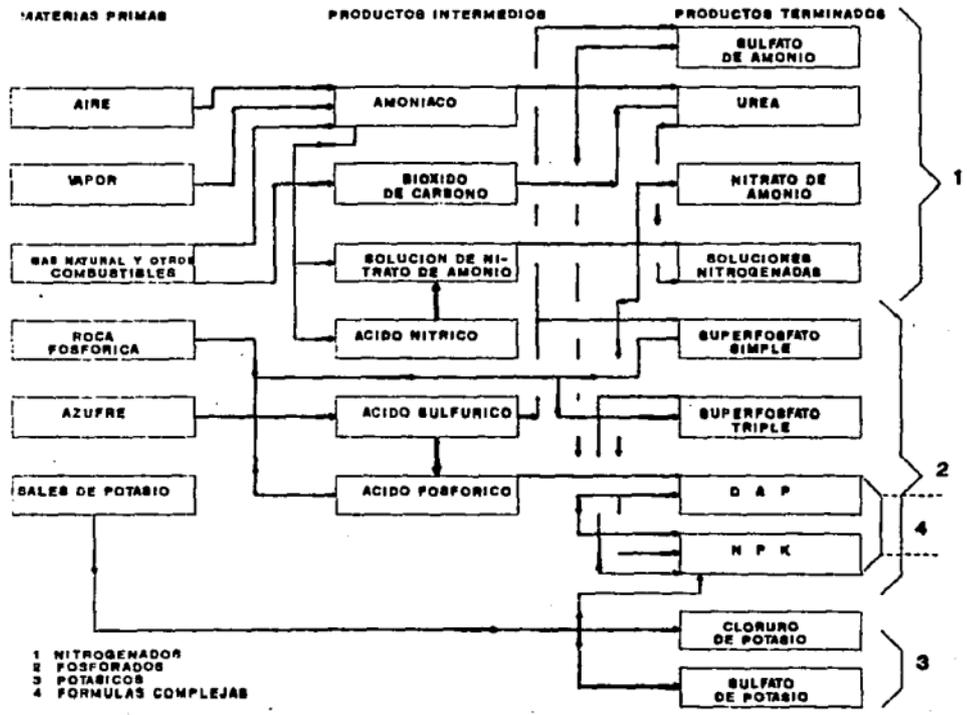
"The Cros Fertilizer Granulation Process". Phosphorus and Potassium. 87. January/February. 1977.

United Nations Industrial Development Organization. Development and Transfer of Technology. Serie No. 13. Fertilizar Manual. Capítulos II, IV, XXIII. New York. -1980.

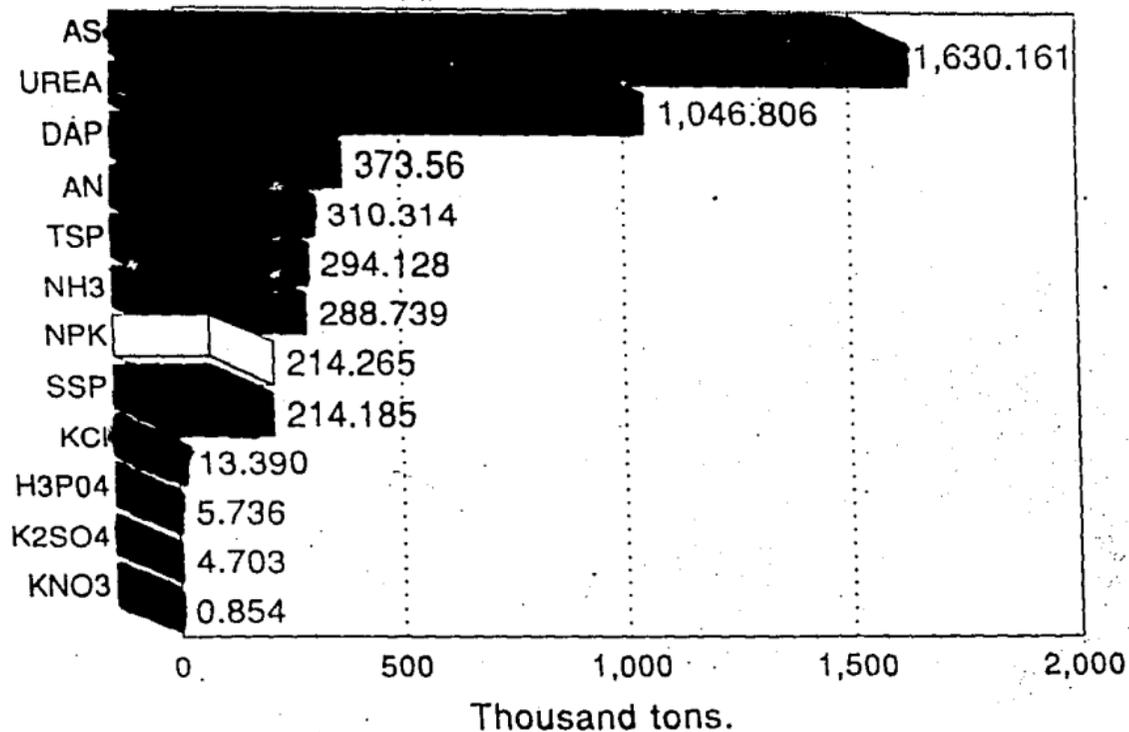
## **CAPITULO XI**

### **APENDICE**

## PRINCIPALES FERTILIZANTES CON SUS PRODUCTOS INTERMEDIOS Y MATERIAS PRIMAS



# MEXICO - TOTAL CONSUMPTION OF FERTILIZER 1991

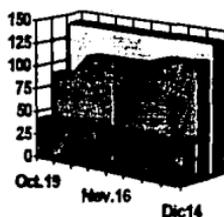


**PRECIO SEMANAL SPOT DE FERTILIZANTE**  
**NITROGENADOS, FOSFORADOS, POTÁSICOS Y AZUFRE**

**OCTUBRE 19 - DICIEMBRE 14, 1992**

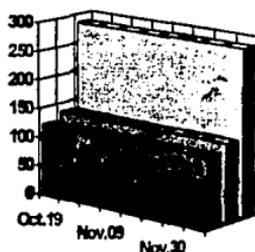
**(Día/T; LAB a granel)**

**NITRÓGENO**



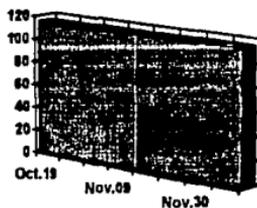
■ S. de A   ■ AMONIAC   □ UREA

**FÓSFORO**



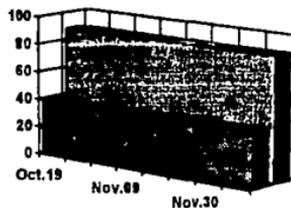
■ SFT.(ELJA)   ■ DAP(ELJA)   □ H2SO4(ELJA)

**POTASIO**



■ KCl (VANCOUVER)

**AZUFRE**



■ SECO (VANCOUVER)   ■ LIQ.(EX-TAMPA)



SUBSECRETARÍA DE  
Dirección General de Prevención y  
Control de la Contaminación Ambiental  
Río Hija 20 piso 1, col. Cuauhtémoc  
06500 México, D. F.

ENTREGA DIRECTA

SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO

RECIBIDA  
M. C. GARCÍA  
J. C. GARCÍA  
S. AMÉZQUICZ

410.-1444  
Ciudad de México, 26 MAR. 1987

EMPRESAS QUÍMICAS DE MEXICO,  
S.A. DE C.V.  
Eje 120 y Av. del Aguaje  
San Luis Potosí, S.L.P.

At'n.: C. Ing. Juan Echayarría de la Rosa  
Gerente General

Con fundamento en los artículos 19, 30, 50, 21, 22, 23, 24, 26, 52 y Tercero Transitorio de la Ley Federal de Protección al Ambiente, 19, 20, 39, 60, 23, 24, 26 y 70 del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas; 37, fracciones I, XV, XVI, XVII, XXV y Sexto Transitorio de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; y 24, fracciones I, III y XI del Reglamento Interior de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, se ha ce de su conocimiento que con base en los estudios realizados por esta Dirección General, los descargas de aguas residuales originadas en el proceso y servicios sanitarios de esa planta, cuya actividad es la fabricación de toda clase de aparatos y productos químicos y recuperación de metales, ubicada en el municipio de San Luis Potosí, S.L.P., las cuales se efectúan por infiltración en el subsuelo mediante un pozo de absorción y una zona de infiltración localizados en terrenos de su propiedad, deberán cumplir con las siguientes:

CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA

Parámetro	El promedio mensual de 4 muestras tomadas en diferentes días no excederá de:	Ninguna muestra individual excederá de:
-----------	--	---

Demanda Bioquímica de Oxígeno al 5º día y a 20° C (DBO<sub>5</sub>)

50 mg/l

60 mg/l

3.

EMPRESAS QUÍMICAS DE MEXICO S.A.

MAR 27 1987

RECIBIDO

DELEGACION DE ECOLOGIA

RECIBIDO

MAR 27 1987

RECIBIDO

EDUE



SUBSECRETARÍA DE LA  
 Dirección General de Prevención y  
 Control de la Contaminación Ambiental

410.-1484 3

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
 Toluca

- 2 -

Grasas y Aceites	10 mg/l	15 mg/l	0.7
Temperatura		35° C	
Potencial Hidrógeno (pH)		No será menor de 6 ni mayor de 9 unidades.	
Sólidos Sedimentables		1.0 ml/l	
Materia Flo-tante		Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3 mm. - de claro libre cua-drado.	
Sólidos Suspen-didos Totales	50 mg/l.	60 mg/l	3.5
Nitrógeno Orgánico		3.0 mg/l	
Fosfatos Totales		5.0 mg/l	
Fenoles		1.0 mg/l	
Coliformes Totales	10000 NMP/100 ml	20000 NMP/100 ml	

EMPRESAS QUÍMICAS  
 DE MEXICO, S.A.  
 Mayo 22 1987  
**RECIBIDO**

*E. J.*



SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA  
 Dirección General de Prevención y  
 Control de la Contaminación Ambiental

410.-1484 3

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO  
 Y ECOLOGIA

- 3 -

Las condiciones particulares de descarga que se fijan se sujetarán a las siguientes

DISPOSICIONES

PRIMERA

Las descargas de aguas residuales, después de recibir el tratamiento de depuración, deberá entubarse hasta el sitio final de disposición, consistentes en un pozo de absorción y una zona de infiltración, localizadas en terrenos de su propiedad.

La tubería deberá tener una pendiente que evite la sedimentación de sólidos y el material utilizado en su construcción deberá estar en función de las características físico-químicas del agua que se vaya a conducir.

SEGUNDA

En el sitio final de descarga deberán realizarse las obras necesarias para evitar erosiones en el terreno.

TERCERA

Las presentes condiciones particulares de descarga se fijan sin perjuicio de las demás autorizaciones que debán obtenerse de otras autoridades.

CUARTA

El responsable de la descarga deberá presentar, a partir de la fecha en que se inicie las descargas, un informe de seguimiento de la calidad del agua que se descarga, el cual deberá ser presentado a las autoridades competentes, una vez por semana.

RECEIVED  
 JUN 22 1987  
 QUIMICAS  
 DE MEXICO, S.A.

*[Handwritten signature]*



SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO  
Y ECOLOGÍA

SUBSECRETARÍA DE ECOLOGÍA  
Dirección General de Prevención y  
Control de la Contaminación Ambiental

410.-1484 3

- 4 -

QUINTA

Los cambios, modificaciones o alteraciones del punto final de vertido señalado en la disposición primera de la presente notificación, sólo podrán efectuarse cuando las condiciones del cuerpo receptor lo requieran y previa autorización de la Secretaría. Cualquier cambio, modificación o alteración ~~facultada~~ a la Secretaría para ~~establecer~~ fijar nuevas condiciones particulares de descarga.

SEXTA.

El responsable de las descargas deberá informar por escrito a la Secretaría cualquier cambio, modificación o alteración de las actividades que generan dicha descarga. Cualquier cambio, modificación o alteración en las actividades que determine variaciones en las descargas de aguas residuales, facultará a la Secretaría para que modifique o fije nuevas condiciones particulares de descarga.

SEPTIMA

Las condiciones particulares de descarga que se le notifican, tendrán una vigencia máxima de ~~cinco~~ años, al término de los cuales podrán ser modificadas si a juicio de la Secretaría la situación demográfica y ecológica así lo requiere, excepto cuando se ponga en peligro la salud pública o el equilibrio de los ecosistemas, en cuyo caso podrán modificarse en cualquier tiempo.

EMPRESAS QUÍMICAS  
DE MÉXICO, S.A.

MAY 22 1977

RECIBIDO



SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO  
Y ECOLOGIA

SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA  
Dirección General de Prevención y  
Control de la Contaminación Ambiental

410.-1444 5

- 5 -

OCTAVA

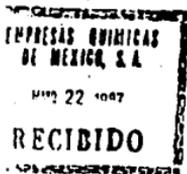
El responsable de las descargas deberá ejecutar las obras necesarias y cumplir con las condiciones particulares de descarga fijadas en el presente oficio dentro de un plazo de trece meses contados a partir de la fecha en que surta efectos la notificación del presente oficio.

NOVENA

El responsable de las descargas, en un plazo de treinta días hábiles a partir de que surta sus efectos la notificación de este escrito, deberá presentar a esta Secretaría el programa de las obras para cumplir con las condiciones particulares de descarga y demás disposiciones que aquí se establecen. Dicho programa deberá contener un diagrama de barras calendarizado, en el que se indiquen las fechas de inicio y terminación de cada etapa programada para la construcción y puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas residuales de tal manera que éstas puedan ser verificadas cada tres meses.

DECIMA

Esta Secretaría podrá en todo momento verificar que las descargas de aguas residuales se ajusten a las condiciones particulares de descarga fijadas.



*J.P.*

*d.*



SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO  
Y ECOLOGIA

SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA  
Dirección General de Prevención y  
Control de la Contaminación Ambiental

410.-1484 5

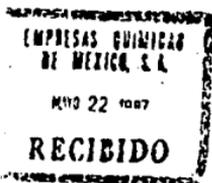
- 6 -

Los responsables de la descarga deberán cumplir con las condiciones particulares de descarga y demás disposiciones que aquí se estipulan, apoyándoles que de no hacerlo se harán acreedores a las sanciones establecidas en el capítulo Décimo Tercero de la Ley Federal de Protección al Ambiente.

Atentamente  
SUFRAGIO ELECTIVO NO REELECCION  
El Director General

ARQ. RENE ALTAMIRANO PEREZ

- C.c. C. Fís. Sergio Reyes Luján, Subsecretario de Ecología.-presente  
C. Lic. Pedro Astudillo Ursúa, Director General de Asuntos Jurídicos, Vicente Egua 46 piso 11, col. San Miguel Chapultepec, 11850 México, D. F.  
C. Lic. Miguel García Arteaga, Delegado Estatal de la SEDUE, Km. 196+161 con 500 mts. desviación Izq. Querétaro, A.P. 489, San Luis Potosí, S.L.P.  
C. Ing. Jorge Ornelas Rodríguez, Director de Área de Normas y Vigilancia.-Presente.  
C. Dr. Humberto César Rodarte-Ramón.- Subdelegado de Ecología de la SEDUE en el Edo. de S.L.P. Presente.  
C. Ing. Jaime de la Cruz Noguera.- Subdirector de Vigilancia.- Presente.  
Archivo de la Dirección General.



# GACETA ECOLOGICA

VOLUMEN III

NUMERO 17

SEPTIEMBRE DE 1991

## INDICE

### SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA

Decreto por el que se declara área natural protegida en la categoría de Monumento Natural el Cerro de la Silla, con la superficie que se indica, ubicada en los Municipios de Guadalupe y Monterrey, Nuevo León . . . . . 2

Decreto por el que se establece veda temporal y parcial respecto de las especies forestales en todas sus variedades, ubicadas dentro de los límites del Estado de México (Segunda publicación) . . . . . 6

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-002/91, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas, así como los requisitos de control de emisiones fugitivas, originadas por las fuentes fijas dedicadas a la fabricación, distribución o almacenamiento de cemento . . . . . 7

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-014/91, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO), provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, con peso bruto vehicular mayor a 3,000 kg. . . . . 10

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-026/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, y las condiciones para las descargas de aguas residuales provenientes de restaurantes o de hoteles, a cuerpos receptores . . . . . 12

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-029/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de contaminantes para las descargas de aguas residuales provenientes de hospitales a cuerpos receptores . . . . . 15

• Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-030/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes,

(Ver a la pág. 44)



SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA

(Viene de la pág. 1)

• para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores . . . . .	17
Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-031/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal provenientes de la industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografía y el tratamiento de aguas residuales . . . . .	20
Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-032/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola . . . . .	23
Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAM-001/91, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición . . . . .	26
Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAM-004/91, que establece el método de medición para determinar la concentración de dióxido de nitrógeno en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración del equipo de medición . . . . .	30
<b>AVISOS</b>	
Manifestaciones de Impacto Ambiental Disponibles para Consulta al Público . . .	37
<b>ENTIDADES FEDERATIVAS</b>	
Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Guerrero . .	41

PARAMETROS	Promedio diario	Instantáneo
Coliformes fecales NMP/100 ml.	1000.0	2000.0
Materia flotante	0.0	0.0
Cloro libre residual (mg/l)	0.2	0.4

**ARTICULO 5o.**—En el caso en que la Secretaría identifique descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 4o. de esta norma técnica ecológica, causen efectos negativos en el cuerpo de agua al fijar las condiciones particulares de descarga a que se refiere el artículo 123 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, podrá señalar límites máximos permisibles más estrictos para los parámetros previstos en dicho artículo y, en su caso, además límites máximos permisibles para los parámetros siguientes:

Fósforo

Nitrógeno

Oxígeno disuelto

Sustancias activas al azul de metileno

Temperatura

**ARTICULO 6o.**—Los valores de los parámetros de los contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de hospitales a cuerpos receptores, se obtendrán del análisis de muestras compuestas, se obtendrán de la mezcla de muestras simples, tomadas en volúmenes proporcionales al caudal, medido éste en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la siguiente tabla:

Horas por día que opera el servicio generador de la descarga	Núm. de muestras	Intervalo entre toma de muestras simples (horas)	
		mínimo	máximo
hasta 8	3	2	4
más de 8 y hasta 12	4	2.6	4
más de 12 y hasta 18	4	4	6
más de 18 y hasta 24	5	4.5	6

**ARTICULO 7o.**—El reporte de los valores de los parámetros de los contaminantes de las descargas

de aguas residuales, obtenidos mediante el análisis de las muestras compuestas a que se refiere el artículo anterior, se integrará en los términos que establezcan las disposiciones legales aplicables.

**ARTICULO 8o.**—Para determinar los valores de los parámetros de los contaminantes previstos en esta Norma Técnica Ecológica, se aplicarán los métodos de análisis establecidos en las normas oficiales mexicanas aplicables o, en su caso, en las Normas Técnicas Ecológicas que expida la Secretaría.

**ARTICULO 9o.**—Esta Norma Técnica Ecológica será revisada periódicamente, de conformidad con el procedimiento jurídico-administrativo establecido con objeto de actualizar los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales previstos en la misma, de acuerdo con el desarrollo tecnológico en la materia y a los requerimientos que la autoridad determine.

**ARTICULO 10.**—El incumplimiento a las disposiciones contenidas en el presente Acuerdo será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y los demás ordenamientos legales que resulten aplicables.

### TRANSITORIO

**UNICO.**—El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el *Diario Oficial* de la Federación.—El Secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, *Patricio Chirinos Calero*.—Rúbrica.

**NOTA.**—En la formulación de esta Norma Técnica participaron: el Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos; la Asociación Mexicana contra la Contaminación del Agua y del Aire, A.C.; la Cámara Nacional de Hospitales, Sanatorios, Maternidades y Clínicas Particulares, el Instituto Mexicano del Seguro Social, y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

*Diario Oficial de la Federación del 20 de septiembre de 1991*

**ACUERDO por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-030/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.—Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

**PATRICIO CHIRINOS CALERO**, Secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en los artículos 37, fracciones I, XVII y XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 10, fracción VI, 50, fracciones VIII y XV, 80, fracción VII, 36, 37, 117 fracción III, 119 fracción I inciso A, 120 fracción I, 122, 123, 162, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, he dictado acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-030/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores, con base en los siguientes:

### CONSIDERANDOS

Que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece que todas las descargas de aguas residuales a las redes colectoras, ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en los terrenos, deberán observar las Normas Técnicas Ecológicas que establezcan los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para dichas descargas y, en su caso, las condiciones particulares de éstas que file la Secretaría, a fin de asegurar una calidad del agua satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Que para prevenir el deterioro ecológico en los cuernos receptores se requiere controlar, entre otras, las descargas de aguas residuales que contengan desechos orgánicos, inorgánicos y microbiológicos a dichos cuerpos, ya que cuando se rebasan los límites de su capacidad de autodepuración, modifican las características físicas, químicas y biológicas naturales de éstos.

Que por el tipo y la cantidad de contaminantes que caracterizan a las aguas residuales de la industria de jabones y detergentes, sus descargas a los cuerpos receptores, además de impedir o limitar su uso, producen efectos adversos en los ecosistemas, por lo que es necesario fijar los valores de los límites máximos permisibles de los parámetros de contaminantes que deberán satisfacer estas descargas.

Que para la determinación de dichos límites máximos permisibles se estudiaron las posibilidades técnicas de remoción de contaminantes que generan estas actividades de acuerdo con las experiencias nacionales y la bibliografía internacional al respecto.

Que asimismo, se consideró la factibilidad técnica y económica de instrumentar procesos de depuración por parte de los responsables de las descargas y la efectividad de estos procesos.

Que es posible observar los valores de los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, que señala la presente Norma Técnica Ecológica, utilizando alguno o la combinación de los siguientes procesos: neutralización, floculación, sedimentación, alreación, separación de grasas y aceites, filtración, coagulación, homogeneización, tratamiento biológico, tratamiento anaerobio o, en su caso, aquellos tratamientos que aseguren resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los procesos mencionados.

Que para fijar los valores contenidos en esta Norma Técnica Ecológica, correspondientes a las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores, participó la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión Nacional del Agua.

En mérito de lo anterior, he tenido a bien dictar el siguiente:

### ACUERDO

**ARTICULO 1o.**—Se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-030/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores.

**ARTICULO 2o.**—Esta Norma Técnica Ecológica es de observancia obligatoria para el responsable de las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores.

**ARTICULO 3o.**—Para los efectos de esta Norma Técnica Ecológica se considerarán, además de las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las siguientes:

**AGUAS RESIDUALES:** Líquido de composición variada proveniente de los usos domésticos, de fraccionamientos, agropecuario, industrial, comercial, de servicio o de cualquier otro uso, que por este motivo haya sufrido degradación de su calidad original.

**AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE JABONES Y DETERGENTES:** Aquellas que provienen del proceso de saponificación de grasas y alcalis.

**CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES:** Conjunto de los parámetros físicos, químicos y biológicos, y de sus niveles máximos permitidos en una descarga de aguas residuales, determinados en función de un punto final de descarga, con el fin de asegurar que al mezclarse con el cuerpo receptor, éste no sobrepasará las nor-

mas de calidad del uso a que está destinado, garantizando con ello el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

**CUERPOS RECEPTORES:** Lagos, lagunas, acuíferos, redes colectoras, con excepción de los si temas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, ríos y sus afluentes directos o indirectos, permanentes o intermitentes, presas, cuencas, cauces, canales, embalses, cenotes, manantiales, lagunas litóricas, estuarios, esteros, marismas, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como el suelo y el subsuelo que reciban o puedan recibir directa o indirectamente descarga de aguas residuales.

**DESCARGA:** Acción de verter directa o indirectamente aguas residuales en algún cuerpo receptor o a sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o

municipal, que incluye los procesos de infiltración e inyección.

**MUESTRA COMPUESTA:** La que resulta de mezclar varias muestras simples.

**MUESTRA SIMPLE:** Aquella tomada ininterrumpidamente durante el período necesario para completar un volumen proporcional al caudal, de manera que resulte representativo de la descarga de aguas residuales, medido éste en el sitio y en el momento del muestreo.

**ARTICULO 4o.**—Los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores, son los que a continuación se indican:

#### LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

Parámetros	Promedio diario	Instantáneo
pH (unidades de pH)	6 a 9	6 a 9
Sólidos suspendidos (mg/l)	50.0	100.0
Grasas y aceites (mg/l)	40.0	80.0
Sólidos sedimentables (ml/l)	1.0	2.0
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (mg/l)	50.0	100.0
Demanda química de oxígeno (DQO) (mg/l)	150.0	300.0
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) (mg/l)	5.0	10.0
Cloro libre residual (mg/l)	0.2	0.4

**ARTICULO 5o.**—Los límites máximos permisibles de los coliformes fecales, medidos como número más probable por cada 100 mililitros, en las descargas de aguas residuales provenientes de los servicios sanitarios de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores son:

- 1 000 como límite promedio diario y 2 000 como límite máximo instantáneo, cuando las aguas residuales de servicios sanitarios escurren libremente sobre el suelo o sean descargadas a un cuerpo receptor, mezclados o no con las aguas residuales del proceso industrial.
- Sin límite, en el caso de aquellas aguas residuales de servicios sanitarios, que se descarguen separadamente de las descargas del proceso industrial y que el proceso para su depuración prevea su infiltración en terrenos, de manera que no se cause un efecto adverso en los cuerpos receptores.

**ARTICULO 6o.**—En el caso en que la Secretaría identifique descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el

artículo 4o. de esta Norma Técnica Ecológica causen efectos negativos en el cuerpo receptor, al fijar las condiciones particulares de descarga a que se refiere el artículo 123 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, podrá señalar límites máximos permisibles más estrictos para los parámetros previstos en dicho artículo y, en su caso, además límites máximos permisibles para los parámetros siguientes:

FOSFORO  
 NITROGENO  
 OXIGENO DISUELTO  
 SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO  
 TEMPERATURA  
 MATERIA FLOTANTE  
 RELACION DE ABSORCION DE SODIO (R.A.S.)

**ARTICULO 7o.**—Los valores de los parámetros de los contaminantes en las descargas de aguas resi-

duales, provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores, se obtendrán del análisis de muestras compuestas, que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal, medido éste en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la siguiente tabla:

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Núm. de muestras	Intervalo entre toma de muestras simples (horas)	
		mínimo	máximo
hasta 8	3	2	4
más de 8 y hasta 12	4	2.6	4
más de 12 y hasta 18	4	4	6
más de 18 y hasta 24	5	4.5	6

En el caso de que durante el periodo de operación del proceso generador de la descarga, ésta no se presente en forma continua, el responsable de dicha descarga deberá presentar a consideración de la autoridad competente, la información mediante la cual se describa el régimen de operación de la misma y el programa de muestreo para la medición de los parámetros contaminantes.

**ARTÍCULO 8o.**—El reporte de los valores de los parámetros de los contaminantes de las descargas de aguas residuales, obtenidos mediante el análisis de las muestras compuestas a que se refiere el artículo anterior, se integrará en los términos que establezcan las disposiciones legales aplicables.

**ARTÍCULO 9o.**—Para determinar los valores de los parámetros de contaminantes previstos en esta norma técnica ecológica, se aplicarán los métodos de análisis establecidos en las normas oficiales mexicanas aplicables o, en su caso, las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría.

**ARTÍCULO 10.**—Esta norma técnica ecológica será revisada periódicamente, de conformidad con el procedimiento jurídico-administrativo establecido con el objeto de actualizar los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales previstos en la misma, de acuerdo con el desarrollo tecnológico en la materia y a los requerimientos que la autoridad determine.

**ARTÍCULO 11.**—El incumplimiento a las disposiciones contenidas en el presente Acuerdo será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y los demás ordenamientos legales que resulten aplicables.

## TRANSITORIO

**UNICO.**—El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el *Diario Oficial* de la Federación.—El Secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, *Patricio Chirinos Calero*.—Rúbrica.

**NOTA.**—En la formulación de esta Norma Técnica Ecológica participaron: el Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos; la Asociación Mexicana contra la Contaminación del Agua y del Aire, A.C., y la Cámara Nacional de la Industria de Aceres, Grusas y Jabones.

*Diario Oficial* de la Federación del 20 de septiembre de 1991

**ACUERDO** por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-031/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal provenientes de la industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolinerías, tintorerías, revelado de fotografía y el tratamiento de aguas residuales.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.—Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

**PATRICIO CHIRINOS CALERO**, Secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en los artículos 37, fracciones I, XVII y XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., fracción VI, 5o., fracciones VIII y XV, 8o., fracción VII, 36, 37, 117, fracción III, 119, fracción I, inciso A, y V, 120, fracción I, 122, 123, 128, 162, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, he dictado acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-031/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, provenientes de la industria o de los servicios que en la misma se mencionan, con base en los siguientes:

## CONSIDERANDOS

Que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece que todas las descargas de aguas residuales, entre otras, a las redes colectoras, como los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, deberán observar las normas técnicas ecológicas que establezcan los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para dichas descargas y, en su caso, las condiciones particulares de éstas que fije la auto-

NOM-AA-57-1981	Análisis de agua - Determinación del plomo - Método colorimétrico de la diltizona.
NOM-AA-64-1981	Análisis de agua - Determinación del mercurio - Método colorimétrico de la diltizona.
NOM-AA-66-1981	Análisis de agua - Determinación de cobre - Método colorimétrico de la ncoopropina.
NOM-AA-73-1981	Análisis de agua - Determinación de cloruros - Método argentométrico.
NOM-AA-76-1982	Análisis de agua - Determinación de níquel - Método colorimétrico de la dimetilgloxina.
NOM-AA-78-1982	Análisis de agua - Determinación de zinc - Métodos colorimétricos de la diltizona I, la diltizona II y espectrofotometría de absorción atómica.
NOM-AA-84-1982	Análisis de agua - Determinación de sulfuros - Método colorimétrico del azul de metileno e iodométrico.

## TRANSITORIO

UNICO.—El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el *Diario Oficial de la Federación*.

Ciudad de México, a 29 de julio de mil novecientos ochenta y ocho; Manuel Camacho Solís-Rúbrica.

—•••—

**ACUERDO por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-004/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes excepto las que produzcan ácido fosfórico como producto intermedio.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

MANUEL CAMACHO SOLÍS, SECRETARIO DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LOS ARTICULOS 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL; 1o. FRACCION VI, 5o. FRACCIONES VIII Y XV, 8o. FRACCIONES VII Y VIII, 3o. 37, 117 FRACCION III, 119 FRACCION I INCISO A Y 133 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, HE DICTADO ACUERDO POR EL QUE SE EXPIDE LA NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CCA-004/88, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES Y EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN CUERPOS DE AGUA, PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DE FABRICACION DE FERTILIZANTES EXCEPTO LAS QUE PRODUZCAN ACIDO FOSFORICO COMO PRODUCTO INTERMEDIO, CON BASE EN LOS SIGUIENTES:

## CONSIDERANDOS

Que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece que todas las descargas de aguas residuales en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, deberán satisfacer las normas técnicas ecológicas que establezcan los límites máximos permisibles de contaminantes en dichas descargas, a fin de asegurar una calidad del agua satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Que para prevenir el deterioro ecológico en las principales cuencas hidrológicas del país, se requiere controlar, entre otras, las descargas de aguas residuales del sector industrial.

Que la industria de fabricación de fertilizantes, genera desechos orgánicos e inorgánicos mezclados con aguas excedentes de los procesos de producción, así como aguas de servicio, las cuales, al ser descargadas en los cuerpos de agua modifican las características físicoquímicas y biológicas naturales de estos cuerpos, disminuyendo en consecuencia su capacidad de autodepuración.

Que por el tipo y la cantidad de contaminantes que caracterizan a las aguas residuales de la industria de fabricación de fertilizantes, sus descargas a los cuerpos de agua, además de impedir o limitar su uso, producen efectos adversos en los ecosistemas, por

lo que es necesario fijar los límites máximos permisibles de contaminantes en estas descargas.

Que para la determinación de los límites máximos permisibles, se estudiaron las posibilidades técnicas de remoción de contaminantes que genera esta industria, de acuerdo con las experiencias nacionales y la bibliografía internacional al respecto. Asimismo, se consideró la factibilidad técnica y económica de instrumentar procesos de depuración por parte de los responsables de las descargas y la efectividad de estos procesos en el control de las fuentes generadoras.

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para la industria de fabricación de fertilizantes, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Ajuste de pH y adición de óxido de calcio, nitrificación-desnitrificación.

Que en la determinación de los límites máximos permisibles de descarga participó la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

En mérito de lo anterior, he tenido a bien dictar el siguiente:

#### ACUERDO

**ARTICULO 1o.**—Se expide la norma técnica ecológica NTE-CCA-004/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes excepto las que produzcan ácido fosfórico como producto intermedio.

**ARTICULO 2o.**—Esta norma técnica ecológica es de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria para la industria de fabricación de fertilizantes excepto las que produzcan ácido fosfórico como producto intermedio, que descarguen aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua.

**ARTICULO 3o.**—Para los efectos de esta norma técnica ecológica se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y las siguientes:

**AGUAS RESIDUALES:** Aquellas que provienen de los procesos de extracción, beneficio, transformación, generación de bienes de consumo o de sus actividades y servicios complementarios.

**CUERPOS DE AGUA:** Aquellos que se encuentran contenidos en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua que puedan recibir descargas de aguas residuales.

**DESCARGA:** Acción de verter aguas residuales en algún cuerpo de agua.

**ARTICULO 4o.**—Los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes, son los que se establecen en la siguiente tabla:

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	promedio diario	instantáneo
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	30	35
Fluoruros (mg/l)	20	25
Fósforo total (mg/l)	40	48
Nitrógeno total (mg/l)	50	60

En el caso de las plantas que producen urea, las concentraciones de este último parámetro serán:

Nitrógeno total (mg/l)	150	300
------------------------	-----	-----

**ARTICULO 5o.**—Además de los parámetros anteriores, serán incluidos en las condiciones particulares de descarga, los siguientes:

- Temperatura
- Sólidos disueltos
- Cloruros
- Sulfatos
- Metales pesados

**ARTICULO 6o.**—El procedimiento para la obtención de los valores promedio diarios de contaminantes en las descargas de aguas residuales, se hará mediante el análisis de muestras compuestas que resultan de la mezcla de muestras instantáneas tomadas de acuerdo a la tabla siguiente:

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Intervalo entre toma de muestras instantáneas (horas)
8	3
12	3
24	4

**ARTICULO 7o.**—Los límites máximos permisibles de coliformes totales medidos como número más probable por cada 100 mililitros en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes, considerando las aguas de servicio son:

- a) 10,000 como límite promedio diario y 20,000 como límite instantáneo, cuando se permita el escurrimiento libre de las aguas residuales de servicios o su descarga a un cuerpo de agua, mezcladas o no con las aguas residuales del proceso industrial.
- b) Sin límite, en el caso de que las aguas residuales de servicios se descarguen separadamente y el proceso para su depuración prevenga su infiltración en terrenos de mancha que no se cause un efecto adverso en los cuerpos de agua.

**ARTICULO 8o.**—Los métodos de prueba que se aplicarán para determinar los valores de los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de la industria de fabricación de fertilizantes, son los contenidos en las normas oficiales mexicanas siguientes:

NOM-AA-3-1980	Aguas Residuales - Muestreo
NOM-AA-7-1980	Aguas - Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro.
NOM-AA-8-1980	Aguas - Determinación de pH - Método potenciométrico.
NOM-AA-14-1980	Cuerpos receptores - Muestreo.
NOM-AA-20-1980	Aguas - Determinación de sólidos disueltos totales - Método gravimétrico.
NOM-AA-26-1980	Aguas - Determinación de nitrógeno total - Método Kjeldahl.
NOM-AA-29-1981	Aguas - Determinación del fósforo total - Método colorimétrico del azul de molibdeno o cloruro estannoso.
NOM-AA-34-1981	Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico.
NOM-AA-42-1981	Análisis de aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales - Método de tubos múltiples de fermentación.
NOM-AA-51-1981	Análisis de agua - Determinación de metales - Método espectrofotométrico de absorción atómica.
NOM-AA-73-1981	Análisis de agua - Determinación de cloruros - Método argentométrico.
NOM-AA-74-1981	Análisis de agua - Determinación del ión sulfato - Métodos gravimétrico y turbidimétrico.
NOM-AA-77-1982	Análisis de agua - Determinación de fluoruros - Método colorimétrico del S.P.A.D.N.S.

#### TRANSITORIO

UNICO.—El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Ciudad de México, a 29 de julio de mil novecientos ochenta y ocho.—Manuel Camacho Solís.—Rúbrica.

—oOo—

**ACUERDO por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTF-CCA-005/88**, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de productos plásticos y polímeros sintéticos.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.—Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

MANUEL CAMACHO SOLIS, SECRETARIO DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LOS ARTICULOS 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL; 1o.

ANEXO 10.1

LISTA DE PROYECTOS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO  
SECTORIAL EN DESARROLLO

*Secretaría de Turismo (Sectur)*

- Proyecto de ordenamiento ecológico de la región de Aca-pulco, Gro.
- Proyecto de ordenamiento ecológico urbano y turístico y proyectos normativos, sectoriales y de instrumentación para el corredor Cancún-Tulum, Q. Roo.
- Proyecto de ordenamiento ecológico del sistema lagunar Nichupté, Q. Roo.
- Proyecto de ordenamiento ecológico de "El Realito", Istapa Zihuatanejo, Gro.
- Proyecto de ordenamiento ecológico urbano y turístico de Los Cabos, B.C.S.
- Proyecto de ordenamiento ecológico urbano y turístico de Loreto-Nopolu, B.C.S.
- Proyecto de ordenamiento ecológico urbano y turístico de Bahía de Banderas, Nay.
- Proyecto de ordenamiento ecológico urbano y turístico de la microrregión Estero de Punta Banda-La Bufadora, B.C.

*Secretaría de Pesca (Sepesca)*

En coordinación con la Sepesca y los gobiernos estatales de Nayarit y Sinaloa se elaboran los siguientes:

- Proyecto de ordenamiento ecológico acuícola de la costa de Nayarit.
- Proyecto de ordenamiento ecológico acuícola de la costa de Sinaloa.

Ambos proyectos comprenden la macrorregión desde Las Grullas en Sinaloa hasta San Blas en Nayarit.

También se tiene contemplada la elaboración de los proyectos de ordenamiento ecológico acuícola en los estados de Chiapas, Oaxaca y Sonora.

*Secretaría de Energía, Minas e Industria Paralela (SEMIP)*

En coordinación con la Dirección General de Minas y con otros organismos que realizan proyectos, obras y actividades mineras, se han comprometido con la Cámara Minera de México para la realización del Programa de Ordenamiento Ecológico y Minero para la región de Guadalupe, Zac., mismo que se encuentra en su fase de elaboración. Este programa es de gran importancia, puesto que ha sido de los concertados con el sector social, lo que implica grandes expectativas del interés que tiene este sector en el mejoramiento y la protección del ambiente natural.

*Comisión Federal de Electricidad (CFE)*

Por la magnitud e importancia de las actividades relacionadas con la generación de energía eléctrica, se formularon los criterios ecológicos que deberán observarse en la selección de sitios, cooperación e instalación de sistemas hidroeléctricos; centrales termoeléctricas y aprovechamientos geotérmicos; así como los aspectos referentes a las líneas de conducción de energía eléctrica. Hasta el momento se han comprometido 23 programas de ordenamiento ecológico, los cuales, además, ya cuentan con financiamiento de parte del organismo responsable (CFE).

Para 1990 se tienen considerados los siguientes proyectos de ordenamiento ecológico para obras de generación de energía eléctrica:

- Central termoeléctrica Colmi, Colima-Michoacán.
- Central termoeléctrica Puerto Altamira, Tamps.
- Central termoeléctrica Petacalco, Gro.
- Central termoeléctrica Punta San Carlos, B.C.S.
- Central termoeléctrica Ensenada, B.C.S.
- Central hidroeléctrica Aguamilpa, Nay.
- Central hidroeléctrica Zimapan, Hgo.
- Central hidroeléctrica Boca del Cerro, Tab.-Chis.
- Central hidroeléctrica La Parota, Gro.
- Central geotermoeléctrica Cierro Prieto, B.C.
- Central geotermoeléctrica Los Azules, Mich.

## ANEXO 10.2

## LEYES, DECRETOS Y NORMAS EXPEDIDOS

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (5 de febrero de 1917)

I. *Leyes*

1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (*Diario Oficial* del 28 de enero de 1988).

II. *Reglamentos*

1. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas. (*Diario Oficial* de 29 de marzo de 1973).
2. Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido. (*Diario Oficial* de 6 de diciembre de 1982).
3. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental. (*Diario Oficial* de 7 de junio de 1988).

4. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente para la Prevención y Control de la Contaminación Generada por los Vehículos Automotores que Circulan por el Distrito Federal y los municipios de su zona conurbada. (*Diario Oficial* de 25 de noviembre de 1988).

5. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos (*Diario Oficial* de 25 de noviembre de 1988).

6. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. (*Diario Oficial* de 25 de noviembre de 1988).

III. *Decretos*

1. Decreto por el que se reforman los artículos 27 y 73 Constitucionales (*Diario Oficial* de 10 de agosto de 1987).

IV. *Acuerdos por los que se expiden las siguientes Normas Técnicas Ecológicas y Criterios Ecológicos*

<i>Clase de la norma</i>	<i>Nombre de la norma</i>	<i>Fecha de publicación Diario Oficial</i>
NTE-CCA-001-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales.	4-VIII-88
NTE-CCA-002-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria productora de azúcar de caña.	4-VIII-88
NTE-CCA-003-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de refinación de petróleo crudo, sus derivados y petroquímica básica.	4-VIII-88
NTE-CCA-004-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de	4-VIII-88

	contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias de fabricación de fertilizantes excepto las que produzcan ácido fosfórico como producto intermedio.	
NTE-CCA-005-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias de fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos.	4-VIII-88
NTE-CCA-006-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias de fabricación de harinas.	6-VI-88
NTE-CCA-007-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de la cerveza y de la malta.	4-VIII-88
NTE-CCA-008-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias de fabricación de asbestos de construcción.	6-VI-88
NTE-CCA-009-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.	4-VIII-88
NTE-CCA-010-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de manufactura de vidrio plano.	6-VI-88
NTE-CCA-011-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de productos de vidrio prensado y soplado.	6-VI-88
NTE-CCA-012-88	Límites máximos permisibles y procedimientos para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de fabricación de caucho sintético, llantas y cámaras.	6-VI-88
NTE-CCA-013-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria del hierro y acero.	4-VIII-88
NTE-CCA-014-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria textil.	4-VIII-88
NTE-CCA-015-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de celulosa y papel.	4-VIII-88
NTE-CCA-016-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de bebidas gaseosas.	4-VIII-88
NTE-CCA-017-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de acabados metálicos.	19-X-88
NTE-CCA-018-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones.	6-VI-88
NTE-CCA-019-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero.	6-VIII-88
NTE-CCA-020-88	Límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores.	6-VI-88

12. Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares (*Diario Oficial* del 31 de diciembre de 1979).
13. Ley de Fomento Agropecuario (*Diario Oficial* del 2 de enero de 1981).
14. Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear (*Diario Oficial* del 4 de febrero de 1985).
15. Ley Federal del Mar (*Diario Oficial* del 8 de enero de 1986).
16. Ley Orgánica del Banco Nacional Pesquero y Portuario (*Diario Oficial* del 13 de enero de 1986).
17. Ley Orgánica del Sistema Banrural (*Diario Oficial* del 13 de enero de 1986).
18. Ley Forestal (*Diario Oficial* del 30 de mayo de 1986).
19. Ley Federal de Pesca (*Diario Oficial* del 26 de diciembre de 1986).
20. Ley de Distritos de Desarrollo Rural (*Diario Oficial* del 28 de enero de 1988).

## II. Reglamentos

1. Reglamento de la Ley de Aguas de Propiedad Nacional (*Diario Oficial* del 21 de abril de 1936).
2. Reglamento de Parques Nacionales e Internacionales (*Diario Oficial* del 20 de mayo de 1942).
3. Reglamento de la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en el ramo del Petróleo (*Diario Oficial* del 25 de agosto de 1959).
4. Reglamento de la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en el ramo del Petróleo en materia Petroquímica. (*Diario Oficial* del 9 de febrero de 1971).
5. Reglamento para la expedición de Certificados de Inafectabilidad Agropecuaria (*Diario Oficial* del 21 de septiembre de 1973).
6. Reglamento del artículo 124 de la Ley Federal de Aguas (*Diario Oficial* del 3 de diciembre de 1975).
7. Reglamento para la Determinación de Coeficiente de Agostadero (*Diario Oficial* del 30 de agosto de 1978).
8. Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras materias (*Diario Oficial* del 23 de enero de 1979).
9. Reglamento de la Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos en materia de Movilización de Animales y sus Productos (*Diario Oficial* del 11 de julio de 1979).
10. Reglamento de la Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos en materia de Sanidad Vegetal (*Diario Oficial* del 18 de enero de 1980).
11. Reglamento de la Ley de Fomento Agropecuario (*Diario Oficial* del 23 de noviembre de 1981).
12. Reglamento de la Ley Federal de Pesca (*Diario Oficial* del 7 de enero de 1988).
13. Reglamento de la Ley Forestal (*Diario Oficial* del 13 de julio de 1988).
14. Reglamento de la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en materia Minera (*Diario Oficial* del 27 de septiembre de 1990).

## III. Decretos

1. Decreto que establece estímulos fiscales para el desarrollo y fomento integral de la actividad forestal (*Diario Oficial* del 10 de julio de 1985).
2. Decreto que establece la codificación y clasificación de mercancías cuya importación esté sujeta a regulaciones sanitarias, fitoosanitarias y ecológicas (*Diario Oficial* del 9 de noviembre de 1988).
3. Decreto por el que se crea la Comisión Nacional del Agua como órgano administrativo desconcentrado de la SARH (*Diario Oficial* del 16 de enero de 1989).
4. Decreto por el que se declara veda total e indefinida, del aprovechamiento forestal y de la flora silvestre, así como de la caza y captura de fauna silvestre dentro de la zona descrita (*Diario Oficial* del 20 de septiembre de 1989).
5. Decreto por el que se aprueba el programa sectorial de mediano plazo, denominado Programa Nacional de Modernización de la Minería 1990-1994 (*Diario Oficial* del 6 de junio de 1990).
6. Decreto por el que se aprueba el programa sectorial de mediano plazo, denominado Programa Nacional de Desarrollo de la Pesca y sus recursos 1990-1994 (*Diario Oficial* del 17 de octubre de 1990).
7. Declaratoria de zona de desarrollo prioritario del Corredor Turístico Ecológico denominado Costalegre en el estado de Jalisco, con una superficie de 5 772 ha (*Diario Oficial* del 5 de diciembre de 1990).

## IV. Acuerdos

1. Acuerdo por el que se crea un órgano técnico administrativo que se denominará Comisión para el Aprovechamiento de Aguas Salinas (*Diario Oficial* del 23 de abril de 1971).
2. Acuerdo por el que el Plan Nacional de Contingencia para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas en el Mar será de carácter permanente y de interés social (*Diario Oficial* del 15 de abril de 1981).

3. Acuerdo por el que se crea la Comisión de Energéticos (*Diario Oficial* del 27 de febrero de 1973).

4. Acuerdo por el que se delegan facultades para la expedición de permisos limitados de caza en los subdelegados de Ecología y en los jefes de las unidades de Asuntos Jurídicos de las Delegaciones de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en las Entidades Federativas (*Diario Oficial* del 1 de noviembre de 1983).

5. Acuerdo por el que el Consejo Nacional de la Fauna, A.C., será órgano de consulta oficial y apoyo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología por lo que se refiere al uso cinegético y a la fauna, con las funciones que se indican (*Diario Oficial* del 24 de enero de 1986).

6. Acuerdo por el que se establecen Distritos de Desarrollo Rural, los cuales comprenden zonas con características ecológicas y socioeconómicas homogéneas para la actividad agropecuaria, forestal, acuícola y agroindustrial bajo condiciones de riego, de drenaje, de temporal y de acuicultura, con objeto de planear, fomentar y promover el desarrollo rural integral (*Diario Oficial* del 16 de julio de 1987).

7. Acuerdo por el que se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (*Diario Oficial* del 28 de septiembre de 1989).

#### LEGISLACIÓN COMPLEMENTARIA EN MATERIA AMBIENTAL

##### I. Leyes

1. Leyes de Vías Generales de Comunicación (*Diario Oficial* del 19 de febrero de 1940).

2. Ley General de Asentamientos Humanos (*Diario Oficial* del 26 de mayo de 1976).

3. Ley de Obras Públicas (*Diario Oficial* del 30 de diciembre de 1980).

4. Ley de Planeación (*Diario Oficial* del 5 de enero de 1983).

5. Ley Federal de Turismo (*Diario Oficial* del 6 de febrero de 1984).

6. Ley Federal de Vivienda (*Diario Oficial* del 7 de febrero de 1984).

7. Ley General de Bienes Nacionales (*Diario Oficial* del 8 de enero de 1982).

8. Ley General de Salud (*Diario Oficial* del 7 de febrero de 1984).

9. Ley Federal sobre Metrología y Normalización (*Diario Oficial* del 26 de enero de 1988).

10. Ley Federal para el Fomento de la Microindustria (*Diario Oficial* del 26 de enero de 1988).

##### II. Reglamentos

1. Reglamento para los establecimientos industriales o comerciales molestos, insalubres o peligrosos (*Diario Oficial* del 6 de noviembre de 1940).

2. Reglamento de la Zona Federal Marítima, Terrapuerto y de los Terrenos Ganados al Mar (*Diario Oficial* del 17 de junio de 1982).

3. Reglamento de la Ley de Obras Públicas (*Diario Oficial* del 13 de febrero de 1985).

4. Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Sanidad Internacional (*Diario Oficial* del 18 de febrero de 1985).

5. Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios (*Diario Oficial* del 18 de enero de 1988).

6. Reglamento del Artículo 127 de la Ley de Vías Generales de Comunicación (*Diario Oficial* del 2 de septiembre de 1988).

##### III. Decretos

1. Decreto relativo a la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos que por su naturaleza pueden causar daños al ambiente o a la propiedad o constituyen un riesgo a la salud o bienestar públicos (*Diario Oficial* del 19 de enero de 1987).

2. Decreto que establece estímulos fiscales para el fomento de las actividades de prevención y control de la contaminación ambiental (*Diario Oficial* del 3 de agosto de 1987).

3. Decreto por el que se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 (*Diario Oficial* del 31 de mayo del 1989).

4. Decreto por el que se aprueba el programa sectorial de mediano plazo denominado Programa Nacional de Vivienda 1990-1994 (*Diario Oficial* del 4 de julio de 1990).

5. Decreto por el que se aprueba el programa sectorial de mediano plazo denominado Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994 (*Diario Oficial* del 9 de julio de 1990).

6. Decreto por el que se aprueba el programa sectorial de mediano plazo denominado Programa Nacional de Desarrollo Urbano 1990-1994 (*Diario Oficial* del 13 de agosto de 1990).

##### IV. Acuerdos y otras disposiciones

1. Acuerdo que fija las bases a las que se sujetará la fabricación de equipos y dispositivos para prevenir y controlar la contaminación ambiental (D.O. del 14 de julio de 1972).

2. Acuerdo por el que se autoriza la constitución del Fondo Nacional para Prevenir y Controlar la contaminación ambiental (*Diario Oficial* del 15 de julio de 1981).
3. Acuerdo por el que se reestructura la Comisión Consultiva de Normas Técnicas en materia de Salubridad General (*Diario Oficial* del 19 de mayo de 1988).
4. Acuerdo por el que se establecen los criterios para limitar la circulación de los vehículos automotores en el Distrito Federal, un día a la semana (*Diario Oficial* del 8 de noviembre de 1989).
5. Acuerdo por el que se establecen los criterios para limitar la circulación de los vehículos automotores que consuman gasolina o diesel en el Distrito Federal, un día a la semana (*Diario Oficial* del 1 de marzo de 1990).
6. Acuerdo por el que se establece la verificación seme-

- tral de emisiones contaminantes de los vehículos de auto-transporte de pasaje y carga que circulen por caminos de jurisdicción federal (*Diario Oficial* del 3 de mayo de 1990).
7. Acuerdo por el que se exceptúan del trámite para obtención de la licencia de funcionamiento a que se refiere el artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, a las fuentes fijas consideradas como empresas micro-industriales en los términos de la ley de la materia, que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera (*Diario Oficial* del 15 de junio de 1990).
8. Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994 (*Diario Oficial* del 10 de julio de 1990).

## V. Otras normas oficiales mexicanas

## A) En materia de agua

NOM-AA-3-1980	Agua-Residuales: Muestreo.	NOM-AA-44-1981	Determinación de cromo hexavalente en agua.— Método colorimétrico de la difenil carbasida.
NOM-AA-4-1977	Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales.— Método del cono Imhoff.	NOM-AA-45-1977	Determinación de color en agua escala platino cobalto.— Método de comparación visual.
NOM-AA-5-1980	Agua-Determinación de grasas y aceites.— Método de Extracción Soxhlet.	NOM-AA-46-1981	Determinación del arsénico en agua.— Método espectrofotométrico del dietilidio (carbonato de plata).
NOM-AA-6-1973	Determinación de materia flotante en aguas residuales.— Método visual con malla específica.	NOM-AA-50-1981	Determinación de fenoles en agua.— Método colorimétrico biplina de la 4-aminoantipirina.
NOM-AA-7-1980	Agua-Determinación de la temperatura.— Método visual con termómetro.	NOM-AA-51-1981	Análisis de agua-Determinación de metales.— Método espectrofotométrico de absorción atómica.
NOM-AA-8-1980	Agua-Determinación de pH.— Método potenciómetro.	NOM-AA-53-1981	Análisis de agua-Determinación de la materia extractable con cloroformo.— Método gravimétrico.
NOM-AA-12-1980	Agua-Determinación de oxígeno disuelto.— Método de Winkler simple o modificado.	NOM-AA-57-1981	Análisis de agua-Determinación del plomo.— Método colorimétrico de la ditizona.
NOM-AA-14-1980	Cuerpos receptores-Muestreo.	NOM-AA-58-1981	Análisis de agua-Determinación de cianuros.— Método colorimétrico y titulométrico.
NOM-AA-17-1980	Agua-Determinación de color.— Método Espectrofotométrico.	NOM-AA-60-1981	Análisis de agua-Determinación de cadmio.— Método colorimétrico de la ditizona.
NOM-AA-20-1980	Agua-Determinación de sólidos disueltos totales.— Método gravimétrico.	NOM-AA-63-1981	Análisis de agua-Determinación del boro.— Método potenciométrico con manitol.
NOM-AA-26-1980	Agua-Determinación de nitrógeno total.— Método Kjeldahl.	NOM-AA-64-1981	Análisis de agua-Determinación del mercurio.— Método colorimétrico de la ditizona.
NOM-AA-28-1981	Determinación de demanda bioquímica de oxígeno.— Método de incubación por diluciones.	NOM-AA-65-1981	Análisis de agua-Determinación del selenio.— Método colorimétrico de la 3,3'-diaminobencidina.
NOM-AA-29-1981	Agua-Determinación del fósforo total.— Método colorimétrico del azul de molibdeno o cloruro estano.	NOM-AA-66-1981	Análisis de agua-Determinación de cobre.— Método colorimétrico de la neocuprofina.
NOM-AA-30-1981	Análisis de agua-Demanda química de oxígeno.— Método de reflujo del dicromato.	NOM-AA-71-1981	Análisis de agua-Determinación de plaguicidas-organoclorados.— Método cromatográfico de gases.
NOM-AA-34-1981	Determinación de sólidos en agua.— Método gravimétrico.	NOM-AA-72-1981	Análisis de agua-Determinación de dureza.— Método volumétrico con EDTA.
NOM-AA-36-1980	Agua-Determinación de acidez total y alcalinidad total.— Método potenciométrico y volumétrico.	NOM-AA-73-1981	Análisis de agua-Determinación de cloruros.— Métodos argentométrico.
NOM-AA-38-1981	Análisis de agua-Determinación de la turbiedad en agua.— Método turbidimétrico de la bujía patrón.		
NOM-AA-39-1980	Agua-Determinación de sustancias activas al azul de metileno (detergentes).— Método colorimétrico del azul de metileno.		
NOM-AA-42-1981	Análisis de agua-Determinación del		

- NOM-AA-74-1981 Análisis de agua-Determinación de ión sulfato.— Método gravimétrico y turbidimétrico.
- NOM-AA-75-1981 Análisis de agua-Determinación de sílice.— Método colorimétrico y gravimétrico de deshidratación.
- NOM-AA-76-1981 Análisis de agua-Determinación de níquel.— Método colorimétrico de la cimetilglósina.
- NOM-AA-77-1981 Análisis de agua-Determinación de boruros.— Método colorimétrico del ADN.
- NOM-AA-78-1981 Análisis de agua-Determinación de zinc.— Método colorimétrico de la ditizona I y la ditizona II y espectrofotometría de absorción atómica.
- NOM-AA-79-1981 Protección al ambiente-Contaminación de Agua-Determinación de nitrógeno de nitrato.— Método de sulfato de brucina. Establece el método para la determinación de nitrógeno en agua y es aplicable para agua potable.
- NOM-AA-81-1986 Contaminación de agua-Determinación de nitrógeno de nitrato en agua marina.— Método de reducción de nitrato a nitrito en columna de cadmio-cobre. Establece el método para la determinación de nitrógeno de nitrato en agua marina.
- NOM-AA-82-1986 Contaminación del agua-Determinación de nitrógeno.— Método espectrofotométrico ultravioleta. Establece el método para la determinación de nitrógeno de nitratos en agua.
- NOM-AA-83-1982 Análisis de agua-Determinación de olor.— Método empírico de comparación.
- NOM-AA-84-1982 Análisis de agua-Determinación de sulfuros.— Método colorimétrico del azul de metileno e iodométrico.
- NOM-AA-89/1-1986 Calidad de agua-Vocabulario-Parte I-Protección al ambiente. Esta norma oficial define los términos empleados en ciertos campos para caracterizar la calidad del agua.
- NOM-AA-93-1986 Protección al ambiente-Contaminación del agua.— Determinación de la conductividad eléctrica. Establece el método de rutina para la determinación de la conductividad eléctrica en agua.
- NOM-AA-99-1987 Protección al ambiente-Calidad del agua.— Determinación de nitrógeno de nitritos en agua. Específica un método espectrofotométrico para determinar nitritos en agua potable, cruda, residual y marina. Es aplicable para determinar el contenido de nitratos, expresado como nitrógeno, hasta 0.250 mg/l usando un volumen de muestras de 40 cm<sup>3</sup>. Muestras de concentración mayor no obedecen la Ley de Lambert y Beer, por lo que deben ser diluidas para su análisis.
- NOM-AA-100-1987 Calidad del agua-Determinación de cloro total.— Método iodométrico. Establece un método iodométrico para la determinación de cloro total en agua potable, cruda y tratada.
- NOM-AA-101-1983 Análisis de agua-Determinar el estroncio radioactivo. Métodos absorción atómica, gravimétrico y flourometría con espectrofotómetro con aditamento de flama.
- NOM-AA-102-1987 Método para detección y enumeración de organismos coliformes termotolerantes y prueba presuntiva para *Escherichia coli* en agua, después de una filtración a través de una membrana celulósica, su subsecuente cultivo en un medio diferencial lactosado y el cálculo de sus números en la muestra.
- NOM-AA-104-1988 Plaguicidas-Determinación de residuos en suelo. Método de toma de muestra.
- NOM-AA-105-1988 Plaguicidas-Determinación de residuos en agua. Método de toma de muestra.
- B) En materia de contaminación atmosférica
- NOM-AA-01-1972 Método de prueba para determinar la densidad aparente visual del humo empleando la carta de Ringelmann-Fuentes estacionarias.