



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de estudios superiores Zaragoza

**“Simulación de la creación de una empresa para la producción del fertilizante: nitrato de magnesio”**

**TESIS**

Para obtener el título de Ingeniera Química

**Presenta:**

**Arellano Carrillo Blanca Estela.**

Asesor:

M en I. Cresenciano Echavarrieta Albiter



CDMX, 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# CONTENIDO

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>JURADO</b> .....  | V    |
| <b>DEDICATORIA</b> .....   | VI   |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....   | VII  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | 1    |
| <b>JUSTIFICACIÓN</b> .....   | 2    |
| <b>RESUMEN</b> .....   | 3    |
| <b>OBJETIVOS</b> .....   | 4    |
| <b>Objetivo general</b> .....  | 4    |
| <b>Objetivos específicos</b> .....   | 4    |
| <b>ALCANCE</b> .....   | 4    |
| <b>CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO</b> .....  | 5    |
| <b>1.1 ¿QUÉ ES UN FERTILIZANTE?</b> .....  | 6    |
| 1.1.1 Antecedentes históricos.....   | 6    |
| 1.1.2 Tipos de fertilizantes.....  | 8    |
| 1.1.3 Características de los fertilizantes.....  | 10   |
| <b>1.2 FERTILIZANTES MÁS USADOS EN MÉXICO</b> .....                                    | 11   |
| <b>1.3 FERTIRRIGACIÓN O NUTRIGACIÓN</b> .....  | 12   |
| 1.3.1 Características generales de los fertilizantes utilizados en fertirrigación..... | 12   |
| 1.3.2 La compatibilidad de los fertilizantes en fertirrigación.....                    | 13   |
| 1.3.3 Quelatos .....   | 15   |
| <b>1.4 SUELO MEXICANO</b> .....  | 16   |
| 1.4.1 Clasificación del suelo.....   | 16   |
| 1.4.2 Tipos de suelo del territorio nacional .....                                     | 17   |
| <b>CAPÍTULO 2 EL MAGNESIO</b> .....  | 18   |
| <b>2.1 EL MAGNESIO EN LA AGRICULTURA</b> .....   | 19   |
| 2.1.1 Comportamiento del magnesio en el suelo.....                                     | 19   |
| 2.1.2 El magnesio en las tierras de cultivo.....                                       | 19   |
| 2.1.3 Los abonos magnésicos y sus propiedades.....                                     | 21   |
| 2.1.3.1 Elección de la forma correcta de abono .....                                   | 22   |
| <b>2.2 PAPEL DEL MAGNESIO EN LA BIOQUÍMICA VEGETAL</b> .....                           | 23   |
| 2.2.1 El magnesio en las semillas y frutos .....                                       | 24   |
| 2.2.2 El magnesio en la producción de carbohidratos y vitaminas .....                  | 25   |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.2.3                                      | Consecuencias de la falta de magnesio en los vegetales.....  | 25        |
| 2.2.4                                      | Síntomas de deficiencia de magnesio en la planta. ....       | 26        |
| <b>2.3</b>                                 | <b>RESTITUCIÓN DEL MAGNESIO EN LAS TIERRAS .....</b>         | <b>27</b> |
| <b>2.4</b>                                 | <b>FERTILIZANTES MAGNÉSICOS.....</b>                         | <b>29</b> |
| 2.4.1                                      | Función del fertilizante magnésico.....                      | 30        |
| <b>CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MERCADO .....</b> |  | <b>31</b> |
| <b>3.1</b>                                 | <b>EL MERCADO DE LOS FERTILIZANTES.....</b>                  | <b>32</b> |
| 3.1.1                                      | Importaciones de fertilizantes.....                          | 33        |
| 3.1.1.1                                    | Los precios.....   | 36        |
| 3.1.2                                      | Exportaciones de fertilizantes .....                         | 36        |
| <b>3.2</b>                                 | <b>LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS .....</b>                  | <b>42</b> |
| 3.2.1                                      | Comercialización de los fertilizantes nitrogenados.....      | 43        |
| 3.2.1.1                                    | Fertilizantes nitrogenados comunes.....                      | 45        |
| 3.2.1.2                                    | Otros fertilizantes nitrogenados.....                        | 47        |
| <b>3.3</b>                                 | <b>NITRATO DE MAGNESIO.....</b>                              | <b>48</b> |
| 3.3.1                                      | Producción.....  | 48        |
| 3.3.2                                      | Importaciones .....  | 49        |
| 3.3.3                                      | Exportaciones.....   | 51        |
| 3.3.4                                      | Consumo aparente .....                                       | 52        |
| 3.3.5                                      | Demanda.....   | 52        |
| <b>CAPÍTULO 4 ASPECTOS TÉCNICOS .....</b>  |  | <b>54</b> |
| <b>4.1</b>                                 | <b>USOS DEL NITRATO DE MAGNESIO.....</b>                     | <b>55</b> |
| 4.1.1                                      | Productores de hortalizas de alta demanda de magnesio.....   | 56        |
| 4.1.2                                      | Proveedores de nitrato de magnesio (Competencia).....        | 63        |
| 4.1.3                                      | Precios de fertilizantes Magnisal .....                      | 64        |
| <b>4.2</b>                                 | <b>LOCALIZACIÓN .....</b>                                    | <b>64</b> |
| 4.2.1                                      | Importancia de la localización de una planta.....            | 65        |
| 4.2.2                                      | Procedimiento general para la localización de la planta..... | 66        |
| 4.2.3                                      | Localización de la planta nitrato de magnesio.....           | 67        |
| 4.2.3.1                                    | Macrolocalización por método de factores ponderados.....     | 70        |
| 4.2.3.2                                    | Microlocalización.....                                       | 72        |
| 4.2.3.2.1                                  | Rutas de comercialización.....                               | 74        |
| <b>4.3</b>                                 | <b>PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE NITRATO DE MAGNESIO.....</b>    | <b>74</b> |
| 4.3.1                                      | Patente A. Utilizando óxido de magnesio y ácido nítrico..... | 75        |

|  |  |     |
|--|--|-----|
| 4.3.2  | Patente B. Utilizando gas de cola de ácido nítrico por adsorción. .... | 77  |
| 4.3.3  | Patente C. Utilizando cloruro de magnesio y nitrato de amonio.....     | 79  |
| 4.3.4  | Análisis de procesos para producir nitrato de magnesio .....           | 81  |
| 4.3.5  | Proceso seleccionado .....   | 82  |
| 4.3.5.1  | <b>DFP. proceso seleccionado.</b> .....                                | 83  |
| <b>CAPÍTULO 5 ESTUDIO FINANCIERO</b> .....                       |  | 84  |
| <b>5.1</b>   | <b>ESTIMACIÓN DE COSTOS</b> .....                                      | 85  |
| 5.1.1  | Costos directos.....   | 85  |
| 5.1.2  | Costos indirectos.....   | 88  |
| 5.1.3  | Costos de materias primas .....  | 88  |
| 5.1.4  | Costos de mano de obra.....  | 91  |
| 5.1.5  | Costos de insumos. ....  | 94  |
| 5.1.6  | Costos de la publicidad. ....  | 95  |
| 5.1.7  | Estimado del aspecto legal.....  | 97  |
| 5.1.8  | Costo total. ....  | 97  |
| <b>5.2</b>   | <b>ESTUDIO FINANCIERO DE LA PLANTA</b> .....                           | 98  |
| 5.2.1  | Criterios de proyección. ....  | 99  |
| 5.2.2  | Inversión Total Inicial (IT). ....                                     | 99  |
| <b>5.3</b>   | <b>ANÁLISIS FINANCIERO</b> .....                                       | 100 |
| 5.3.1  | Punto de equilibrio. ....  | 102 |
| 5.3.2  | Determinación de utilidades .....                                      | 104 |
| 5.3.3  | Análisis de las ganancias.....   | 108 |
| <b>5.4</b>   | <b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b> .....                                  | 110 |
| <b>CAPÍTULO 6 LA EMPRESA</b> .....                               |  | 115 |
| <b>6.1</b>   | <b>LA EMPRESA</b> .....  | 116 |
| <b>CONCLUSIÓN.</b> .....   |  | 125 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA:</b> .....                                       |  | 126 |
| <b>ANEXOS</b> .....  |  | 130 |
| Anexo A. PROPIEDADES DEL NITRATO DE MAGNESIO .....               |  | 130 |
| Anexo B. LEY DE LA RESTITUCIÓN - FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS ..... |  | 136 |
| Anexo C. CÁLCULOS.....   |  | 137 |

JURADO.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN  
ESCOLAR  
PRESENTE.

Comunico a usted que al

alumno(a) Arellano Carrillo Blanca Estela,  
con número de cuenta 311129030 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 08 del mes de Marzo de 2019 a las 13:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

|            |   |
|------------|---|
| PRESIDENTE | I.Q. JOSÉ BENJAMÍN RANGEL GRANADOS            |
| VOCAL      | M. EN I. CRESENCIANO ECHAVARRIETA ALBITER     |
| SECRETARIO | M. EN C. ANA LILIA MALDONADO ARELLANO         |
| SUPLENTE   | M. EN I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GOMÉZ TAGLE |
| SUPLENTE   | I.Q. ALDO FERNANDO VARELA MARTÍNEZ            |






El título de la tesis que se presenta es: "Simulación de la creación de una empresa para la producción del fertilizante nitrato de magnesio".

Opción de Titulación: Convencional

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
CDMX a 19 de Febrero de 2019.

DR. VICENTE JESÚS HERNÁNDEZ ABAD  
DIRECTOR

RECIBI  
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES  
Y DE GRADO



ZARAGOZA  
DIRECCIÓN

Ver. No.  
M. EN C. CESAR LUIS VELAZCO HERNÁNDEZ  
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.



## DEDICATORIA.

A:

Mis padres:

Mi madre Estela Carrillo Moscosa, por darme la vida, por todo e incondicional apoyo que me fue brindado durante toda mi formación académica, así como en la vida misma, por sus valores, por sus consejos y sobre todo por su infinito amor que siempre me ha demostrado. Mi padre *Jerónimo Arellano Navarro*, por sus enseñanzas, por fortalecer mi carácter y que nada en esta vida me pusiera de rodillas, por su amor, por todo su tiempo, y por sus siempre sabias palabras de prudencia; que junto a mi madre me han brindado el mejor regalo de todos, mi educación tanto como profesional como para ser una mejor persona.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ustedes.  
Los amo mucho.

A mis hermanos:

*Jorge Alberto Arellano Carrillo*, por cada consejo para tomar mis propias decisiones, por la orientación en mi formación académica, por su ejemplo de superación y su constancia que lo caracteriza, por la confianza, por su comprensión, por el apoyo incondicional y por impulsarme a ser la mejor versión de mí.

*Jerónimo Arellano Carrillo*, por alegrarme la vida con cada momento compartido, por compartir conmigo sus conocimientos de su carrera, por explicarme tantas cosas que en su momento no entendía, por su paciencia y por siempre estar dispuesto a darme su mano como apoyo.

Gracias a ambos por todo eso y por ser siempre más que mis hermanos; mis amigos.  
Los amo mucho.

## AGRADECIMIENTOS.

A mis amigos.

Que siempre nos apoyamos mutuamente en nuestra formación académica, con quienes compartí muchos momentos y anécdotas durante este largo y difícil camino y que hasta ahora seguimos siendo grandes amigos: *Francisco Javier Martínez Tirzo, Georgina Alfaro Antor, Joanna Andrea Corona García*, especialmente a dos de mis mejores amigos *Donovan Yescas Correa* y *Fernando Monterrosas Nieto* por su apoyo infinito y por su confianza.

A *Miriam Torres Bucio* y *María Angélica de los Ángeles Patiño Salinas* quienes a pesar de tomar caminos diferentes siempre me han brindado su desinteresada amistad y ayuda.

Muchísimas gracias amigos. Los quiero.

A mi novio:

*Joel Cruz Flores* que durante estos tres años me ha apoyado incondicionalmente en todo lo que hago, por compartir tantas cosas conmigo, por siempre sacarme una sonrisa en los momentos más duros, por su paciencia, por su cariño y amor, por preocuparse por mí, por la motivación para intentar algo nuevo, por toda la felicidad que ha traído a mi vida.

Gracias por siempre sacar lo mejor de mí y por el apoyo incondicional.

Te amo.

A mi asesor de tesis:

*Cresenciano Echavarieta Albiter*, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y sus conocimientos; así como también por toda la paciencia y su tiempo para guiarme durante el desarrollo de esta tesis.

Gracias.

Finalmente, a mis profesores, quiénes marcaron cada etapa de mi camino universitario, con sus enseñanzas no solo compartiendo los conocimientos de cada materia que impartían, sino también experiencias de vida.

Gracias profesores.



## INTRODUCCIÓN

Los fertilizantes son los elementos nutritivos que se suministran a las plantas para complementar las necesidades de su crecimiento y desarrollo.

En los fertilizantes utilizados deben distinguirse:

- La unidad fertilizante, la unidad fertilizante es la forma que se utiliza para designar al elemento nutritivo.
- La concentración, la concentración de un fertilizante es la cantidad del elemento nutritivo en su unidad realmente asimilable por la planta. Se expresa en % del total del peso del fertilizante.

La mayoría de abonos o fertilizantes químicos que se usan suelen incluir solo tres nutrientes: el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Las plantas necesitan más cantidad de éstos elementos que de ningún otro. Es conveniente asimismo aportar los demás elementos para prevenir carencias de magnesio, hierro, manganeso y boro.

Casi todos los suelos reciben aportes suficientes de magnesio por diversos medios (estiércol, enmiendas, lluvias, otros fertilizantes, etc.), que pueden proporcionar magnesio cambiante en cantidades adecuadas. Sin embargo, estos aportes pueden llegar a ser insuficientes en determinados casos, dando lugar a carencias de este elemento a los cultivos. Estos son los casos de:

1. Suelos arenosos, lavados, con baja capacidad de cambio
2. Suelos cultivados de forma intensiva y continua
3. Cultivos con gran demanda de magnesio (frutales, viña, hortalizas, etc.)

Dado que el magnesio se encuentra en el suelo en forma de sales solubles sulfato, nitrato y cloruro.

El nitrato de magnesio es mejor que el sulfato de magnesio. Tiene un mayor valor nutricional y mejores propiedades físicas que lo hacen más adecuado para su manipulación y aplicación.

Debido a la explosión demográfica registrada en la Europa occidental durante los siglos precedentes y subsecuentes a la revolución industrial, la necesidad de alimentos paso a ser una cuestión prioritaria, lo que generó una presión sobre los recursos naturales y su explotación en la agricultura. Esto trajo como consecuencia que se revolucionara el uso de fertilizantes, para que las tierras produjeran más y no estuvieran en descanso mucho tiempo.

Se tuvieron entonces que buscar alternativas de fertilización a las ya conocidas, lo que condujo a la explotación y comercialización de los yacimientos de guano de Perú y de México, y caso al mismo tiempo a la explotación y comercialización de los nitratos sódicos peruano y chileno. Principalmente este nitrato de sodio, salitre o caliche rápidamente borro el pequeño imperio del guano en la agricultura internacional, ya que, por ser un ingrediente en la formulación de pólvora y la fabricación de ácidos, su valor trascendió el ámbito agrícola y ocupó, hasta después de la primera guerra mundial, los escalafones estratégicos en las prioridades de las naciones.

La agricultura moderna está orientada hacia la obtención de alimentos de calidad asegurando la preservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

La necesidad de incrementar la producción de alimentos mientras se preservan los bosques naturales, los pastizales y los humedales, supone que debemos mejorar la productividad de la superficie agrícola disponible. Aunque los fertilizantes mejoran el rendimiento de los cultivos, su fabricación, su transporte y su uso emiten gases de efecto invernadero, que se suman a la huella de carbono de la agricultura

Es necesario garantizar que estos productos utilizados en la nutrición vegetal o en la mejora de las características del suelo, cumplen con dos requisitos fundamentales: eficacia agronómica y ausencia de efectos perjudiciales para la salud humana, animal o vegetal y el medio ambiente.

## **JUSTIFICACIÓN**

La urgente necesidad de aumentar la producción agrícola para asegurar el adecuado suministro de alimentos para la creciente población mundial, debido al incremento en la variabilidad climática no solo tiene impacto en la actividad humana, sino también en los cultivos y en la producción ganadera.

Los fertilizantes aumentan considerablemente la producción de los cultivos, pero como en la mayoría de los productos, su fabricación y su uso generan gases de efecto invernadero (GEI), incluyendo CO<sub>2</sub> y óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O). Sin embargo, el análisis del ciclo de vida de diferentes tipos de fertilizantes, demuestra que la huella de carbono de algunos es menor que la de otros. Por ejemplo, los fertilizantes como el nitrato de amónico y el nitrato amónico cálcico, son más eficientes y producen menos GEI que otros fertilizantes nitrogenados, como la urea.

Es por ello que en este trabajo se desarrolla el uso del fertilizante nitrato de magnesio, dado que el magnesio en la planta es necesario para el desarrollo de las mismas, y constituye el núcleo de la molécula de clorofila, pigmento de las hojas que se necesita para realizar la fotosíntesis. Además de proteger a las plantas contra enfermedades y a los animales de la hipomagnesemia.

## **RESUMEN.**

En México se importan principalmente fertilizantes nitrogenados (64.0% del volumen), mezclas de dos o más nutrientes y potásicos. La urea es el más importante, ya que representa 41.0% del volumen total importado de fertilizantes.

De acuerdo con datos de la Sagarpa, durante el 2014 se realizó fertilización química en 66.8% de las 22.2 millones de hectáreas sembradas en el país de las cuales la superficie fertilizada en riego fue de 91.6%

Conociendo lo anterior, la presente tesis presenta la evaluación económica de fertilizantes que son estos los de mayor importación y considerando que los fertilizantes más usados fueron los de fertirriego se eligió el fertilizante de nitrato de magnesio.

Se realizó la evaluación para fertilizante nitrogenado específicamente el nitrato de magnesio, debido a la importancia que debe tener en las plantas, así como su solubilidad en agua. Para la evaluación se determinó el mercado de dicho fertilizante, así como su importancia en el sector agrícola, especificando las hortalizas que su demanda de magnesio es alta. Los países que su economía se dedique a la agricultura y su principal producción sean hortalizas de alta demanda de magnesio se consideraron para la ubicación de la planta.

La determinación de la ubicación se realizó mediante factores ponderados en donde se evaluaron los aspectos que se consideraron más importantes, como mano de obra, características del lugar entre otros.

La evaluación consiste en determinar si el proyecto es rentable, así como señalar porque razones no se invierte en el sector agrícola.

El estudio financiero muestra los criterios de proyección para un periodo de 10 años, una inversión total inicial; con esto poder definir un punto de equilibrio y un análisis de ganancias. También se incluye un análisis de sensibilidad para puntualizar las variables a las cuales el proyecto es más sensible como son los costos del producto, la cantidad vendida de este, gastos de operación y administración entre otros.

Se evalúan 3 procesos de fabricación (patentes chinas) para la elaboración del fertilizante, considerando las materias primas y las emisiones de contaminantes al ambiente es como se seleccionó la mejor patente, la cual hay que considerar para el estudio financiero debido a que es una patente vigente; por qué se debe pagar por usarla.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

- Realizar un estudio de rentabilidad de una planta de producción de Nitrato de Magnesio, desarrollando ingeniería básica, conceptual, estudio del mercado, análisis financiero.

### Objetivos específicos.

- Definir el proceso para la producción de nitrato de magnesio como fertilizante y determinar las características del nitrato de magnesio, la producción, demanda y consumo.
- Construir los estados financieros proforma que permitan determinar los índices y/o parámetros (Valor presente neto, Tasa interna de retorno y Tiempo de recuperación del capital) generalmente empleados por un inversionista en la toma de decisiones.
- Realizar un análisis de sensibilidad para conocer las variables que afectan la viabilidad del proyecto.

## ALCANCE

La presente tesis propone la utilización de tecnologías para la fabricación de fertilizantes nitrogenados específicamente el nitrato de magnesio, se llevará a cabo el análisis económico y financiero para la determinación de las variables económicas como son VPN, TIR, TRI.



# CAPÍTULO 1

Marco teórico.



## 1.1 ¿QUÉ ES UN FERTILIZANTE?

“Se consideran fertilizantes todas aquellas sustancias naturales o sintéticas que se añaden al suelo o a las plantas para poner a disposición de éstas, sustancias nutritivas necesarias para su desarrollo”. (A. Madrid et al. 1996)

Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan, con estos se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales de mejor calidad. Se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados.

### 1.1.1 Antecedentes históricos.

La agricultura comenzó en el periodo de desarrollo de la raza humana durante el cual el hombre empezó a cultivar plantas. El hombre se fue transformando de vagabundo a sedentario; se desarrollaron familias, tribus y poblados, y con ellos llegó el desarrollo del arte que llamamos agricultura.

Los primeros agricultores se dieron cuenta que algunas sustancias aumentaban los rendimientos de productividad en los campos donde se practicaba esta actividad. La mayoría de las acciones que se realizaban para el cuidado del suelo fueron descubiertas por ensayo error y los resultados fueron impredecibles en el cultivo de plantas que produjeran alimentos. La agricultura y el uso de fertilizantes parecen haber comenzado a través de desarrollos independientes en Mesopotamia (ahora Irak), en las cuencas de los ríos Tigris y Éufrates, en el valle del Nilo, en el oriente y posiblemente en otras partes del mundo.

El agricultor pronto se dio cuenta de las ventajas de utilizar los residuos orgánicos vegetales o animales para adicionarlos a los suelos agrícolas. Se usaron todo tipo imaginable de materia para enriquecer los suelos. Entre los materiales que el hombre utilizó primero como fertilizante están los estiércoles de animales, los huesos, las cenizas de madera, el guano, el pescado y la cal.

Después de la segunda guerra mundial, los países devastados se dieron a la tarea de su reconstrucción, por lo que un objetivo fundamental fue la recuperación de la economía y de ella agricultura con el fin de abastecer a la población. La cual en un principio tuvo tasas de crecimiento nulas y a veces negativas, mientras que la de países en desarrollo que no estuvieron involucrados directamente en el conflicto tuvo un franco crecimiento.

En México, desde el final de la segunda guerra mundial hasta 1965, la producción agropecuaria creció a un ritmo extraordinario. En particular, el subsector agrícola creció en el periodo 1940-1958 con una tasa anual de casi 7%. <sup>(28)</sup>

A partir de 1958 se inició el periodo identificado como desarrollo estabilizador. En este periodo se dio prioridad al estímulo de la iniciativa privada y se profundizó el proceso de sustitución de importaciones más allá de los bienes de consumo final,

hacia los bienes intermedios y de capital. Se apoyó este proceso en una política de desarrollo interno, basada en un proteccionismo comercial con aranceles elevados y cuotas de importación en numerosos productos. Lo anterior provocó precios altos en los productos industriales y precios relativos desfavorables para el sector agrícola, ya que los precios de garantía aumentaron muy poco y/o se estacionaron, como en los casos del maíz y el frijol.

El crecimiento espectacular que tuvo la producción agrícola durante este periodo, se atribuye a los difusores de la fertilización química en México estos agentes difusores de los fertilizantes promovieron de forma espectacular su consumo, de tal manera que la fertilización se expandió de forma considerable, tanto hacia tierras de riego como de temporal. El crecimiento del consumo con tasas elevadas provocó que la producción doméstica fuera insuficiente y que aumentara en forma considerable las importaciones, lo que estimuló, a su vez, la producción interna. Los fertilizantes aumentaron significativamente los rendimientos de las tierras que disponían de adecuada provisión de agua y los rendimientos aumentaron todavía más cuando se usó un paquete tecnológico, como lo fue el de revolución verde.

El crecimiento espectacular en el consumo de fertilizantes frente a incrementos sustanciales en la producción, pero insuficientes para abastecer el mercado interno, generó un elevado coeficiente de dependencia del consumo. El país esporádicamente exportó fertilizantes, aunque siempre fueron abonos orgánicos según reporta el estudio del departamento de estudios tecnológicos y económicos, el consumo nacional de fertilizantes nitrogenados presentó un crecimiento anual de 18.5% en promedio en el periodo de 1945-1964.

La introducción de nuevos sistemas agrícolas y de tecnologías mejoradas es muy importante para los agricultores, dado que la mejora de la productividad resulta no sólo en más alimentos sino también en más ingresos. <sup>(1)</sup>

- **Surgimiento de la Industria Moderna de los Fertilizantes**

Justus Von Liebig (1803-1873) es considerado como el padre de la industria mundial de fertilizantes. Von Liebig subrayó el valor de los elementos minerales derivados del suelo en la nutrición de las plantas y la necesidad de reemplazar esos elementos para mantener la fertilidad del suelo. Reconoció el valor del nitrógeno, pero creyó que las plantas podían derivar su nitrógeno del aire

Preveía una industria de fertilizantes con nutrientes como fosfato, cal, magnesio y potasio preparados en fábricas de productos químicos. Él recomendó el tratamiento de los huesos con ácido sulfúrico para obtener fosfato más fácilmente.

### 1.1.2 Tipos de fertilizantes.

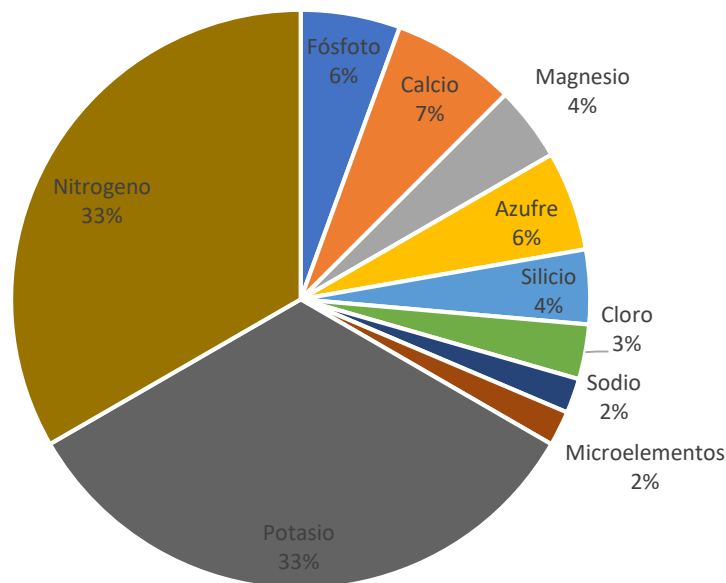
Se puede encontrar una clasificación sobre los diferentes fertilizantes:

- Orgánicos: Tipo de fertilizante que se produce a partir de residuos vegetales, animales u hongos.
- Inorgánicos: Son aquellos que se derivan de las rocas o minerales y se producen químicamente.
- Simples: Formulados con un solo ingrediente activo. Generalmente contiene un solo alimento vegetal básico o pequeñas cantidades de otros
- Compuestos: Están formados por dos o más nutrientes principales, pudiendo contener algún nutriente secundario o micronutrientes.

El carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre son los elementos principales necesarios para el crecimiento de las plantas. Además de estos existen otros catorce elementos: calcio, magnesio, potasio, hierro, manganeso, molibdeno, cobre, boro, zinc, cloro, sodio, cobalto, vanadio y sílice; no todos son requeridos por las plantas, pero todos se han demostrado esenciales para algunas. Ver gráfica 1.

La planta toma todos los nutrientes de la solución del suelo. Estos se dividen en dos categorías (clasificación cuantitativa):

- a) Macronutrientes, divididos en nutrientes primarios y secundarios
- b) Micronutrientes o microelementos



**Gráfica 1. Composición promedio de las plantas**

Fuente: Creación propia con datos de Los fertilizantes y su uso 2002. <sup>(30)</sup>



Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades y tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales.

En contraste a los macronutrientes, los micronutrientes o microelementos son requeridos sólo en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo.

Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio.

- ❖ El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).
- ❖ El Fósforo (P), que suple de 0.1% a 0.4% del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos.
- ❖ El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con potasio sufren menos de enfermedades.

Los **nutrientes secundarios** son magnesio, azufre y calcio. Las plantas también los absorben en cantidades considerables.

- ❖ El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15% al 20% del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.
- ❖ El Azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0.2% al 0.3% del extracto seco.
- ❖ El Calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas.

Los **micronutrientes** o **microelementos** son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B).

Son absorbidos en cantidades mínimas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. Es importante notar que todos los nutrientes, ya sean necesarios en pequeñas o grandes cantidades, cumplen una función específica en el crecimiento de la planta y en la producción alimentaria, y que un nutriente no puede ser sustituido por otro.

### 1.1.3 Características de los fertilizantes.

Para la presentación de los fertilizantes se tienen en cuenta las siguientes características:

- Concentración.
- Comportamiento de acidez o alcalinidad en los suelos.
- Higroscopicidad.
- Aglomeramiento.
- Tipo de presentación.
- Otras exigencias.

**Concentración:** es la cantidad del elemento nutritivo en su respectiva unidad realmente asimilable por la planta. Se expresa en % del total del peso del fertilizante. A partir de la concentración de un fertilizante y conociendo la necesidad en kg de elemento, se determina la cantidad de aplicación del mismo, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de fertilizante} = \frac{\text{Cantidad del elemento}}{\text{Concentracion del fertilizante}} \times 1000 \dots \dots \dots (1)$$

**Comportamiento de acidez o alcalinidad en los suelos:** La acidez, la alcalinidad y neutralidad de los fertilizantes se refieren al comportamiento final en el suelo. Si este aumenta el pH será un alcalinizante, si lo disminuye un acidificante.

Para poder responder estas cuestiones, es necesario conocer las características del suelo (estado físico y químico) y del tipo de labores que se realicen en el mismo.

**Higroscopicidad:** Es la capacidad de ciertas sustancias de absorber el agua o la humedad ambiental. Esto es más acentuado cuando aumenta la humedad y la sustancia es muy soluble en agua. Es una propiedad inconveniente para los fertilizantes ya que se producen alteraciones o aglomeraciones.

**Agglomeramiento:** Cuando las partículas absorben el agua disolviéndose y una vez seca la solución se unen entre sí.

**Tipo de presentación:** Los fertilizantes pueden presentarse de la siguiente manera:

- Sólidos: Son generalmente los más utilizados.
- Líquidos: Pueden ser simples, como las soluciones nitrogenadas, o compuestos, como las soluciones binarias o terciarias.
- Gaseosos: Solo se utiliza el amoníaco anhidro: en su almacenaje se mantiene en forma líquida muy fuertemente comprimido. Cuando se aplica al suelo, se gasifica.

## **1.2 FERTILIZANTES MÁS USADOS EN MÉXICO.**

De acuerdo con la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA), el consumo global de nutrientes registró un récord de 183.4 millones de toneladas en el periodo 2014-2015. De dicho volumen, 60% correspondió a los fertilizantes nitrogenados; 22% a los fosfatados y 18% a los potásicos. Entre el 2011 y el 2015, la demanda de fertilizantes creció a un ritmo menor (1.1% promedio anual), y la IFA lo atribuye a los bajos precios de los productos agrícolas en el mercado internacional, así como al debilitamiento de la actividad económica mundial. <sup>(32)</sup>

La fabricación de fertilizantes en el 2015 se mantuvo sin cambio con respecto al 2014, mientras que la industria global de estos productos opera a 78% de su capacidad instalada. La producción se concentra en un reducido número de países (China, Estados Unidos, Rusia, Canadá, India, entre otros) y, en la mayoría de los casos, se concentra en un número muy reducido de empresas. Por otra parte, la importancia del comercio es evidente, debido a la creciente dependencia de fertilizantes importados en varias regiones de África, Europa y América Latina.

Entre el 2008 y el 2014, la fabricación de fertilizantes en México se recuperó, con un promedio de 2.27 millones de toneladas anuales, de acuerdo con información de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM) del INEGI (2016).

En México, el empleo de fertilizantes no es uniforme a lo largo del territorio nacional dedicado a la agricultura y se ha concentrado en áreas específicas donde se desarrolla una agricultura intensiva.

Más del 95% de los agricultores del país están acostumbrados al uso de los fertilizantes en sus actividades agrícolas. Los nitrogenados simples siguen siendo los más usados, destacando la urea y el sulfato de amonio.

Los agricultores compran y usan determinados tipos de fertilizante y en cierta proporción, con base en recetas generalizadas que se han convertido en costumbre a través del tiempo, al precio del insumo agrícola y a las condiciones de venta.

Esto significa que existe un potencial en el uso de fertilizantes que ha sido mal aprovechado, y que requiere para su corrección, de análisis de suelos más específicos y de asesoría técnica más especializada.

### **1.3 FERTIRRIGACIÓN O NUTRIGACIÓN**

Se denomina Nutrigación (fertirrigación) a la aplicación de nutrientes a través de sistemas de riego. La incorporación de fertilizantes solubles en el agua de riego facilita la integración y armonización entre la aplicación de agua y nutrientes para las plantas. El uso de la Nutrigación implica ofrecer una adecuada cantidad de agua y nutrientes de forma directa a la zona de la raíz de la planta para satisfacer sus demandas durante las distintas etapas de crecimiento. <sup>(9)</sup>

La tasa de aplicación diaria de nutrientes a través de la Nutrigación / fertirrigación es cambiante durante todo el periodo de desarrollo del cultivo y se planifica para seguir la demanda diaria de la planta de acuerdo a su ritmo de absorción de nutrientes. En cualquier sistema de riego, la Nutrigación requiere la inyección de soluciones fertilizantes solubles en el agua de riego mediante dispositivos inyectoros de dosificación. Es por ello que se necesitan fertilizantes totalmente solubles en agua, de alta calidad para preparar soluciones de nutrientes adecuadas.

#### **Ventajas en el sistema y la planta:**

- Reducción de las pérdidas de nutrientes por lixiviación.
- La contaminación del suelo y del agua subterránea se minimiza.
- Menor compactación del suelo, por lo tanto, mejor rendimiento de la raíz.
- Reducción de la población de malezas, por lo tanto, menos herbicida costos.
- Mayor flexibilidad de aplicación (tiempo, clima, suelo).
- Los nutrientes se dirigen a la zona de raíz activa.
- Distribución uniforme de nutrientes.
- Los nutrientes ya están disueltos, por lo tanto, listos para aceptación por las raíces.
- La planta disfruta de una nutrición continua. Sin temporal deficiencia puede ocurrir.

#### **1.3.1 Características generales de los fertilizantes utilizados en fertirrigación.**

En primer lugar, la característica lógica y esencial de los fertilizantes usados en fertirrigación es que sean solubles en agua, con el fin de obtener la disolución los elementos contenidos por los mismos. Por lo tanto, los fertilizantes sólidos para fertirrigación deben llevar especificado en sus etiquetas las denominaciones “cristalino soluble” o “soluble para fertirrigación”. Su solubilidad en agua y evitara obturaciones (acción de obstruir un orificio) a lo largo de las tuberías y goteros por ello queda descartados aquellos fertilizantes que contengan aditivos para mejorar su conversación o para hacer más lenta su liberación. Hay que tener en cuenta la compatibilidad con otros fertilizantes y con la propia agua de riego.

Los fertilizantes a mezclarse con agua de riego modifican el pH de la disolución resultante con la consecuencia que ello representa. Así, si el fertilizante aumenta el pH habrá riesgos de precipitaciones de calcio, pues en este caso el catión tiene mayor solubilidad. Si el fertilizante disuelto baja el pH se evitará obstrucciones en los goteros y servirá para limpiar la instalación. No obstante, debe comprobarse que esta acidez va a permitir que la disolución de goteros (disolución concentrada diluida en agua de riego) se obtengan pH de 5.5 y 6.0.

En fertirrigación se pueden utilizar fertilizantes tanto sólidos como líquidos. Los fertilizantes sólidos suelen ser sales puras cristalinas de solubilidad muy elevada. El principal inconveniente del empleo de fertilizantes sólidos es la necesidad de una solubilización previa en agua, que debe ser total para asegurar que la concentración añadida sea lo que se desea. Dentro de los sólidos encontrados los simples cristalinos y complejos.

### 1.3.2 La compatibilidad de los fertilizantes en fertirrigación

Las tres características importantes que deben cumplir los fertilizantes a incorporar en fertirrigación son:

- Alta solubilidad (> 100 g/L).
- Alta pureza (> 95 %).
- Baja salinidad y toxicidad.

La solubilidad es un parámetro fundamental que está relacionado con la compatibilidad entre los fertilizantes y el agua de riego. Ver tabla 1.

**Tabla 1. Compatibilidad de los fertilizantes utilizados en fertirrigación.**

| FERTILIZANTES           | Urea         | Nitrato de amonio | Sulfato de amonio        | Nitrato de calcio        | Nitrato de magnesio      | Fosfato monoamónico      | Fosfato mono potásico | Nitrato de potasio | Sulfato de potasio       | Cloruro de potasio | Ácido fosfórico          | Ácido nítrico | Ácido sulfúrico | Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn | Quelatos   |
|-------------------------|--------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|------------|
| Nitrato de amonio       | Compatible   |                   |                          |                          |                          |                          |                       |                    |                          |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Sulfato de amonio       | Incompatible | Compatible        |                          |                          |                          |                          |                       |                    |                          |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Nitrato de calcio       | Compatible   | Compatible        | Incompatible             |                          |                          |                          |                       |                    |                          |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Nitrato de magnesio     | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Compatible               |                          |                          |                       |                    |                          |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Fosfato mono amónico    | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Incompatible             | Incompatible             |                          |                       |                    |                          |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Fosfato mono potásico   | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Incompatible             | Incompatible             | Compatible               |                       |                    |                          |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Nitrato de potasio      | Compatible   | Compatible        | Se reduce la solubilidad | Compatible               | Compatible               | Compatible               | Compatible            |                    |                          |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Sulfato de potasio      | Compatible   | Compatible        | Se reduce la solubilidad | Incompatible             | Incompatible             | Compatible               | Compatible            | Compatible         |                          |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Cloruro de potasio      | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Incompatible             | Compatible               | Compatible               | Compatible            | Compatible         | Se reduce la solubilidad |                    |                          |               |                 |                         |            |
| Ácido fosfórico         | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Incompatible             | Incompatible             | Compatible               | Compatible            | Compatible         | Compatible               | Compatible         |                          |               |                 |                         |            |
| Ácido nítrico           | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Compatible               | Compatible               | Compatible               | Compatible            | Compatible         | Compatible               | Compatible         | Compatible               |               |                 |                         |            |
| Ácido sulfúrico         | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Incompatible             | Incompatible             | Compatible               | Compatible            | Compatible         | Se reduce la solubilidad | Compatible         | Compatible               | Compatible    |                 |                         |            |
| Sulfatos Fe, Cu, Mn, ZN | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Incompatible             | Incompatible             | Incompatible             | Compatible            | Compatible         | Se reduce la solubilidad | Compatible         | Compatible               | Compatible    | Compatible      |                         |            |
| Quelatos                | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Se reduce la solubilidad | Se reduce la solubilidad | Se reduce la solubilidad | Compatible            | Compatible         | Compatible               | Compatible         | Se reduce la solubilidad | Incompatible  | Compatible      | Compatible              |            |
| Sulfato de magnesio     | Compatible   | Compatible        | Compatible               | Incompatible             | Incompatible             | Incompatible             | Compatible            | Compatible         | Se reduce la solubilidad | Compatible         | Compatible               | Compatible    | Compatible      | Compatible              | Compatible |

|  |                          |
|--|--------------------------|
|  | Compatible               |
|  | Se reduce la solubilidad |
|  | Incompatible             |

Fuente: Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (Intagri. S.C) 2018

Como se puede observar en la tabla 1, existen fertilizantes que son incompatibles, mismos que no se deben mezclar en el mismo tanque, ya que sus iones al disolverse interactúan y forman productos insolubles.

Estas interacciones son:

- Fertilizantes cálcicos con fertilizantes sulfatados.

Es el típico caso de incompatibilidad, ya que al disolverlos en el mismo tanque se tiende a liberar calcio y sulfatos de cada fuente, posteriormente estas se combinan formando precipitados de sulfato de calcio, conocido comúnmente como yeso; un compuesto de muy baja solubilidad.

- Fertilizantes cálcicos con fertilizantes fosfatados.

La mezcla entre el nitrato de calcio con fosfatos provoca la formación de precipitados de fosfato de calcio.

- Fertilizantes fosfatados con fertilizantes magnésicos.

El magnesio al combinarse con el fosfato di y mono amónico, principalmente, favorece la formación de precipitados de fosfato de magnesio.

- Sulfato de amonio con el cloruro y/o nitrato de potasio.

Al reaccionar forman precipitados de sulfatos de potasio.

- Micronutrientes no quelatados con fertilizantes fosfatados en medios ácidos.

Los micronutrientes son otros de los elementos que frecuentemente al realizar mezclas incompatibles forman precipitados con los fosfatos, siendo los más comunes los fosfatos de Fe y Zn. Los micronutrientes también pueden reaccionar con las sales del agua de riego formando compuestos poco solubles, por lo tanto, es recomendable aplicarlos en forma quelatada siempre que existan problemas de mala calidad de agua. <sup>(10)</sup>

### 1.3.3 Quelatos

Un quelato es un compuesto químico en el que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior evitando su hidrólisis y precipitación. Por tanto, químicamente hablando, los quelatos son moléculas muy estables. <sup>(8)</sup>

En la actualidad, los quelatos atraen poderosamente la atención debido a que son una excelente alternativa para adicionar metales de manera edáfica y foliar las plantas.

La quelatación puede dar como resultado un compuesto que sea soluble o insoluble en agua.

#### **1.4 SUELO MEXICANO.**

La mega diversidad de México, se explica principalmente por la convergencia en su territorio de las zonas biogeográficas Néartica y Neotropical, su compleja historia geológica y biogeográfica, su topografía montañosa, su variedad de climas y microclimas.

Dependiendo de la zona donde se encontré, en muchas ocasiones y en función de la conductividad del agua, se aporta una gran cantidad de calcio y magnesio. El aporte no siempre es absorbible por la planta, ya que muchas veces viene bloqueado y guarda mucha relación con la cantidad que haya entre estos dos elementos.

##### **1.4.1 Clasificación del suelo.**

La clasificación del suelo es necesaria para predecir su comportamiento e identificar limitantes que permitan tomar decisiones adecuadas de manejo en los ámbitos agrícola, pecuario, forestal, urbano, ambiental y de salud.

Actualmente los dos sistemas de clasificación reconocidos en el mundo son: la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) y la Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy); ambas con sus últimas ediciones en el año 2014.

Se utilizará, en este caso, la clasificación de la Base Referencial Mundial (WRB) que está basada en la Leyenda (FAO-UNESCO, 1974) y la Leyenda Revisada (FAO, 1988) del Mapa Mundial de Suelos (FAO-UNESCO, 1971-1981).

En la tercera edición del 2014 de la WRB se proponen 32 grupos de suelo en general como se puede apreciar en la tabla 2.



**Tabla 2. Grupos de suelos del Sistema de clasificación WRB**

| <b>Grupos de Suelo</b>                                | <b>Características generales</b>   |
|---|--|
| Histosoles.   | Suelos con capas orgánicas gruesas.  |
| Antrosoles, Tecnosoles.                               | Suelos con fuerte influencia humana.   |
| Criosoles, Leptosoles, Solonetz                       | Suelos con enraizamiento limitado.   |
| Chernozems. Kastanozems, Phaeozems, Umbrisoles.       | Acumulación pronunciada de materia orgánica en el suelo mineral superficial.                     |
| Durisoles, Gipsisoles, Calcisoles.                    | Suelos de regiones áridas con acumulación de yeso, sílice y carbonato de calcio, respectivamente |
| Retisoles, Acrisoles, Lixisoles, Alisoles, Luvisoles. | Suelos enriquecidos en arcillas en la parte superficial.   |
| Cambisoles, Arenosoles, Fluvisoles, Regosoles.        | Suelos relativamente jóvenes con muy poco o ningún desarrollo de perfil                          |

*Fuente: FAO Clasificación de suelos, 2014*

#### 1.4.2 Tipos de suelo del territorio nacional

Debido a su ubicación geográfica, a su topografía y a sus climas, los suelos de México son complejos, pues se encuentran al menos 15 tipos. Por su extensión destacan tres de ellos: Regosol, Litosol y Xerosol.

El Regosol es el de mayor extensión y puede definirse como la capa de material suelto que cubre la roca; sustenta cualquier tipo de vegetación dependiendo del clima; sin embargo, su uso es principalmente forestal y ganadero, aunque también puede ser utilizado en proyectos agrícolas y de vida silvestre.

El segundo en abundancia es el Litosol, el cual puede sustentar cualquier tipo de vegetación, según el clima. Predominante es forestal, ganadero y excepcionalmente agrícola.

El Xerosol es el tercero y se caracteriza por ser un suelo de zona seca o árida; la vegetación natural que sustenta son matorrales y pastizales; el uso pecuario es el más importante, aunque si existe riego se obtienen buenos rendimientos agrícolas. Su ubicación está restringida a las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país. <sup>(2)</sup>



# CAPÍTULO 2

El Magnesio.



## **2.1 EL MAGNESIO EN LA AGRICULTURA.**

El magnesio, en la vida de las plantas, desempeña un papel muy importante, que no siempre ha sido debidamente valorado.

Fue en los comienzos del siglo XX cuando se observó su presencia y de ella se dedujo que debía ser indispensable en la vida vegetal, sin embargo, no se llegó a aclarar su función específica.

E. Canals (1947), en su tesis para el doctorado en ciencias físicas, presentado en la Facultad de Ciencias de París, resume sus investigaciones acerca del papel fisiológico del magnesio en los vegetales diciendo que este metal, generalmente extendido en todas las plantas, les es tan indispensable como los elementos fundamentales carbono, hidrógeno, oxígeno, etc.

También, para este autor, el magnesio está dotado, además, de aptitudes especiales comparables a las de los infinitamente pequeños elementos químicos, conocidos con el nombre de *oligoelementos*, gracias a su acción catalítica establecida por G. Bertrand. <sup>(3)</sup>

### 2.1.1 Comportamiento del magnesio en el suelo.

El magnesio disponible por las plantas en el suelo está en la forma cambiante y/o hidrosoluble. Su comportamiento sigue los mismos principios generales que el calcio y el potasio. La absorción del magnesio por las plantas depende de la cantidad presente, del grado de saturación de magnesio, de la naturaleza de los tres iones cambiantes, y del tipo de barro.

Los suelos de textura gruesa de las regiones húmedas son aquellos en los que la deficiencia de magnesio se manifiesta por regla general. Estos suelos normalmente contienen tan solo pequeñas cantidades de magnesio. El magnesio en estos suelos es liberado por cambio iónico cuando se añaden estos fertilizantes, y grandes cantidades de cloruros y sulfatos favorecen su eliminación en las aguas de percolación.

El magnesio es un componente requerido en los fertilizantes para ciertos cultivos que deben crecer bajo las condiciones del suelo descritas.

Los niveles de magnesio del suelo en los pastos y prados pueden mantenerse fácilmente en mediante la aplicación de piedra caliza dolomita o de un fertilizante que contenga magnesio tal como sulfato de magnesio o potasa-magnesio.

### 2.1.2 El magnesio en las tierras de cultivo

Como es natural, el origen del magnesio de las tierras de cultivo debe buscarse en los minerales y rocas de donde aquéllas provienen.

Los principales minerales magnesianos son: la magnesita, el talco, la serpentina, ciertas micas, los piroxenos y los anfíboles. Todos estos minerales son silicatos de diversos metales (aluminio, hierro, calcio, sodio, potasio, etc.), entre los que figura el magnesio, los cuales forman parte de las llamadas rocas ígneas o eruptivas.

Entre las rocas magnésicas de origen neptúnico cabe señalar el carbonato magnésico o dolomita, que en algunos puntos del planeta constituye enormes montañas, como en los Alpes del Tirolo. La formación de esta roca se debe a la acción del anhídrido carbónico sobre el calcio y el magnesio de los silicatos antes mencionados.

También hay magnesio en el agua del mar y de algunos lagos, en aguas minerales y en yacimientos salinos. En estos casos, generalmente lo está bajo la forma de sulfatos y cloruros, y constituyendo también sales dobles o triples con las de otros metales, en particular de potasio y sodio.

El magnesio se encuentra en la tierra en proporción relativamente baja, pues sólo se halla en la proporción de 2 al 2.5 % de la masa de la corteza terrestre; proporción ésta análoga a la asignada al sodio y potasio y ligeramente mayor que la del calcio.

No todos los terrenos de cultivo contienen suficiente magnesio para las necesidades biológicas de las plantas:

1. Por la escasa solubilidad de la dolomita, cuyos componentes calcio y magnesio tienen tan fuerte unión que difícilmente se rompe por agentes naturales. Todo esto hace que los terrenos cultivados, a pesar de contener compuestos magnésicos en relativa abundancia, no puedan ser éstos utilizados por los vegetales en proporciones necesarias.
2. La insuficiencia de magnesio se da en tierras que primitivamente contenían este elemento en cantidad suficiente para que las plantas se pudieran desarrollar normalmente en ellas.
3. Otra causa de la reducción del magnesio en las tierras se debe a las mismas plantas que lo toman y, si no se restituye, puede que, tras una o varias cosechas, agotarse en disminución de la fertilidad.

Todavía el investigador F.B. Johnston (siglo XX) señala como factores que contribuyen a la deficiencia de los suelos en magnesio, además de los ya señalados, la elevada acidez del terreno ( $\text{pH} = 4.5$  a  $5.2$ ), la aplicación intensiva de fertilizantes ácidos (súper) y el escaso contenido en materia orgánica.

No basta que el suelo contenga suficiente cantidad de magnesio para la vida de las plantas; sino que es necesario que éste sea asimilable; pero dicha asimilación es un fenómeno bastante complicado, en el que intervienen factores físicos, fisicoquímicos y biológicos.

Basta un exceso de cationes más fuertes, los cuales son de potasio, sodio, calcio, etc., para determinar una enorme disminución en la absorción de magnesio.

Garman y Markle (1978) han ideado un método para determinar la riqueza de los suelos en magnesio, el cual se basa en la extracción de una muestra de tierra por solución de acetato sódico 0.25 normal de pH = 5 y valoración del magnesio en el extracto. Este método tiene indudablemente un valor positivo para altos niveles de magnesio. <sup>(4)</sup>

Hablando en general, puede sospecharse la deficiencia de magnesio en el suelo en todas las regiones sometidas a intensos riesgos o de gran pluviosidad; particularmente las tierras arenoso-arcillosas en regiones húmedas son las que muestran más destacados los fenómenos de esta carencia.

Esta disminución en rendimientos puede agravarse aún más por el inadecuado empleo de ciertos abonos, tales como el cloruro potásico, nitrato cálcico o sulfato amónico, cuyos aniones solubilizan rápidamente las escasas reservas de magnesio existentes en el suelo, hasta el punto de poder llegar a producir la carencia casi total del mismo.

### 2.1.3 Los abonos magnésicos y sus propiedades

Los abonos magnésicos son sustancias químicas que contienen magnesio en la forma asimilable de catión  $Mg^{2+}$  o que los producen por transformación.

Para utilizar los abonos magnésicos es conveniente clasificarlos en dos grupos:

- Fácilmente solubles en agua

Insolubles o casi insolubles (principalmente calizas magnésicas).

#### 1. Abonos magnésicos solubles en agua

El sulfato magnésico se utiliza para realizar el abono en dos formas diferentes. La kieserita tiene la ventaja de poseer un porcentaje mayor de Mg, pero no es tan soluble como la epsomita, con la que se pueden preparar disolventes de hasta el 60%. Esta propiedad solo tiene importancia cuando el abono se aplica en nutrimento foliar, pues cuando se aplica sobre el suelo, la solubilidad de la kieserita resulta eficiente.

El cloruro de magnesio, muy soluble en agua, se utiliza como abono foliar. La solución saturada contiene un 9% de Mg. Generalmente va acompañado de un cierto porcentaje de cloruro de calcio, limitándose el contenido de calcio a un 2%.

#### 2. Abonos magnésicos poco solubles

El nitrato de magnesio prácticamente no se utiliza como abono.

La solubilidad de este grupo de abonos es muy variable; el óxido de magnesio debe clasificarse como poco soluble, pero es capaz de disolverse lenta y continuamente y puede utilizarse como abono foliar. En el abono Maneltra Mg, el óxido de magnesio está combinado con caolín como agente dispersante para conseguir un efecto lento sobre las hojas.

Las calizas magnésicas se utilizan fundamentalmente como abonos del suelo, ya que además de aportar magnesio, elevan el pH de aquel.

Se puede encontrar muchas formas de aportar magnesio, ya sea en forma quelada, compleja o sin aditivos.

Las fórmulas más conocidas y económicas son el nitrato de magnesio y el sulfato de magnesio. Cada una con una riqueza distinta de este elemento.

- Nitrato de magnesio: 10,5% N (nitrógeno) y 15% MgO.
- Sulfato de magnesio: 16,6% MgO y 32% SO<sub>3</sub> (azufre).

#### 2.1.3.1 Elección de la forma correcta de abono

Para elegir la forma magnésica más adecuada se han de tener en cuenta las necesidades de cal del suelo:

- En los suelos que tiene necesidad de cal, la forma más económica es la aportación de calizas magnésicas.
- En suelos que no tiene necesidades de cal se utilizan las sales solubles de magnesio neutras por ejemplo Kieserita u otros abonos de magnesio sin efecto calcificante.

Otros factores que hay que tener en cuenta en la elección son:

- La velocidad de acción; el efecto más rápido se consigue con la pulverización foliar, aunque las sales de magnesio solubles también actúan con rapidez cuando se aplican sobre el suelo.
- Las posibilidades de combinación con otros nutrientes; por ejemplo, la combinación de potasio y magnesio en forma de sulfato para abonar los cultivos de papa o la combinación de nitrógeno, magnesio y cobre para abonar las praderas.

Los efectos secundarios de los abonos magnésicos tienen poca importancia. Debe en todo caso evitarse que se aplique grandes cantidades de cloruro de magnesio a las plantas que son sensibles al cloro. <sup>(5)</sup>

## **2.2 PAPEL DEL MAGNESIO EN LA BIOQUÍMICA VEGETAL**

El magnesio y el calcio son indispensables para la vida vegetal, si bien su papel fisiológico es diferente, según lo pone de manifiesto el distinto predominio de uno y otro en las varias partes de los vegetales.

En general, las semillas, bulbos y tubérculos contienen el magnesio bajo las formas de carbonato y fosfato, y esto en proporción generalmente mayor al calcio, salvo algunas excepciones. Ver tabla 3.

**Tabla 3. Cantidad de óxido de magnesio y óxido de calcio en diferentes hortalizas.**

|             | <b>MgO</b> | <b>CaO</b> |
|-------------|------------|------------|
| Linaza      | 13/14      | 8/9        |
| Trigo       | 11/13      | 2/3        |
| Centeno     | 10/12      | 3/4        |
| Avena       | 10/11      | 7/8        |
| Remolacha   | 7/8        | 6/7        |
| Guisantes   | 7/8        | 6/7        |
| Habichuelas | 5/6        | 6/7        |
| Adormidera  | 9/10       | 35/36      |
| Cañamones   | 1/2        | 25/26      |
| Cebolla     | 5/6        | 22/23      |
| Zanahoria   | 3/4        | 11/12      |

*Fuente: El magnesio como abono. 1949.*

Una de las partes de la planta donde más abunda el magnesio son las hojas, por razón del pigmento verde, llamado clorofila, que impregna la materia protoplasmática incolora de los cloroleucocitos.

Una gran deficiencia de magnesio en el suelo provoca necesariamente el amarillamiento de las hojas, llamado clorosis, y lo que es más importante una disminución de la fotosíntesis clorofílica.

Según Rabino-with (1978), pueden presentarse deficiencias en el fenómeno clorofilo-fotosintético, antes de que aparezca la clorosis en las hojas, si la cantidad de magnesio asimilable en el suelo no es suficiente para las necesidades de la planta. <sup>(4)</sup>

Ahora bien, se ha comprobado que los compuestos órgano-magnésicos tienen afinidad de absorción del anhídrido carbónico, y la función clorofílica.

Pero el magnesio clorofílico no es el único indispensable para la planta; en las mismas hojas, en los tallos, frutos, etc., existen otras cantidades de magnesio no clorofílico, que son también esenciales para el normal desarrollo del vegetal.

### 2.2.1 El magnesio en las semillas y frutos

El magnesio que absorben las plantas por las raíces se redistribuye de los tejidos viejos a las partes jóvenes, concentrándose preferentemente en las semillas y en las hojas.

De aquí que la cantidad que de dicho elemento contiene cada uno de los órganos de la planta, difiera mucho de uno a otro. Así, por ejemplo, en el maíz el 34% se encuentra en el grano, el 32% en las hojas, el 21% en el tallo y el resto en las raíces.

Willstater (siglo XX) halló que el trigo contiene en sus cenizas más magnesio que calcio, y Czapek (siglo XX) amplió esta conclusión a casi todas las semillas, lo cual hizo pensar a los fisiólogos en la posible importancia del elemento magnesio como elemento modificador de la cantidad de las cosechas. <sup>(4)</sup>

Durante la maduración de los frutos y semillas, se observa siempre un incremento en la riqueza de magnesio y fósforo; más aún, parece demostrado que este incremento se debe a un movimiento traslacional del magnesio contenido en las hojas hacia el fruto. La clorosis de muchas hojas y su caída, coincidente con la maduración de la semilla y del fruto.

Pero lo que sí ya está probado experimentalmente en muchos árboles frutales es la importancia del magnesio como elemento modificador de la calidad del fruto.

Las primeras noticias acerca de esta deficiencia aparecieron el año 1939, siendo Hill y Wallace los primeros que estudiaron y diagnosticaron la presunta enfermedad como carencia de magnesio, basándose en la semejanza de síntomas con otros árboles cultivados en huertos arenosos y de bajo contenido en magnesio. <sup>(4)</sup>

Los síntomas visibles de la deficiencia magnesiana en los manzanos son: palidez de las hojas entre las nervaduras de las hojas viejas y de algunos brotes, y amarillamiento sucesivo, manchas morenas de necrosis entre las venas que asemejan islas; las hojas se arrugan y caen prematuramente, y los frutos de las ramas donde la deficiencia aparece son pequeños, de pobre calidad y con frecuencia caen prematuramente. <sup>(6)</sup>

Químicamente por su análisis, se puede diagnosticar y prevenir la enfermedad de carencia, pues para ello basta analizar las hojas.

Si su riqueza en óxido de magnesio es superior al 0.40% con respecto a la sustancia seca, el árbol raramente muestra fenómeno alguno de carencia y el fruto es normal.



Riquezas comprendidas entre 0.25% y 0.40% de óxido de magnesio eran indicios de posible aparición de la enfermedad, y, cuando el contenido en óxido de magnesio era inferior a 0.25%, entonces, sin excepción el árbol acusaba claramente los síntomas de deficiencia anteriormente indicados. <sup>(4)</sup>

Los síntomas de deficiencia magnesiana del limonero son: amarillo de las hojas, frutos de menor tamaño y baja calidad, facilidad de invasión de las ramas por hongos.

### 2.2.2 El magnesio en la producción de carbohidratos y vitaminas

Una vez demostrado que toda deficiencia de magnesio se traduce por inmediata disminución del proceso fotosintético determinado por la clorofila, se comprende que la falta de magnesio asimilable ha de producir menores rendimientos.

En el siglo XX se relacionó el transporte del almidón de las hojas al tallo y, como para este proceso se necesita el fósforo como coenzima, de aquí que el magnesio transportador del fósforo, según antes se ha explicado largamente, sea teóricamente un elemento indispensable para este fenómeno.

Esto se ha comprobado prácticamente en cultivos de papa, por ejemplo, ya que en esta planta la acumulación del almidón en los tubérculos se realiza de una forma bien ostensible. Para esta comprobación realizaron múltiples cultivos en diversas condiciones de abonado y observó que, en las plantas deficientes en magnesio, con hojas ya cloróticas, una adición de sales solubles de magnesio, y hasta de dolomita, provocaba a los pocos días (cinco o seis), una respuesta favorable. Se da como comprobado que el magnesio estimula algunos procesos reductores.

Está comprobado en la agricultura española que, por ejemplo, la adición de magnesio al suelo aumenta la riqueza en ácido ascórbico en las naranjas, cereales, espinacas, coles, etc., en cambio, apenas tiene influencia su riqueza en la papa, tomate y betabel. <sup>(4)</sup>

### 2.2.3 Consecuencias de la falta de magnesio en los vegetales

Para apreciar las consecuencias peligrosas que la falta de magnesio produce en los vegetales hay que saber los efectos beneficiosos a que su presencia da lugar.

Ante todo, se ha comprobado la virtud que reúne de dotar a los vegetales de una extraordinaria resistencia a las invasiones criptogámicas (es una enfermedad de las plantas causada por un hongo u otro organismo filamentosos parásito), y esto en mayor escala que el calcio, sin duda alguna a causa de la más pronunciada basicidad del magnesio.

En segundo lugar, este elemento facilita la asimilación del amoníaco y del ácido fosfórico a las plantas. Asimismo, como el magnesio transforma los silicatos de

calcio, al ponerlos en libertad, permite que las plantas aprovechen importantes cantidades de potasio que, de otro modo, quedarían inutilizadas

El magnesio se encuentra en las plantas bajo tres formas diferentes:

1. Constituyendo parte de la molécula de clorofila.
2. Combinado o absorbido en el protoplasma celular
3. En forma iónica en la savia y jugos vegetales.

En líneas generales, las plantas más ricas en magnesio son las leguminosas, ya que su contenido medio es del 0.3%. <sup>(4)</sup>

La pobreza de magnesio determina en las plantas una decoloración anormal, consistente en un tinte verde claro y hasta casi blanco, que toman algunas zonas cloróticas y que terminan por invadir toda superficie foliar. Como es natural, no todas las plantas sufren con igual intensidad los efectos de la deficiencia del magnesio.

Entre las más perjudicadas figuran el maíz, el tabaco y la espinaca. Las gramíneas y las papas presentan mayor resistencia, si bien esto no quiere decir que se encuentren del todo libres de estos nocivos efectos, y así algunos investigadores agronómicos han comprobado que la falta de magnesio en los terrenos de cultivo de papas ha dado por resultado numerosos casos de clorosis.

Pero todavía hay más; y es la comprobación de síntomas de deficiencia de magnesio en los cultivos de determinados terrenos, a pesar de que el análisis químico revela cantidades de dicho elemento más que suficientes para satisfacer las necesidades del vegetal, lo cual puede deberse a condiciones desfavorables para que pueda ser aprovechado por las plantas, como sucedería si la tierra contuviese el magnesio en combinaciones químicas que no permitiesen a las plantas el asimilarlo.

#### 2.2.4 Síntomas de deficiencia de magnesio en la planta.

Los síntomas visuales ya antes mencionados de la falta de magnesio pueden aparecer en las raíces, tallos, hojas, flores, frutos y semillas. El magnesio tiene movilidad en las plantas, así que los síntomas de su deficiencia aparecen primero en las hojas más viejas: se tornan amarillas con venas verdes induce una clorosis (Enfermedad de las plantas, debida a la falta de ciertas sales, que produce la pérdida del color verde) en el cultivo. Aunque por lo general la disponibilidad del magnesio para ser absorbido por las plantas no resulta afectada significativamente por el pH de los sustratos para cultivo sin suelo, sí aumenta a medida que éste se incrementa.

La deficiencia de magnesio a menudo es provocada por la falta de aplicación, pero también puede ser inducida si existen altos niveles de calcio, de potasio o de sodio en el sustrato. <sup>(29)</sup>

El magnesio puede encontrarse en la caliza dolomítica empleada en la mayor parte de los sustratos para cultivo sin suelo, aunque por lo general no en la cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de las plantas. En cuanto al agua, puede ser fuente de una considerable cantidad de magnesio; por lo tanto, antes de elegir un fertilizante, hágala analizar, pero si no le aporta por lo menos 25 ppm de este elemento, será necesario proporcionarlo mediante el producto apropiado.

### **2.3 RESTITUCIÓN DEL MAGNESIO EN LAS TIERRAS**

Pocos son los agricultores que se preocupan del magnesio de sus tierras de labor, lo que contrasta con la práctica adoptada por la generalidad de los mismos de abonarlas con compuestos nitrogenados, potásicos, fosforados y cálcicos.

El investigador Jorge Ville realizó, a mediados del siglo XIX, amplios ensayos culturales, prescindiendo del empleo de sustancias minerales. <sup>(4)</sup>

De ellos dedujo:

1. Sin fosfatos las plantas mueren.
2. Sin potasa, los tallos carecen de rigidez.
3. La supresión del magnesio determina una vegetación pobre, hasta el punto de llegar a reducir las cosechas en un 75%.

Pero también afirmó que, con los compuestos magnésicos existentes naturalmente en el suelo, había suficiente magnesio para nutrir la vegetación.

Jorge Ville no tuvo en cuenta que no todas las tierras tienen suficiente magnesio nativo utilizable, porque se halla formando parte de compuestos no asimilables para las plantas, o bien porque principalmente nunca lo tuvo en cantidad conveniente.

Pues, en efecto, de la tierra cultivada, se extrae, por cosecha y hectárea, un promedio de 6 a 8 kg de magnesio, en los cereales, que llega a 10 kg en las leguminosas, de 12 a 15 kg en las papas, de 15 a 20 kg en los viñedos y de 30 a 35 kg en la remolacha azucarera. Esta última, muy ávida de la potasa, se la suministra el agricultor incluso con exceso; pero suele descartar del magnesio; que debe intervenir para dar al producto agrícola más abundancia y riqueza, que naturalmente repercute en el rendimiento industrial.

Debido a esta paulatina ablación de magnesio, sobre todo por determinados cultivos intensivos, se produce escasez de magnesio que se advierte en sucesivas cosechas por un descenso de las mismas, al principio mínimo, pero que puede superar el 50%.

Sin embargo, la propaganda sólo trata, y esto con insistencia, de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos y también cálcicos (aunque de éstos mucho menos), pero no menciona los magnesianos. No cabe duda de que los tres primeros son los que en mayor proporción asimilan los vegetales y que los magnesianos y cálcicos se necesitan proporcionalmente en menores cantidades.

Estos dos últimos, además de constituir un alimento indispensable para las plantas, influyen ambos (magnesio y calcio) aumentando la eficacia de los aportes de estiércoles y de los abonos minerales de uso corriente, que son los tres primeros antes citados.

Existe en agronomía la ley de restitución del suelo <sup>(ANEXO 2)</sup> de los elementos que extraen de él sucesivas cosechas. Esta restitución se practica de dos maneras: por enmiendas y por abonos. Las enmiendas modifican las propiedades físicas de los campos, haciéndoles aptos para los cultivos, mediante adición de tierras adecuadas que cumplan con la finalidad deseada.

Los abonos restituyen a los terrenos de cultivo los principios nutritivos que de ellos extraen las cosechas. Ahora bien, tratándose del magnesio, no es suficiente efectuarlo con enmiendas; ha de hacerse empleando abonos magnesianos, al igual que se hace con los potásicos, nitrogenados y fosfatados.

Por las razones antes expuestas existía, hasta hace pocos años, una gran resistencia por parte de los agricultores norteamericanos y de casi todo el mundo al empleo de sales o compuestos magnésicos con abono.

No obstante, sin darse cuenta, en muchas de las mezclas que empleaban, o bien añadían magnesio en el suelo (sales potásicas impuras, encalado con cales dolomíticas, etc.), o incorporaban correctivos que unas veces contenían magnesio (cenizas de plantas, yeso impuro), y otras inmovilizaban parte del magnesio insoluble del suelo (sulfatos, cloruros, nitratos, etc.).

El tabaco fue la primera planta en que de un modo experimental se reconoció la gran importancia del magnesio como abono.

Los síntomas de deficiencia magnésica en ella se llamaban *sand drown*, antes que el origen del mal fuera conocido, y consistía en la pérdida del color verde en las hojas bajas, comenzando por las puntas y luego extendiéndose en todas las fases del desarrollo de las plantas, desde la semilla hasta la completa madurez. Se presenta de preferencia en suelos muy permeables, después de períodos de grandes lluvias. <sup>(4)</sup>

La consecuencia pronto se sacó, al comprobar los efectos dañinos observados en las plantas por efecto de la carencia o escasez de magnesio aprovechable en el suelo, y fue la necesidad de añadir magnesio al terreno laborable.

En el caso de cosechas de período corto, como tabaco, papas, etc., no es aconsejable alterar el pH del suelo por adición de carbonatos de calcio y magnesio; es mucho mejor entonces, o bien el supe magnesiano, con un 8 a 10% de silicato de magnesio, o las sales solubles, tales como el sulfato de magnesio, la kieserita, etc.

El cloruro magnésico llegó a ensayarse, pero no se generalizó su uso a causa de la higroscopicidad y ser peligroso el ion cloro en determinados cultivos.

El producto que mayor éxito consiguió fue el fosfato doble amónico-magnésico que, aparte de las características esenciales de solubilidad, proporciona a las plantas tres elementos muy apreciados en la fertilización, como son:

- Fósforo, nitrógeno y magnesio, en la proporción respectiva de 28/29 de  $P_2O_5$ , 6/7 de  $NH_3$  y 15/16 de  $MgO$ , soluble en agua cargada de anhídrido carbónico y en disoluciones al 2% de ácido cítrico, que equivale a decir que es utilizable por los ácidos vegetales del suelo.

Como fórmula más adecuada para acelerar el crecimiento de las plantas jóvenes y los rendimientos herbáceos, se recomienda la siguiente composición: 150 gramos de nitrato de sodio, 200 gramos de superfosfato mineral, 100 gramos de cloruro potásico y 10 de sulfato de magnesio. Se distribuirá primero en dosis de 20 gramos por metro cuadrado y, posteriormente, en forma de riego en una solución de 200 gramos por cada hectolitro de agua, alternando un riego con fertilizantes con otro de agua pura.

Para favorecer y desarrollar la floración, al mismo tiempo que obtener un mayor rendimiento frutícola, la fórmula debe consistir en 50 gramos de nitrato sódico, 300 gramos de superfosfato mineral, 150 gramos de cloruro potásico y 25 de sulfato de magnesio. <sup>(4)</sup>

## **2.4 FERTILIZANTES MAGNÉSICOS**

Las aportaciones que recibe normalmente el suelo como fertilizantes magnésicos bajo la forma de piedra caliza dolomita:  $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ , material que se utiliza simultáneamente como enmienda para conseguir la neutralización de la acides del suelo. Dado que el magnesio se encuentra en el suelo en forma de sales solubles como sulfato, nitrato y cloruro, no hay evidencias de la necesidad de que el magnesio deba estar quelatado para que pueda ser absorbido por las raíces de las plantas, ni tampoco de que la quelación mejore su absorción. <sup>(7)</sup>

Un quelato es un compuesto químico en el que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier

acción desde el exterior evitando su hidrólisis y precipitación. Por tanto, químicamente hablando, los quelatos son moléculas muy estables.<sup>(8)</sup>

El magnesio es también normalmente suministrado al suelo en los residuos vegetales, en el estiércol y como sulfato de magnesio (Kieserita, 20% de S) o sulfato magnésico-potásico escorias de desfosforarían, sales brutas potásicas y diversos fertilizantes que llevan magnesio como impureza o incorporado deliberadamente, como ocurre ya en muchos complejos modernos, como cuatro elementos fertilizantes expresado bajo la forma MgO. Hay fertilizantes magnésicos cuya solubilidad es muy grande y estos se utilizan en la fertirrigación o nutrigación, como es el nitrato de magnesio; se disuelve de forma rápida y no forma precipitados, aún a bajas temperaturas.

#### 2.4.1 Función del fertilizante magnésico.

El magnesio (Mg), junto con el calcio y el azufre, es uno de los tres nutrientes secundarios que requieren las plantas para un desarrollo normal, saludable. Se consideran secundarios debido a su cantidad y no a su importancia. La falta de un nutriente secundario es tan perjudicial para el desarrollo de las plantas como la de cualquiera de los tres de carácter primario (nitrógeno, fósforo y potasio) o la deficiencia de micronutrientes (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno). Además, en algunas plantas, la concentración de magnesio en el tejido es comparable a la de fósforo, un nutriente primario.

Muchas de las enzimas pertenecientes a las células de las plantas necesitan magnesio. Sin embargo, la función más importante de este elemento es la de átomo central en la molécula de clorofila. La clorofila es el pigmento que da a las plantas su color verde y lleva a cabo el proceso de la fotosíntesis; también interviene en la activación de un sinnúmero de enzimas necesarias para su desarrollo y contribuye a la síntesis de proteínas.

Para algunas prácticas agrícolas, la fertilización equilibrada esencialmente significa una oferta de nitrógeno, fósforo y potasio en relación con las reservas del suelo, los requerimientos y los rendimientos esperados del cultivo, con el agregado de magnesio, azufre y microelementos donde sea necesario.<sup>(30)</sup>

Los síntomas visibles de deficiencia de magnesio incluyen la clorosis de las hojas más viejas, conocida como “hojas naranjas”. Las expresiones más fuertes de los síntomas visibles de deficiencia normalmente se encuentran durante la época seca cuando la radiación es alta y en hojas expuestas a la luz solar.

El nitrato de magnesio suministra los cultivos con una fuente altamente soluble de magnesio y nitrógeno. También puede utilizarse como materia prima de la sal de magnesio y nitrato en la industria.



# **CAPÍTULO 3**

## Estudio de mercado.

### **3.1 EL MERCADO DE LOS FERTILIZANTES.**

El uso de fertilizantes en la agricultura es un factor importante que contribuye al incremento de la productividad de los cultivos, la cual es determinante para lograr abastecer de alimentos a una población global creciente, la demanda mundial de nutrientes vegetales mantiene una tendencia al alza, con una tasa de crecimiento promedio anual de 1.7% durante la última década.

De acuerdo con la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA), el consumo global de nutrientes registró un récord de 183.4 millones de toneladas en el periodo 2014-2015. De dicho volumen, 60% correspondió a los fertilizantes nitrogenados; 22% a los fosfatados y 18% a los potásicos. Entre el 2011 y el 2015, la demanda de fertilizantes creció a un ritmo menor (1.1% promedio anual), y la IFA lo atribuye a los bajos precios de los productos agrícolas en el mercado internacional, así como al debilitamiento de la actividad económica mundial.

Por el lado de la oferta, la fabricación de fertilizantes en el 2015 se mantuvo sin cambio con respecto al 2014, mientras que la industria global de estos productos opera a 78% de su capacidad instalada. La producción se concentra en un reducido número de países (China, Estados Unidos, Rusia, Canadá, India, etc.) en la mayoría de los casos, se concentra en un número muy reducido de empresas. La importancia del comercio se debe a la creciente dependencia de fertilizantes importados en varias regiones de África, Europa y América Latina.

Con respecto a los precios de los principales fertilizantes en el mercado internacional, que mantienen una estrecha relación con los costos de las materias primas necesarias para su fabricación, éstos reportan una tendencia descendente durante los últimos cuatro años. Por ejemplo, el precio de la urea en diciembre del 2015, de 240 dólares por tonelada, se ubicó en su nivel mínimo en cinco años y medio.

De acuerdo con datos de la Sagarpa, durante el 2014 se realizó fertilización química en 66.8% de las 22.2 millones de hectáreas sembradas en el país. La proporción de la superficie fertilizada en riego fue de 91.6% y en temporal de 57.9%, con respecto a la superficie sembrada total en cada uno de los regímenes de humedad. En seis entidades se concentró 43.0% de la superficie fertilizada en el país: Jalisco (8.3%), Sinaloa (8.1%), Veracruz (7.2%), Michoacán (6.8%), Chihuahua (6.8%) y Guanajuato (5.9%).

Por otra parte, contrario a lo que ocurre con los precios de los fertilizantes en el mercado internacional, los precios de estos insumos en México muestran una ligera tendencia al alza durante los dos últimos años. Por ejemplo, los precios promedio de la urea y el fosfato diamónico en el 2015 se incrementaron 3.1 y 8.9%, respectivamente, en relación con los precios promedio en el 2014. <sup>(31)</sup>

\* Darío Gaucín es especialista de la Subdirección de Análisis del Sector de FIRA.



Carlos Salazar Preciado (2014), delegado de la SAGARPA en Colima; informó que dos nuevas plantas de fertilizantes, con una inversión de 1 mil 474 millones de dólares, se construyen en México y operarán con gas importado de Texas, en donde se producirán fertilizantes nitrogenados y amoniacales. Salazar Preciado comentó, que una de las plantas está ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz, fue comprada por Petróleos de México (Pemex) en enero del 2014 a la empresa Agro Nitrogenados por 474 millones de dólares; mientras que otra se construirá en Topolobampo, Sinaloa, por la empresa ProMan, con capital de empresarios alemanes, suizos y mexicanos y una inversión de 1,000 millones de dólares.

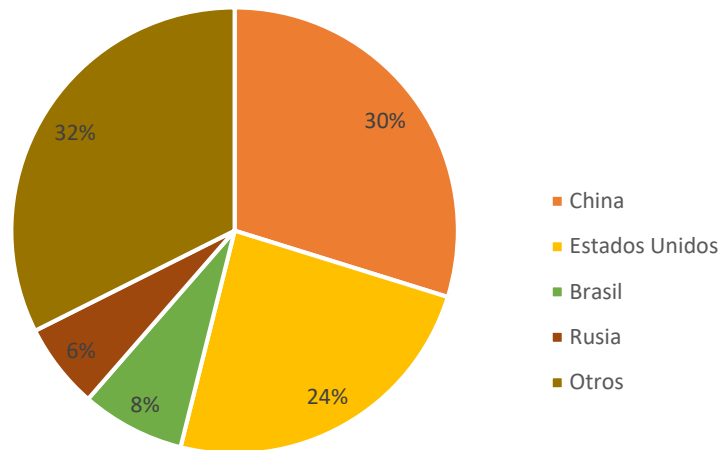
### 3.1.1 Importaciones de fertilizantes.

Durante los primeros diez meses del 2014 se produjeron 1.57 mdt de fertilizantes, es decir, 11.4% menos que en el mismo periodo del 2013. En tanto, las importaciones netas ascendieron a 2.36 mdt, al incrementarse 11.7% a tasa anual.

Las importaciones de agroquímicos y fertilizantes en valores, en el año 2017, alcanzaron los 1.846 millones de dólares, un 1,5% por encima de los 1.818 millones de dólares del año 2016. <sup>(44)</sup> En cuanto a las cantidades importadas, totalizaron unas 2.640 mil toneladas, un 6,7% por debajo de las 2.829 mil toneladas del año 2016.

En México se importan principalmente fertilizantes nitrogenados (64.0% del volumen), mezclas de dos o más nutrientes (27.6%) y potásicos (8.5%). La urea es el más importante, ya que representa 41.0% del volumen total importado de fertilizantes. <sup>(44)</sup>

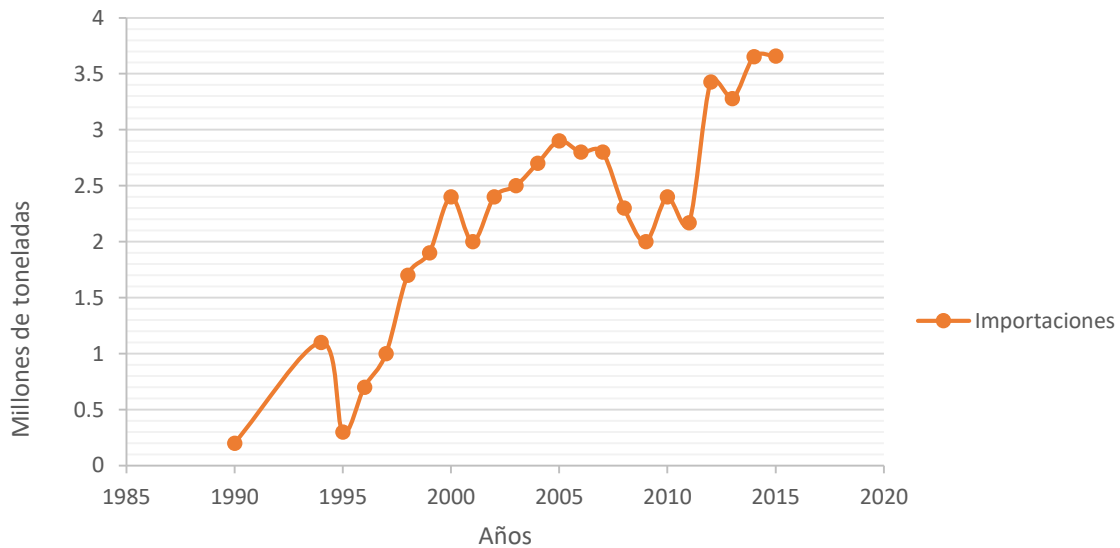
En lo referido al origen de las importaciones de agroquímicos y fertilizantes en valores, China ocupó el primer lugar con el 29,8%, seguido por los Estados Unidos con el 24,1%. En tanto, Brasil ocupó el tercer lugar, algo alejado, con el 7,5%, mientras que Rusia ocupó la cuarta posición, con el 6,2%. Estos cuatro países abarcaron el 67,5%, en tanto que los dos primeros treparon al 53,9%. Ver gráfica 2



**Gráfica 2. Origen de las importaciones**

*Fuente: Creación propia con datos de OEC (Organismo de Evaluación de Conformidad), 2016*

En la gráfica 3, se realiza un análisis de las importaciones en México desde 1990 hasta el 2017, con lo cual se podrá realizar una proyección para años futuros.



**Gráfica 3. Importaciones**

*Fuente: Anacofer (Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes), ANIQ*

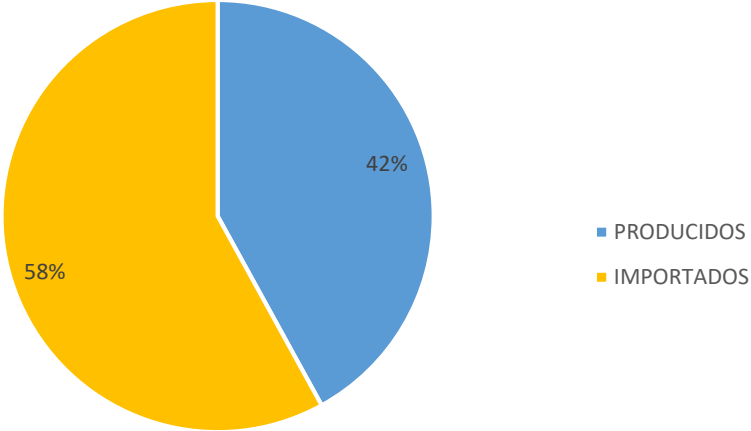
Las importaciones durante el año de 1995 las importaciones decayeron debido a lo relacionado con lo que se denominó "El Error de Diciembre" y que fue el origen de una terrible crisis económica.

Sin embargo, en México durante 2005 el PIB creció 3%, el desempeño del gasto interno y de la actividad económica fue favorecido por importantes incrementos del superávit de la balanza comercial de productos petroleros y de los ingresos por remesas familiares; provocando un aumento a casi 3 millones de toneladas importadas. <sup>(11)</sup>

$$y_i = 1.2582 * \sin(0.2201x - 25.1784) + 1.4948 \dots \dots \dots (2)$$

Con una ecuación 2, se puede predecir el comportamiento de las importaciones de los fertilizantes, anteriormente se hizo un análisis para el comportamiento durante el 2020, el cual es como resultado un valor de 0.2369, lo cual nos indica que las importaciones disminuirán.

México importan 58% de los fertilizantes químicos que se emplean la agricultura, cuyo costo se ha incrementado en los últimos meses debido a la paridad peso-dólar. Ver gráfica 4.



**Gráfica 4. Importaciones de México.**

*Fuente: Creación propia con datos de agronegocio 2015*

De acuerdo con información de la Comisión de Planeación (Coplan), que se presentó en el seno del Consejo Mexicano para el Desarrollo Rural Sustentable (CMDRS), en México se cultivan alrededor de 24 millones de hectáreas, de las cuales 9 millones no se fertilizan, lo que representa 37.5% del total.

### 3.1.1.1 Los precios

La caída de los precios a nivel internacional del gas natural y de las materias primas han permitido que más del 60% de los fertilizantes que se utilizan en el campo nacional provengan de otros países, mientras que el resto se elabora por las productoras del país.

Al igual que en Brasil, Guatemala y Estados Unidos, el mercado mexicano surte más de la mitad de su demanda con los fertilizantes de países como India, China, Rusia, Emiratos Árabes entre otros.

En China el precio fue de 288.50 por tonelada. En EU el precio fue de 307.75 dólares mientras que, en Egipto, donde se identificó la tonelada más elevada el precio fue de 346.25 dólares.

Una caída respecto a los precios de 2013, cuando el precio promedio de la urea llegó a cotizarse hasta en 349 dólares por tonelada, de acuerdo con las estadísticas de la consultora Context.

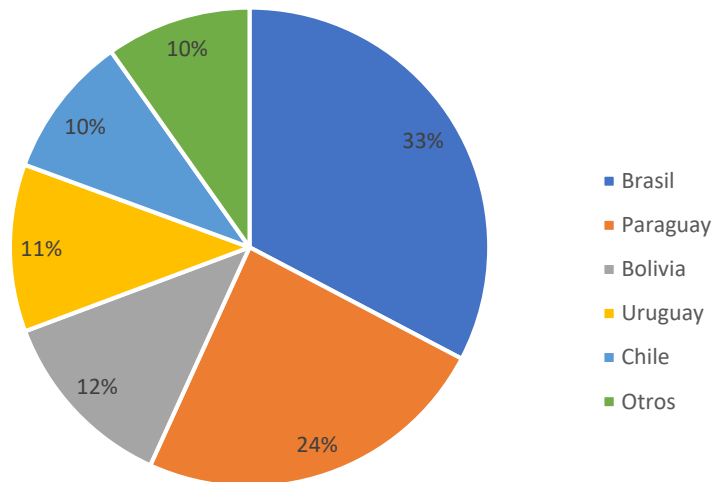
Luis Miguel Romero, presidente de la Asociación Nacional de Comercializadores y Productores de Fertilizantes (Anacofe), explicó que se importan aquellos productos que no se generan en México, como la urea, mientras que el resto de los productos sí se compran en el país.

Frente a la apertura que la reforma energética traería a nuevos competidores y productores, Romero comentó que se podría sustituir aquellas importaciones donde no resulte más caro el traslado nacional que el internacional.

### 3.1.2 Exportaciones de fertilizantes

En 2017, las ventas externas de agroquímicos medidas en valores alcanzaron los 396 millones de dólares, un 13,5% por debajo de los 458 millones de dólares del año 2016. En cuanto a las exportaciones en cantidades, en el año 2017 alcanzaron las 256 mil toneladas, un 27,9% por debajo de las 355 mil toneladas del año 2016, por lo que se revirtió la tendencia creciente observada desde 2014. <sup>(44)</sup>

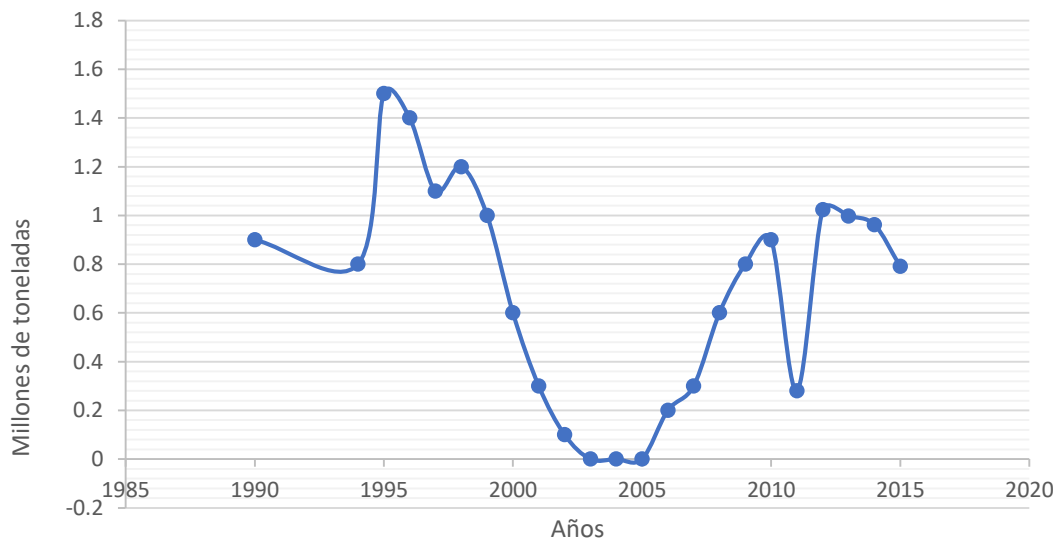
En la gráfica 5 se representan los destinos de las exportaciones de agroquímicos y fertilizantes en valores durante el año 2016 se concentraron en el mercado regional: Brasil, con el 32,7%, fue el primer destino de las ventas al exterior, seguido por Paraguay, con el 24,1%; por Bolivia (12,5%); por Uruguay (11,3%); y por Chile, en quinto lugar, con el 9,6% de participación. Todos estos países agruparon el 90,2% del total exportado. <sup>(44)</sup>



**Gráfica 5. Destino de exportaciones.**

*fuentes: Creación propia con datos de OEC (Organismo de Evaluación de Conformidad), 2016*

En la gráfica 6, se representa el comportamiento de las exportaciones de fertilizantes desde 1990 hasta el 2015, lo cual permitirá una proyección para determinar el mercado de las exportaciones en los próximos años.



**Gráfica 6. Exportaciones**

*Fuente: Anacofer (Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes), ANIQ*

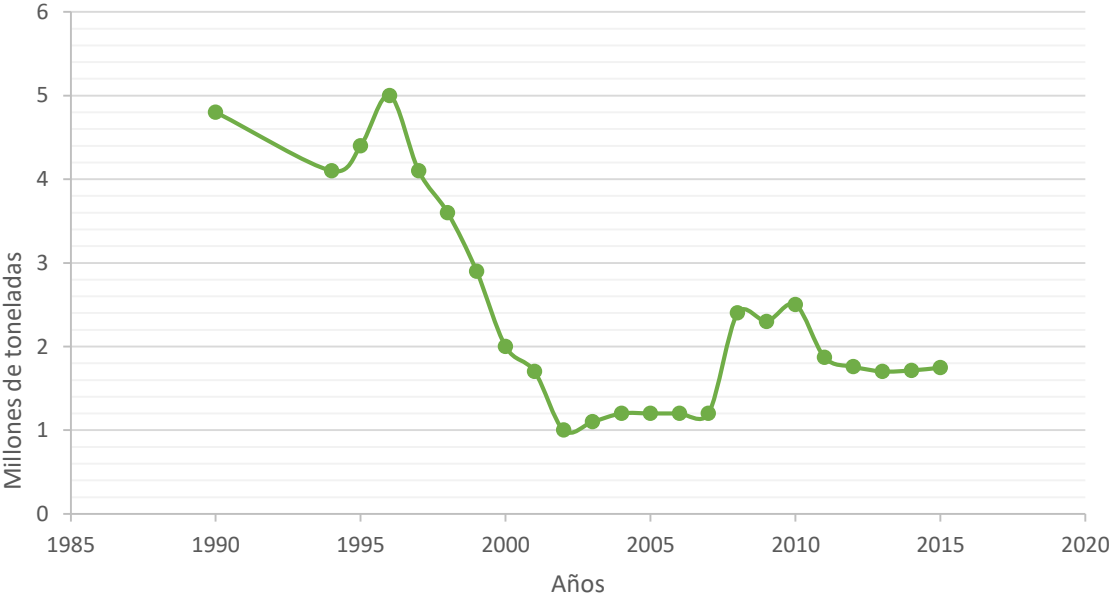
Para mejorar la situación de México durante 1995 las exportaciones crecieron para apoyar la economía del país; pero durante el periodo 2000-2005 la economía mexicana registró una tasa anual de 2.6%, en tanto que la tasa de crecimiento medio anual de 1.56%. En 2005, la economía mexicana creció en 2.96% lo que representó una caída importante con respecto al crecimiento observado en 2004 que fue de 4.18, la tasa más alta desde el año 2000. El crecimiento ha resultado insuficiente para generar nuevos empleos, incrementar la competitividad y la participación de la economía en el sector externo. <sup>(18)</sup>.

$$ye = 0.6588 * \sin(0.3369x + 14.3349) + 0.6968 \dots \dots \dots (3)$$

Usando el mismo método de análisis de las importaciones se procede a determinar las exportaciones para el 2020, las cuales se esperaría un decrecimiento a 0.3352 millones de toneladas, según la ecuación 3.

**3.1.3 Producción de los fertilizantes.**

La producción de agroquímicos y fertilizantes en el país presentó un incremento al pasar de 1.71 millones de toneladas en el año 2014 a un total de 1.75 millones de toneladas en 2015, lo que hizo que el Consumo Nacional Aparente aumentara 4.6 millones de toneladas. <sup>(46)</sup> Ver gráfica 7.



**Gráfica 7. Producción**

Fuente: Anacofer (Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes), y ANIQ

El incremento en la producción mexicana de fertilizantes durante los últimos siete años se atribuye, en parte, a las reformas que desde el 2008 se hicieron a la Ley de Pemex. Éstas tuvieron el objetivo de promover la producción y la productividad de la industria mexicana de fertilizantes por medio de la oferta de materias primas, como el amoníaco, a precios competitivos para los fabricantes nacionales.

Con las inversiones anunciadas por Pemex en el 2014, para la rehabilitación y operación de una planta productora de urea, se estima que se reactive la producción de este fertilizante en hasta 990 mil toneladas anuales a partir del 2015. El organismo paraestatal dio a conocer que se prevé que la producción de urea represente cerca de 75% de la demanda actual de este fertilizante, que es el de mayor uso en el sector agrícola nacional. Así, se reducirían las importaciones de este producto, que durante el 2013 representaron 40% del volumen de las compras mexicanas de fertilizantes en el exterior.

Mayor oferta de fertilizantes podría contribuir a incrementar su uso, dado el potencial de crecimiento para su aplicación en el sector agrícola. Según datos de la Sagarpa, durante el 2013 se realizó fertilización química en 66.4% de los 22.1 millones de hectáreas sembradas en el país.

Con respecto a la superficie sembrada por modalidad de humedad, la proporción del área fertilizada en riego fue de 91.5% y en temporal de 57.5%.

Por otra parte, los precios de los principales fertilizantes en el mercado nacional reportan una tendencia a la baja desde el 2012. Las cotizaciones de la urea y el fosfato diamónico promediaron 7,402 y 9,195 pesos por tonelada en el 2014, es decir, disminuyeron 8.2 y 11.2% a tasa anual, respectivamente.

La mejoría de la producción en 1997 se reflejó en un aumento sensible de la demanda de trabajadores. La expansión de la ocupación dio lugar a un incremento importante de la masa salarial de la economía, particularmente en el sector manufacturero. La productividad media del trabajo continuó fortaleciéndose en dicho sector, lo que contribuyó a mantener la competitividad internacional. <sup>(12)</sup>

Sin embargo, en el 2002, por primera vez en cuatro años, la inflación general anual se ubicó por encima de la meta acordada (4.5%).

La mejoría de la producción en 1997 se reflejó en un aumento sensible de la demanda de trabajadores.

La expansión de la ocupación dio lugar a un incremento importante de la masa salarial de la economía, particularmente en el sector manufacturero.

La productividad media del trabajo continuó fortaleciéndose en dicho sector, lo que contribuyó a mantener la competitividad internacional. <sup>(12)</sup>

Sin embargo, en el 2002, por primera vez en cuatro años, la inflación general anual se ubicó por encima de la meta acordada (4.5%).

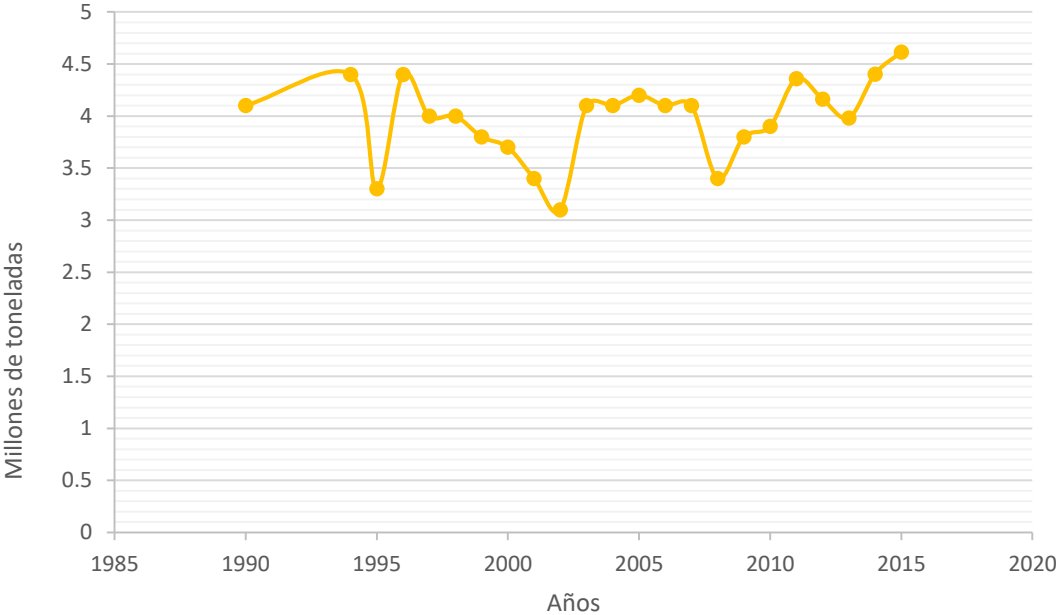
En el 2002 la economía mexicana tuvo una evolución menos favorable que la anticipada al inicio del año: la producción creció a un ritmo más lento y la inflación anual del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) aumentó con respecto a la del año precedente y excedió a la meta. El incremento anual del PIB de México en 2002 fue de tan sólo 0.9%. <sup>(12)</sup>

$$yp = -0.0800 * \sin(-1.8365x + 4731.0211) + 2.5625 \dots \dots \dots (4)$$

Con ayuda de la ecuación 4, es posible prever la producción de fertilizantes para el 2020 la cual es de 2.5841 millones de toneladas, lo que significa un decrecimiento en la producción.

3.1.4 Consumo Aparente.

El consumo aparente se calcula mediante una adición de lo que se produce en el país del año a calcular y lo que se importa del mismo año menos las exportaciones del mismo año.



**Gráfica 8. Consumo Aparente (CA)**

Fuente: Anacofer (Asociación Nacional de Comercializadores de Fertilizantes), y ANIQ



Durante 1994 se observó un máximo en el consumo aparente debido a que la producción fue la mayor durante esa década y aunque las exportaciones fueron de las más altas, durante esa misma década la producción fue mucho mayor como para que el consumo aparente fuera alto; pero durante el año 2002 fue el mínimo de la década de los 90's debido a que durante ese año la producción fue la mínima también durante ese mismo periodo. Ver gráfica 8.

Con las ecuaciones anteriores (1-4) se puede calcular el consumo aparente con la suma de producción e importación menos las exportaciones dando así que el consumo aparente será menor que la producción, otorgando la oportunidad de ampliar el mercado de fertilizantes exportando más e importando menos.

En el país se consumen 3.9 millones de toneladas de fertilizantes por año, de las cuales 280 mil toneladas son de amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ), que se utiliza principalmente en las zonas agrícolas del noroeste del país, según datos derivados del Foro-Taller de fertilizantes realizado en la Sagarpa.

En las conclusiones del taller se expone que “los fertilizantes químicos son buenos, siempre y cuando se apliquen en la dosis correcta y no se haga abuso de los mismos, para lo cual es necesario realizar un buen análisis del suelo para conocer las necesidades reales de nutrientes”.

Al referirse a los biofertilizantes que se ha planteado como una alternativa sustentable, se apunta que éstos “no vienen a remplazar al 100% de los fertilizantes químicos, pero son una estrategia para reducir los costos de producción, al disminuir la cantidad de fertilizante que se debe aplicar”.

Sin embargo, acota, “no se tiene la capacidad instalada para abastecer la demanda potencial actual de biofertilizantes”.

Otra problemática es que la frontera está abierta al ingreso incontrolado de biofertilizantes que no necesariamente cumplen con las especificaciones de sus propias etiquetas (contenido de microorganismos), y que además pueden contener algunos patógenos que puedan poner en riesgo la diversidad microbiana del suelo en el país.

El Coplan concluye que “es evidente que el cambio climático va a obligar a que se transforme la producción de la manera en que actualmente se está llevando a cabo”.

### **3.2 LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS**

Todos los proyectos de producción de fertilizantes requieren la transformación de compuestos que proporcionan los nutrientes para las plantas:

- Nitrógeno.
- Fósforo.
- Potasio.

Ya sea individualmente llamados fertilizantes “simples”, o en combinación los cuales adquieren el nombre de fertilizantes “mixtos” o “complejos”.

El amoníaco constituye la base para la producción de los fertilizantes nitrogenados, y la gran mayoría de las fábricas contienen instalaciones que lo proporcionan, sin considerar la naturaleza del producto final. Asimismo, muchas plantas también producen ácido nítrico en el sitio. <sup>(19)</sup>

Los fertilizantes nitrogenados más comunes son:

- Amoníaco anhidro.
- Urea (producida con amoníaco).
- Nitrato de amonio (producido con amoníaco y ácido nítrico).
- Sulfato de amonio (fabricado a base de amoníaco y ácido sulfúrico).
- Nitrato de calcio.
- Nitrato de amonio.

Algunos ejemplos de abonos simples nitrogenados:

- Urea, la cual contiene 46% de nitrógeno.
- Sulfato amónico con un 21% de nitrógeno.
- Nitrato amónico con un 33,5% de nitrógeno.
- Nitrato de calcio con un 27% de nitrógeno.
- Otros (nitrato de magnesio).

La producción de los fertilizantes nitrogenados depende de la cantidad de nitrógeno que incluye cada tipo de fertilizante. La cantidad de nitrógeno que aporta el fertilizante de interés (**Nitrato de magnesio**) solo aporta un 16%.

Se espera que la demanda de fertilizantes nitrogenados crezca más rápido en África subsahariana, un 4,6% anual. Sin embargo, ya que el uso actual es bajo, la región necesitará en 2018 sólo 340 000 toneladas adicionales de nitrógeno en comparación con 2014, lo que representa menos del 5% del incremento mundial previsto.

En Asia oriental y meridional -que juntas suponen el 60% de todo el uso de fertilizantes nitrogenados-, el crecimiento en los próximos cuatro años será moderado, pero representará 3,3 millones de toneladas adicionales en términos de volumen.

Según las proyecciones de la FAO, los agricultores de América del Norte utilizarán unas 300 000 toneladas adicionales de fertilizantes nitrogenados en 2018, lo que supone una tasa de crecimiento anual del 0,5%, mientras que los campesinos de Europa occidental se prevé reduzcan su uso en 50 000 toneladas.

### 3.2.1 Comercialización de los fertilizantes nitrogenados

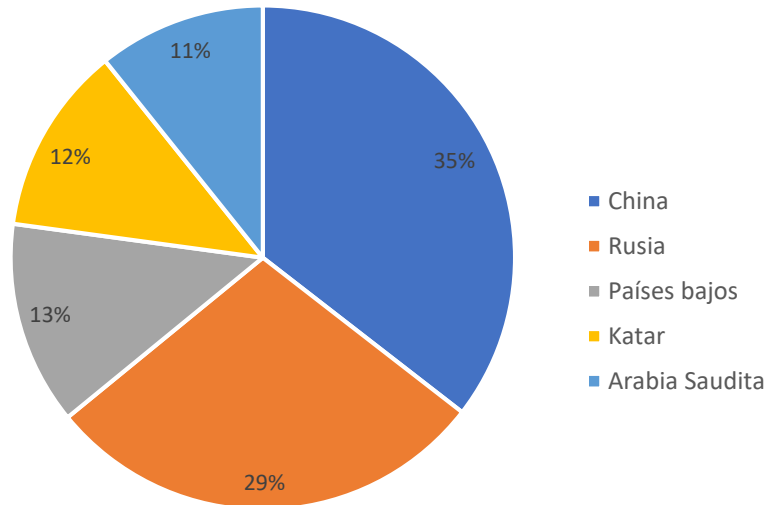
Los principales fertilizantes nitrogenados sólidos que se derivan del amoniaco son la urea, el sulfato de amonio y el nitrato de amonio. La urea es el de mayor utilización por su alta concentración de nitrógeno (46%) y su bajo costo; su forma de presentación es en gránulos o perlas de color blanco que, por acción del agua, se convierten en el suelo en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y por descomposición microbiológica en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), siendo ambas formas aprovechables por las plantas. La aplicación de este producto, sin embargo, ha evidenciado pérdidas importantes de nitrógeno por volatilización especialmente cuando se maneja una fertilización superficial; razón por la cual, se recomienda el empleo de este producto en cultivos ya establecidos y, preferiblemente, fraccionando el producto en pequeñas dosis. <sup>(45)</sup>

De los mencionados, el nitrato de amonio es el segundo de mayor aporte de nitrógeno con un 34,5%, del cual, la mitad se presenta en forma amoniaca y la otra en forma nítrica. Es importante resaltar que el amonio se retiene por más tiempo en el suelo que el nitrato debido a que sus cargas eléctricas interactúan con las arcillas del suelo; por esta razón el uso de este fertilizante se recomienda especialmente en presembrado y al momento de la misma.

Por último, el sulfato de amonio aporta un 10% de nitrógeno y un 23% de azufre, y puede ser mezclado con otros productos; sin embargo, puede perderse fácilmente por lixiviación, es decir que el agua puede arrastrarlo a profundidades mayores en el suelo, ocasionando problemas de contaminación en aguas subterráneas. <sup>(20)</sup>

La comercialización de los fertilizantes nitrogenados inorgánicos obtenidos a partir del amoniaco es de gran importancia en el mercado mundial, destacándose como principales exportadores en el 2012 Rusia y China con el 33 % del total mundial, le siguen Canadá, Ucrania, Arabia Saudita, Egipto, EE. UU. y Países Bajos que en promedio participan cada uno con un 4,6 %.

Sin embargo, para el año 2016, los principales exportadores de fertilizantes nitrogenados son China (\$2,88 Miles de millones), Rusia (\$2,32 Miles de millones), los países bajos (\$1,06 Miles de millones), Katar (\$982 Millones) y Arabia Saudita (\$872 Millones). <sup>(45)</sup> Ver gráfica 9.



**Gráfica 9. Principales exportadores de fertilizantes nitrogenados 2016.**

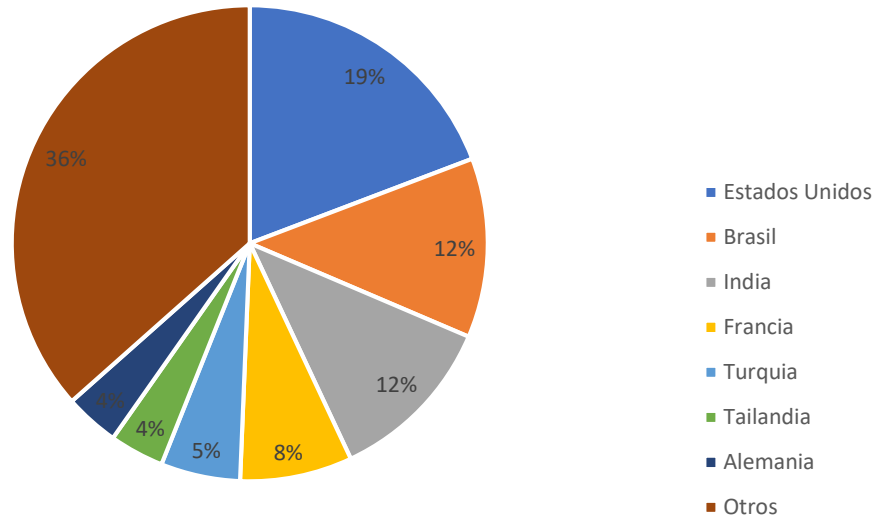
Fuente: Creación propia con datos de la OEC 2016.

Los fertilizantes nitrogenados el producto más transado 170<sup>o</sup> y el producto más complejo de 973<sup>o</sup> según el índice de productos complejidad (PCI). <sup>(45)</sup>

Los principales importadores son los Estados Unidos (\$2,49 Miles de millones), Brasil (\$1,58 Miles de millones), la India (\$1,5 Miles de millones), que consumen el 43 % de la producción mundial Francia (\$988 Millones), Turquía (\$700 Millones), Tailandia y Alemania que se mantienen con participaciones promedio de 3,7 % cada uno, cuyo total equivale a 37,6 millones de toneladas, necesarias para satisfacer la demanda que exige el sector agropecuario en estos países. Ver gráfica 10.

Con lo anterior se evidencia la importancia que ha cobrado el uso de fertilizantes nitrogenados para el desarrollo y sostenimiento de los diferentes cultivos a nivel mundial, ya que una aplicación con los procesos técnicos adecuados puede resultar en aumentos de rendimientos, calidad y rentabilidad económica de los cultivos.

Esta información manifiesta que existe un gran dinamismo comercial de los fertilizantes nitrogenados inorgánicos entre diversos países, tendencia que se mantendrá creciente por la actividad de la producción agrícola, influenciada básicamente por la demanda de materias primas y alimentos que debe suministrar el sector agrícola. Y aunque esta actividad comercial prevalece en mayor proporción en países desarrollados, los países en vías de desarrollo presentan una creciente demanda de estos recursos e influyen positivamente en el fortalecimiento de la producción y comercialización de estos fertilizantes



**Gráfica 10. Principales importadores de fertilizantes nitrogenados 2016.**

Fuente: Creación propia con datos de la OEC 2016

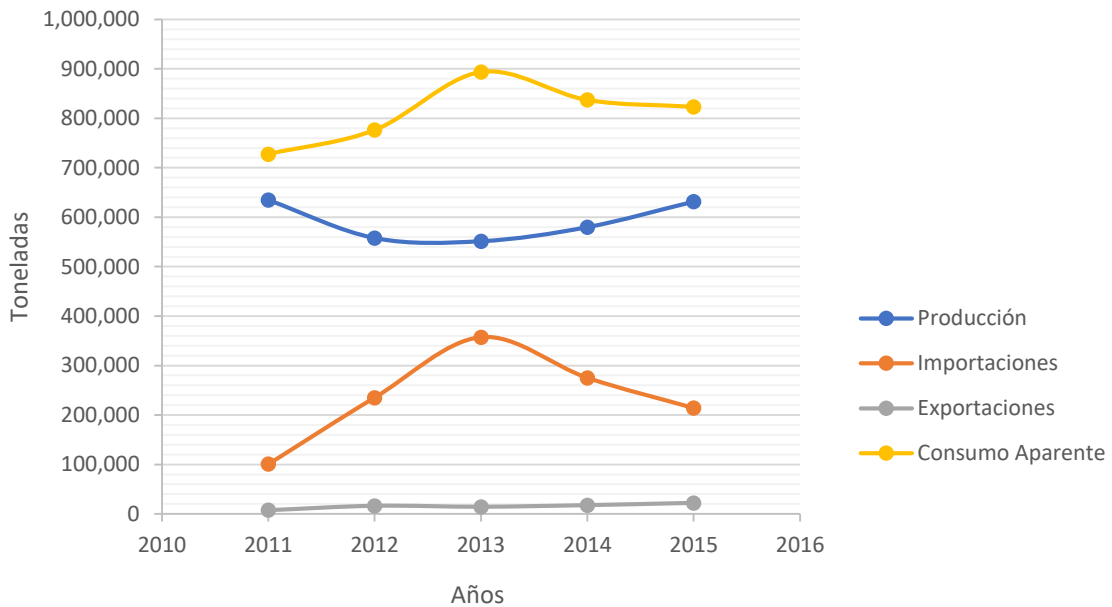
Los puertos donde se reciben mayormente las importaciones en México de fertilizantes nitrogenados son en los estados de Sonora, Chihuahua, Baja California Norte, Puebla, Veracruz, Yucatán, Tamaulipas, Oaxaca. <sup>(21)</sup>

Los países de origen dependen de cuales sean los fertilizantes nitrogenados que se estén importando, por ejemplo; las importaciones de Urea en México durante el periodo 2002-2005 en su mayoría venían de Rusia exportando un 48% del total importado en México, otros países fueron Ucrania, EUA, Venezuela con diferentes aportaciones.

### 3.2.1.1 Fertilizantes nitrogenados comunes.

Dentro del mercado de los fertilizantes nitrogenados están el sulfato de amonio, nitrato de amonio y la urea.

En la gráfica 11, se muestra el comportamiento del mercado del sulfato de amonio hasta el 2015, el volumen de producción en el año 2015 tuvo un incremento respecto al año 2014 de 8.9%, las importaciones presentaron un retroceso de (-) 22.2%, mientras que las exportaciones crecieron 25.5%, como resultado de lo anterior, el Consumo Nacional Aparente decreció 1.7%



**Gráfica 11. Sulfato de amonio.**

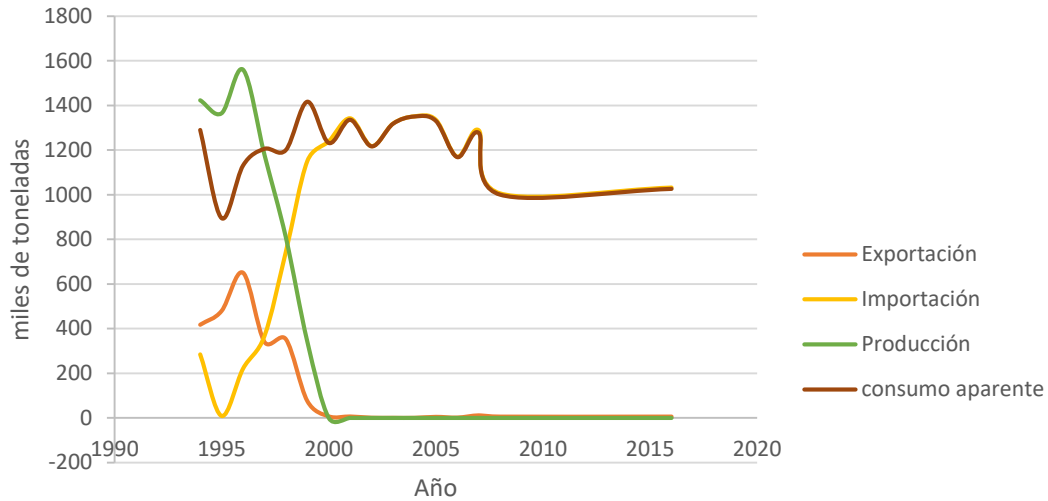
*Fuente: Sistema de Información de Comercio Exterior (SICM) de la Secretaría de Economía, 2016.*

Las importaciones del nitrato de amonio durante el 2012 son las más altas registradas debido a la actividad económica mundial que registró en 2012 un menor crecimiento que en 2011, entre otros factores, al proceso de desendeudamiento público y privado en las principales economías avanzadas, los problemas en la zona del euro y la incertidumbre que existió durante buena parte del año acerca del ajuste fiscal que tendría lugar en 2013 en Estados Unidos. <sup>(18)</sup>

Finalmente tenemos a la urea, la producción y las exportaciones cayeron durante el 2000 debido a una desaceleración de la producción interna, por lo tanto, las importaciones de la misma han aumentado. Ver gráfica 12.

En la comparación del año 2015 con el inmediato anterior, las importaciones de Urea aumentaron 0.03% en volumen, mientras que en valor registraron un decremento de 7.9%.

La Urea siendo uno de los fertilizantes más utilizados en el mercado agricultor durante el 2000 la producción disminuyó de una forma considerable aumentando la cantidad importada al país.



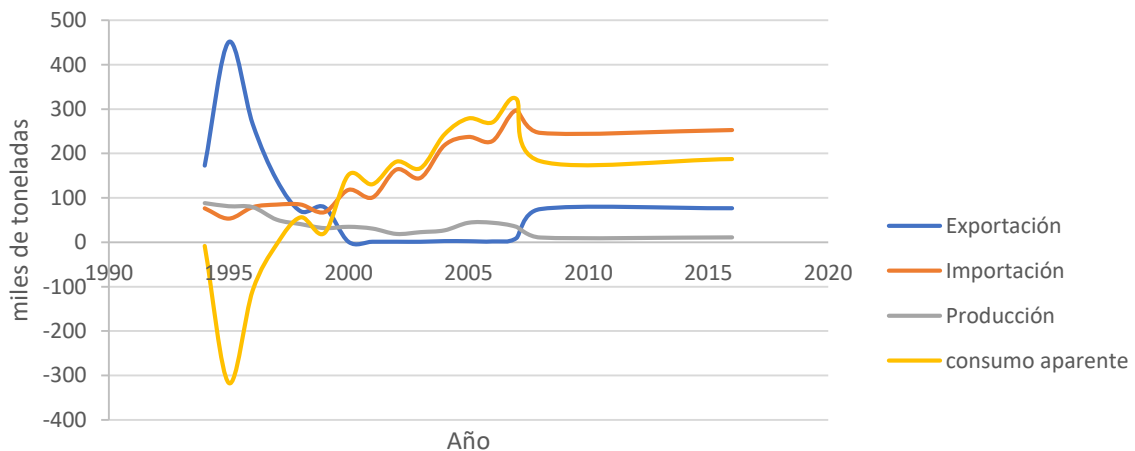
**Gráfica 12. Urea**

Fuente: SICM de la Secretaría de Economía, 2016.

### 3.2.1.2 Otros fertilizantes nitrogenados.

Dentro de estos fertilizantes se encuentra el fertilizante de interés, el cual corresponde solo a un 16% de la producción el resto corresponde a otros fertilizantes nitrogenados como son el nitrato de calcio, etc.

En la gráfica 13, se tiene el comportamiento de uno de estos fertilizantes donde se puede ver que las importaciones desde el 2011 son más grandes que las exportaciones.



**Gráfica 13. Otros Nitrogenados**

Fuente: SICM de la Secretaría de Economía, 2016

### 3.3 NITRATO DE MAGNESIO.

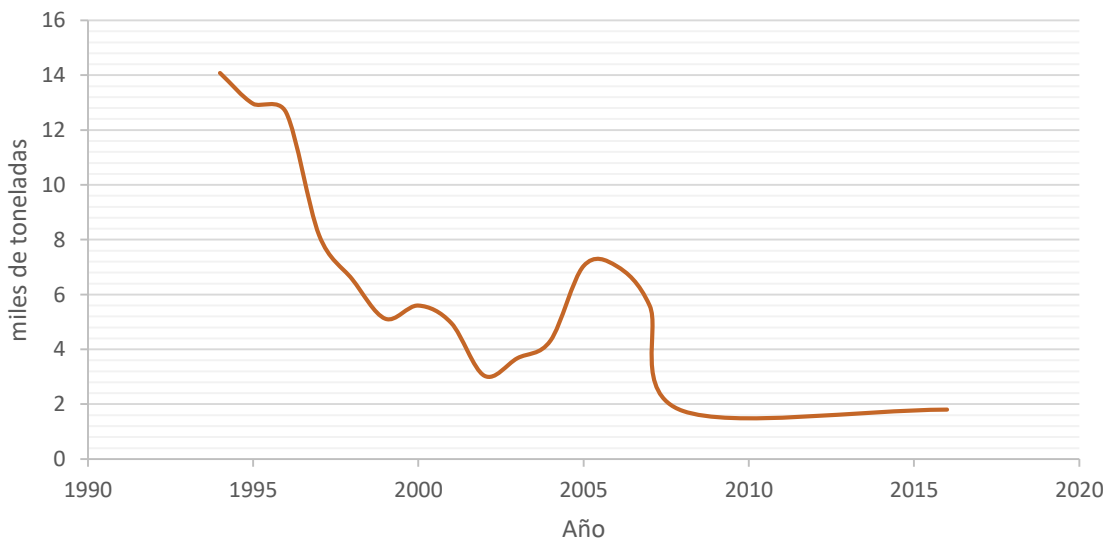
#### 3.3.1 Producción.

Según estadísticas de la IFA el comportamiento del mercado durante el 2016 fue similar al 2008, durante ese periodo hubo un crecimiento del 2.6% del comercio. Lo cual será de utilidad para proyecciones del mercado para los próximos años.

En la gráfica 14. Se muestra el comportamiento de la producción de nitrato de magnesio de acuerdo al 16% que representa del total de producción durante el periodo de 1994-2008. Lo cual nos servirá para determinar una función que sea capaz de predecir la producción de dicho fertilizante para años posteriores, considerando el crecimiento en el periodo 2008-2016 en el comercio.

Durante 1994 la producción de nitrato de magnesio fue de las más altas en el periodo analizado debido a que en ese año se suscitaron acontecimientos desfavorables en varios órdenes de la vida nacional e internacional que incidieron marcadamente en la evolución de la economía del país.

La crisis que sufrió México fue causada en gran medida por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, que entró en vigor el 1º de enero de 1994. México en esta época parecía un buen lugar para invertir y fue justamente lo que aprovechó el presidente Carlos Salinas de Gortari para financiar su gobierno, esto se hizo a través de Tesobonos y CETES. <sup>(22)</sup>



**Gráfica 14. Producción de Nitrato de Magnesio**

*Fuente: Creación propia con datos de SEMARNAT 2010.*

La crisis tiene su clímax durante la administración del presidente Carlos Salinas de Gortari, 1988 -1994, quien incrementó el gasto fiscal a niveles históricos antes de terminar su mandato, mientras el peso mexicano se sobrevaluaba.



La recuperación de la actividad económica se manifestó desde principios del año, gracias a la contribución de la totalidad de los componentes de la demanda agregada. En particular, el ritmo de producción se benefició del persistente dinamismo del volumen de exportaciones de bienes y servicios, rubro que registró un crecimiento de 7.3% durante 1994 (3.7% en 1993).

La producción de la agricultura creció 2.8%, como resultado de abundantes cosechas correspondientes al ciclo de siembras otoño-invierno.

Tales cosechas se recogieron principalmente en el segundo trimestre del año, destacando las de maíz, sorgo, trigo y cártamo. En gran medida, este ciclo agrícola se desarrolla con agricultura de riego. Esa evolución favorable contrarrestó la caída que había ocurrido en la producción agrícola en el primer trimestre.

Sin embargo, durante el 2008 cayó la producción del nitrato de magnesio debido a la crisis del mismo año la cual afectó significativamente el desempeño de la economía global.

La evolución de la inflación en México durante 2008 se vio afectada, principalmente, por los aumentos sin precedente en los precios internacionales de las materias primas alimenticias, metálicas y energéticas, particularmente durante el primer semestre del año. Estas alzas impactaron la estructura de costos de producción de prácticamente todos los sectores de la economía. <sup>(18)</sup>

Para un pronóstico de las futuras producciones de nitrato de magnesio se utilizará una ecuación de orden 6, con una exactitud de 96%. La cual es:

$$-1.3387 * \sin(5.1564x - 9877.1736) + 6.7399 \dots \dots \dots (5)$$

La cual pronostica que para el 2020 se producirán 6.7108 millones de toneladas.

### 3.3.2 Importaciones

En la gráfica 15, se representa el comportamiento de las importaciones del nitrato de magnesio durante 1994-2008. En la cual durante 1995 las importaciones fueron las pequeñas de este periodo debido a que la economía mexicana sufrió la crisis más severa ocurrida desde la década de los años treinta. <sup>(18)</sup>

Durante 1995, la evolución del sector externo se distinguió por los siguientes resultados:

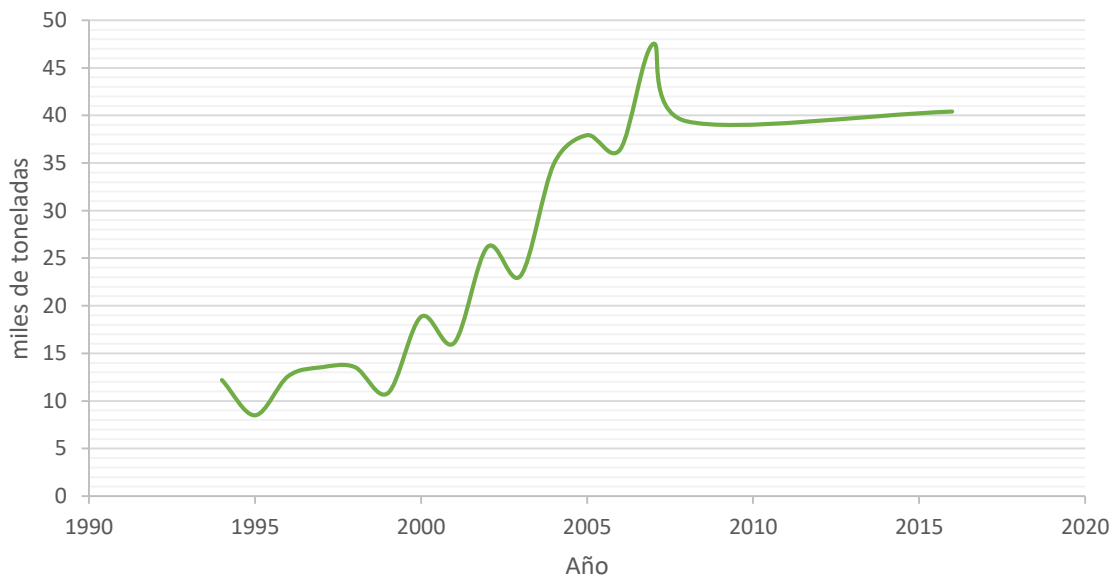
- a) Un mayor dinamismo de las exportaciones de mercancías, especialmente de las no petroleras
- b) Contracción de las importaciones totales de mercancías, a pesar del rápido crecimiento de aquellas asociadas con la actividad exportadora
- c) Cuantioso superávit de la balanza comercial

- d) Virtual desaparición del déficit de la cuenta corriente de la balanza de pagos;
- e) Reconstitución de las reservas internacionales, como resultado de un ajuste ordenado del sector externo y de haberse contado con apoyos financieros del exterior
- f) Retorno gradual del país, a partir del segundo trimestre del año, a los mercados financieros internacionales.

En 2007, la economía mundial mostró un ritmo de crecimiento elevado, las importaciones de mercancías presentaron en 2007 un crecimiento importante, tal evolución respondió a la desaceleración que observaron en el año tanto el producto como la demanda agregada.

$$y = 16.8826 * \sin(0.241x + 38.8893) + 27.2485 \dots \dots \dots (6)$$

La ecuación 6 nos permite definir la conducta de las importaciones del nitrato de magnesio, la cual aplicamos para el año 2018 y 2020 dándonos un tonelaje de importación de 31.5533 y 31.4158 millones de toneladas respectivamente lo que muestra que las importaciones del producto disminuirán.



**Gráfica 15. Importaciones de Nitrato de Magnesio**

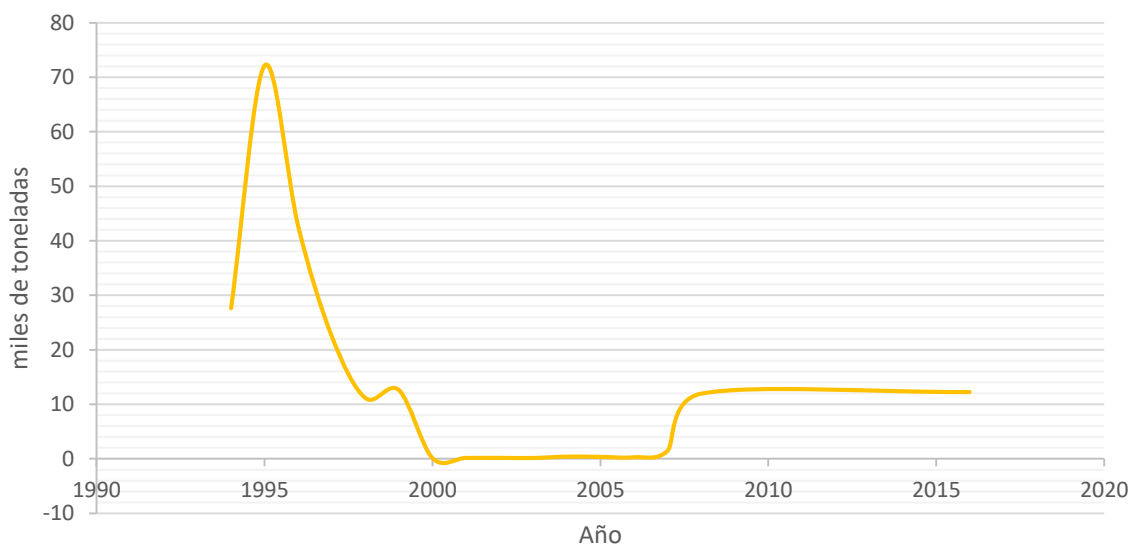
*Fuente: Creación propia con datos de SEMARNAT 2010*

### 3.3.3 Exportaciones

Durante 1995 la actividad económica mostró una contracción muy marcada. La denominada "absorción" de la economía representada por la suma de los gastos de consumo e inversión tanto públicos como privados disminuyó 15.9%. Por tanto, en 1995 la demanda agregada, medida a precios constantes, se redujo 10.2% después de haber aumentado 4.9% el año anterior. Esta contracción sólo pudo ser compensada parcialmente por la expansión de las exportaciones de bienes y servicios, las cuales mostraron acrecentado dinamismo. <sup>(18)</sup> Ver gráfica 16.

En 2000 México ocupó el segundo lugar como socio comercial de los Estados Unidos, ya sea que se considere tanto el destino de las exportaciones de este país como su volumen total de comercio (suma de exportaciones e importaciones). Por otra parte, México se mantuvo como el tercer exportador de mercancías a los Estados Unidos, después de Canadá y Japón.

Sin embargo, este año las exportaciones de nitrato de magnesio disminuyen de forma considerable llegando a menos de 0.2mil toneladas durante más de un sexenio; siendo hasta el 2008 que las exportaciones aumentaron a casi 12 mil toneladas.



**Gráfica 16. Exportaciones de Nitrato de Magnesio**

*Fuente: Creación propia con datos de SEMARNAT 2010*

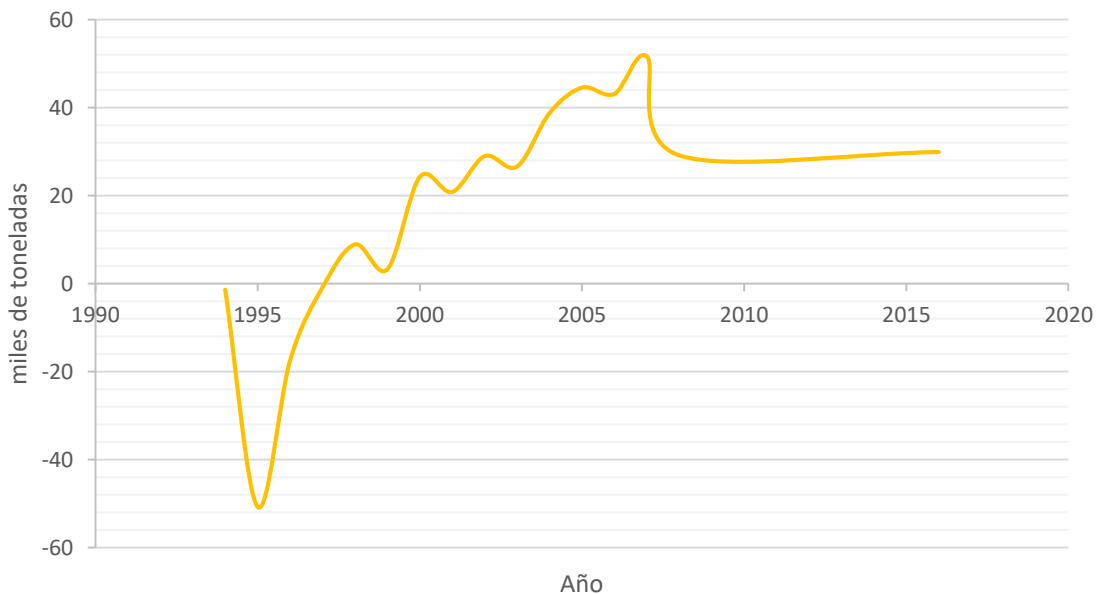
La ecuación 7, pronostica las exportaciones, la cual se implementó para los años 2018 y 2020 arrojando 22.4191 millones de toneladas para el 2018 y 22.4720 millones de toneladas para el 2028. Lo cual implicaría un crecimiento importante en las exportaciones de dicho fertilizante.

$$y = 12.3767 * \sin(0.4310x + 2083.3065) + 10.5791 \dots \dots (7)$$

### 3.3.4 Consumo aparente

El consumo aparente está representado por la gráfica 17. Donde muestra que durante 1995 donde el gasto total en consumo se redujo 11.7% es por ello que se reduce tan drásticamente, lo que representa que durante este año las exportaciones fueron más grandes que las importaciones y la producción del fertilizante.

Sin embargo, en el 2007 fueron los más altos registros de consumo aparente esto debido a que en ese año las exportaciones fueron mucho menos que las importaciones y la producción del nitrato de magnesio. Ver grafica 17.



**Gráfica 17. Consumo aparente de Nitrato de Magnesio**

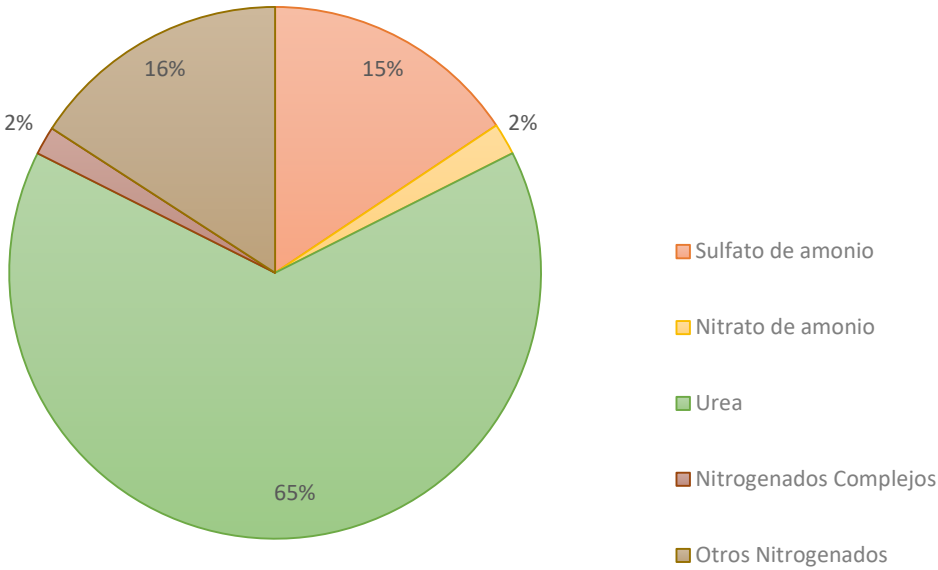
*Fuente: Creación propia con datos de SEMARNAT 2010.*

### 3.3.5 Demanda

México requiere incrementar su producción de fertilizantes ya que el 58% de la demanda se cubre con importaciones refirió Héctor Lugo (2016) director general de producción y Desarrollo tecnológico de la secretaria de agricultura. Ver gráfica 4.

El país requiere 3 millones de toneladas de fertilizantes químicos anualmente para la producción agrícola de las cuales 2 millones 300 son granuladas como aquellos que tienen nitrógeno, fosforo y potasio mientras que las 800 toneladas restantes contienen compuestos como el amoniaco el cual se distribuye a los agricultores en forma de gas.

Las importaciones corresponden a 1,740,000 toneladas; importan principalmente fertilizantes nitrogenados (64.0% del volumen). Lo cual corresponde a importaciones de fertilizantes nitrogenados de 1,113,600 toneladas al año.



**Gráfica 18. Importación 2008**

*Fuente: Creación propia con datos de SEMARNAT 2010.*

En la gráfica 18, se representa la cantidad de lo que se aporta de cada fertilizante nitrogenados, los cuales corresponden al 64% del total importado.

Considerando lo anterior se tiene que las importaciones de nitrato de magnesio son de 3,563.52 toneladas al año. Por lo cual la planta que se pretende crear para cubrir estas importaciones tenga una capacidad de producción de 3,600 toneladas al año para poder satisfacer las necesidades agrícolas del país.

Lo cual representa una producción de 14 toneladas al día considerando 258 días al año en un solo turno.



# **CAPÍTULO 4**

## Aspectos técnicos.



#### **4.1 USOS DEL NITRATO DE MAGNESIO.**

El fertilizante de nitrato de magnesio, ofrece a las plantas magnesio de fácil disponibilidad, el cual es esencial para lograr un desarrollo adecuado. El nitrato presente en este fertilizante facilita la absorción de magnesio por parte de la planta, mejorando de esa forma su eficiencia. Además, enriquece la nutrición de la planta con nitrógeno de fácil disponibilidad y absorción. <sup>(16)</sup>

El nitrato de magnesio es hasta tres veces más efectivo que el sulfato de magnesio en la prevención y corrección de las deficiencias de magnesio, y por lo tanto permite dosis de aplicación considerablemente más bajas.

El nitrato de magnesio cuando se aplica en el fertirriego proporciona de forma eficiente el enriquecimiento y la nutrición de la planta. El nitrato de magnesio ofrece el magnesio necesario para el normal desarrollo de los cultivos.

El nitrato de magnesio suministra los cultivos con una fuente altamente soluble de magnesio y nitrógeno. También puede utilizarse como materia prima de la sal de magnesio y nitrato en la industria. Cuando se requiere una rápida corrección de la deficiencia de magnesio, se recomienda la aplicación foliar dado que la absorción del magnesio por parte de las hojas es muy rápida.

En la tabla 4, se muestra a que cultivo generalmente se le aplica nitrato de magnesio debido a la alta demanda de magnesio en esas hortalizas. y cuando se debe aplicar dicho fertilizante.

**Tabla 4. Cultivos a los cuales se aplica nitrato de magnesio**

| <b>CULTIVO</b>                    | <b>CUANDO APLICAR</b>   |
|-----------------------------------|---|
| Cítricos                          | 1-4 aplicaciones, cuando las hojas de primavera este aproximadamente en 2/3 de su tamaño final y aun no se han endurecido.  |
| Árboles frutales de hojas caducas | 3 - 4 aplicaciones con intervalos de 14 días, comenzando en la floración.   |
| Viña                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Para evitar el "Tallo seco": 1 - 3 aplicaciones con intervalos de 10 días, comenzando posteriormente a la formación de los racimos.</li><li>• Para evitar y corregir la clorosis: 1 - 3 aplicaciones con intervalos de días, comenzando posteriormente a la formación de los racimos.</li></ul> |
| Mango                             | 1-2 aplicaciones cuando las hojas jóvenes están aproximadamente en 2/3 de su tamaño final.  |
| Olivo                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Una semana antes de floración.</li><li>• Tres semanas después de floración.</li></ul>   |
| Papa                              | 3 aplicaciones a 2, 3 y 4 semanas después de emergencia.  |
| Jitomate                          | Al comienzo de fructificación.  |

|                |  |
|----------------|--|
| Pepino         | Al comienzo de fructificación.   |
| Cebada         | Al comienzo de brotación.  |
| Trigo invierno | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comienzo de la elongación del tallo.</li> <li>• Formación del nudo.</li> <li>• Apertura de la hoja bandera.</li> <li>• Floración completa.</li> </ul> |

Fuente: Datos del grupo Haifa (Magnisal) 2017.

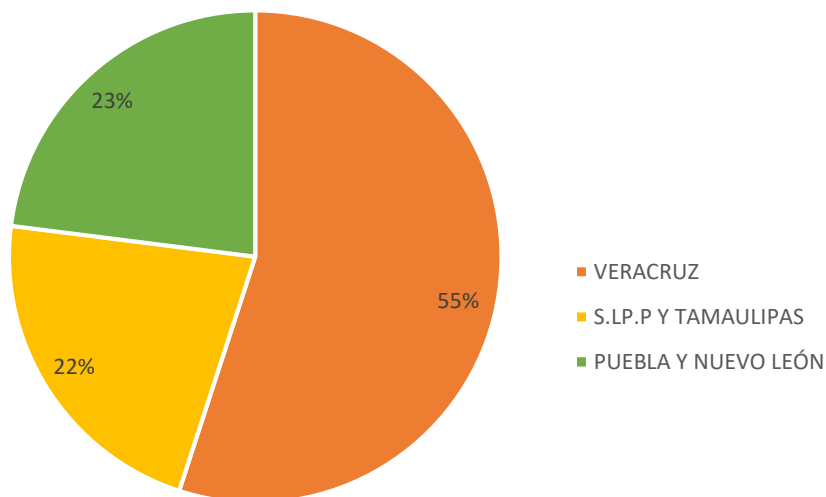
#### 4.1.1 Productores de hortalizas de alta demanda de magnesio.

Para poder determinar una buena localización de la planta se debe conocer la ubicación de los proveedores de materias primas, de los potenciales clientes. Para ellos se presentan los productores de los diferentes cultivos a los cuales se les aplica magnesio y/o tienen una alta demanda de magnesio, los cuales se pueden ver en la tabla 4.

- Productores de cítricos.

La citricultura en México es una actividad de gran importancia económica y social. Se realiza en poco más de medio millón de hectáreas en regiones con clima tropical y sub-tropical en 23 entidades federativas. Los estados de mayor importancia en la producción son Veracruz (55% del total nacional), San Luis Potosí y Tamaulipas, que en conjunto representan 22% de la superficie sembrada y cosechada, así como Puebla y Nuevo León. <sup>(13)</sup>.

De esa superficie, aproximadamente 80% se destina a los denominados cítricos dulces, cuya producción es del orden de 4.9 millones de toneladas por cosecha. ver gráfica 19.



**Gráfica 19. Productores de mayor importancia de cítricos**

Fuente: Creación propia con datos de SAGARPA 2012.

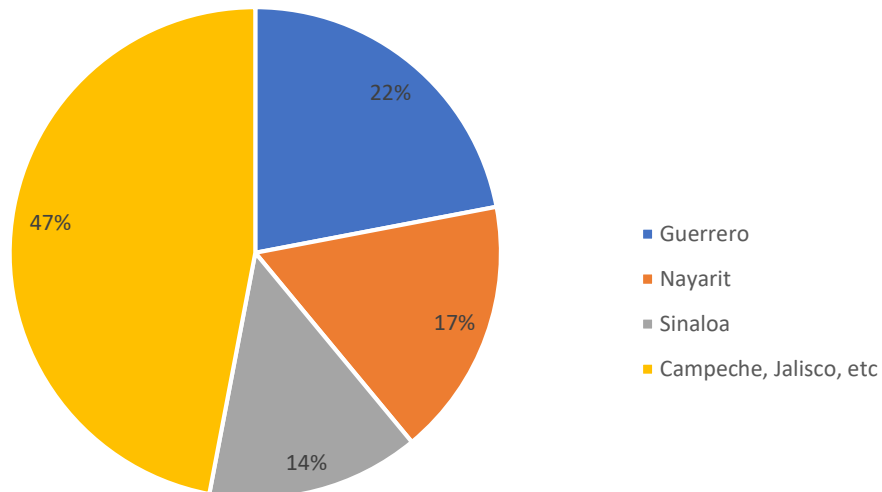


- Productores de Mango.

México ocupa el primer lugar a nivel mundial como el mayor exportador de mango, según cifras de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa, 2014).

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), señala que este fruto se cosecha en 23 estados de la República Mexicana. Entre los principales productores se ubica Guerrero con un 22%, Nayarit con un 17% y Sinaloa con un 14%, que en conjunto suman el 53% de la producción nacional. Ver gráfica 20.

El resto se proviene de Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Veracruz. Guerrero encabeza la lista gracias a su extensa superficie sembrada, así como al buen rendimiento del cultivo. <sup>(14)</sup>



**Gráfica 20. Productores de mayor importancia de mangos**

*Fuente: Creación propia con datos de SAGARPA 2014.*

La Sagarpa detalla que los principales destinos de exportación del mango son Estados Unidos, Canadá, Japón, Reino Unido y los Países Bajos.

- Productores de papa.

En México la papa es uno de los alimentos más importantes que incluimos diariamente en nuestra dieta. Se encuentra en el quinto alimento más consumido por los mexicanos, después del maíz, frijol, trigo y arroz.

En México 11 de los 32 estados son productores de papa.

México es un gran productor de papa, anualmente produce 1.7 millones de toneladas de este alimento, lo que convierte en un país autosuficiente. Entre los estados con mayor potencia productores de papa están Sinaloa, Sonora, Nuevo León, Veracruz, Estado de México, Puebla y Chihuahua, que en conjunto concentran el 68% de la producción. <sup>(15)</sup>

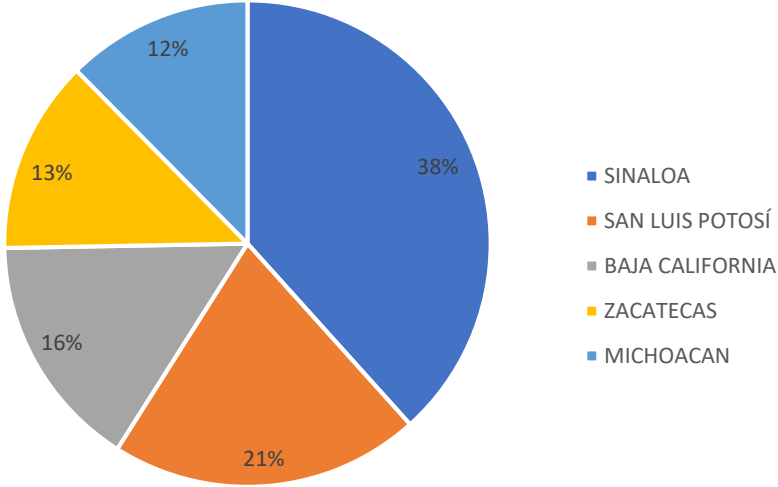
La papa se cultiva durante todo el año, en dos ciclos agrícolas: primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI).

Los principales estados por superficie cosechada son Sinaloa, Sonora, Puebla, Veracruz, México, Nuevo León y Chihuahua, los cuales abarcan 80% de la superficie cosechada; solo los primeros cinco estados comprenden 69% de esa superficie.

- Productores de jitomate

El jitomate es un cultivo que se desarrolla en todas entidades del país; las cinco principales son Sinaloa, San Luis Potosí, Baja California, Zacatecas y Michoacán, en conjunto, estos estados aportan el 52% del volumen nacional.

El principal productor es Sinaloa, con 551 mil toneladas; San Luis Potosí, 296.8 mil toneladas; Baja California; 225.9 mil toneladas; Zacatecas, 185.2 mil toneladas, y Michoacán, 178.2 mil toneladas. En la gráfica 21 se muestra en porcentaje de cada estado que aportan de la producción nacional.



**Gráfica 21. Principales estados productores de jitomate**

*Fuente: Creación propia con datos de SAGARPA 2016.*

Conforme a su nivel de producción, Sinaloa aporta el 20% del volumen nacional; San Luis Potosí 11%; Baja California 8.2%; Zacatecas 6.7%, y Michoacán, 6.4%.

El jitomate mexicano es exportado principalmente a Estados Unidos, Canadá y Japón, mientras que en México el consumo per cápita es de 13.8 kilogramos y en 2015 el valor de la producción se estimó en 20 mil 640 millones de pesos.

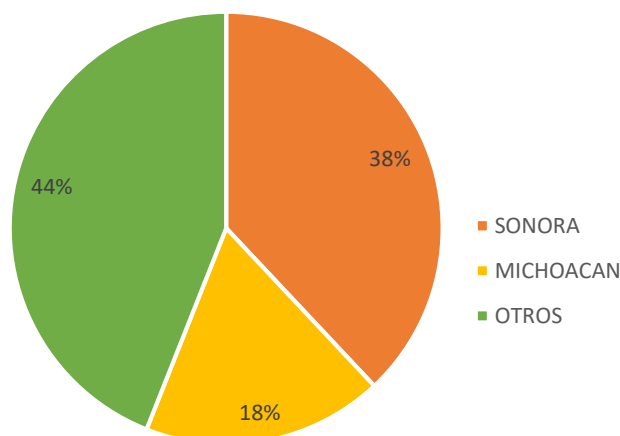
El jitomate se encuentra disponible durante todo el año, con una mayor producción durante los meses de febrero, marzo y noviembre, cuando se cultiva el 33.7% del volumen anual. <sup>(16)</sup>

- Productores de pepino

En México la producción de esta hortaliza juega un papel muy importante debido a que su consumo genera una gran demanda tanto en el mercado nacional como en el internacional, lo que provoca que al año se produzcan poco más de 700 mil toneladas cultivadas a lo largo de la República donde estados como Sinaloa, Michoacán, Baja California, Morelos y Veracruz son los principales productores de pepino. <sup>(17)</sup>

Finalmente, hay que mencionar que este producto se puede producir todo el año, ya sea bajo agricultura protegida o a campo abierto, teniendo mayores resultados durante los meses de febrero, marzo y abril con una producción del 44% del total a nivel nacional.

La mayor parte de la producción nacional de pepino destacan Sonora y Michoacán cubriendo más del 50% de la producción y el resto de lo cubren los demás países productores de dicha hortaliza. Ver gráfica 22.



**Gráfica 22. Estados destacados en la producción de pepino.**

*Fuente: Creación propia con datos de SAGARPA 2015.*

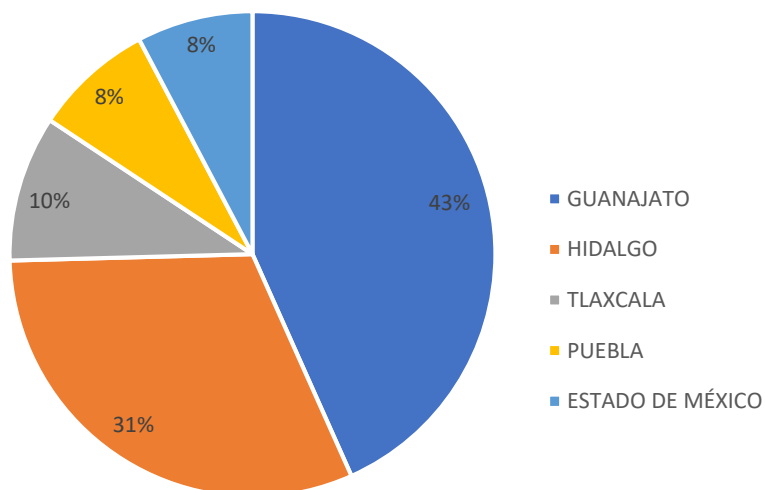
- Productores de cebada

La cebada se produce en 16 entidades del país, las cinco principales son Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México, que en conjunto aportan 859 mil toneladas, es decir el 89% del volumen nacional. <sup>(16)</sup>

De ese 89% de la producción nacional de cebada entre dichos estados los porcentajes de producción se ejemplifican en la gráfica 23.

A nivel entidad, los crecimientos más importantes registrados en 2016 corresponden a Nuevo León, 33.4%; San Luis Potosí, 184.3%; Durango, 157.2%; Michoacán, 104.5%; Querétaro, 80.5%, y Guanajuato, 77.2%.

Además, la producción creció en Oaxaca, 35.4%; Hidalgo, 26.3%; Estado de México, 20.6%; Jalisco, 19.1%, y Puebla, 16.6%, entre otros.

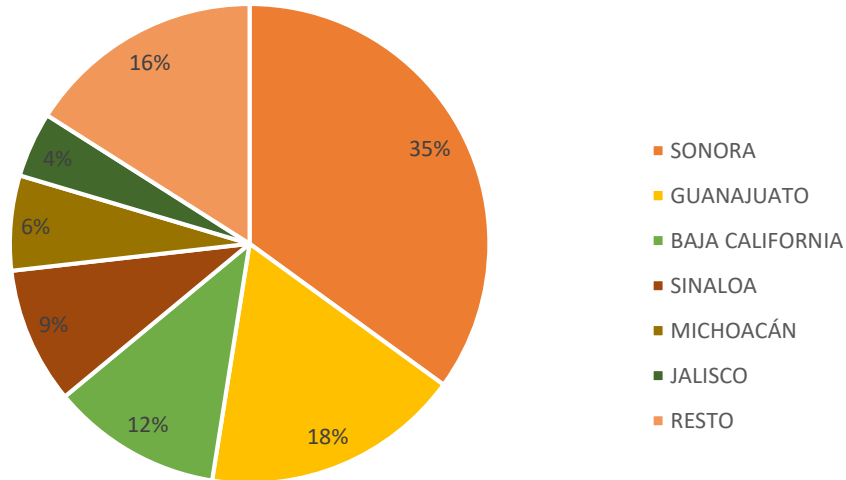


**Gráfica 23. Principales estados productores de cebada**

*Fuente: Creación propia con datos de SAGARPA 2016*

- Productores de trigo invierno

Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción total mexicana de trigo durante 1991-2000 fue de 35.7 millones de toneladas, concentrándose cerca del 85% de la producción en los estados de Sonora (35%), Guanajuato (17.5%), Baja California (11.5%), Sinaloa (9.2%) Michoacán (6.4%) y Jalisco (4.4%). Ver gráfica 24.



**Gráfica 24. Estados principales de producción de trigo**

*Fuente: Creación propia con datos de SAGARPA 2010.*

En el territorio nacional se distinguen las regiones Noroeste y Bajío por su preponderancia en la producción de trigo, siendo los principales estados productores Sonora, Sinaloa, Baja California, Guanajuato, Michoacán y Jalisco. La Región Noroeste aporta en promedio el 55% de la producción nacional del cereal y el Bajío el 28%, lo que conjuntamente representa más de las tres cuartas partes del total nacional.

En la tabla 5, se muestran todos los estados productores de cada hortaliza de alta demanda de magnesio.

**Tabla 5. Estados productores de hortalizas con alta demanda de magnesio.**

| <b>Cultivo</b> | <b>Estados de producción</b>   |
|----------------|--|
| Cítricos       | Veracruz, San Luis Potosí, Nuevo León, Puebla, Tamaulipas, Colima, Sonora, Yucatán, Oaxaca, Michoacán <sup>8</sup>                           |
| Mango          | Sinaloa, Nayarit, Chiapas, Guerrero, Campeche, Colima, Jalisco, Oaxaca, Veracruz, Michoacán. <sup>5</sup>                                    |
| Papa           | Sonora, Sinaloa, Nuevo León, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Baja California sur, México, Chihuahua. <sup>6</sup>                      |
| Tomate         | Sinaloa, Baja California, Jalisco, Colima, Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas <sup>2</sup> |
| Pepino         | Sinaloa, Michoacán, Baja California, Morelos y Veracruz. <sup>4</sup>  |
| Cebada         | San Luis Potosí, Durango, Michoacán, Hidalgo, Tlaxcala, Guanajuato, Puebla, Estado de México, Oaxaca, Querétaro y Nuevo León. <sup>7</sup>   |
| Trigo invierno | Coahuila, Puebla, Michoacán, Sonora, Veracruz, Sinaloa, Oaxaca, Jalisco, Guanajuato y Baja California. <sup>1</sup>                          |

*Fuente: Magnisal, Grupo Haifa, 2017.*

De acuerdo a la tabla del apartado anterior los principales clientes potenciales del nitrato de magnesio son los países de la república mexicana productores de cítricos, viñas, mangos, olivo, papas, tomate, pepino, cebada y trigo invierno.

4.1.2 Proveedores de nitrato de magnesio (Competencia).

**Tabla 6. Proveedores de nitrato de magnesio.**

| <b>Nombre de la Empresa</b> | <b>Ubicación</b>  | <b>Descripción</b>                                  |
|-----------------------------|---|---|
| ISQUISA S.A. DE C.V.        | Avenida 51 220 Col. Tranca de Tubos, Córdoba, Veracruz C.P. 94500. México.                          | Nitrato de magnesio                                 |
| VASDYL                      | Brisa del Campo 105 Col. Brisas de Valle Alto, Monterrey, Nuevo León C.P. 64984. México.            | Nitrato de magnesio                                 |
| QUÍMICA MEXICANA            | En Carretera la 20 Col. Costa Rica, Culiacán, Sinaloa C.P. 80430. México.                           | Venta de Nitrato de magnesio entre otros productos. |
| COMPAÑÍA INDUSTRIAL PENTHER | Aquiles Serdán 5 Col. Los Ángeles, Acolman, Estado de México C.P. 55885. México.                    | Nitrato de magnesio                                 |
| FAGA LAB                    | Av. Francisco I. Madero 17 Col. Cerro Agudo, Mocorito, Sinaloa C.P. 80830. México.                  | Proveedores de Nitrato de magnesio                  |
| FEMSSA                      | Ignacio Pérez, Sur No. 28 Desp. 104 Col. Centro, Santiago de Querétaro, Hidalgo C.P. 76000. México. | Suministran Nitrato de magnesio                     |
| QUÍMICA NEUMANN             | Manuel Cambre 1778 Guadalajara, Jalisco C.P. 44600. México.   | Proveedores de Nitrato de magnesio                  |
| GRUPO GERMINAGRO            | Moctezuma 45 Col. Santa Isabel Tola, Gustavo A. Madero, Ciudad de México C.P. 07010. México.        | Venta de Nitrato de magnesio entre otros productos. |
| DISTRIBUCIONES BERNA        | Div. del norte S/N Col. Las Misiones, Torreón, Coahuila C.P. 27000. México.                         | Venta de Nitrato de magnesio entre otros productos. |

*Fuente: Creación propia con datos de Quimicanet 2018.*

En la tabla 6, se muestra la dirección de las empresas proveedoras de nitrato de magnesio, que en capítulos siguientes servirán para determinar la localización de la planta ya que serán la competencia de la planta a la cual llamaremos “FertiMagnesita”.

#### 4.1.3 Precios de fertilizantes Magnisal

**Tabla 7. Precios del nitrato de magnesio.**

| <b>Nombre del producto</b>    | <b>Empaque</b>     | <b>Costo (Pesos MXN)</b> | <b>Descripción</b>  |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| <b>Fertilizantes Magnisal</b> | <b>Costal 25Kg</b> | <b>509.00</b>            | Altamente soluble en agua, exento de cloruros, sodio y cualquier elemento perjudicial para las plantas es el fertilizante más recomendado para corregir y prevenir carencias de magnesio. |
| <b>Nitrato de Magnesio</b>    | <b>Bote (100g)</b> | <b>165</b>               | Altamente soluble en agua, es el fertilizante más usado para corregir carencias de magnesio.  |

*Fuente: Creación propia con datos de Magnisal.*

La tabla 7, se representan 3 precios del nitrato de magnesio el cual el primero será tomado como bases para el precio y presentación del fertilizante.

## **4.2 LOCALIZACIÓN**

La decisión de la localización de la planta es muy importante a la hora de determinar su éxito o fracaso, entre otros factores a considerar. La localización de la planta requiere un planteo a largo plazo sobre cuál va a ser la ubicación definitiva de la misma. Se debe analizar el mercado, la mano de obra, el origen de las materias primas, y las posibles fluctuaciones que pueda tener el entorno de la organización.

A continuación, definirá el lugar donde se ubicará la planta de producción lo cual se buscará que los costos de producción y distribución sean mínimos y precios y volúmenes de ventas provean los mayores beneficios.



Para cumplir con lo anterior y poder tener una ubicación óptima se tomará en cuenta las siguientes condiciones:

#### **1.- MANO DE OBRA.**

- ✓ Costo.
- ✓ Disponibilidad.
- ✓ Estabilidad.
- ✓ Productividad.

#### **2. MERCADOS.**

- ✓ De Clientes.
- ✓ De materias primas.

#### **3. ENERGÉTICOS.**

- ✓ Energía Eléctrica.
- ✓ Combustibles.

#### **4. COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.**

- ✓ Transportes.
- ✓ Comunicaciones.

#### **5.- AGUA.**

##### 4.2.1 Importancia de la localización de una planta

Las empresas pueden mantener las instalaciones actuales, expandirlas, crear nuevas o bien cerrar aquellas que considere no productivas. En muchas empresas se plantean problemas como restricciones de zona, abastecimiento de agua, la ubicación de los desperdicios, los sindicatos, los costos relacionados con el transporte, los impuestos, entre otros factores.

Por esas y otras causas se debe realizar un análisis sistemático para determinar su factibilidad sobre las alternativas de localización. Se deben considerar factores cuantitativos y cualitativos. La rentabilidad de la empresa va a estar condicionada en gran parte por la localización de la planta. Es por eso que en esta etapa inicial será crucial para la subsistencia en el mercado.

Si la empresa no tiene la intención de expandirse, no será tan significativa su posible relocalización o las modificaciones a realizar una vez instalada. Pero si tiene intenciones de hacerlo debe considerar los factores que provoquen tal decisión.

#### **6.- CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.**

- ✓ Clima y topografía.
- ✓ Desarrollo Urbano.
- ✓ Desarrollo Industrial.
- ✓ Desarrollo Comercial.

(Básicamente los mismos puntos considerados en desarrollo industrial).

#### **7. CONTROL AMBIENTAL.**

#### **8. COSTOS DE LA VIDA.**

#### **9. ASPECTOS FISCALES Y FINANCIEROS.**

- ✓ Aspectos fiscales.

La localización de la planta es el proceso por el cual una empresa se establecerá en el lugar que considere más apropiado para su actividad empresarial. Implica el análisis de diversos factores incluyendo aspectos económicos, sociales, tecnológicos y relacionados con el marketing.

Se deben buscar las alternativas de localización, determinando un conjunto de posibles localizaciones para luego realizar un análisis más profundo.

Cuando se evalúan las alternativas se recoge la información sobre la localización de la planta para poder medir su efectividad en función de los factores sometidos a consideración. Como se mencionó anteriormente los factores corresponderán a aspectos cuantitativos y cualitativos, por ejemplo, un factor cuantitativo sería el costo del transporte y un cualitativo estaría relacionado con el clima político del país.

#### 4.2.2 Procedimiento general para la localización de la planta

Se trata de estudiar las estrategias empresariales y políticas de las diversas áreas (Operaciones, Marketing, etc.) para traducirlas en requerimientos para la localización de las instalaciones. Dada la gran cantidad de factores que afectan a la localización, cada empresa deberá determinar cuáles son los criterios importantes en la evaluación de alternativas: necesidades de transporte, suelo, suministros, personal, infraestructuras, servicios, condiciones ambientales, etc.

El equipo de localización deberá evaluar la importancia de cada factor, distinguiendo entre los factores dominantes o claves y los factores secundarios.

Los primeros se derivan de los objetivos estratégicos de la empresa y tienen un gran impacto sobre sus ingresos, sus costos o su posición competitiva; es necesario un fuerte grado de cumplimiento de los mismos, para que la localización analizada sea considerablemente factible, sirviendo para limitar el número de alternativas.

- Búsqueda de las alternativas de localización.

Se establecerá un conjunto de localizaciones candidatas para un análisis más profundo, rechazándose aquéllas que claramente no satisfagan los factores dominantes de la empresa (por ejemplo; existencia de recursos, disponibilidad de mano de obra adecuada, mercado potencial, clima político estable, etc.).

- Evaluación de las alternativas.

En esta fase se recoge toda la información acerca de cada localización para medirla en función de cada uno de los factores considerados. Esta evaluación puede consistir en medida cuantitativa, si estamos ante un factor tangible (por ejemplo; el costo del transporte) o en la emisión de un juicio si el factor es cualitativo (por ejemplo; clima político).

- Selección de la localización.

A través de análisis cuantitativos y/o cualitativos se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas, dado que, en general, no habrá una alternativa que sea mejor que todas las demás en todos los aspectos, el objetivo del estudio no debe ser buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables.

- Lineamientos generales.

El valor asignado a cada factor, dependerá de la importancia que tenga para cada empresa en particular. Estos valores se establecen de acuerdo con el criterio de cada persona que realiza la evaluación, tomando como base la influencia que tengan en el proceso y/o en el costo de producción.

En la asignación de valores a los correspondientes sub-factores, se seguirá el mismo criterio que en el punto anterior. La suma de los valores máximos de dichos sub-factores, será igual al valor máximo asignado al factor.

La calificación final se obtendrá de la suma de las calificaciones de los factores (considerando sus sub-factores). La zona mejor calificada será la que obtenga el valor más alto. Se sigue el mismo procedimiento en la evaluación del predio.

#### 4.2.3 Localización de la planta nitrato de magnesio

Encontrar la ubicación más ventajosa para el proyecto, producción del Nitrato de Magnesio, es decir, la opción que, cubriendo las exigencias o requerimientos del proyecto, contribuya a minimizar los costos de inversión y los costos y gastos durante el período productivo. Las regiones que se consideran son las siguientes:

Se descartó los estados de Oaxaca, Tamaulipas, Nayarit, Chihuahua, Guerrero, Campeche, Chiapas, Colima, Sonora, Edo México, Zacatecas, Hidalgo, Durango y Guanajuato. Por la variabilidad de climas y por su poca producción de hortalizas con alta demanda de magnesio.

Los estados con mayor mercado potencial son Veracruz, San Luis Potosí, Puebla, Sinaloa, Michoacán y Baja California; los cuales son los países donde hay una mayor producción de cultivos que requieren magnesio, un factor importante en la toma de decisión para la localización de la planta "FertiMagnesita".

La cercanía de los clientes no se considerará en el método de factores ponderadores por lo que se descartan los países ya mencionados, para tener clientes cercanos en cualquiera que fuera el resultado de la metodología para la micro y macro-localización.

**Tabla 8. Características de los estados seleccionados.**

| Estado                                | Baja California                    | Veracruz                                | Sinaloa                    | San Luis Potosí             | Puebla                 | Michoacán               | Censo       |
|---------------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-------------|
| Extensión Territorial                 | <b>71,450</b>                      | <b>71.820</b>                           | <b>58,200</b>              | <b>61,137</b>               | <b>34,306</b>          | <b>58,599</b>           |             |
| Clima                                 | <b>Seco desértico y sub húmedo</b> | <b>Cálido subhúmedo y cálido húmedo</b> | <b>Seco, y sub-húmedo.</b> | <b>Seco y Cálido Húmedo</b> | <b>Templado húmedo</b> | <b>cálido subhúmedo</b> | <b>2017</b> |
| Número de habitantes                  | <b>712,029</b>                     | <b>8,127,832</b>                        | <b>2,966,321</b>           | <b>2,717,820</b>            | <b>6,168,883</b>       | <b>4,584,471</b>        | <b>2015</b> |
| Industria manufacturera PIB (estatal) | <b>0.7</b>                         | <b>4.7</b>                              | <b>2.1</b>                 | <b>1.9</b>                  | <b>3.2</b>             | <b>1</b>                | <b>2014</b> |
| <b>AGRICULTURA</b>                    |                                    |   |                            |                             |                        |                         |             |
| Superficie sembrada(Hectáreas)        | <b>44,954</b>                      | <b>651,174</b>                          | <b>1,368,969</b>           | <b>6,677,893</b>            | <b>978,848</b>         | <b>1,295,244</b>        | <b>2015</b> |
| Cosecha                               | <b>41,912</b>                      | <b>557,009</b>                          | <b>1,235,893</b>           | <b>580,140</b>              | <b>932,696</b>         | <b>1,245,583</b>        | <b>2016</b> |

|                                     |                     |  |                                     |  |                                      |   |              |
|-------------------------------------|---------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------------------|---|--------------|
| Principales cultivos                | <b>Maíz,</b>        | <b>caña de azúcar, naranja, limón, vainilla, piña, litchi,</b> | <b>Caña de azúcar, Sorgo, Maíz.</b> | <b>Caña de azúcar, tomates, maíz y alfalfa</b> | <b>Caña de azúcar, alfalfa, maíz</b> | <b>aguacate, guayaba, fresa, zarzamora, cempasúchil</b> | <b>2016</b>  |
| <b>FINANZAS</b>                     |                     |  |                                     |  |                                      |   |              |
| PIB estatal                         | <b>\$65,275.68</b>  | <b>\$54,090.48</b>   | <b>\$64,592</b>                     | <b>\$60,611</b>                                | <b>\$131,227</b>                     | <b>\$29,215,000</b>                                     | <b>2017</b>  |
| Deuda estatal (millones de pesos).  | <b>\$1,612</b>      | <b>\$4,178</b>   | <b>\$5,368</b>                      | <b>\$661</b>                                   | <b>\$657</b>                         | <b>\$98</b>   | <b>2017</b>  |
| Ingreso total de estado             | <b>\$10,616,342</b> | <b>\$5,844,443,000</b>   | <b>\$7,721,280,558</b>              | <b>\$4,152,669,000</b>                         | <b>\$8,485,302,100</b>               | <b>\$2,431,253,417</b>                                  | <b>2017</b>  |
| Tasa de inflación estatal           | <b>1.50%</b>        | <b>1.75%</b>   | <b>2.53%</b>                        | <b>1.79%</b>                                   | <b>1.69%</b>                         | <b>2.45%</b>  | <b>2016</b>  |
| Tasa de inflación nacional          | <b>2.00%</b>        | <b>2.25%</b>   | <b>2.70%</b>                        | <b>2.21%</b>                                   | <b>1.46%</b>                         | <b>2.21%</b>  | <b>2016</b>  |
| <b>COMUNICACIÓN Y TRANSPORTE</b>    |                     |  |                                     |  |                                      |   |              |
| Caminos Rurales                     | <b>4,449.50</b>     | <b>17,810.50</b>   | <b>7,237.20</b>                     | <b>85.4</b>                                    | <b>678</b>                           | <b>6,565</b>  | <b>2016</b>  |
| Vías de ferrocarril (Km)            | <b>132.02</b>       | <b>2,014</b>   | <b>1,176.60</b>                     | <b>1,311</b>                                   | <b>1,057</b>                         | <b>675.3</b>  |              |
| Aeropuertos                         | <b>2</b>            | <b>5</b>   | <b>4</b>                            | <b>2</b>                                       | <b>2</b>                             | <b>7</b>  | <b>2016</b>  |
| <b>INDUSTRIA</b>                    |                     |  |                                     |  |                                      |   |              |
| Número de parques industriales      | <b>15</b>           | <b>10</b>  | <b>13</b>                           | <b>17</b>                                      | <b>11</b>                            | <b>0</b>  | <b>2015</b>  |
| <b>ECONOMÍA</b>                     |                     |  |                                     |  |                                      |   |              |
| Salario mínimo de la región (pesos) | <b>\$270.10</b>     | <b>\$351</b>   | <b>\$237</b>                        | <b>\$337.40</b>                                | <b>\$356</b>                         | <b>\$260</b>  | <b>\$331</b> |

Fuente: Creación de propia con datos del INEGI 2014-2017

#### 4.2.3.1 Macrolocalización por método de factores ponderados.

Para la Macro localización de la planta de fertilizante de nitrato de magnesio se utilizará el método de factores ponderados, este método que aquí se presenta realiza un análisis cuantitativo en el que se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas. El objetivo del estudio no es buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En cualquier caso, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva.

A continuación, se presentan los pasos a seguir:

1. Determinar una relación de los factores relevantes.
2. Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa.
3. Fijar una escala a cada factor. Ej.: 1-10 o 1-100 puntos.
4. Hacer que los directivos evalúen cada localización para cada factor.
5. Multiplicar la puntuación por los pesos para cada factor y obtener el total para cada localización.

En la tabla 9, se muestra la puntuación por importancia para cada elemento considerado la metodología ya explicada para la determinación de la macrolocalización de la planta mediante el método de factores ponderados.

**Tabla 9. Factores a considerar en la evaluación**

| <b>Factor</b>                         | <b>Puntuación</b> |
|---------------------------------------|-------------------|
| <b>1. Costos Laborales</b>            | 0.10              |
| <b>2. Vías de Comunicación</b>        | 0.15              |
| <b>3. Salario mínimo</b>              | 0.10              |
| <b>4. Clima</b>                       | 0.10              |
| <b>5. Cercanía de con proveedores</b> | 0.20              |
| <b>6. Transportes</b>                 | 0.20              |
| <b>7. Impuestos</b>                   | 0.15              |
| <b>TOTAL</b>                          | <b>1</b>          |

Fuente: Creación de propia con datos de localización de instalaciones <sup>(33)</sup>

Al realizar la distinción del grado de importancia para cada una de las alternativas se le da una puntuación de una escala del 0 a 10.

En la tabla 10, se evaluó los estados seleccionados, donde las siglas significan:

- VR: VERACRUZ
- S: SINALOA
- BCS: BAJA CALIFORNIA SUR
- SLP: SAN LUIS POTOSI
- MH: MICHOACAN
- P: PUEBLA

**Tabla 10. Ponderación**

| Factor        | Puntuación | Calificación por Estado |       |            |   |            |   | Ponderación por Estado |       |             |      |             |      |
|---------------|------------|-------------------------|-------|------------|---|------------|---|------------------------|-------|-------------|------|-------------|------|
|               |            | B.C.S                   | S.L.P | VR         | P | MH         | S | B.C.S                  | S.L.P | VR          | P    | MH          | S    |
| 1             | 0.10       | 7                       | 8     | 8          | 7 | 8          | 7 | 0.7                    | 0.8   | 0.8         | 0.7  | 0.8         | 0.7  |
| 2             | 0.15       | 8                       | 9     | 9          | 8 | 8          | 8 | 1.2                    | 1.35  | 1.35        | 1.2  | 1.2         | 1.2  |
| 3             | 0.10       | 7                       | 8     | 8          | 7 | 7          | 7 | 0.7                    | 0.8   | 0.8         | 0.7  | 0.7         | 0.7  |
| 4             | 0.10       | 8                       | 9     | 9          | 8 | 8          | 7 | 0.8                    | 0.9   | 0.9         | 0.8  | 0.8         | 0.7  |
| 5             | 0.20       | 8                       | 9     | 8          | 6 | 7          | 8 | 1.6                    | 1.8   | 1.6         | 1.2  | 1.4         | 1.6  |
| 6             | 0.20       | 9                       | 9     | 9          | 9 | 9          | 8 | 1.8                    | 1.8   | 1.8         | 1.8  | 1.8         | 1.6  |
| 7             | 0.15       | 8                       | 9     | 9          | 9 | 9          | 9 | 1.2                    | 1.35  | 1.35        | 1.35 | 1.35        | 1.35 |
| <b>TOTAL:</b> |            | <b>8.0</b>              |       | <b>8.8</b> |   | <b>8.6</b> |   | <b>7.75</b>            |       | <b>8.05</b> |      | <b>7.85</b> |      |

*Fuente: Creación de propia.*

Con base en la información de la tabla 10, el estado de San Luis Potosí, presenta la mayor calificación ponderada, por tal motivo este estado es la mejor alternativa para instalar la planta de producción de Nitrato de Magnesio.

#### 4.2.3.2 Microlocalización.

La microlocalización conjuga los aspectos relativos a los asentamientos humanos, identificación de actividades productivas, y determinación de centros de desarrollo, selección y relimitación precisa de las áreas, también denominada sitio, en que se localizará y operará el proyecto dentro de la macro zona. En la creación de una planta de fertilizante de nitrato de magnesio en la macro localización se encontró al estado de San Luis Potosí como opción para ubicar dicha planta.

San Luis Potosí es sexto lugar nacional con mayor incremento anual en actividad industrial con el 7.5%, de acuerdo con recientes indicadores dados a conocer por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El balance que realiza INEGI entre septiembre del 2016 a septiembre de 2017, destaca a la entidad potosina por desempeño manufacturero, con ello, lidera la región al ser la entidad con mayor desarrollo en este sector por encima de Guanajuato que reporta 4.4%, Jalisco con el 3.9% y Aguascalientes 3.5%.

Con la llegada de nuevas inversiones a San Luis Potosí se creó la necesidad de buscar nuevos espacios para instalar nuevas empresas, incluso se consideró que algunos municipios podrían contar con terrenos para crear nuevos parques industriales y así diversificar la industria al interior del estado, así lo señaló Gustavo Puente Orozco el titular de la Secretaría de Desarrollo Económico (Sedeco), el estado de San Luis Potosí cuenta con 20 parques industriales.

En la siguiente tabla 11, se muestran algunos parques industriales y su dirección en San Luis Potosí.



**Tabla 11. Parques industriales en SLP.**

| <b>PARQUE INDUSTRIAL</b>       | <b>PRECIO (pesos)</b> | <b>SUPERFICIE</b>                                | <b>DIRECCIÓN</b>  | <b>SERVICIOS</b>  |
|--------------------------------|-----------------------|--|---|---|
| WTC II                         | 4,099,500             | 5000 m <sup>2</sup>                              | Av. Central 87, Eje 140 Km 4, Zona Industrial, 78395 San Luis, S.L.P. | 1. Suministro de agua privada.<br>2. Línea de voltaje 230 Kv.                 |
| WTC SAN LUIS POTOSI            | 4,000,000             | 5000 m <sup>2</sup>                              | Dentro de la Zona Industrial de S.L.P, sobre el eje 140.              | 1. Suministro de agua privada.<br>2. Línea de alto voltaje 155 kv y 230 kv.   |
| RE/MAX                         | 6,000,000             | 60,100 m <sup>2</sup><br>Tipo de terreno: Plano. | Frente a Carretera 57 en Pozos SLP.                                   | 1. Agua<br>2. Electricidad<br>3. Cerca de Autopista.                          |
| RE/MAX                         | 3,000,000             | 3500 m <sup>2</sup>                              | Zona Industrial, San Luis Potosí.                                     | 1. Agua<br>2. Electricidad<br>3. Areas verdes                                 |
| Logistik Park San Luis Potosí. | 4,780,000             | 5500 m <sup>2</sup>                              | Villa de Reyes, S.L.P.  | 1. Suministro de agua privada<br>2. Línea de Voltaje de 250 kv.<br>3. Bodegas |
| Interzona Parque Industrial    | 5,899,000             | 5200 m <sup>2</sup>                              | Eje 128 No 220, Zona Industrial, 78395 San Luis, S.L.P.               | 1. Agua Privada<br>2. Electricidad  |

*Fuente: Creación propia con datos de cada parque industrial.*

La planta de fertilizante de nitrato de magnesio estará ubicada en el lugar 3 de la tabla anterior, aunque hay que resaltar que no es un parque industrial, sin embargo, de las propiedades que tiene para vender hay la opción del terreno mencionado en dicha tabla el cual está ubicado en una zona industrial, cuenta con servicios de agua, electricidad, además de tener una ubicación cerca de carretera la cual permite la comercialización y distribución del producto. Además, ampliar las rutas de comercialización partiendo por la carretera 57.

#### 4.2.3.2.1 Rutas de comercialización.

Para la comercialización del producto se contemplan las siguientes rutas:

Principalmente por la carretera 57, debido a que se encuentra cerca de la microlocalización de la planta; esta pasa por es una carretera mexicana que recorre gran parte de México, desde la frontera con los Estados Unidos en Piedras Negras Coahuila hasta la Ciudad de México, siendo de las más importantes del país, tiene una longitud de 1,295 km.

- **La carretera federal 57** recorre los estados de Coahuila, nuevo León, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo y Ciudad de México.
- **La Carretera Federal 62** es una carretera mexicana que recorre los estados de Zacatecas y San Luis Potosí,
- **La Carretera Federal 63** es una carretera mexicana que recorre el estado de San Luis Potosí, inicia en el poblado de Gómez Farías ubicado a 13 km de Matehuala donde entronca con la carretera Federal 57 y termina en el entronque con la carretera federal 49.
- **La Carretera Federal 49**, es una carretera mexicana que recorre los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí, tiene una longitud total de 600 km.

La carretera se divide en tres secciones discontinuas. La primera sección recorre los estados de Chihuahua y Durango. La segunda sección recorre los estados Zacatecas, Durango. La tercera sección recorre los estados de Zacatecas y San Luis Potosí.

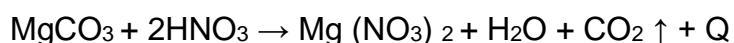
### **4.3 PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE NITRATO DE MAGNESIO.**

El nitrato de magnesio es una materia prima química ampliamente utilizada y es un cristal incoloro. En el mercado generalmente se vende hexahidratado, y no hay material anhidro para la venta.

El nitrato de magnesio se usa industrialmente como un agente deshidratante para concentrar ácido nítrico y otras materias primas de nitrato y sal de magnesio, y se utiliza como reactivo químico en el laboratorio.

Hay dos procesos principales para producir nitrato de magnesio:

- Uno usando carbonato de magnesio y ácido nítrico como materias primas:



- El otro se basa en óxido de magnesio y ácido nítrico:



Algunos de los procesos usados en la industria son los siguientes:

- a) Proceso para producir nitrato de magnesio hexahidratado utilizando óxido de magnesio y ácido nítrico
- b) Proceso para preparar una solución de nitrato de magnesio utilizando gas de óxido de nitrógeno y ácido nítrico.
- c) Proceso para preparar nitrato de magnesio por adsorción selectiva.

#### 4.3.1 Patente A. Utilizando óxido de magnesio y ácido nítrico.

**Patente A:** CN106517266 (A)

**Inventor(s):** YANG ZHAOHUI; GU ZHENPENG; WANG YONG; GANG HAITAO; WANG PENG; LI LONG; WEI YUYUN; LIU WEI; LI MING

**País de origen:** China

#### **Descripción del proceso:**

El proceso para producir nitrato de magnesio, consiste en:

- a. La materia prima, ácido nítrico diluido y óxido de magnesio se añaden continuamente a un reactor primario, y se controla la temperatura del reactor.
- b. Después pasa a un reactor secundario y se debe controlar la temperatura y el pH, y el material desbordado entra en la centrífuga de sedimentación en espiral horizontal.
- c. Se filtra centrífugamente y posteriormente la solución de nitrato de magnesio ingresa al tanque de filtrado a través de la bomba centrífuga.
- d. El nitrato de magnesio en el tanque de filtrado se envía al evaporador continuo, y la temperatura del evaporador se controla para concentrarse para obtener una solución de nitrato de magnesio que tiene una concentración de 57-58%.
- e. La solución de nitrato de magnesio se granula y se envasa para obtener un producto de nitrato de magnesio, contenido 99.9%.

Este proceso se realiza continuamente durante todo el proceso.

Algunos problemas para la reacción continua de nitrato de magnesio son:

- 1) El óxido de magnesio y el nitrato de magnesio reaccionan liberando una gran cantidad de calor durante la reacción, y es necesario controlar la velocidad de alimentación para controlar la temperatura de reacción.
- 2) La materia prima es óxido de magnesio quemado a la luz de bajo costo, el contenido de óxido de magnesio es superior al 87%, contiene impurezas tales como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ , sosa cáustica, hierro y óxido de aluminio, etc., y debe ser controlado después de la reacción del óxido de magnesio y el ácido nítrico. Bajo ciertas condiciones, las impurezas anteriores se eliminan de una cierta manera para obtener una solución clara de nitrato de magnesio en el proceso de evaporación.
- 3) El nitrato de magnesio se descompone fácilmente en hidratos inferiores de sales básicas a temperaturas superiores a  $120^\circ\text{C}$ , lo que afecta la calidad de los productos de nitrato de magnesio y, al mismo tiempo, la calidad de producción no es estable.

#### **Características (puntos específicos de la patente):**

Con el fin de realizar una producción continua en este proceso el reactor primario, el reactor secundario, la centrífuga, el tanque centrífugo, el evaporador, el tanque de almacenamiento de concentrado y el equipo de granulación se conectan secuencialmente; el reactor primario y el reactor secundario están respectivamente revestidos con refrigeración. Utilizando un reactor de bobina, se proporciona un puerto de desbordamiento lateral a la altura 4/5 superior del primer y segundo reactor; la centrífuga es de sedimentación con descarga de tornillo horizontal; el evaporador es de película delgada tipo raspador. El aparato incluye además una bomba centrípeta que conecta la centrífuga y el tanque de centrar. El extremo inferior de la centrífuga en la presente aplicación está provisto de un puerto de descarga.

Además, incluye principalmente los siguientes pasos:

- 1) La materia prima óxido de magnesio y ácido nítrico diluido se añadieron continuamente al reactor primario en una relación, y la temperatura del reactor primario se controló a  $60-85^\circ\text{C}$ . La mezcla de reacción se envió al reactor secundario.
- 2) Se controla la temperatura del reactor secundario a  $60-85^\circ\text{C}$ , y el pH a 5-6, la mezcla de reacción de esta etapa se envía a la centrífuga de descarga de tornillo horizontal para la filtración.
- 3) Después de centrifugar la mezcla de reacción de la etapa 2), el residuo sólido se descarga automáticamente a través del puerto de descarga. El filtrado pasa a través de la bomba centrípeta y entra en el tanque de almacenamiento de

filtrado. El nitrato de magnesio ingresa continuamente al evaporador de película raspada para concentrarse.

- 4) La temperatura de concentración se controla a 90-140°C. Se obtiene una solución de nitrato de magnesio con una concentración de 57-58% en la salida del evaporador. La solución de nitrato de magnesio ingresa continuamente al tanque de almacenamiento de concentrado y la temperatura se controla a 90-105°C. Los sólidos granulados de nitrato de magnesio se envasan a continuación para obtener un producto de nitrato de magnesio granular.

Preferiblemente, la relación molar de óxido de magnesio a ácido nítrico diluido en la materia prima en el paso 1) del proceso anterior es 1:2; el contenido del óxido de magnesio quemado por la luz es de 87-96%; la concentración de ácido nítrico diluido es 40-50%.

Preferiblemente, el tiempo medio de residencia de los reactivos en el reactor de la primera etapa es de 0.5 h, y el tiempo medio de residencia en el reactor de la segunda etapa es de 0.5 h.

#### 4.3.2 Patente B. Utilizando gas de cola de ácido nítrico por adsorción.

**Patente B:** CN104108734 (A)

**Inventor(s):** ZHENG RENYU

**País de origen:** China

#### **Descripción del proceso:**

La producción de ácido nítrico utiliza ácidos naturales para absorber los óxidos de nitrógeno a presión atmosférica. La tasa de absorción de ácido es generalmente del 90-92%, y la tasa de absorción de ácido puede alcanzar el 96-99%, pero no puede absorberse por completo. Por lo tanto, el gas de cola emitido por la producción de ácido nítrico contiene una cantidad considerable de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Estos óxidos de nitrógeno, cuando se dispersan en la atmósfera con los gases de escape, ponen en peligro los seres humanos, el ganado y los cultivos, y corroen los edificios y otras instalaciones. Por lo tanto, el gas de cola del ácido nítrico debe ser tratado.

La solución de nitrato de magnesio producida se puede usar directamente o después del enriquecimiento y se puede aplicar particularmente como un agente deshidratante a un dispositivo de producción de ácido nítrico.

Se lava el gas de cola (gas ácido producto de la producción de ácido nítrico) en la superficie del óxido de magnesio mediante lavado con agua; formando una solución soplando uniformemente el aire comprimido en la solución de nitrato de magnesio; después de filtrar la solución de magnesio, la solución de nitrato de

magnesio se forma repetidamente en una torre de lavado para aumentar la concentración; el precipitado se filtra durante 8-10 horas y se obtiene la solución final de nitrato de magnesio.

Proceso para preparar una solución de nitrato de magnesio usando gas de cola de ácido nítrico:

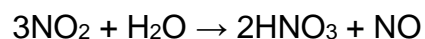
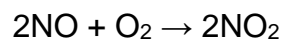
- (1) El gas de cola (es aquel con un contenido muy alto de componentes ácidos. Usualmente, está formado por dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y vapor de agua) del ácido nítrico se lava con una columna de lavado y luego se pulveriza con agua sobre la superficie de magnesia para formar una solución.
- (2) El aire comprimido se introduce uniformemente en la solución en (1) para generar una solución de nitrato de magnesio, y el pH se ajusta para que sea neutro.
- (3) Después de que la solución de nitrato de magnesio se filtra y luego se introduce en la columna de lavado, los pasos (1) y (2) se repiten para aumentar la concentración de la solución de nitrato de magnesio hasta que se completa la reacción.
- (4) Después de 8-10 horas de precipitación y filtración, se obtuvo la solución final de nitrato de magnesio.

En el paso (1), la presión en el depurador es de 0.03-0.08 MPa, la temperatura del fondo es de 30-60 °C, y la temperatura máxima es de 20-50°C.

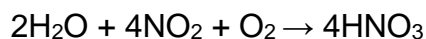
La temperatura de reacción en la etapa (2) es 20-60°C. Los óxidos de nitrógeno NO, NO<sub>2</sub> y el oxígeno en el aire comprimido se hacen reaccionar con una suspensión alcalina de óxido de magnesio para producir directamente una solución de nitrato de magnesio. La concentración de la solución de nitrato de magnesio se aumenta introduciendo de nuevo la solución de nitrato de magnesio resultante.

Este proceso se basa en la concentración y el peso de la solución de nitrato de magnesio requerida, y luego se basa en los contenidos de NO, NO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O en el gas de cola de ácido nítrico, y luego determina la cantidad de H<sub>2</sub>O, aire, y óxido de magnesio (MgO) a agregar.

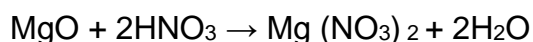
La ecuación de reacción es la siguiente:



El NO generado se oxida continuamente por O<sub>2</sub> en el aire comprimido a NO<sub>2</sub> y el ácido se genera nuevamente para completar la reacción. La ecuación de integración es



El ácido nítrico diluido resultante reacciona con el óxido de magnesio (MgO) para producir nitrato de magnesio, con la siguiente ecuación:



### **Características (puntos específicos de la patente):**

Los efectos beneficiosos al utilizar completamente las características del gas cola un gas ácido, producido por el proceso de producción de ácido nítrico, es ecológico y puede aumentar gradualmente la concentración de nitrato de magnesio al 40%. El contenido de NOx en el aire liberado es inferior a 200 ppm cumpliendo con la emisión estándar, ahorra energía y es respetuoso con el medio ambiente, y ahorra costos de producción.

#### 4.3.3 Patente C. Utilizando cloruro de magnesio y nitrato de amonio

**Patente C:** CN106219581 (A)

**Inventor(s):** WANG MIN; DU BAOQIANG; WANG HUAIYOU; ZHAO YOUJING; ZHONG YUAN; LI JINLI

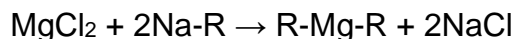
**País de origen:** China

#### **Descripción del proceso:**

- 1) Prepare la solución de cloruro de magnesio.
- 2) Preparar la solución de nitrato de amonio.
- 3) Adsorción de  $\text{Mg}^{2+}$

Pasa solución de cloruro de magnesio a través de la capa de resina, y la resina adsorbe selectivamente  $\text{Mg}^{2+}$ , y cuando la concentración de  $\text{Mg}^{2+}$  en el efluente no cambia, la resina está saturada y la adsorción de  $\text{Mg}^{2+}$  se completa.

La solución de sal de magnesio y sodio que queda en la columna de intercambio se lava con agua. La reacción de este paso es:

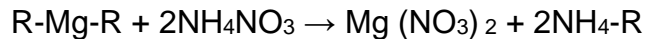


(donde R representa la resina de intercambio)

- 4) Desorción de  $\text{Mg}^{2+}$

La resina se enjuaga 3 veces preferiblemente con la solución de nitrato de amonio, y después de que el nitrato de amonio fluye completamente, la resina se enjuaga con agua a la misma velocidad lineal. El  $\text{Mg}^{2+}$  está completamente desorbido.

Se recoge una solución de intercambio de nitrato de magnesio La reacción de este paso es:



Después de que se obtiene la solución de nitrato de magnesio, se puede preparar adicionalmente en un producto de nitrato de magnesio anhidro, con los siguientes pasos:

- 5) Enriquecimiento: la solución de nitrato de magnesio obtenida en el paso 4) se electrodiáliza, y luego la solución concentrada de nitrato de magnesio se evapora para obtener un concentrado de nitrato de magnesio.
- 6) Separación: separación sólido-líquido después del enfriamiento y la cristalización del concentrado; enfriar con agua de enfriamiento para cristalizar la solución concentrada; cuando la temperatura del licor madre de cristalización cae por debajo de la temperatura ambiente, se realiza la separación; después de que no se produce la separación del licor madre, se saca el producto sólido.
- 7) Secado: después de secar los cristales separados, la temperatura de secado del cristal separado es de 50 a 60 °C, y el tiempo de secado es de 1.33 horas hasta que el agua libre se libera sustancialmente por completo. Según el proceso se obtiene la solución de nitrato de magnesio en la etapa 4.

#### **Características (puntos específicos de la patente):**

El proceso para preparar nitrato de magnesio utilizando cloruro de magnesio y nitrato de amonio tiene las ventajas de alta pureza del producto, preparación razonable, alta tasa de recuperación de iones de magnesio y bajo costo.

Específicamente, esta patente tiene las siguientes ventajas sobre los procesos existentes:

1. Tecnología avanzada, proceso corto, alta pureza del producto.
2. Las materias primas están fácilmente disponibles, la reacción es completa, el consumo de energía es bajo y el costo se reduce en consecuencia.
3. Usando la evaporación, la cristalización, la centrifugación, etc., la calidad del producto es excelente.



#### 4.3.4 Análisis de procesos para producir nitrato de magnesio

**Tabla 12. Comparación de procesos.**

| Patente                | Materia prima   | Operaciones unitarias  | Lista de equipo   | Ventajas  | Desventajas   |
|------------------------|---|--|---|---|---|
| <b>CN106517266 (A)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ácido nítrico</li> <li>Oxido de magnesio</li> </ul>                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Reacción</li> <li>2) Centrifugación</li> <li>3) Almacenamiento</li> <li>4) Evaporación</li> <li>5) Almacenamiento</li> <li>6) Granulación</li> </ol>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dos reactores</li> <li>Una centrifuga</li> <li>Dos tanques de almacenamiento</li> <li>Un evaporador</li> <li>Un granulador</li> <li>Una bomba centrípeta.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso de producción continuo</li> <li>Calidad estable</li> <li>Alto rendimiento.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Operación complicada.</li> </ul>                     |
| <b>CN104108734 (A)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gas de cola</li> <li>Oxido de magnesio</li> <li>Aire comprimido</li> <li>Agua</li> </ul> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lavado</li> <li>2) Almacenamiento</li> <li>3) Filtración</li> <li>4) Bombeo</li> </ol>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Una torre de lavado</li> <li>Dos tanques</li> <li>Un distribuido de aire horizontal</li> <li>Un filtro fino</li> <li>Una bomba</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ahorra energía</li> <li>Ahorra costos de producción</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo rendimiento</li> </ul>                          |
| <b>CN106219581 (A)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cloruro de magnesio</li> <li>Nitrato de amonio</li> <li>Agua</li> <li>Resina</li> </ul>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Adsorción</li> <li>2) Desorción</li> <li>3) Electrodiálisis</li> <li>4) Evaporación</li> <li>5) Enfriamiento</li> <li>6) Cristalización</li> <li>7) Separación</li> <li>8) Secado</li> </ol> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Una torre de adsorción</li> <li>Una torre de desorción</li> <li>Un evaporador</li> <li>Un cristizador</li> <li>Un filtro</li> <li>Un secador</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso corto</li> <li>Alta pureza del producto</li> <li>Las materias primas disponibles</li> <li>La reacción es completa</li> <li>El consumo de energía es bajo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>El uso tecnología avanzada es más costoso</li> </ul> |

Fuente: Creación propia con datos de las patentes.

#### 4.3.5 Proceso seleccionado

**Elección:** Patente CN106517266 (A)

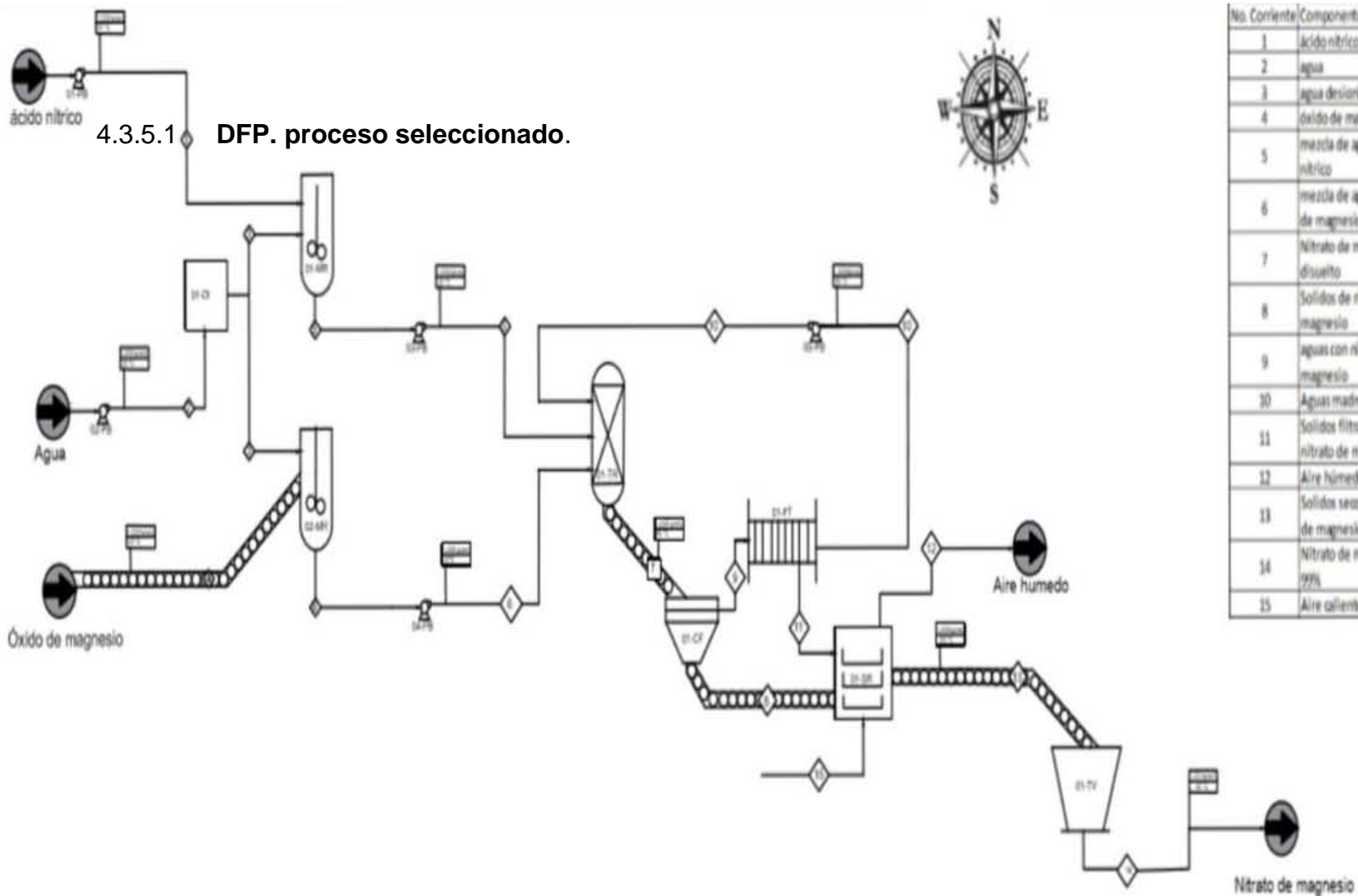
##### **Justificación:**

Regularmente el proceso es complicado cuando la producción es intermitente, los productos intermedios necesitan separarse y purificarse, el ciclo de producción es largo, el equipo de producción tiene un área grande, el costo es alto y el producto la calidad es inestable y no es dominante en la producción industrial.

Para superar los defectos anteriores este proceso de producción es continuo, la operación es estable, se tiene un alto rendimiento, la calidad del producto es buena y la productividad es alta, que resuelve el problema del ciclo de producción prolongado y la operación complicada en el intermitente proceso de producción, y requiere productos intermedios para ser producidos ya que la intensidad de la operación se reduce en gran medida.

Es un proceso fácil de utilizar para producir nitrato de magnesio hexahidratado utilizando óxido de magnesio y ácido nítrico, ya que no cuenta con recirculaciones en el proceso, las operaciones unitarias que intervienen son simples, los servicios auxiliares requeridos son menos comparados con los otros procesos existentes, por lo tanto, se tiene un ahorro en costos. Al final del proceso se obtiene un producto granulado al 99.9% de pureza.

Dado que la solución de nitrato de magnesio se usa ampliamente en la industria y la agricultura especialmente en el fertirriego, aporta uno de los elementos nutritivos más importantes, incorpora además de nitrógeno un 9.5% de magnesio.



| No. Corriente/Componente                    | Clave del equipo | Nombre       |
|---|------------------|--------------|
| 1 ácido nítrico                             |                  |              |
| 2 agua                                      | 01-PB            | Bomba        |
| 3 agua desionizada                          |                  |              |
| 4 óxido de magnesio                         | 01-DI            | Desionizador |
| 5 mezcla de agua y ácido nítrico            | 01-AR            | Mezclador    |
| 6 mezcla de agua y óxido de magnesio        | 01-TR            | Reactor      |
| 7 Nitrato de magnesio disuelto              | 01-CF            | Centrífuga   |
| 8 Sólidos de nitrato de magnesio            | 01-FT            | Filtro       |
| 9 aguas con nitrato de magnesio             | 01-DR            | Secador      |
| 10 Aguas madres                             | 01-TV            | Toba         |
| 11 Sólidos filtrados de nitrato de magnesio |                  |              |
| 12 Aire húmedo                              |                  |              |
| 13 Sólidos secos de nitrato de magnesio     |                  |              |
| 14 Nitrato de magnesio al 99%               |                  |              |
| 15 Aire caliente                            |                  |              |

|  |   |                    |                                 |        |        |                      |  |  |
|--|---|--------------------|---------------------------------|--------|--------|----------------------|--|--|
|  | Universidad Nacional Autónoma de México | Ingeniería química | Elaboró                         | Revisó | Aprobó | Nombre del proyecto: | Notas:   |  |
|  | Fes Zaragoza                            |                    | Arellano Carrillo Blanca Estela |        |        |                      | Simulación de la creación de una empresa para la producción del fertilizante nitrato de magnesio |  |



# **CAPÍTULO 5**

## Estudio financiero.

## 5.1 ESTIMACIÓN DE COSTOS.

### 5.1.1 Costos directos

La estimación de la inversión se determina en bases a los requerimientos de operación de la planta de producción, donde al 100% de capacidad instalada es de 3,600 toneladas al año del fertilizante, en donde se estima los costos de los equipos de proceso, los costos de materias primas, insumos, equipo de oficina, mano de obra requerida, así como los costos de un terreno determinado por la macro localización y el costo de construcción.

Algunos de los costos directos que se considerarán son los siguientes:

- 1) Equipos principales.
- 2) Instalación de equipos.
- 3) Instrumentación y control
- 4) Instalación eléctrica.
- 5) Terreno
- 6) Equipos de oficina

En la tabla 13, se muestran los equipos principales que se requieren en la planta, así como las cantidades de estos y su costo unitario y un costo total.

**Tabla 13. Requerimientos de equipos de proceso**

| EQUIPO                | CARACTERISTICAS   | CANTIDAD | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO TOTAL (\$) |
|-----------------------|---|----------|---------------------|------------------|
| Cisterna de agua      | $V= 982.8\text{m}^3$ ,<br>$L=14.3\text{m}$ , $a=14.3\text{m}$           | 1        | 2,456,886.39        | 2,456,886        |
| Almacén a granel      | $V=182\text{m}^3$ , $a=6.3\text{m}$ ,<br>$L=6.3\text{m}$                | 1        | 457,275.20          | 457,275          |
| Mezclador             | Acero inoxidable austenítico 304, espesor de la cáscara del tanque: 3mm | 2        | 190,045             | 380,090          |
| Reactor               | $V=7.45\text{m}^3$ , $De=1.5\text{m}$ , $r=0.73\text{m}$                | 1        | 2,850,675           | 2,850,675        |
| centrifuga            | $Q= 853.5\text{m}^3/\text{h}$ ,<br>$re=89\text{cm}$                     | 1        | 171,041             | 171,041          |
| Tanque $\text{HNO}_3$ | $V=24.5 \text{ m}^3$ , $r=1.09\text{m}$ ,<br>$De=240\text{cm}$          | 1        | 193,760             | 193,760          |

|                      |   |   |         |           |
|----------------------|---|---|---------|-----------|
| Secador              | $T_{bs}=28.5^{\circ}\text{C}$<br>$T_{bh}= 22.5^{\circ}\text{C}$ | 1 | 349,683 | 349,683   |
| Bomba para acido     | $Q=0-6\text{m}^3/\text{h}$ ,<br>$H=0-20\text{m}$                | 1 | 1,500   | 1,500     |
| Bomba centrífuga     | $Q=0-4,000\text{m}^3/\text{h}$                                  | 2 | 7,651   | 15,302    |
| Bomba centrífuga     | Succión horizontal (axial) y salida vertical (radial),          | 3 | 5,802   | 17,406    |
| Bomba de agua        | $Q=20\text{l}/\text{min}$ , 12v                                 | 1 | 5,500   | 5,500     |
| Banda transportadora | 12" de ancho X 1.70 m largo.                                    | 1 | 12,000  | 12,000    |
| Desionizador         | Ancho x prof. x alto<br>52.4 x 680 x 1.6mm                      | 1 | 18,880  | 18,880    |
| Total                |   |   |         | 6,929,999 |

*Fuente: Creación de propia.*

Para la estimación de los costos se hará mención de "FertiMagnesita" que será el nombre de la empresa encargada de la producción del nitrato de magnesio, y de esa forma se hará mención a lo largo del proyecto.

El costo total requerido para los equipos de proceso se estima un total de **\$6,929,999MXN.**

Mediante el método de multiplicación de factores se estiman los costos de equipos auxiliares e instrumentación al igual que los costos de instalación del equipo e instalación eléctrica. Los **costos de instalación** se pueden estimar como el 20% del costo del equipo <sup>(26)</sup>. Lo cual se considera un costo de **\$1,386,000MXN.**

Este rubro incluye todos los **equipos auxiliares e instrumentos** para control y registro de las distintas variables del proceso en cada una de sus etapas. Lo cual implica un costo total de **\$1,386,000MXN.**

**La instalación eléctrica** industrial en San Luis Potosí se estima un costo total de **\$15,000MXP.**

Otro rubro que se consideró como costo fijo son los equipos y muebles necesarios para la oficina, los cuales se pueden ver en la tabla 14.

**Tabla 14. Requerimientos de equipos de oficina.**

| <b>EQUIPO</b>                 | <b>CANTIDAD</b> | <b>COSTO UNITARIO (\$)</b> | <b>COSTO TOTAL (\$)</b> |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Computadora                   | 4               | 12,000                     | 48,000                  |
| Escritorio                    | 1               | 1,650                      | 1,650                   |
| Sillas                        | 4               | 1,222                      | 4,888                   |
| Impresora multifuncional      | 1               | 4,500                      | 4,500                   |
| Librero                       | 1               | 1,200                      | 1,200                   |
| Teléfono                      | 2               | 350                        | 700                     |
| Línea telefónica con internet | 2               | 550                        | 1,100                   |
| Total                         |                 | 21,472                     | 62,038                  |

*Fuente: Creación de propia.*

Para el costo total del **equipo en la oficina** se estima un total de **\$62,038MXN** sin incluir los gastos por instalación.

En la tabla 15 se muestran los medios de transporte para la distribución del producto, y las cantidades necesarias de estas.

**Tabla 15. Requerimientos para medios de transporte**

| <b>EQUIPO</b>     | <b>CANTIDAD</b> | <b>COSTO UNITARIO (\$)</b> | <b>COSTO TOTAL (\$)</b> |
|-------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Camiones de carga | 6               | 273,600                    | 1,641,600               |
| Total             |                 | 273,600                    | 1,641,600               |

*Fuente: Creación de propia.*

De acuerdo en la tabla 15, se estima un total de **\$1,641,600MXN** para la **comercialización** del fertilizante, con camionetas NP300 2019 con capacidad para 1.5 toneladas. Las cuales permiten la correcta distribución de 7 toneladas de nitrato de magnesio.

De acuerdo con la macro localización de la planta, esta se localizará en San Luis Potosí, con esto se procede a estimar los costos de compra o renta de un terrero en dicho estado.

El costo **del terreno** está relacionado con la ubicación y puede variar en un factor de costo de 30% a 50%, dependiendo si la zona es rural o industrializada. El valor del terreno no decrece con el tiempo. Para compra de un terreno con una superficie de 60,100 m<sup>2</sup> en la zona oeste del estado de San Luis Potosí el cual se estima un total de **\$6,000,000MXN**.

#### 5.1.2 Costos indirectos

El costo indirecto a considerar son los gastos de construcción, para ello se estima que la construcción de la planta de proceso de nitrato de magnesio estará terminada de seis meses al empezar la construcción de la misma.

El **costo de construcción** varía dependiendo la zona donde se va a construir, la calidad de los materiales y el tipo de suelo (cimentación puede ser muy profunda o superficial).

Considerando a una empresa para la construcción el costo por m<sup>2</sup> es de \$3000, la planta de “FertiMagnesita” requerirá una **construcción de 3000m<sup>2</sup>**, lo que implica un costo total de **\$9,000,000 MXN**

Los honorarios de contratistas, varían para diferentes situaciones y pueden ser nulos cuando es la misma empresa la que se encarga de la construcción y montaje del proyecto.

#### 5.1.3 Costos de materias primas

Se desea obtener 3600 toneladas al año de nitrato de magnesio, en 258 días al año, 16 horas al día durante dos turnos. Donde se deben de producir 14 toneladas al día esto a su producción al 100%. Sin embargo, para el primer año se considera solo una producción del 50% de la capacidad de la planta, para introducirse al mercado y esto va a determinar en gran medida las posibilidades de éxito de “FertiMagnesita” pues si la capacidad es insuficiente para satisfacer la demanda, se perderán clientes y la imagen de la empresa puede verse perjudicada, mientras que un exceso de capacidad puede tener importantes repercusiones sobre la estructura de costes de la organización. Para en años siguientes ir incrementando la producción en un 10% hasta finalmente estar produciendo el 100%.

La cual solo será necesario un turno completo.

El precio de las materias primas depende de muchos factores, pero principalmente deberán tenerse en cuenta:



- Su origen, importado o nacional.
- Disponibilidad, número de proveedores, etc.

Como un valor promedio se puede decir que en el caso de materias primas nacionales se incluirá en el capital de trabajo el valor de la materia prima necesaria para 15 a 30 días de producción al valor puesto en fábrica. Para el caso de materias primas importadas se puede trabajar con un promedio de 90 a 120 días de producción. Se considerará, por supuesto, la materia prima al valor después de nacionalizadas y transportadas a fábrica. La tendencia actual es reducir tanto como sea posible el inventario de materias primas, productos terminados, envases, repuestos, etc., porque el almacenamiento aumenta los costos e inmoviliza el capital.

Requerimiento de materias primas por hora.

- 117.13 kg/hr de óxido de magnesio.
- 371.23kg/hr de ácido nítrico.

Para la capacidad instalada al 100% se considera una producción de 7 toneladas por turno y se tendrán dos turnos lo cual significa que, durante ambas jornadas laborales de 8 horas, se obtiene un requerimiento de 5,939.68 kilogramos de ácido nítrico y 1,874.08 kilogramos de óxido de magnesio durante un día de trabajo.

Considerando una producción de 258 días al año, durante 2 turnos el requerimiento de ácido nítrico será de 1,532.44 toneladas y 483.51 toneladas de óxido de magnesio.

En la tabla 16, se realiza un análisis comparativo de los proveedores de ácido nítrico, para así poder estimar el costo de esta materia prima por un periodo de un año.

**Tabla 16. Proveedores de ácido nítrico.**

| <b>Empresa</b>                            | <b>DIRECCIÓN</b>  | <b>COSTOS</b>           |
|---|---|-------------------------|
| Cooperativo Químico Syr                   | Col Xocoyahualco Edo de México CP 54080 México  | 20L a \$999.78<br>80%   |
| Distribuidora De Sosa Y Ácidos S.A de C.V | Privada de las Magnolias #63 Col. Condominio Industrial Santa Cruz de las flores. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco CP 45640 México | 20 L a \$1200.65<br>90% |
| Flash Chemicals De México S.A de C.V      | José Saavedra Del Razo 16. Col Los Cipreses. Coyoacán. Coyoacán CDMX CP 04830 México  | 20L a \$899.67<br>78%   |
| Raw Material Corporation S.A de C.V.      | Vicente Guerrero 50 Col. Urbana Ixhuatepec Ecatepec Edo México CP 55349 México  | 20L a \$132.14<br>93%   |
| Brenntag México                           | AV tejocotes Mza 4 L 8 Bodega G Col San Martin Obispo Tepetlixpa Cuautitlán Izcalli Edo México CP 54763 México                  | 20L a \$132.41<br>93%   |
| Widechem                                  | Calle 10 18 Col. Rustica Xalostoc Ecatepec de Morelos, Estado de México CP 55340 México   | 20L a \$1100.25<br>90%  |

*Fuente: Creación propia con datos de Quiminet 2017*

Con la tabla anterior el proveedor de ácido nítrico para FertiMagnesita podría ser Raw Material Corporation S.A de C.V. empresa que ofrece un producto de mejor costo de los proveedores analizados para **ácido nítrico**. Lo cual se estima un costo total de **\$6,684,801.06MXNN**.

Para el ácido se estimó un precio por tonelada de **\$1521.60MXN**.

Para el **óxido de magnesio** requerido para un año de producción se estima un costo total de **\$735,418.71MXN**.

Para el agua se consultaron las tarifas nacionales del organismo operador de agua potable, alcantarillado y saneamiento de ébano, S.L.P. (2016).

De acuerdo al artículo 2 del reglamento de cuotas de S.L.P el cual menciona las cuotas por contratación y conexión a la red de agua potable en la sección 3 corresponde a las conexiones industriales; sin embargo, el terreno que se considera cuenta con tomas de agua.

Ahora bien, en el artículo 11 sección 3 de este documento, las tarifas son mensuales y dependiendo el giro de la industria. Ver tabla 17.

**Tabla 17. Cuotas del agua según el giro.**

| <b>INDUSTRIAL</b>                              | <b>CUOTA FIJA \$</b> | <b>DRENAJE \$</b> |
|--|----------------------|-------------------|
| Lavado de autos                                | 294.90               | 42.76             |
| Restaurantes                                   | 294.90               | 42.76             |
| Tortillerías                                   | 446.62               | 64.76             |
| Transportes y Hoteles                          | 1,340.64             | 194.40            |
| Blockeras                                      | 294.90               | 42.76             |
| Queseras (alto consumo)                        | 569.30               | 90.80             |
| Queseras (bajo consumo)                        | 186.70               | 29.77             |
| Otros giros diferentes a los antes mencionados | 2,412.01             | 349.75            |

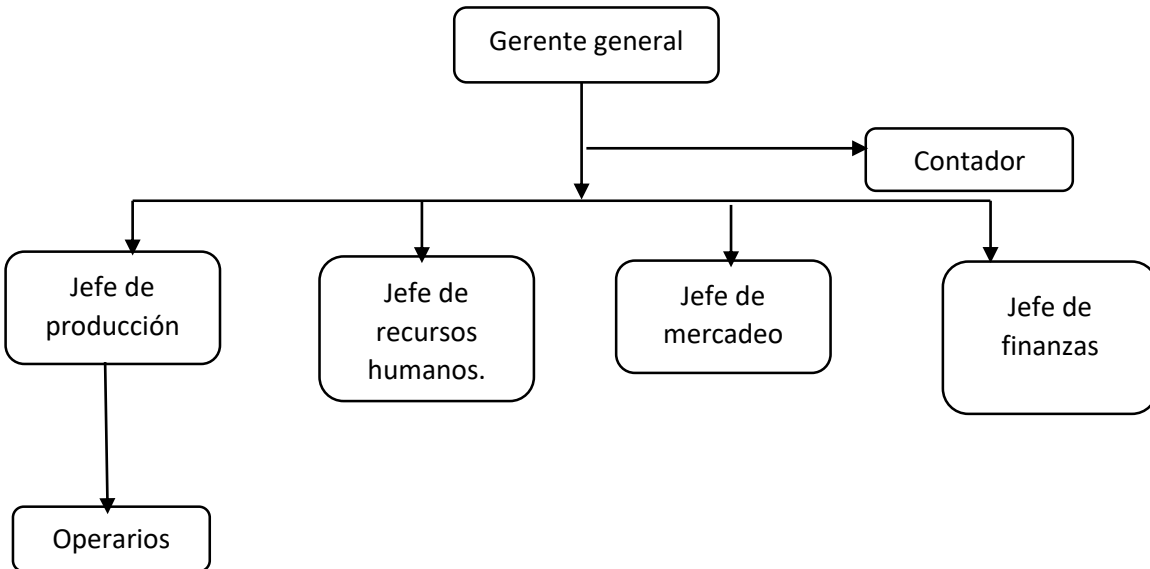
*Fuente: Reglamento de cuotas de S.L.P 2017*

El consumo de agua al año de la planta de nitrato de magnesio equivale a 48710.8m<sup>3</sup>, sin embargo, en San Luis Potosí las tarifas son fijas mensuales por lo que se estima un costo por la cuota fija durante un año de **\$28,944.12MXN** y por el drenaje de un año de **\$4,189.44MXN**. Lo cual el costo total del **agua** por un año se estima de **\$33,133.56MXN**.

#### 5.1.4 Costos de mano de obra

El costo de mano de obra se considera según el diagrama 1, a partir del contador hasta los operarios. Los salarios que se estiman son anuales.

**Diagrama 1. Organigrama de FertiMagnesita.**



*Fuente: Creación propia.*

a. El contador se hará responsable de:

- La administración general del área contable (departamento de contabilidad).
- Impuestos planificación fiscal.
- Relaciones eficientes con dependencias.
- Liderazgo comprobable para ir dirigir y coordinar grupo de contadores.
- Costos en general.
- Auditorías internas y externas.
- Balance de resultados cíclico presentado a dirección general.

Al año se estima un costo total de **\$99,000MXN.**

b. El jefe de producción se requiere con conocimientos de.

- Administración de inventario.
- Experiencia en compras.
- Logística (de transportes y mercancías).
- Manejo de personal (5 personas como mínimo).
- Control de caja chica.
- Monitoreo de procesos.

Implica un estimado del costo anual de **\$75,000MXN.**

c. El jefe de recursos humanos realizara las actividades:

- Excelente manejo y trato al personal (15 a 25 personas).
- Asegurar el cumplimiento de políticas y procedimientos establecidos.
- Garantizar un servicio excelente del equipo a los clientes.
- Administrar eficientemente los recursos humanos, monetarios y físicos de la Unidad de negocio a cargo.

Se estima un costo total promedio de **\$84,000MXN.**

d. El jefe de mercado estará a cargo de las actividades:

- Desarrollo de Pronostico y presupuesto de ventas.
- Promoción de líneas de productos existentes.
- Proceso de Ventas: Prospección, Preventa, Venta y Post Venta (Desarrollo de mercado: clientes y negocios).
- Supervisar a colaboradores (atención al cliente, limpieza, presentación de platillos, venta y caja).

Que al año se estima un costo total promedio de **\$18,000MXN.**

e. El gerente de finanzas realizará las actividades:

- Negociación con compras.
- Margen y Objetivo anual de ventas.
- Manejo y control de presupuestos.
- Realización de estados financieros.
- Organizar información financiera y contratos.
- Proyecciones y análisis financieros.
- Análisis de presupuestos y elaboración de presupuestos.
- Calculo y/o sugerencia de precios.
- Cálculo de descuentos.

El estimado anual de su sueldo total promedio es de **\$48,000MXN.**

Se consideran 10 operadores en toda la planta por turno, considerando que a los 10 operarios recibirán el mismo sueldo al año de \$55000MXN, para los 10 operadores se estima un costo total promedio de **\$550,000MXN.**

Cada gerente y jefe de la planta contará con un asistente lo que implica un sueldo mínimo de \$18,000MXN anual a cada asistente. Al año se estima un costo total promedio **\$90,000MXN**.

Durante una jornada laboral con 20 trabajadores en todas las áreas de la planta estima un costo total de **\$964,000MXN**, en un solo turno. Como son dos turnos el costo de **los salarios** para la producción de 3600 toneladas de fertilizante al año se estima un costo promedio de **\$1,928,000MXN**.

#### 5.1.5 Costos de insumos.

El producto será empacado en costales de 25kg sacos de rafia de polipropileno (PP), los cuales son construidos con cintas textiles de polipropileno, resistentes y ligeros de fácil manipulación, el saco puede ser impreso en 1 o 2 caras utilizando desde una hasta seis tintas. La impresión es con tintas orgánicas grado alimenticio. Disponibles en telas y rafias de México S.A de C.V. El precio por un paquete de 100 piezas es de \$815MXN. Al año se comprarían 3 paquetes para cubrir la producción de 3600 toneladas, lo que se estima un costo total promedio de **\$2,445MXN**.

Los costos de limpieza de equipos están estimados en un costo total promedio de **\$301713.3MXN**.

Se considera que el costo anual de mantenimiento puede estimarse entre el 2% y 3% de costo de los equipos <sup>(26)</sup>, que anualmente se requiere de **\$70,030.2MXN**.

Al final se estima un costo total promedio de insumos de **\$374,188.5MXN**.

#### 5.1.6 Costos de la publicidad.

La publicidad que se considera principalmente son dos opciones, anuncios en periódicos, y publicidad en vallas fijas. No se consideró anuncios en televisoras debido a sus altos precios y el poco tiempo en promoción que se tiene, tampoco en redes sociales o sitios web debido a que el producto que requiere la publicidad va dirigido a agricultores que en sus tiempos libres se los dedican a su familia, descanso o entretenimiento.

La valla fija se renta e rentan usualmente por períodos de 3 meses hasta 12 meses. Las vallas fijas ofrecen impactos diarios, la imagen de FertiMagnesita no podrá pasar desapercibida. Las ventajas de estas son:

- **VISIBILIDAD:** Su mensaje será visto en puntos estratégicos en las principales avenidas y carreteras del Estado.
- **EFFECTIVIDAD:** Su presencia sin ser invasiva, está siempre a la vista de su público objetivo de manera natural e inevitable.
- **PRESENCIA DE MARCA:** Las 24 horas al día los 365 días del año.
- **ALTO IMPACTO:** Naturalmente produce altos niveles de frecuencia, incomparables con cualquier otro medio.
- **EFICIENCIA:** Capta una gran cantidad de público en un periodo mínimo de tiempo.
- **VERSATILIDAD:** Es capaz de dirigirse a determinados segmentos que son difíciles de acceder por otros medios como es el caso de los trabajadores. Estos cuentan con poco tiempo para ver la televisión, leer medios impresos o electrónicos por lo tanto suelen ser poco influidos por la publicidad.

Los contratos de renta son más largos. Usualmente los costos de las rentas van desde:

- \$1,000 **MXN** por mes para vallas pequeñas (3.2x2m)
- \$2,200 **MXN** por mes para vallas medianas (8x3m)
- \$6,000 **MXN** por mes para vallas grandes (12x4m)

Con lo anterior la valla será mediana, por seis meses se estima un costo total **\$13,200MXN.**

Los costos por publicidad en el periódico EL SOL DE SAN LUIS <sup>(24)</sup> depende del tamaño y si es a color o blanco y negro. Ver tabla 18.

**Tabla 18. Tarifas periodísticas**

| EL SOL DE SAN LUIS |                              | Tamaño cmxcol. |      | Costo B/N                                      | Costo T/color |
|--------------------|------------------------------|----------------|------|--|---------------|
| Población          | San Luis Potosí              | Plana          | 52x8 | 52cm de alto x 30cm de base<br>\$ 34,839.17    | \$69,678.34   |
| Costo B/N cm x col | \$83.75                      | Robaplana      | 36x6 | 36 cm de alto x 22.8cm de base<br>\$ 18,089.57 | \$36,179.14   |
| Recargo por color  | Más 10% color                | ½ Plana        | 26x8 | 26cm de alto x 30cm de base<br>\$ 17,419.58    | \$34,839.17   |
| Posición especial  | 25% más                      | ¼ plana        | 26x4 | 26cm de alto x 15.2cm de base<br>\$ 8,709.79   | \$17,419.58   |
| Medidas mecánicas  | 52cm x 8 col.<br>(col=3.8cm) | 1/8 plana      | 18x3 | 18cm de alto x 11.4cm de base<br>\$ 4,522.39   | \$9,044.78    |
| Circulación        | 2,000                        | cintillo       | 10x8 | 10cm de alto x 30cm de base<br>\$ 6,699.84     | \$13,399.68   |
| certificación      | Certificado                  |                |      |  |               |

Fuente: Grupo Lemus, Tarifas 2017.

También se consideran los gastos que durante la fase de introducción al mercado se deben realizar para dar a conocer el fertilizante de nitrato de magnesio de FertiMagnesita como son afiches un costo de **\$150MXN**, campaña radial de 40segundo dos veces al día durante 6 meses su costo es de **\$3,696MXN**, participación en la feria Anual Agrícola donde solo se paga la renta del local de **\$310MXN**, y gorras y camisetas con el logo de la empresa (FertiMagnesita) lo que equivale a **\$2,720MXN**.

Los gastos de publicidad ascienden a un total de **\$56,255.14MXN**.



### 5.1.7 Estimado del aspecto legal

La Sociedad Anónima de Capital Variable es recurrente en empresas dedicadas a la comercialización de bienes y servicios. Se encuentra constituida por socios cuya obligación se limita al pago de sus acciones. El capital puede variar sin que exista una modificación en el acta constitutiva, siendo el capital mínimo para su constitución la suma de cincuenta mil pesos.

Actualmente en México se tienen que llevar a cabo los siguientes trámites y cubrir los siguientes costos para abrir una empresa:

- Encontrar una denominación o nombre para la sociedad (2 a 5 días).
- Redactar el acta constitutiva, es decir, el objeto social y estatutos (5 mil a 15 mil pesos / 7 días)
- Protocolizar el acta constitutiva (10 a 20 mil pesos / 7 a 14 días)
- Obtener el folio del registro público (200 a mil pesos / hasta 60 días)
- Alta en SAT e IMSS (2 a 5 días)

En total, los trámites pueden tomar 90 días en ser completados y se estima costo total de **\$36,000MXN**.

### 5.1.8 Costo total.

La estimación del total de la inversión para la creación de la empresa FertiMagnesita es de **\$36,268,433MXN** desde los trámites legales para constituirse como empresa de Sociedad Anónima de Capital Variable hasta 1 año de producción.

**Tabla 19. Costos totales**

| <b>REQUERIMIENTO</b>      | <b>COSTO TOTAL \$</b> |
|---------------------------|-----------------------|
| Equipos de proceso        | 6,929,999             |
| Instalación de equipos    | 1,386,000             |
| Instrumentos para control | 1,386,000             |
| Instalación eléctrica     | 15,000                |
| Equipo en la oficina      | 62,038                |
| Comercialización          | 1,641,600             |
| Del terreno               | 6,000,000             |
| Construcción              | 9,000,000             |
| Óxido de magnesio         | 735,418.71            |
| Ácido nítrico             | 6,684,801.06          |
| Agua                      | 33,133.60             |
| Mano de obra              | 1,928,000             |
| Insumos                   | 374,188.50            |
| Trámites legales          | 36,000                |
| Publicidad                | 56,255.14             |
| <b>Total</b>              | <b>36,268,433</b>     |

*Fuente: Creación propia.*

## **5.2 ESTUDIO FINANCIERO DE LA PLANTA**

El estudio financiero tiene como objetivo determinar la magnitud de la inversión. Debe contener los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, así como delimitar la cantidad total necesaria para el ciclo de operación.

La investigación del mercado permite establecer la probable cuantía de los bienes a vender y cómo consecuencia de ello fija las bases mínimas para determinar la capacidad de la planta a instalar, es decir, relacionada directamente con la inversión; ésta a su vez influye sobre los costos de producción, los que pueden afectar, dentro de ciertos límites, los precios de venta, los cuales a su vez, y a través de la elasticidad demanda-precio, pueden modificar el tamaño del Mercado, con lo que se reiniciaría el ciclo.

Para este análisis se requiere retomar información de los capítulos anteriores tanto como el mercado de los fertilizantes y procesos de elaboración del nitrato de magnesio, con los cuales se accede al presupuesto de inversión.

### 5.2.1 Criterios de proyección.

Para efectos de la realización del estudio financiero para este proyecto se consideró lo siguiente:

El horizonte de proyección de este proyecto es igual a 10 años.

Respecto a la inversión total:

- \$36,268,433MXN

Respecto a los costos y precios:

- La evaluación realizada fue con base a precios corrientes.
- Los costos del producto y de las materias primas fueron determinados en el año 2017, estos incrementan a razón de 10% inflación.

Respecto a las ventas.

- La tasa de crecimiento anual del volumen de producción para este proyecto se estima de un 10%.
- Todo lo que se produce se vende.

### 5.2.2 Inversión Total Inicial (IT).

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los **activos fijos o tangibles** y **diferidos o intangibles** necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del trabajo, necesarios para iniciar las operaciones de la empresa. Se entiende por activo tangible (que se puede tocar) o fijo, los bienes propiedad de la empresa, tales como terrenos, edificios, maquinaria, equipo, mobiliario, vehículos de transporte, herramientas, y otros.

Se le llama “**fijo**” porque la empresa no puede desprenderse fácilmente de él sin que con ello casi problemas a sus actividades productivas (a diferencia del activo circulante ).Se entiende por activo intangible el conjunto de bienes propiedad de la empresa necesarios para su funcionamiento, y que incluyen: patentes de invención, marcas, diseños comerciales o industriales, nombres comerciales, asistencia técnica o transferencia de tecnología, gastos preoperativos y de instalación y puesta en marcha, contratos de servicios (como luz, teléfono, télex, agua, corriente trifásica y servicios notariales), estudios que tiendan a mejorar en el presente o en el futuro el funcionamiento de la empresa, como estudios administrativos o de ingeniería, estudios de evaluación, capacitación de personal dentro y fuera de la empresa, etcétera. <sup>(25)</sup>

Cualquier negocio requiere de una inversión inicial que es la cantidad total de recursos necesarios para que el proyecto exista y comprende la adquisición de:

1. Activos Fijos (AF)
2. Activos Diferidos (AD)
3. Capital de Trabajo (CT)

$$IT= AF+ AD +CT$$

El monto de la inversión total para poner una planta de Fertilizante de Nitrato de Magnesio es **\$36,268,433MXN**.

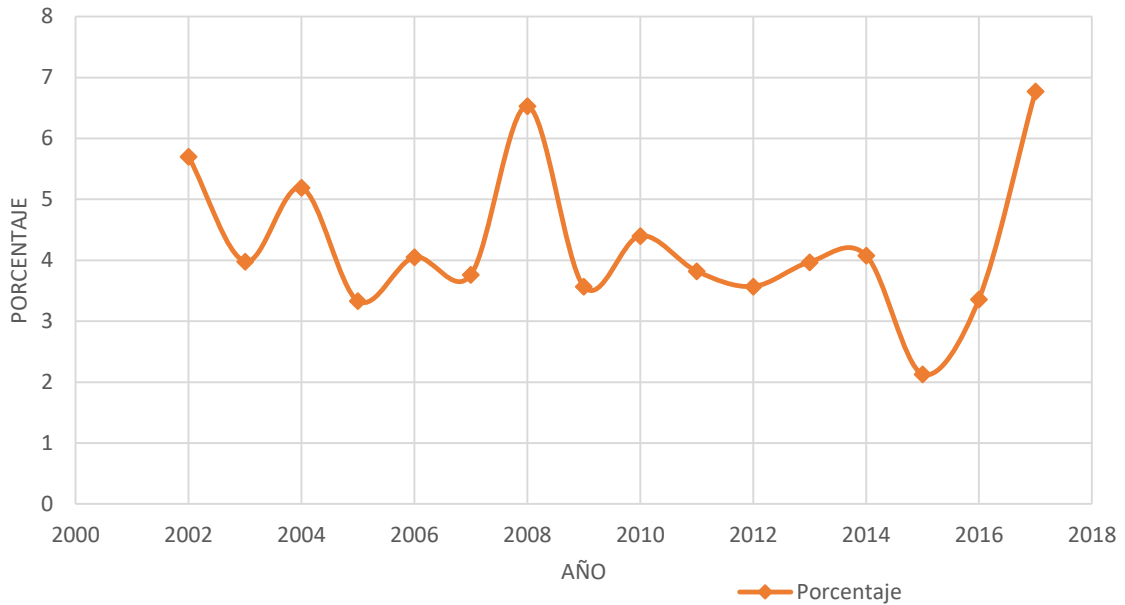
### **5.3 ANÁLISIS FINANCIERO.**

De acuerdo a la tabla 19, la inversión total para la creación de “FertiMagnesita” es de, **\$36,268,433MXN** para el primer año se pretende que la planta solo esté funcionando al 50% de capacidad instalada, lo que implica solo una producción anual de 1800 toneladas; 7 toneladas por día considerando que solo se trabajaran 258 días por año.

Para el cálculo correspondiente al valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TRI); es la tasa de descuento que se tiene en un proyecto y que nos permite que el VPN sea mínimo igual a la inversión y el tiempo de recuperación de inversión (TIR) es necesario conocer el costo de oportunidad (i). Este último se determina con la inflación en México durante los últimos cinco años.

En los últimos cinco años, entre 2013 y 2017, la inflación acumulo un aumento de 22% y en los últimos diez años de 51%. En lo que va del TLCAN, la inflación ha crecido 610%. <sup>(25)</sup>

La gráfica 25, corresponde a la variación porcentual a tasa anual, con esta gráfica se dará un valor a i, el valor fue de 10% considerando que durante los últimos cinco años el cambio de la inflación ha sido en promedio anual de 4.4% con un 10% se tiene una holgura a posibles variaciones.



**Gráfica 25. Variación anual de la inflación.**

*Fuente: INEGI 2017.*

La tasa interna de retorno es una tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en el proyecto. <sup>(25)</sup>

Se define como la tasa de interés con la cual el valor actual neto del proyecto es igual a cero.

### 5.3.1 Punto de equilibrio.

Por encima de la producción del punto de equilibrio se tienen ganancias y por debajo de este se tienen pérdidas en el proyecto. Este punto corresponde cuando las ganancias son iguales a cero, donde se calcula como:

$$Q = \frac{CF}{P - CV_{prom}} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

Q= 21,360 (Es la cantidad mínima a vender del producto)

P= 500 (El precio del producto)

CV<sub>prom</sub>= 135.03 (Los costos variables por producto.)

CF= 7,795,772.47 (Los costos fijos).

Los costos fijos (también denominados costos de estructura) son aquellos que una organización o empresa tiene, en un período de tiempo determinado y que no varían puesto que este costo es indispensable para la actividad que dicha organización lleva a cabo.

En otras palabras, el costo fijo es aquel del cual la empresa no puede prescindir. Dicho costo no tiene relación y variabilidad respecto a la producción.

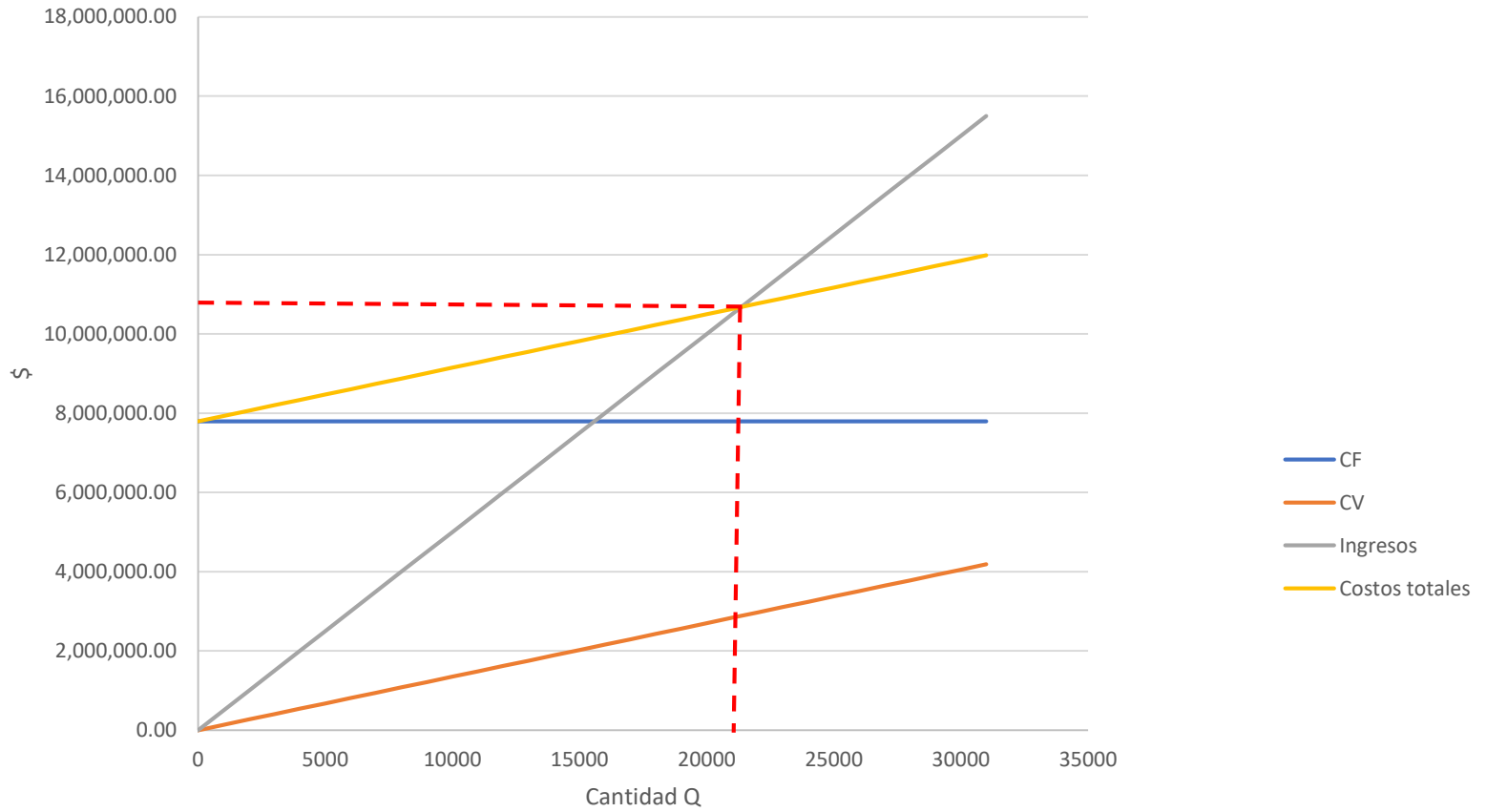
Algunos ejemplos de estos costos son:

- Impuestos inmobiliarios (luz, agua, internet, rentas).
- Mano de obra.
- Gastos de administración.
- Limpieza y mantenimiento.
- Amortizaciones.

Por otra parte, el costo variable tiene relación con la cantidad a vender, o el nivel de actividad de la empresa. El costo variable promedio se considera a partir de cuanta materia prima producto se requiere.

Sustituyendo los valores en la ecuación 8, la cantidad mínima a producir son **7,139** costales de 25kg.

En la gráfica 26, se representa a intersección de los costos totales y los ingresos totales para un año donde la producción sea al 100% de la capacidad instalada de la planta; donde debajo del punto de equilibrio la empresa tendrá pérdidas y por encima de la cantidad de equilibrio se obtienen ganancias.



**Gráfica 26. Punto de equilibrio**

*Fuente: Creación propia con datos del proyecto 2018.*

En la gráfica 26 representa los costos e ingresos de la empresa “FertiMagnesita” dependiendo la cantidad de costales vendidos. La intersección de los ingresos obtenidos por la venta de cada costal con los costos totales ese es el punto de equilibrio. La finalidad de esta gráfica es determinar el punto de equilibrio el cual ya fue definido anteriormente. Por debajo de este punto la empresa tiene pérdidas y por encima de este se obtienen ganancias. Para este proyecto las ventas tienen que ser muy altas (21,360 costales) considerando que ya se estaría produciendo al 100% de la capacidad de la planta.

### 5.3.2 Determinación de utilidades

Para determinar las ganancias a un periodo de 10 años se deben conocer los gastos y las utilidades durante un año, el análisis que se determina es para un año de ventas a su máxima producción. Una vez considerado al 100% de su capacidad instalada durante el primer año FertiMagnesita no estará produciendo 3600 toneladas anuales, solo producirá 1800 toneladas, cada año su producción aumentará un 10%; después de 6 años ya se estará produciendo las 3600 toneladas.

- **Costos de ventas**

El costo de ventas es el gasto o el costo de producir de todos los artículos vendidos durante un período contable. Cada unidad vendida tiene un costo de ventas o costo de los bienes vendidos. En este rubro se considera las materias primas y los costales, las cuales se estimaron en costo total de **\$7,422,664.77MXN**. Los costos variables promedio por costal a producir son de **CV=\$135.03**.

- **Utilidad bruta**

La ganancia bruta es la diferencia entre los ingresos totales de una compañía, o venta de sus productos y servicios, y los costos directos asociados con la producción y venta de esos productos y servicios, que se define como el costo de los bienes o costo de las ventas.

- **Gastos administrativos.**

Se denominan gastos de administración a aquellos contraídos en el control y la dirección de una organización, pero no directamente identificables con la financiación, la comercialización, o las operaciones de producción.

Los salarios de los altos ejecutivos y los costes de los servicios generales (tales como contabilidad, contratación y relaciones laborales) se incluyen en esta rúbrica.



Los gastos de administración se relacionan por tanto con la organización en su conjunto, frente a los gastos relacionados con los distintos departamentos. <sup>(25)</sup>

Con lo anterior los gastos administrativos ascienden a **\$2,738,000MXN**. En los dos turnos de producción.

- **Gastos de venta**

Los gastos de ventas se considera la publicidad que se estimó con anterioridad para dar a conocer el producto de FertiMagnesita las cuales asciendan a **\$56,255.14MXN**

- **Gastos de operación**

Son los gastos que lleva a cabo una empresa para poder desarrollar sus actividades. Los cuales se consideran como los servicios auxiliares que requiere la planta, que se estiman de **\$1,757,743.22MXN**.

- **Utilidad operación**

La utilidad que resulta de las operaciones normales de una empresa, con exclusión de los gastos y productos financieros y extraordinarios.

- **Depreciación**

La depreciación es la pérdida de valor de un bien como consecuencia de su desgaste con el paso del tiempo. En el caso de equipo industrial tiene una vida útil de 10 años y el porcentaje de depreciación anual corresponde al 10%.

- **Porcentaje de préstamo**

Se calcula una inversión inicial de 30 mdp para arrancar el proyecto de la planta de Nitrato de Magnesio. Ya que el monto máximo de préstamo es de 10 a 15 mdp se considera un préstamo en la siguiente institución:

**BBVA Bancomer**

Se realizó un pronóstico de Crédito Simple por: \$15,000,000.00

- Plazo de: 60 Meses
- Comisión por apertura: \$150,000.00
- IVA de la comisión: \$24,000.00

El resto debe ser solventado por empresas dedicadas al mismo giro por lo cual se debe mostrar que el proyecto es rentable y demostrar mediante una estrategia de marketing o plan de ventas como se van a vender los costales requeridos por año.

En la tabla 20. se considera la amortización. Los pagos mensuales que se deben realizar al banco en consideración del préstamo.

**Tabla 20. Amortización.**

| Periodo (meses) | Saldo inicial del periodo | Pago a capital | Intereses del periodo | Pago mensual total | Saldo Insoluto |
|-----------------|---------------------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------------|
| 6               | 13,983,050.84             | 254,237.29     | 155,509.00            | 409,746.29         | 13,728,813.55  |
| 12              | 12,457,627.10             | 254,237.29     | 143,162.53            | 397,399.82         | 12,203,389.81  |
| 18              | 10,932,203.36             | 254,237.29     | 121,579.77            | 375,817.06         | 10,677,966.07  |
| 24              | 9,406,779.62              | 254,237.29     | 108,102.32            | 362,339.61         | 9,152,542.33   |
| 30              | 7,881,355.88              | 254,237.29     | 87,650.53             | 341,887.82         | 7,627,118.59   |
| 36              | 6,355,932.14              | 254,237.29     | 73,042.11             | 327,279.40         | 6,101,694.85   |
| 42              | 4,830,508.40              | 254,237.29     | 53,721.29             | 307,958.58         | 4,576,271.11   |
| 48              | 3,305,084.66              | 254,237.29     | 37,981.89             | 292,219.18         | 3,050,847.37   |
| 54              | 1,779,660.92              | 254,237.29     | 19,792.05             | 274,029.34         | 1,525,423.63   |
| 60              | 254,237.18                | 254,237.29     | 2,827.43              | 257,064.72         | 0.00           |

Fuente: BBVA Bancomer

- Costo Anual Total: 14.4% Sin IVA

Los intereses estarán sujetos a variación en cada pago de acuerdo a la TIIE publicado por Banco de México.

Requisitos:

- Constancia de situación fiscal ante la SHCP.
- Se pueden solicitar garantías
- En caso de persona moral, acta constitutiva de la empresa, poder notarial del representante de la empresa, ambos con sello de inscripción en el Registro Público e identificación oficial vigente del representante legal
- Comprobar ingresos
  - En créditos superiores a 2 MDP, se deben presentar estados financieros de los dos últimos ejercicios fiscales completos y un parcial con antigüedad no mayor a 3 meses
  - Tener una cuenta de depósito en BBVA Bancomer.

- **Utilidad antes de impuestos**

La utilidad antes de impuestos es aquella utilidad depurada de todo concepto operativo y financiero, a la que sólo le falta la aplicación de los impuestos para proceder a ser distribuida. <sup>(25)</sup>

Cuando se determina la utilidad de una empresa, el último concepto que se aplica es el de los impuestos, ya que la tributación se hace sobre la utilidad que efectivamente obtiene la empresa, utilidad que es afectada por toda carga procedente según las leyes fiscales.

- **ISR**

El impuesto sobre la renta (ISR) en México es un impuesto directo sobre la ganancia obtenida; es decir, por la diferencia entre el ingreso y las deducciones autorizadas obtenido en el ejercicio fiscal. Este impuesto debe ser pagado de manera mensual por medio de los pagos provisionales (a cuenta del impuesto anual) al servicio de Administración tributaria, o a las Oficinas Autorizadas por las Entidades Federativas según lo marque la ley y la normatividad en Materia de Coordinación Fiscal entre la Federación y las Entidades Federativas.

El impuesto sobre la renta entró en vigor el 1 de enero de 2002, abrogando la ley que había estado vigente desde el 1 de enero de 1981. Esta ley tiene su reglamento correspondiente. El corresponde al **35%**.

- **RU**

El reparto de utilidades (RU) es el derecho constitucional que tiene el trabajador a participar en las ganancias que obtiene una empresa o patrón por la actividad productiva o los servicios que ofrece en el mercado, de acuerdo con su declaración fiscal.

Las empresas de nueva creación como FertiMagnesita no están obligadas a realizar el reparto de utilidades, solo por el primer año después de esté se tiene que repartir el **10%** a los trabajadores.

- **Pago de patente.**

Al utilizar una patente resiente, se debe considerar el pago por uso de la patente. El cual corresponde al 30% de las utilidades antes de impuestos por concepto de Regalías por el uso o goce temporal de patentes o de certificados de invención o de mejora, marcas de fábrica y nombres comerciales, así como por publicidad. <sup>(27)</sup>

De acuerdo al artículo 142 de la Ley de la Propiedad Industrial (LPI). Donde se menciona que la Ley de la Propiedad Industrial (LPI) define a la franquicia como el acto por el cual el franquiciante otorga por escrito la licencia de uso de su marca, y transmite conocimientos técnicos o proporciona asistencia técnica, para que la persona a quien se le concede (franquiciatario) pueda producir o vender bienes o prestar servicios de manera uniforme y con los métodos operativos, comerciales y administrativos establecidos por el titular de la marca, tendientes a mantener la calidad, prestigio e imagen de los productos o servicios a los que ésta distingue.

- **Utilidad después de impuestos**

La utilidad neta después de impuestos es la misma cifra que los ingresos reportados como beneficio que la empresa logró en un cierto período de tiempo.

Se trata simplemente de todos los gastos restados de todos los ingresos. Todo es parte del cálculo, incluyendo los ingresos por intereses, gastos por intereses y los impuestos.

### 5.3.3 Análisis de las ganancias

En la tabla 21, se realizó un análisis para determinar las utilidades libres de impuestos para un periodo de 10 años, para el precio del costal de 25kg se consideró un precio de **\$500MXN**.

La última columna de la tabla 21, corresponde a los aumentos de las utilidades libres de impuestos donde al segundo año las ganancias cubren el 100% de la inversión del proyecto.

El proyecto para la creación de una empresa llamada FertiMagnesita dedicada a la producción de fertilizante nitrato de magnesio tiene las características:

- **VPN= 31,020,927**
- **TRI= 4.5 AÑOS**
- **TIR= 24.132%**
- **i=10%.**

Sin embargo, para que el proyecto tenga esas características al primero año se deben vender 72,000 costales del producto. Para ellos se implementará el plan de ventas y el marketing que en los siguientes capítulos se detallaran.

**Tabla 21. Análisis para 10 años**

| Año                           | 1 (50%)     | 2 (60%)     | 3 (70%)     | 4 (80%)     | 5 (90%)     | 6 (100%)    | 7 (100%)       | 8 (100%)    | 9 (100%)    | 10 (100%)   |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Toneladas                     | 1,800       | 2,160       | 2,520       | 2,880       | 3,240       | 3,600       | 3,600          | 3,600       | 3,600       | 3,600       |
| Costales (25kg)               | 72,000      | 86,400      | 100,800     | 115,200     | 129,600     | 144,000     | 144,000        | 144,000     | 144,000     | 144,000     |
| Ventas (\$)                   | 36,000,000  | 43,200,000  | 50,400,000  | 57,600,000  | 64,800,000  | 72,000,000  | 72,000,000     | 72,000,000  | 72,000,000  | 72,000,000  |
| Costos de ventas              | 3711332.39  | 4453598.86  | 5195865.339 | 5938131.816 | 6680398.293 | 7422664.77  | 7422664.77     | 7422664.77  | 7422664.77  | 7,422,664.7 |
| Utilidad bruta                | 32,288,668  | 38,746,401  | 45,204,135  | 51,661,868  | 58,119,602  | 64,577,335  | 64,577,335     | 64,577,335  | 64,577,335  | 64,577,335  |
| Gastos administrativos        | 1,369,000   | 2053500     | 2053500     | 2,738,000   | 2,738,000   | 2,738,000   | 2,738,000      | 2,738,000   | 2,738,000   | 2,738,000   |
| Gastos de venta               | 28127.57    | 33753.084   | 39378.598   | 45004.112   | 50629.626   | 56,255.14   | 56,255.14      | 56,255.14   | 56,255.14   | 56,255.14   |
| Gastos de operación           | 1757743.22  | 1757743.22  | 1757743.22  | 1757743.22  | 1757743.22  | 1757743.22  | 1757743.22     | 1757743.22  | 1757743.22  | 1757743.22  |
| Utilidad operación            | 29,133,797  | 34,901,405  | 41,353,513  | 47,121,121  | 53,573,229  | 60,025,337  | 60,025,337     | 60,025,337  | 60,025,337  | 60,025,337  |
| Depreciación                  | 1,386,000   | 1,386,000   | 1,386,000   | 1,386,000   | 1,386,000   | 1,386,000   | 1,386,000      | 1,386,000   | 1,386,000   | 1,386,000   |
| Intereses                     | 4,513,429.6 | 4,512,443.6 | 4,097,187.4 | 3,685,512.7 | 3,273,743.7 | 0.00        | 0              | 0           | 0           | 0           |
| Utilidad antes de impuestos   | 23,234,368  | 29,002,962  | 35,870,326  | 42,049,608  | 48,913,485  | 58,639,337  | 58,639,337     | 58,639,337  | 58,639,337  | 58,639,337  |
| Pago de patente               | 6,970,310   | 8,700,888   | 10,761,098  | 12,614,883  | 14,674,046  | 17,591,801  | 17,591,801     | 17,591,801  | 17,591,801  | 17,591,801  |
| ISR                           | 8132028.64  | 10151036.5  | 12554613.9  | 14717362.9  | 17119719.9  | 20523768    | 20523768       | 20523768    | 20523768    | 20523768    |
| RU                            | 2323436.755 | 2900296.152 | 3587032.568 | 4204960.845 | 4891348.546 | 5863933.715 | 5863933.715    | 5863933.715 | 5863933.715 | 5863933.715 |
| Utilidad después de impuestos | 5,808,592   | 7,250,740   | 8,967,581   | 10,512,402  | 12,228,371  | 14,659,834  | 14,659,834     | 14,659,834  | 14,659,834  | 14,659,834  |
| Utilidad acumulada            | 5,808,592   | 13,059,332  | 22,026,914  | 32,539,316  | 44,767,687  | 59,427,521  | 74,087,355.738 | 88,747,190  | 103,407,024 | 118,066,859 |

Fuente: Creación propia con datos del proyecto 2018.

#### **5.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Permite visualizar inmediatamente las ventajas y desventajas económicas que posee algún proyecto.

El **análisis de sensibilidad** es un método aplicable de igual manera a las inversiones que no sean productos de instituciones financieras (por ejemplo, los bancos), por lo que también se puede usar para casos en que un familiar, amigo o compañero nos ofrezca una opción de inversión para un negocio o proyecto en específico.

El **análisis de sensibilidad** de un proyecto es una herramienta simple de aplicar y puede proporcionarnos información básica para que se tome una decisión acorde al riesgo que se prefiera asumir.

El **análisis de sensibilidad** es un término usado frecuentemente en las empresas para realizar una toma de decisiones acertadas acerca de la inversión de sus capitales, este análisis consiste en el cálculo de los nuevos flujos de caja y el VAN (valor actual neto, indicador para la viabilidad de un proyecto) en proyectos, negocios y otro.

Cuando se hace un cambio en la variable (a la inversión inicial, ingresos, tasas de crecimiento, etc.) y obteniendo gracias a esto nuevos flujos de caja y un valor nuevo del VAN, se podrá hacer el cálculo de la sensibilidad y mejorar las estimaciones del proyecto que vaya a realizarse. En caso de que las variables cambien o haya errores en ellas (cuestión de apreciación de la persona que realice el análisis), se debe repetir el proceso utilizando los valores originales (antes del cambio de variable).

Para determinar la sensibilidad del proyecto de creación de “FertiMagnesita” para ello se modificaron varios parámetros considerando que estos fueran los de mayor impacto en el proyecto, variando 15% hacia arriba y abajo, los cuales fueron:

1. Costo del producto.
2. Los costos de venta.
3. Gastos administrativos.
4. Gastos de operación
5. La cantidad de producto vendido.

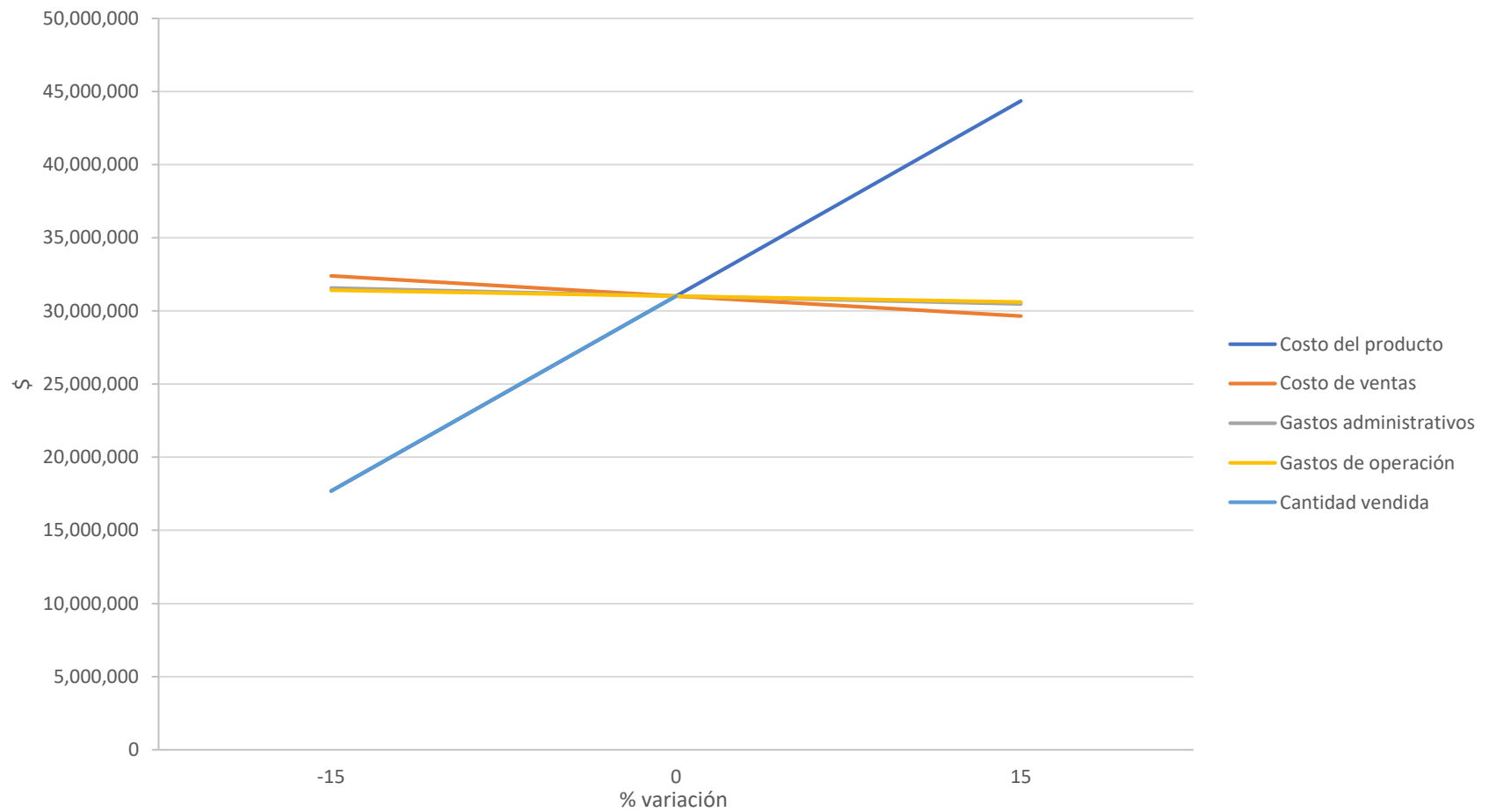
Los primeros 4 casos se realizó la variación con la misma cantidad de producto vendido durante el periodo de 10 años. Ver gráfica 27.

**Tabla 22. Sensibilidad del VPN.**

| <b>%Variación costo del producto</b>     | <b>VPN</b>  | <b>TIR</b>  |
|--|-------------|-------------|
| -15                                      | 17,695,472  | 18.50835202 |
| 0  | 31,020,927  | 24.13190097 |
| 15                                       | 44,346,383  | 29.33609868 |
| <b>%Variación costo de venta</b>         | <b>VPN</b>  | <b>TIR</b>  |
| -15                                      | 32,394,683  | 24.68518395 |
| 0  | 31,020,927  | 24.13190097 |
| 15                                       | 29,647,172  | 23.57423362 |
| <b>%Variación gastos administrativos</b> | <b>VPN</b>  | <b>TIR</b>  |
| -15                                      | 31,564,651  | 24.35461745 |
| 0  | 31,020,927  | 24.13190097 |
| 15                                       | 30,477,204  | 23.90855857 |
| <b>%Variación gastos de operación</b>    | <b>VPN</b>  | <b>TIR</b>  |
| -15                                      | 31,425,949  | 24.30854491 |
| 0  | 31,020,927  | 24.13190097 |
| 15                                       | 30,615,906  | 23.95512729 |
| <b>%Variación cantidad vendida</b>       | <b>VPN</b>  | <b>TIR</b>  |
| -15                                      | 17,695,472  | 18.50835202 |
| 0  | 31,020,927  | 24.13190097 |
| -30                                      | 4,370,016   | 12.25112772 |
| -50                                      | -13,397,257 | 2.116984383 |

*Fuente: Creación propia con datos del proyecto 2018.*

De acuerdo a la tabla 22, la variación más importante es la que provocada con el incremento y disminución de los costos de venta. La variación **más importante** que se provoca, es el incremento y disminución de los **costos del producto**. Donde al subir y bajar en solo un **15% el VPN varía en más de 12,000,000** y la **TIR en casi un 5%. Ver gráfica 27.**



**Gráfica 27. Variación del VPN**

*Fuente: Creación propia con datos del proyecto 2018.*

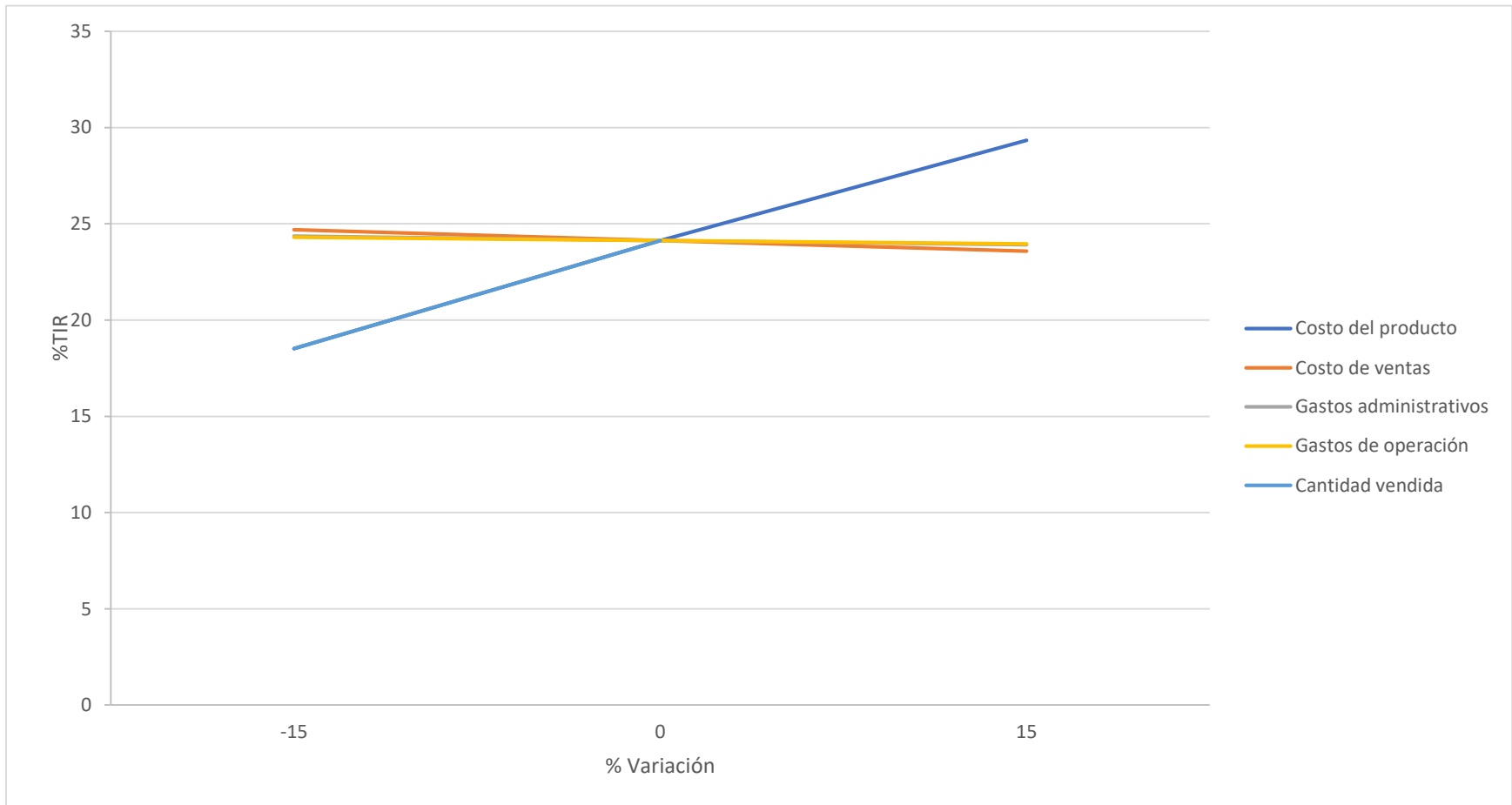


Sin embargo, el decrecimiento del VPN y la TIR al modificar la **cantidad de costales vendidos** cada año convierte al proyecto con un **VPN negativo**; a menos que se vendan más del 50% del nitrato de magnesio o en el mejor caso todo lo que se produce se vende en cada año. Ver gráfica 27.

Finalmente, la variable de mayor impacto al proyecto es la cantidad de producto que se vende al año, al solo vender la mitad de la producción la TIR cae hasta el 2.12%, volviendo al proyecto no rentable.

En las gráficas 27 y 28 se observa el decrecimiento del VPN y la TIR al modificar la cantidad de costales vendidos cada año. Al modificar las ventas, que solo se vendieran el 50% de lo producido en cada año el VPN se vuelve negativo.

Sin embargo, aumentando el precio del producto el proyecto se volvería riesgoso debido a que el valor de la TIR es casi del 30%, un valor adecuado para invertir en el cualquier y VPN es similar a la cantidad invertida.



**Gráfica 28. Variación de TIR.**

*Fuente: Creación propia con datos del proyecto 2018.*



# CAPÍTULO 6

## La empresa



## **6.1 LA EMPRESA**

Para poder realizar este proyecto de “FertiMagnesita” se deben considerar los aspectos legales, lo requisitos para ser una empresa constituida en una sociedad mercantil, que para este proyecto se consideraron los gasto para una empresa de Sociedad Anónima.

También en este capítulo se incluyen los acuerdos mercantiles que beneficiarían y/o perjudicarían a la empresa en caso de ampliar el mercado como los acuerdos de tratado de libre comercio, así como identificar otros acuerdos comerciales y la ley que protege el uso de marcas, patentes y sombras comercial, esto para explicar el gasto que se debe hacer del 30% de las utilidades antes de impuestos y esto debido a que México y China forman parte de los países en el convenio de París.

Al ser una empresa dedicada a actividades industriales se debe tener conocimiento de las normas oficiales para no incumplir con ninguna de ellas sobre todo en materia ambiental, así como las normas correspondientes a un producto de buena calidad.

### **Marco Legal**

Posiblemente el marco legal sea un tema que presente una situación especial, pues las leyes suelen interpretarse como un conjunto de restricciones al quehacer de las empresas, en tanto su formulación, desde los planteamientos de los constituyentes, obedece más a la necesidad de encauzar el delineamiento de un proyecto, en este caso, del desarrollo económico y social del país. El código de comercio, la ley de impuesto sobre la renta, la ley federal del trabajo, al igual que el resto de reglamentos ligados a las empresas prestadoras de servicios o productivas, en sus primeros artículos nos presentan un conjunto de preceptos que tienen por objeto ayudar a la creación de un ente activo que es la empresa y, a través de ella, constituir las bases del crecimiento económico y social de la nación.

### **Aspectos Corporativos**

Cuando se pretende estructurar legalmente una empresa, es conveniente tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El número de personas (socios) que iniciarán la empresa.
- Las aportaciones de cada uno de los socios.
- La responsabilidad de los socios ante terceros.
- Los gastos en que se incurrirá para la constitución de la empresa.
- Los trámites formales necesarios para inscribirla legalmente.
- Las obligaciones que se adquieren con el fisco.
- Las obligaciones laborales que se están contrayendo.

- En cuanto a la conformación de la empresa, legalmente, existen diversas figuras, tales como Sociedad Anónima, Cooperativa, etc.

Dependerá del marco legal de cada país para determinar cuál es la mejor figura legal para ser adoptada.

El primer paso que se debe realizar es la constitución de una Sociedad Mercantil, la cual se optará por constituir una Sociedad Anónima de capital variable, esto quiere decir que los accionistas tendrán responsabilidades de acuerdo al monto de sus aportaciones de capital.

Para que esto sea posible se debe tener un mínimo de 2 accionistas, los cuales pueden ser personas físicas o morales, extranjeros o mexicanos. La sociedad será constituida con un capital que estará suscrito y pagado al menos en un 20%. Dicha sociedad será administrada por un único administrador.

Una vez obtenido el permiso de la Secretaría de Relaciones Exteriores, se constituirá la Sociedad ante Notario Público y se registrará ante el Registro Público de la Propiedad y el Comercio.

Registrada la Sociedad, se debe obtener el registro federal de contribuyente. Para ello, se requiere que la Sociedad tenga un domicilio fiscal específico y determinado. La Sociedad deberá abrir cuatro libros corporativos: de Actas de Asamblea, de Registro de Acciones, de Variaciones de Capital y de Actas de Sesiones de Consejo.

La empresa deberá cumplir con obligaciones corporativas en forma periódica tales como el llevar a cabo las asambleas y juntas de consejo que señalen los estatutos, registrar las correspondientes actas y las modificaciones en materia de capital social y acciones en los correspondientes libros de sociedades corporativas.

### **Aspectos de Comercio exterior.**

En este aspecto, se destacan aquellas obligaciones de control, tendientes a acreditar la legal estancia en el país de las mercancías importadas. Cualquier empresa que desee importar o exportar mercancía en el país, deberá de estar inscrita en el Padrón General de Importadores, así como cumplir fundamentalmente con las siguientes disposiciones:

- Ley Aduanera y su reglamento.

La cual está encargada de controlar las operaciones de comercio exterior, con el objetivo de registrar el tráfico internacional de mercancías que se importen y exporten desde un país extranjero y cobrar los impuestos establecidos por ley. Se podría afirmar que las aduanas fueron creadas para recaudar dicho tributo, y por otro lado regular mercancías que por su naturaleza pudieran afectar la producción nacional, la salud pública, la paz o la seguridad de una nación. oda importación o

exportación de mercancías está sometida a un despacho aduanero en el que puede ser exigido el pago de un derecho aduanero.

Actualmente en la aduana no sólo se devenga y exige el pago de los aranceles, sino también las restricciones y regulaciones no arancelarias, las cuales se aplican en casos de práctica desleal de Comercio Exterior (discriminación de precios, subvenciones, entre otros), así como también los impuestos indirectos sobre el consumo (valor añadido) o sobre consumos específicos (accisas). <sup>(35)</sup>

Habría que considerar la ley aduanera en caso de tener oportunidad de exportar el producto terminado.

- Ley de Comercio Exterior y su reglamento.

Tiene por objeto regular y promover el comercio exterior, incrementar la competitividad de la economía nacional, propiciar el uso eficiente de los recursos productivos del país, integrar adecuadamente la economía mexicana con la internacional y contribuir a la elevación del bienestar de la población; Que dicho marco normativo consolida y encauza el papel del comercio exterior de nuestro país, promueve la competitividad a través de la política de apertura comercial y otorga confianza y seguridad jurídica a los agentes económicos relacionados con el intercambio internacional. <sup>(36)</sup>

- Tratado de libre comercio.

Es un acuerdo mediante el que dos o más países acuerdan las reglas para realizar un intercambio de productos, servicios sin tener que pagar impuesto por venderlos en el exterior.

Los tratados de libre comercio crean las condiciones necesarias para atraer inversión extranjera procedente del país socio y de otros países que quieren aprovechar las ventajas que produce el TLC.

Para el sector agrícola genera oportunidades ya que los productores podrían sembrar más porque tendrán un mercado seguro para vender sus productos. Lo cual a los productores de fertilizantes también les beneficia ya que los agricultores tendrán la necesidad de mejorar sus productos y tener más rendimientos de sus cosechas.

Aunque, actualmente el TLCAN está en renegociación, sin embargo, el mercado mexicano es clave para las exportaciones estadounidenses de agroalimentos, por ello los productores han defendido el tratado a capa y espada.

México tiene 'un arma' frente a Estados Unidos en la renegociación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN): las compras que le hace cada año de productos agropecuarios.

El año pasado aquel país vendió a México 12,696 millones de dólares (mdd) en agroalimentos, cifra cuatro veces mayor a la de 1994, cuando inició el TLCAN, según cifras del Buró de Censos de aquel país.

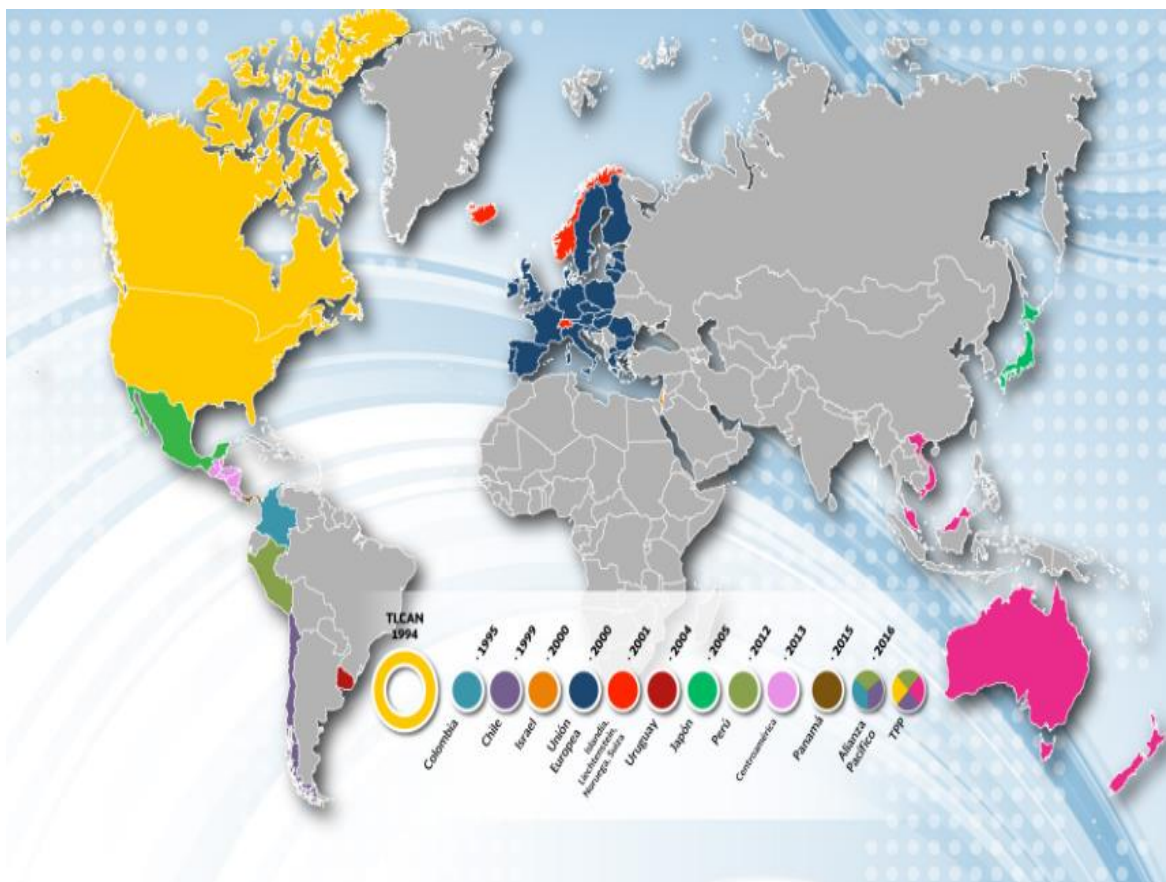
México es el segundo comprador de las agroexportaciones de Estados Unidos, después de Canadá, al adquirir 14% de éstas. Las ventas de ese país a México de cereales, carne y lácteos al primer semestre de 2017 crecieron 6.6% frente al mismo lapso de 2016. <sup>(38)</sup>

- Otros tratados de comercio.

México se posiciona como una puerta de acceso a un mercado potencial de más de mil millones de consumidores y 60% del PIB mundial.

México cuenta con una red de doce tratados de libre comercio con cuarenta y seis países, treinta y dos acuerdos para la promoción y protección recíproca de las inversiones con treinta y tres países, nueve acuerdos de alcance limitado (Acuerdos de Complementación Económica y Acuerdos de Alcance Parcial) en el marco de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) y es miembro del Tratado de Asociación Transpacífico (TPP por sus siglas en ingles). <sup>(37)</sup>

Además, México participa activamente en organismos y foros multilaterales y regionales como la Organización Mundial del Comercio (OMC), el Mecanismo de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC), la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y la ALADI.



**Mapa 2. Tratados y acuerdo en México.**

*Fuente: Secretaría de economía, 2015*

### **Aspectos Ambientales.**

Aquellas empresas dedicadas a actividades industriales, deberán de cumplir con las obligaciones de equilibrio ecológico que se establezcan en las diversas disposiciones legales en materia ambiental, como lo son: la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente (LGEEPA), así como sus diversos reglamentos. Derivado de la creciente conciencia ambiental, la inobservancia de éstas disposiciones, se encuentra sancionada con multas, clausuras, revocaciones, arrestos y acciones penales. <sup>(40)</sup>

Por otro lado, se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) que son el instrumento jurídico que obliga a cumplir las especificaciones que determina la autoridad federal. En materia de calidad del aire, la normatividad está determinada particularmente por la secretaría de Salud, y por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. <sup>(39)</sup> Ambas secretarías han desarrollado NOM's enfocadas a la protección de la salud de la población y a la medición de los contaminantes, a continuación, se mencionan algunas de las más importantes:



**1. NOM-043-SEMARNAT-1993, Niveles Máximos Permisibles de Emisión a la Atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.**

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas diferenciando la zona del país donde se encuentre el emisor, estableciendo una mayor restricción en las zonas críticas: las Zonas Metropolitanas de la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara, los centros de población de Coatzacoalcos-Minatitlán, Veracruz; Irapuato-Celaya-Salamanca, Guanajuato; Tula-Vito-Apasco, Estados de Hidalgo y de México; Corredor Industrial de Tampico-Madero-Altamira, Tamaulipas.

**2. NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral. Reconocimiento, evaluación y control.**

Establece los procesos y medidas para prevenir riesgos a la salud del personal ocupacionalmente expuesto a agentes químicos contaminantes del ambiente laboral. Señala los criterios de implementación de controles para revisar la calidad, cantidad y flujo de aire a suministrarse al personal.

**3. NOM-85-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.**

Establece los niveles máximos permisibles de emisión de humo, partículas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) de los equipos de combustión de calentamiento indirecto que utilizan combustibles convencionales o sus mezclas, con el fin de proteger la calidad del aire. Es de observancia obligatoria para las empresas que utilizan equipos de combustión

**4. NOM.098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.**

Establece las especificaciones de operación, así como los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera para las instalaciones de incineración de residuos. Es de observancia obligatoria aplicable en todo el territorio mexicano para todas aquellas instalaciones destinadas a la incineración de residuos, excepto de hornos crematorios, industriales y calderas que utilicen residuos como combustible alterno.

## **Medidas de protección al ambiente**

Durante el manejo del producto no contamine el aire, suelo, ríos, lagunas, arroyos, presas, canales o depósitos de agua no lavando ni vertiendo en ellos residuos de nutrientes vegetales o envases vacíos. Maneje el envase vacío y sus residuos conforme lo establece la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos.

La cantidad de Nitrato de Mg a aplicar en el terreno de siembra depende del tipo de cultivo, tipo de terreno, clima y meta de rendimiento. El Nitrato de Mg puede ser disuelta y usar en aplicaciones foliares. También se utiliza como complemento en la alimentación animal. Su aplicación al suelo puede ser manual o mecánica. El nitrógeno hace a las plantas de color verde obscuro y más succulentas; fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación de follaje de buena calidad facilitando la formación de carbohidratos. Se recomienda hacer análisis químico del suelo para valorar la fertilidad.

## **Aspectos en materia de Propiedad Intelectual**

Como va a existir una marca, patente, nombre comercial, secreto industrial, invención, modelo de utilidad o diseño industrial, que la empresa deseará proteger, está deberá de cumplir con las disposiciones previstas en la Ley de la Propiedad Industrial (LPI) y llevar a cabo los registros correspondientes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. En el caso concreto de los secretos industriales, se recomienda que los empleados firmen el correspondiente convenio de confidencialidad. Además del LPI se cuenta con el IMPI () que tiene entre otras actividades, el fomento y protección la propiedad industrial, es decir, aquellos derechos exclusivos de explotación que otorga el Estado durante el tiempo de protección de las creaciones de aplicación industrial y comercial; como las marcas y el desarrollo tecnológico a través de una patente, modelo de utilidad o diseño industrial. <sup>(41)</sup>

Sin embargo, el de mayor importancia es el Convenio de Paris para la protección de propiedad industrial, ya que el proceso seleccionado para la producción del nitrato de magnesio como fertilizantes es de origen chino y al estar en dicho convenio se debe pagar por el uso de su patente.

- El Convenio de París para la protección de propiedad industrial

El Convenio de París se aplica a la propiedad industrial en su acepción más amplia, con inclusión de las patentes, las marcas de productos y servicios, los dibujos y modelos industriales, los modelos de utilidad, las marcas de servicio, los nombres comerciales, las indicaciones geográficas y la represión de la competencia desleal.

Lo forman 177 países algunos de ellos son Alemania, Australia, Austria, Brasil, Canadá, Chile, China, Costa Rica, Cuba, Egipto, España, Francia, Grecia, Guatemala, Honduras, Hungría, India, Israel, Jamaica, Luxemburgo, Madagascar, México, Noruega, Perú, Singapur, Sudáfrica, por mencionar algunos. <sup>(42)</sup>

### **Aspectos normativos.**

No se debe de olvidar que la empresa deberá cumplir además con todas las normas oficiales correspondientes y con las leyes especiales y sus reglamentos relacionados con la actividad preponderante de la Sociedad.

Entre las normas oficiales mexicanas que la empresa debe cumplir para tener un producto de buena calidad, tenemos:

- NORMA Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995, Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-182-SSA1-2010, Etiquetado de nutrientes vegetales.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-003-STPS-1999, Actividades agrícolas-Uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-Condiciones de seguridad e higiene.

Para los comercios en general, la fecha de caducidad y la fecha de consumo preferente son un indicador del tiempo en el cual un producto debe estar a la venta, precisó el Lic. Alba de Profeco. Agregó que cuando se comercializan productos con fecha de caducidad vencida Profeco procede a la inmovilización de estos productos, evitando su comercialización, en virtud de que representan un riesgo a la salud de los consumidores, de acuerdo con los artículos 1º y 25 bis de la Ley Federal de Protección al Consumidor. <sup>(43)</sup>

Cuando expira cualquiera de estas dos fechas el producto se debe retirar inmediatamente de los anaqueles o exhibidores. De lo contrario el establecimiento estará incurriendo en una infracción al Reglamento de Control Sanitario de la Secretaría de Salud. El artículo 21 de este reglamento advierte que no se podrán importar ni comercializar productos que presenten fecha de caducidad vencida. Con respecto a las sanciones por la venta de productos caducos, la Cofepris precisa que podrían alcanzar multas de hasta por 10 mil salarios mínimos.

**NORMA Oficial Mexicana NOM-012-ZOO-1993, Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos.**

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, por conducto de la Dirección General Jurídica, con fundamento en los artículos 1o., 3o., 4o. fracción III, 12, 13, 16 fracciones I y II, 21 y 22 de la Ley Federal de Sanidad Animal; 38 fracción II, 40, 41, 43 y 47 fracción IV, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 26 y 35 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 10, fracción V, del Reglamento Interior de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, y considerando que los productos Químicos, Farmacéuticos, Biológicos y Alimenticios para uso en Animales o consumo por éstos, se emplean con fines nutricionales, preventivos, de diagnóstico, control y tratamiento de enfermedades, contribuyendo de esa manera al incremento en la producción pecuaria nacional.

Que el uso de productos elaborados y manejados en forma adecuada, disminuirá los riesgos zoonosológicos.

Que un buen control en el proceso de producción de los productos es un factor importante que coadyuva para garantizar la calidad óptima en los mismos.

Que el control de la calidad de los productos debe llevarse a cabo en su producción, comercialización y aplicación.

Que la aplicación correcta de los productos y la observancia del tiempo de retiro de éstos en los animales disminuirá el riesgo que representa para la salud humana.

Que la información comercial proporcionada en el etiquetado de los productos, garantizará su uso y manejo adecuado.

Que la regulación de productos, nacionales o de importación, apoyará a garantizar la calidad de los productos comercializados en el territorio nacional.

## **CONCLUSIÓN.**

De acuerdo a los objetivos planteados para esta tesis el proceso más adecuado para la fabricación del fertilizante de nitrato de magnesio es mediante óxido de magnesio y ácido nítrico por la obtención de un producto de una buena calidad, además ser respetuoso con el ambiente ya que durante, su producción no se liberan gases de efecto invernadero.

El nitrato de magnesio es una buena opción para la aplicación de magnesio en fertirriego a cultivos de alta demanda, el magnesio se requiere en muchos cultivos como son los cítricos, el mango, papa, tomate, pepino, cebada, trigo invierno, viña o forrajes; todos estos frutos se cultivaban en gran parte de la Réplica Mexicana, por lo que hay un mercado potencial. Además, el magnesio es indispensable en las plantas ya que su ausencia puede provocar un cultivo en malas condiciones que al agricultor le causa bajas ganancias al vender sus productos e incluso pérdidas ya que en una gran deficiencia de magnesio provoca clorosis e incluso hipomagnesemia la cual afecta también a los bovinos que se alimentan de forrajes con bajo contenido de magnesio. Por ello la aplicación de magnesio en los cultivos es muy importante y el nitrato de magnesio es buena opción para esto.

Al construir los estados financieros obtenemos que el VPN es de 31,020,927 casi el valor de la inversión total inicial, esta inversión se recupera en un periodo de 4.5 años, con una tasa de interna de retorno del 24.13%, considerando un costo de oportunidad del 10% por el aumento en la inflación en México de casi un 4% del 2016 al 2017; esto nos indica que este proyecto no es rentable además de ser muy sensible a variaciones del 15% donde la TIR puede llegar a bajar hasta al 18% incluso hasta el 2% si no se vende más del 50% de los producido.

El peor de los casos para este proyecto es cuando no se vendió más del 50% de la producción ya que el VPN se vuelve negativo lo que implica que hay pérdidas.

Es por esto que no se invierte en el sector agrícola, resulta ser muy riesgoso y para este caso particular de "FertiMagnesita" no es rentable, a menos que el precio del producto fuera mayor al 15% lo cual sería equivalente a \$600 por un costal de 25kg del fertilizante y esto especulando que se vende el total de la producción que al primer año son 71,000 costales.

-

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- (1) Gavi Reyes, F. *Uso de Fertilizantes*; Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, España, 2016.
- (2) Mapa Mundial de Suelos de la FAO/UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Online] [www.fao.org/soils-portal/soil-survey/mapas-históricos-de-suelos-y-bases-de-datos/mapa-mundial-de-suelos-de-faounesco/es/](http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/mapas-históricos-de-suelos-y-bases-de-datos/mapa-mundial-de-suelos-de-faounesco/es/) (acceso febrero 16, 2018).
- (3) Symposium of the american chemical society, *El contenido en magnesio de los fertilizantes*; trigo mezquita, Madrid 1947
- (4) Ignacio P.S.I, *Compilación de estudios de eminencias médicas, zootécnicas y agronómicas sobre los beneficios efectos del magnesio en el hombre, en los animales y en las plantas*; [Sitio web] [https://www.bibliotecapleyades.net/salud/salud\\_magnesio01.htm#indice](https://www.bibliotecapleyades.net/salud/salud_magnesio01.htm#indice) (acceso febrero 18, 2018)
- (5) Blas, I. *El magnesio como abono*; Ion, Madrid 1949.
- (6) Boyton C, *El magnesio en la manzana*; Ion, Madrid 1941.
- (7) Arnold Finck, *Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos*, Editor Reverté S.A: Barcelona 1988.
- (8) ELOÍSA P, DÁMARIS O, ADRIANA H, TERESITA R y JAIME M *Utilización de quelatos en la agricultura*; Facultad de Ciencias Agrotecnológicas /Universidad Autónoma de Chihuahua Aventuras del pensamiento [Online] [http://www.uach.mx/extension\\_y\\_difusion/synthesis/2011/06/14/utilizacion\\_de\\_quelatos\\_en\\_la\\_agricultura.pdf](http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/06/14/utilizacion_de_quelatos_en_la_agricultura.pdf) (acceso marzo 15, 2018)
- (9) Haifa, *Nutrición & fertirrigación*; [Sitio Web] [http://www.haifa-group.com/spanish/knowledge\\_center/fertilization\\_methods/fertigation/](http://www.haifa-group.com/spanish/knowledge_center/fertilization_methods/fertigation/) (acceso marzo 15, 2019)
- (10) Intagri, *La Compatibilidad de los Fertilizantes en Fertirrigación*; [Sitio Web], <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-compatibilidad-de-los-fertilizantes-en-fertirrigacion> (acceso marzo 15, 2018)
- (11) Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, *Evolución de la Economía y las Finanzas Públicas 2000 – 2006*, palacio legislativo de san lázaro, septiembre 2006. <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0442006.pdf> (acceso marzo 11, 2018)
- (12) Banco de México 2003, *Resumen Informe Anual 2002*, <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/anual/%7B49F81218-FF31-9A94-8748-2B9230613D8A%7D.pdf> (acceso marzo 16, 2018)
- (13) México, *entre los líderes en producción de cítricos a nivel mundial*, [Online], <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sanluispotosi/boletines/Paginas/BOL1301112.aspx> (acceso marzo 16, 2018).
- (14) Nayeli M, *Mango, un negocio jugoso para México*, [Online], <https://www.forbes.com.mx/mango-un-negocio-jugoso-para-mexico/> (acceso marzo 16, 2018)

- (15) Jorge A, *Consumo y mercado de la papa en México*, [Online], <https://consumoymercadodepapa.wordpress.com/2014/11/28/consumo-y-mercadeo-de-la-papa-en-mxico/> (acceso marzo 16, 2018)
- (16) SAGARPA, 2016, *Boletines*, [Sitio Web], [http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC\\_0055\\_10.aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_0055_10.aspx) (acceso marzo 16, 2018)
- (17) SAGARPA, febrero 2015, *Pepino márgenes de comercialización*, [Online] [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71326/MargenesComer\\_Pepino\\_Feb2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71326/MargenesComer_Pepino_Feb2015.pdf) (acceso marzo 17, 2018)
- (18) Banco de México, “*Informes anuales*”, [Sitio Web] <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/anual/indexpage.html> (acceso abril 6, 2018)
- Magnisal, *Nitrato de Magnesio para Cultivos Sanos, Haifa Chemicals Ltd.* [Online]; [http://m.haifa-group.com/spanish/files/Spanish\\_website/Publications/Magnisal\\_Spanish.pdf](http://m.haifa-group.com/spanish/files/Spanish_website/Publications/Magnisal_Spanish.pdf), (acceso marzo 15, 2018)
- (19) Ávila Antonio José, “*El mercado de los fertilizantes en México, Situación actual y perspectivas*” [Online] <http://www.ejournal.unam.mx/pde/pde127/PDE12708.pdf>, (acceso abril 4, 2018)
- (20) Sistemas de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario (SIPSA), Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria “*Importancia de los fertilizantes nitrogenados*” [Revista online] septiembre 2012, número 3, [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_septiembre\\_2012.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_septiembre_2012.pdf) (acceso abril 4, 2018)
- (21) ANACOFER 2006, “*Mercado mexicano fertilizantes*” [Online] <http://www.fertilizando.com/estadisticas/mercadomexicanofertilizantes2006.pdf> (acceso 4 abril, 2018)
- (22) Banco de México, “*informe anual 1994*” [Online] <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/anual/%7BF1A00075-21D4-5DCF-D124-09CB6EF16235%7D.pdf> (acceso 6 abril, 2018)
- (23) FAO DOCUMENTO TECNICO DE PESCA 351, [Sitio Web], <http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s00.htm#Contents> (acceso 21 abril, 2018)
- (24) LEMUS REPRESENTACIONES PERIODISTICAS, S.A. DE C.V. *TARIFAS 2017* [Online] <http://www.grupolemus.com.mx/js/Tarifas%202017.pdf> (acceso 28 abril, 2018)
- (25) Enciclopedia financiera, [Sitio Web] <https://www.enciclopediafinanciera.com/diccionario/tasa-interna-de-retorno-TIR.html> (acceso 29 abril, 2018).
- (26) Ingeniería del mantenimiento, [Sitio Web] <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/5-la-ingenieria-del-mantenimiento> (acceso 29 abril, 2018).
- (27) Idc online, Pago de regalías por uso de marca comercial, [Sitio Web] <https://idconline.mx/fiscal/2011/11/14/pago-de-regalias-por-uso-de-marca-comercial> (acceso 10 mayo, 2018).

- (28) El papel de la agricultura en el desarrollo de México, [Sitio Web] <http://herzog.economia.unam.mx/academia/inare/pdf/inare2/u1l3.pdf> (acceso 30 agosto, 2018).
- (29) Eisenmenger W. S., *Relación entre el desarrollo las plantas y la necesidad de magnesio*; Ion, Madrid 1946.
- (30), Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes *Los fertilizantes y su uso*, IFA 2002, [Online] <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf> (acceso 31 agosto, 2018)
- (31) Darío Gaucín, *El mercado de los fertilizantes*; Diario el economista febrero del 2016 [Online] <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/El-mercado-de-los-fertilizantes-l-20160210-0004.html>.
- (32) Darío Gaucín, FIRA, *Tendencias en el mercado de los fertilizantes*, [Sitio web] [www.oleaginosas.org](http://www.oleaginosas.org).
- (33) González G.D., *Localización de instalaciones*; Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Tema 5. [Online] <http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/5%20localizaciion%20instalaciones.pdf>, (acceso Febrero 11/2018)
- (33) Secretaría de economía. *Información económica y estatal San Luis Potosí* [Online] [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/124846/san\\_luis\\_potosi.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/124846/san_luis_potosi.pdf) (acceso mayo 4/2018)
- (34) La voz del milagro [Sitio web] <http://www.radiolavozdemilagro.com/> (acceso mayo 4/2018)
- (35) *Reglamento de la ley aduanera* [Online]. [http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/MarcoJuridicoGlobal/Reglamentos/1\\_reg\\_la.pdf](http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/MarcoJuridicoGlobal/Reglamentos/1_reg_la.pdf) (acceso septiembre 10/2018)
- (36) *Ley del comercio exterior* [ Online] [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LCE.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LCE.pdf) (acceso septiembre 10/2018)
- (37) PROMEXICO inversión y comercio [Sitio Web] <http://www.promexico.mx/es/mx/tratados-comerciales> (acceso septiembre 10/2018)
- (38) Expansión en alianza, *Agro, El arma de México para mantener a EU en el TLCAN* [Sitio web] <https://expansion.mx/economia/2017/08/24/agro-el-arma-de-mexico-para-mantener-a-eu-en-el-tlcan> (acceso septiembre 10/2018)
- (39) Proteam, air cleaning expert, *5 Normas de gestión ambiental que su empresa no puede pasar por alto* [Sitio Web] <https://proteam.com.mx/2017/07/28/5-normas-ambientales/> (acceso septiembre 10/2018)
- (40) Profepa, *Sanciones y multas alto* [Sitio Web] [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/295/1/mx/sanciones\\_y-multas](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/295/1/mx/sanciones_y-multas) (acceso septiembre 10/2018)
- (41) Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, *El IMPI y la protección a la propiedad intelectual* [Sitio Web] <https://www.gob.mx/impi/articulos/el-impi-y-la-proteccion-a-la-propiedad-intelectual> (acceso septiembre 10/2018)
- (42) OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual), *Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial*, [Sitio Web] <http://www.wipo.int/treaties/es/ip/paris/> (acceso septiembre 10/2018)



- (43) Secretaría de economía, *Competitividad y Normatividad/ Normalización* [Sitio Web] <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion> (acceso septiembre 8/2018)
- (44) Fortuna, Crecen las importaciones de agroquímicos. [Sitio web] <http://fortunaweb.com.ar/2018-02-26-194239-crecen-las-importaciones-agroquimicos/> (acceso septiembre 10/2018)
- (45) OEC, *Los fertilizantes nitrogenados* [Sitio web] <https://atlas.media.mit.edu/es/profile/hs92/3102/#Importers> (acceso septiembre 13/2018)
- (46) ANIQ, Capítulo 13, *La industria de los agroquímicos y los fertilizantes*, [Online] <http://www.aniq.org.mx/anuario/2016/pdf/Capitulo%2013.pdf> (acceso septiembre 13/2018)
- (47) *Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura*; [Online], [https://www.researchgate.net/publication/311424135\\_Introduccion\\_al\\_Uso\\_y\\_Manejo\\_de\\_los\\_Biofertilizantes\\_en\\_la\\_Agricultura](https://www.researchgate.net/publication/311424135_Introduccion_al_Uso_y_Manejo_de_los_Biofertilizantes_en_la_Agricultura) (acceso febrero 09, 2018).
- (48) *Agricultores, red de especialistas en agricultura*; [Online], <http://agriculturers.com/la-importancia-del-magnesio-para-tus-plantas/> (acceso febrero 08 2018).
- (49) Rodríguez, F. *Fertilizantes. Nutrición general*; Editor AGT, México, 1982.
- (50) Vicente, J.M. *Fertilizantes*; AMV Ediciones, España, 1996.
- (51) Tisdale, S.L. *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*; UTEHA, México, 1988.
- (52) Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, *Los fertilizantes y su uso*; [Online]; <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf> (acceso febrero 15, 2018).
- (53) INEGI, *Mapa Digital de México*; [Sitio Web], [www.gaia.inegi.org.mx/mdm6/](http://www.gaia.inegi.org.mx/mdm6/) (acceso febrero 16, 2018).
- (54) Mittermeier, R.; Mittermeier, C. G.; Robles, P. *Megadiversidad, los países biológicamente más ricos del mundo*; CEMEX, México, 1998.
- (55) FAO/UNESCO. *Mapa mundial de Suelos 1:5000000 Vol. III México y América Central*; Tipolitografía F. Falli, París, 1976.
- (56) Informe del Medio Ambiente, Capítulo 3 Suelos. *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales*; <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/cap3.html> (acceso febrero 21, 2018)
- (57) Clasificación del Suelo: WRB y Soil Taxonomy. Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/clasificacion-del-suelo-WRB-y-soil-taxonomy> (acceso febrero 21, 2018)
- (58) Ibáñez, J.J. *Los suelos de México y su Geografía (II). Suelos Dominantes*; <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/08/13/71688> (acceso febrero 21, 2018)
- (59) SIAR Castilla La Mancha Hoja informativa Nº 11, *Fertirrigación*; [Online], <http://crea.uclm.es/siar/publicaciones/files/HOJA11.pdf> (acceso marzo 12, 2018)
- (60) CAMP A. F. *El magnesio en la fertilización del limón*; Florida, Madrid 1947.
- (61) Troug E, Goates y Berger K. C, *Relación magnesio/fósforo en la nutrición de las plantas*; Ion, Madrid 1947

# **ANEXOS**

## **Anexo A. PROPIEDADES DEL NITRATO DE MAGNESIO**

### **MAGNESIO NITRATO 6-HIDRATO.**

El nitrato de magnesio es una fuente de magnesio y nitrógeno altamente soluble y es ideal para la prevención y corrección de la deficiencia de magnesio en las plantas nutriente importante en el crecimiento de los cultivos. No contiene cloro ni sodio.

Fuente de nitrógeno nítrico y potasio libre cloruros, sodio e impurezas.

Solubilidad rápida y total en agua.

Compatibilidad con la mayor parte de los fertilizantes hidrosolubles y con productos fitosanitarios (pesticidas).

Ideal para fertilización en flores, frutales y hortalizas.

#### **Aplicación vía fertirriego o foliar.**

La presencia de nitrato le permite a la planta minimizar la absorción de cloruro, cada vez que este dañino anión esté presente en la solución del suelo o en el agua de riego. Esto convierte al nitrato de potasio en un producto necesario para cultivos sensibles al cloruro.

#### **Precauciones y Advertencias**

Evite el contacto directo. Use el equipo de protección adecuado para realizar con seguridad las operaciones de manejo, preparación y aplicación del producto. Camisa de manga larga y pantalón de polyester y/o algodón, guantes de tela con puntos de PVC, mascarilla contra polvos desechable y zapato de uso industrial con suela de hule que cubra el tobillo. En caso de contaminación cambie de ropa y tire la ropa contaminada. No fumar, no comer y no beber durante su manejo y aplicación.

#### **Condiciones de Almacenamiento y Transporte**

Si se transporta a granel, hacerlo en tolvas de gran capacidad. Si se transporta envasado, hacerlo en tráiler o camiones con cajas limpias. Almacenar en lugares techados y libres de humedad. No estivar a más de 6m. de altura.

Puede producir irritación y quemaduras en la tráquea. Los síntomas pueden incluir tos y dificultad para respirar.






En caso de inhalación, hay que moverse al aire fresco. Si alguien tiene dificultad al respirar, désele oxígeno. Dar atención médica si persiste la irritación.

**Tabla 23. Primeros Auxilios**

| <b>Exhibición</b>      | <b>Primeros auxilios.</b>  |
|------------------------|--|
| Inhalación:            | <p>Puede producir irritación y quemaduras en la tráquea. Los síntomas pueden incluir tos y dificultad para respirar. En caso de inhalación, hay que moverse al aire fresco. Si alguien tiene dificultad al respirar, désele oxígeno. Dar atención médica si persiste la irritación.</p>  |
| Ingestión:             | <p>Puede causar náuseas, vómito y dolor de estómago. En caso de ingestión inducir el vómito y conseguir ayuda médica. Nunca dar nada por la boca a una persona inconsciente. Dar atención médica inmediata.</p>  |
| Contacto con la piel:  | <p>Puede causar irritación y quemaduras en la piel. Si el material tiene contacto con la piel, viértase abundante agua sobre la parte contaminada de la piel por al menos 15 minutos. Si el material penetra a través de la ropa, inmediatamente saquese la ropa, viértase agua sobre la piel. Si la irritación persiste después del lavado, consiga ayuda médica. Lávese la ropa antes de reusarse.</p> |
| Contacto con los ojos: | <p>Causa irritación. Puede ser extremadamente irritante, produciendo quemaduras en los ojos, incluyendo daños irreversibles. Si el material tiene contacto con los ojos, hay que lavar inmediatamente los ojos con grandes cantidades de agua y continuar haciéndolo por 15 minutos, ocasionalmente levante los párpados superior e inferior. Busque ayuda médica.</p>                                   |

*Fuente: Biotierra, fertilizantes, 2015*

**Tabla. Hoja de seguridad.**

| <b>DESCRIPCIÓN</b>                    |   |
|---------------------------------------|---|
| Sinónimos :                           | Magnesio Nitrato Hexahidratado - Nitrato de Magnesio Hexahidratado - Magnesio II Nitrato Hexahidratado - Ácido Nítrico, Sal de Magnesio Hexahidratado - Magnesio Dinitrato Hexahidratado - Nitromagnesita.  |
| Formula Química                       | Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> x 6H <sub>2</sub> O   |
| Concentración                         | 98.0 - 102.0%   |
| Grupo Químico                         | Compuesto Inorgánico de Magnesio - Sal de Magnesio Inorgánica   |
| Número CAS                            | 13446-18-9 (Magnesio Nitrato 6-Hidrato). 10377-60-3 (Magnesio Nitrato Anhidro)  |
| Número NU                             | 1474 (Magnesio Nitrato).  |
| Código Winkler                        | MA-0965   |
| <b>PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b> |   |
| Estado Físico :                       | Sólido.   |
| Apariencia                            | Cristales blancos.  |
| Olor                                  | Sin olor.   |
| pH                                    | 5.0 - 7.0 (solución acuosa al 5% a 25°C).   |
| Temperatura de Ebullición             | 129°C (se descompone).  |
| Temperatura de Fusión                 | 95°C  |
| Densidad (Agua1)                      | 1.464 kg/L a 20°C   |
| Presión de Vapor                      | No reportado.   |
| Densidad de Vapor (Aire1)             | 6   |
| Solubilidad                           | Muy buena solubilidad en Agua (120 g por 100 ml de Agua a 20°C).  |
| <b>IDENTIFICACION DE RIESGOS</b>      |   |
| Riesgo Principal                      | Oxidante  |
| Riesgos Secundarios                   | Irritante y Nocivo  |
| Código Winkler                        | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <br/>salud         </div> <div style="text-align: center;"> <br/>inflamable         </div> <div style="text-align: center;"> <br/>reactivo         </div> <div style="text-align: center;"> <br/>contacto         </div> <div style="font-size: small;">           Clasificación de riesgos<br/>           0 = No especial<br/>           1 = Ligero<br/>           2 = Moderado<br/>           3 = Severo<br/>           4 = Extremo         </div> </div> |
| Rótulo de Transporte:                 | Norma NFPA<br>   |
| Clase                                 | 5   |

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Grupo                              | III   |
| División                           | 5.1   |
| <b>RIESGOS PARA LA SALUD</b>       |   |
| <b>EFFECTOS DE SOBREEXPOSICION</b> |   |
| Inhalación                         | Irritaciones, inflamaciones y posibles quemaduras en el tracto respiratorio. Tos y dificultad respiratoria. Edema a la laringe y bronquitis. Cianosis. Edema pulmonar   |
| Contacto con La Piel               | Irritaciones y posibles quemaduras.   |
| Contacto con los Ojos              | Irritaciones y posibles quemaduras a la córnea. Posible daño permanente a los ojos  |
| Ingestión                          | Nocivo. Dolor abdominal, vómitos y vértigo. Debilidad. Cianosis. Posibles convulsiones y colapso. DL50 (oral - rata): 5440 mg/kg.   |
| <b>Otros Efectos</b>               |   |
| Cancerígeno                        | No hay evidencias.  |
| Mutageno                           | No hay evidencias.  |
| Teratógeno                         | No hay evidencias.  |
| Otros Efectos                      | Depresión y dolores de cabeza.  |
| <b>RIESGO DE INCENDIO</b>          |   |
| Condición de Inflamabilidad        | No combustible.   |
| Temperatura de Inflamación         | No aplicable.   |
| Temperatura de Autoignición        | No aplicable.   |
| Límites de Inflamabilidad          | No aplicable.   |
| Productos de Combustión            | Óxidos de Nitrógeno y Oxido de Magnesio.  |
| Medios de Extinción                | En general, uso de agentes de extinción de Espuma Química, Dióxido de Carbono y/o Polvo Químico Seco, de acuerdo a características del fuego circundante. Aplicación de Agua en forma de neblina.   |
| <b>RIESGO DE REACTIVIDAD</b>       |   |
| Estabilidad Química                | Estable sólo en condiciones normales.   |
| Incompatibilidades                 | Material Orgánico, como el papel y la madera (riesgo de incendio). Sustancias Inflamables y Combustibles (se incrementa riesgo de incendio). Agentes Reductores fuertes. Aluminio en polvo más Agua (riesgo de explosión). Alquil Esteres (riesgo de explosión). Ácidos fuertes. Cianuros, Tiocianatos, Isotiocianatos e Hipofosfitos. Dimetil Formamida. |
| Peligro de Polimerización          | No ocurre.  |

|  |   |
|--|---|
| Productos Peligrosos en Descomposición | Óxidos de Nitrógeno y Oxido de Magnesio.  |
| Condiciones a Evitar                   | Altas temperaturas (se descompone). Fricción y golpes.  |
| <b>CONTROL DE EXPOSICION</b>           |   |
| Medidas de Control                     | Trabajar en un lugar con buena ventilación. Utilizar cabinas o campanas de laboratorio con extracción forzada. Aplicar procedimientos de trabajo seguro. Capacitar respecto a los riesgos químicos y su prevención. Contar con ficha de seguridad química del producto y conocer su contenido. Mantener los envases con sus respectivas etiquetas. Respetar prohibiciones de no fumar, comer y beber bebidas en el lugar de trabajo. Utilizar elementos de protección personal asignados. |
| Límite Permisible Ponderado            | 8 mg/m <sup>3</sup> (para Magnesio Nitrato 6-Hidrato como Polvos no Clasificados Decreto N°594, Ministerio de Salud)  |
| Límite Permisible Absoluto             | 40 mg/m <sup>3</sup> (para Magnesio Nitrato 6-Hidrato como Polvos no Clasificados Decreto N°594, Ministerio de Salud)   |
| Limite Permisible temporal             | No regulado.  |
| Otros limites                          | No reportados.  |
| <b>EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL</b>  |   |
| Ropa de Trabajo                        | Uso de indumentaria de trabajo resistente al producto químico.  |
| Protección Respiratoria                | Aplicación de protección respiratoria sólo en caso de sobrepasarse alguno de los límites permisibles correspondientes. Debe ser específica para partículas sólidas. En caso de presencia de altas concentraciones ambientales, existencia de cantidades desconocidas o situaciones de emergencias, se deben utilizar equipos de respiración autónomos o de suministro de aire, ambos de presión positiva  |
| Guantes de Protección                  | Usar guantes de Neopreno y/o PVC.   |
| Lentes Protectores                     | Se deben usar lentes de seguridad resistentes contra proyecciones de la sustancia química.  |
| Calzado de seguridad                   | Utilizar calzado cerrado, no absorbente, con resistencia química y de planta b aja  |
| <b>Nota:</b>                           |   |
|  |   |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p>Si la lesión sufrida por una persona tiene relación laboral y está cubierta por la Ley N°16744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, podrá ser atendida según proceda, por el Servicio Médico asociado a la Asociación Chilena de Seguridad, Mutual de Seguridad C.CH .C., Instituto de Seguridad del Trabajo, Instituto de Normalización Previsional o por la Administración Delegada correspondiente</p>   |   |  |  |
| <b>ALMACENAMIENTO</b>   |   |  |  |
| Área de Almacenamiento  | Zona de almacenaje de reactivos y soluciones químicas con riesgo de reactividad y oxidación.  |  |  |
|   | Almacenamiento en bodegas y/o cabinas, de características incombustibles diseñadas para contener productos reactivos y oxidantes. Lugar fresco a frío, seco y con buena ventilación. Proteger de la luz solar directa. Acceso controlado y señalización del riesgo. |  |  |
| Código de almacenaje Winkler :  | Amarillo  |  |  |
| Precauciones Especiales   | Mantener separado de condiciones y sustancias incompatibles. Proteger contra el daño físico. Tener los envases cerrados y debidamente etiquetados.  |  |  |
| <b>MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES O FUGAS</b>  |   |  |  |
| PROCEDIMIENTO   |   |  |  |
| <p><b>Contener el derrame o fuga. Ventilar y aislar el área crítica. Utilizar elementos de protección personal - Nivel de protección B o C. Recoger el producto a través de una alternativa segura. Disponer el producto recogido como residuo químico. Lavar la zona contaminada con Agua. Solicitar ayuda especializada si es necesaria. Aplicar Guía de Respuesta a Emergencia Americana (Guía N°140).</b></p>   |   |  |  |
| <b>DISPOSICION DE RESIDUOS QUIMICOS</b>   |   |  |  |
| <p>En general, los residuos químicos se pueden eliminar a través de las aguas residuales, por el desagüe u otra alternativa segura, una vez que se acondicionen de forma tal de ser inocuos para el medio ambiente.<br/> <b>Posibilidad: - Mezclar con precaución y en pequeñas cantidades con Sodio Sulfito sólido o Sodio Tiosulfato sólido, después de lo cual y agitando simultáneamente se añade Agua. En caso necesario, la reacción se acelera agregando con cuidado Ácido Sulfúrico diluido. La solución resultante se neutraliza, diluye con Agua y se elimina por las aguas residuales o por el desagüe. Es importante considerar para la eliminación de residuos, que se realice conforme a lo que disponga la autoridad competente respectiva, solicitándose previamente la autorización correspondiente.</b></p> |   |  |  |

## **Anexo B. LEY DE LA RESTITUCIÓN - FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS**

Es uno de los Principios generales de la fertilización de cultivos dice que, al finalizar el ciclo de cultivo, el suelo debería conservarse en las mismas condiciones en las que se encontraba al iniciarse, respecto a su contenido de nutrientes.

Según esta Ley de la restitución deben reponerse nutrientes minerales extraídos por las cosechas, con objeto de que no se pierda fertilidad tras las sucesivas campañas.

La restitución al suelo de lo exportado por la cosecha debe de considerarse desde un punto de vista económico y en cuanto a garantizar la correcta nutrición de la próxima cosecha. La fertilización debe tener como objetivo primordial mantener la fertilidad del suelo, no debiendo limitarse a la restitución de los elementos extraídos por la cosecha.

### **Restituir las extracciones de las cosechas es necesario, pero no suficiente, por tres razones importantes:**

1.- Un número importante de suelos tienen una pobreza natural que exige la incorporación de uno o varios elementos nutritivos para ser considerados cultivables y permitir la implantación y desarrollo de los cultivos.

2.- El suelo está inevitablemente sometido a una serie de fenómenos naturales como la erosión y el lavado que, entre otros efectos negativos para la fertilidad del suelo, originan pérdidas de nutrientes que se suman a las extracciones de las cosechas.

3.- La planta tiene necesidades nutritivas en momentos determinados de su ciclo vegetativo, necesidades instantáneas e intensas, durante los cuales las reservas movilizadas del suelo pueden ser insuficientes.



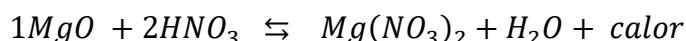
## **Anexo C. CÁLCULOS**

### **Material de construcción**

Para la selección de los materiales de construcción se tomó en cuenta parámetros como: calidad, costo y disponibilidad del material.

De esta manera se seleccionó acero inoxidable AISI 3041, estos son austeníticos y poseen propiedades de resistencia a la oxidación, fácil soldadura, cruzado, cizallado, buena estética y durabilidad.

La reacción:



Cálculo de reactivos

Haciendo uso de la estequiometria de la reacción tenemos:

Haciendo reaccionar las siguientes cantidades obtenemos al reactivo limitante y en exceso:

| SUSTANCIA                         | PM (g/gmol) | MOLES | GRAMOS     |
|-----------------------------------|-------------|-------|------------|
| MgO                               | 40          | 1     | 6          |
| HNO <sub>3</sub>                  | 63          | 2     | 17         |
| Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 148         | 1     | 19.968254  |
| H <sub>2</sub> O                  | 18          | 1     | 2.42857143 |

### **REACTIVO LIMITANTE Y EN EXCESO**

Gramos de Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> producidos por el MgO = 22.2 = 0.15 mol

Gramos de Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> producidos por el HNO<sub>3</sub> = 19.96825397 = 0.134920635 mol

Gramos de H<sub>2</sub>O producidos por el MgO = 2.7

Gramos de H<sub>2</sub>O producidos por el HNO<sub>3</sub> = 2.428571429

El reactivo limitante es el acido

Gramos de MgO gastados = 5.396825397

Gramos de HNO<sub>3</sub> gastados = 17

Gramos de MgO restantes = 0.603174603

Gramos de HNO<sub>3</sub> restantes = 0

### **BALANCE DE MATERIA**

Base de cálculo

Se desea obtener 1800 toneladas al año de nitrato de magnesio, en 258 días al año, 16 horas al día. Esto a su producción al 100%.

Propiedades de las materias primas

| SUSTANCIA                         | PM  | MOLES | DENSIDAD | concentración (%) |
|-----------------------------------|-----|-------|----------|-------------------|
| MgO                               | 40  | 1     | 3.58     | 30                |
| HNO <sub>3</sub>                  | 63  | 2     | 1.51     | 40                |
| Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 148 | 1     | 1.45     |                   |
| H <sub>2</sub> O                  | 18  | 1     | 1        |                   |

### **BALANCE DE MASA PARA EL REACTOR**

Base de cálculo

Se desea obtener: 7 ton/día, con una humedad: 1.5%

Temperatura del proceso: 70°C

Presión: 1atm

En donde: si deseo producir de  $Mg(NO_3)_2$ : 6976.744186 kg/día = 6.976744186 ton/día = 1800 ton/año

Datos:

| Reactivo         | Kg/hr       |
|------------------|-------------|
| MgO              | 371.2287869 |
| HNO <sub>3</sub> | 117.8504085 |
| H <sub>2</sub> O | 1320.906662 |

Se producen

| Reactivo         | Kg/hr |
|------------------|-------|
| H <sub>2</sub> O | 53.03 |

**La cantidad de MgO necesario será:**

Ecuación:

*Cantidad de MgO*

$$= \left( \frac{1}{\frac{1}{PM\ MgO} * \frac{1}{\text{moles de MgO}} * \frac{PM\ Mg(NO_3)_2}{\text{moles de Mg(NO}_3)_2}} \right) * \frac{kg}{hr} \text{ de Mg(NO}_3)_2$$

*Cantidad de MgO* = 117.8504085 kg/hr

Debe de estar al 30%

$$\text{Cantidad de H}_2\text{O} = \left( \frac{\text{Cantidad de MgO}}{\frac{X\ \%}{100}} \right)$$

*Cantidad de H<sub>2</sub>O* = 392.8346952 kg/hr

**La cantidad de HNO<sub>3</sub> necesario será:**

Ecuación:

*Cantidad de HNO<sub>3</sub>*

$$= \left( \frac{1}{\frac{1}{PM\ HNO_3} * \frac{1}{\text{moles de HNO}_3} * \frac{PM\ Mg(NO_3)_2}{\text{moles de Mg(NO}_3)_2}} \right) * \frac{kg}{hr} \text{ de Mg(NO}_3)_2$$

$$HNO_3 = 371.2287869 \frac{kg}{hr}$$

Debe de estar al 40%

$$Cantidad\ de\ H_2O = \left( \frac{Cantidad\ de\ HNO_3}{\frac{X\ \%}{100}} \right)$$

$$Cantidad\ de\ H_2O = 928.0719673\ kg/hr$$

**La cantidad de  $Mg(NO_3)_2$  producido será:**

Ecuación:

$$Cantidad\ de\ Mg(NO_3)_2 = \frac{1}{PM\ HNO_3} * \frac{1}{moles\ de\ HNO_3} * \frac{PM\ Mg(NO_3)_2}{moles\ de\ Mg(NO_3)_2} * \frac{kg}{hr}\ de\ HNO_3$$

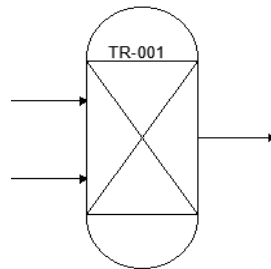
$$Mg(NO_3)_2 = 436.0465116\ kg/hr$$

**La cantidad de  $H_2O$  producida será:**

Ecuación:

$$Cantidad\ de\ H_2O = \frac{1}{PM\ HNO_3} * \frac{1}{moles\ de\ HNO_3} * \frac{PM\ H_2O}{moles\ de\ H_2O} * \frac{kg}{hr}\ de\ HNO_3$$

$$H_2O = 53.03268385\ kg/hr$$



$$M_1 = 1809.985858 \frac{kg}{hr}$$

$$M_2 = 3380.582181\ kg/hr$$

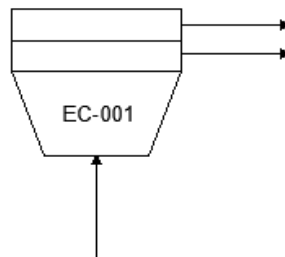
### BALANCE DE MASA PARA LA CENTRIFUGA

De los 3380.582181 kg/hr que salen del reactor y son enviados a la centrifuga, una vez centrifugado el 40% de la materia retorna al reactor 1570.596323 kg/hr de los cuales 200.5813953 kg/hr son de cristales y 1370.014928 kg/hr de agua, mientras que el 60% restante se envía a un tanque de filtrado.

|                                   |       |      |
|-----------------------------------|-------|------|
| CANTIDAD MAXIMA                   | 10000 | L/h  |
| DIAMETRO DEL TAMBOR               | 220   | mm   |
| VELOCIDAD DEL TAMBOR              | 3.56  |      |
| NUMERO DE g.                      | máx.  | 3700 |
| MOMENTO DE INERCIA DEL TAMBOR GD2 | 4.27  | kgm2 |

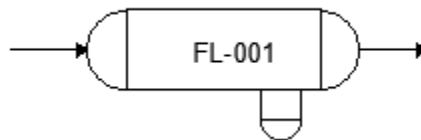
|                                 |            |        |
|---------------------------------|------------|--------|
| POTENCIA DEL MOTOR              | 11         | kw     |
| REVOLUCIONES DEL MOTOR A 60 Hz. | 3600       | min-1  |
| PESO (SIN ACCESORIOS)           | neto       | 700 kg |
| PESO DEL MOTOR                  |            |        |
| EJECUCION NORMAL                | neto       | 110 kg |
| EJECUCION ANTIDEFLAGRANTE       | neto       | 160 kg |
| MEDIDAS DE EMBALAJE             | 175x111x90 | cm     |
| PESO DE EMBALAJE                | 160        | kg     |

$$M_2 = 3380.582181 \text{ kg/hr} \quad M_3 = 1570.596323 \text{ kg/hr} \quad M_4 = 1836.148649 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$



### BALANCE DE MASA PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

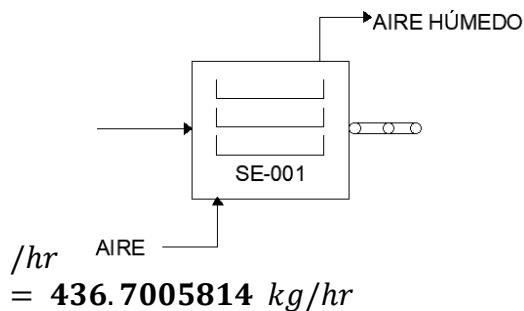
$$M_3 = 1570.596323 \text{ kg/hr} \quad M_5 = 1570.596323 \text{ kg/hr}$$



### BALANCE DE MASA PARA EL SECADOR

Los cristales que salen del evaporador pasan a un secador en donde a través de aire seco se reduce la humedad de los cristales al 0.15%

$$M_7 = 1836.148 \text{ kg}$$



$$M_8 = 1373.28 \text{ kg/hr} \quad M_9$$

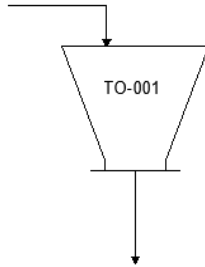
CONDICIONES MEDIDAS ANUALES DE...

Valor

Unidad de medida

|  |             |                   |
|--|-------------|-------------------|
| TEMPERATURA DE BULBO SECO              | 28.5        | °C                |
| P=                                     | 25          | mm de Hg          |
| TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO            | 22.5        | °C                |
| HUMEDAD RELATIVA                       | 66.3        | %                 |
| PRESION ATMOSFERICA                    | 760         | mm de Hg          |
| DENSIDAD DEL SOLIDO SECO               | 1.77        | g/cm <sup>3</sup> |
| CANTIDAD DEL PRODUCTO SECO             | 429.505814  | kg/hr             |
| DESEADO POR HORA                       |             |                   |
| % DE HUMEDFAD DEL SOLIDO DE SALIDA     | 0.15        | %                 |
| CANTIDAD DE PRODUCTO ALIMENTADO HUMEDO | 0.436046512 | ton/h             |
| % DE HUMEDAD DEL SOLIDO A LA ENTRADA   | 1.5         | %                 |

**BALANCE DE MASA PARA LA TOLVA**



$M_{10} = 436.70058 \text{ kg/hr}$

$M_{11} = 436.70058 \text{ kg/hr}$

**DISEÑO DE EQUIPOS**

**Diseño Tanque de almacenamiento HNO<sub>3</sub>**

Capacidad:

|   |                            |
|---|----------------------------|
| V=Volumen .....   | 24.49181675 m <sup>3</sup> |
| Flujo.....  | 32.91 $\frac{lt}{h}$       |
| Tiempo de residencia.....                               | 31 días                    |
| $\rho$ =Densidad.....                                   | 1510 $\frac{kg}{m^3}$      |
| L/D.....  | 3                          |
| Y= Peso específico.....                                 | 1.51 $\frac{kg}{cm^3}$     |
| d=nivel máximo de producto almacenado.....              | 2.18 m                     |
| r= radio.....   | 1.09 m                     |
| $\sigma_t$ = tensión máxima de producto almacenado..... | 2000 $\frac{kg}{cm^2}$     |
| Es= Eficiencia de soldadura.....                        | 0.6                        |
| P= Presión externa.....                                 | 22.43 $\frac{kg}{cm^2}$    |
| De= Diámetro externo.....                               | 240 cm                     |

Ecuación:

Para Diámetro  $D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi(\frac{L}{D})}}$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 (24.49m^3)}{\pi(3)}}$$

$$D = 2.18 \text{ m}$$

$$\text{Para Altura } A = \left(\frac{L}{D}\right)(D)$$

$$A = (3) (2.18 \text{ m}) = 6.54 \text{ m}$$

$$hd = 1.63 \text{ m}$$

$$H = hd + A$$

$$H = 8.18 \text{ m}$$

Para espesor

$$t \text{ cilindro} = \frac{(\gamma)(d)(r)}{(\sigma_t)(Es)}$$

$$t \text{ cilindro} = \frac{\left(0.88 \frac{kg}{cm^3}\right)(218 \text{ cm})(109 \text{ cm})}{\left(2000 \frac{kg}{cm^2}\right)(0.6)} = 17.425 \text{ cm}$$

$$t \text{ cabeza} = \frac{(P)(De)}{2(\sigma_t)(Es) + (1.8P)}$$

$$t \text{ cabeza} = \frac{\left(22.43 \frac{kg}{cm^2}\right)(218 \text{ cm})}{2\left(2000 \frac{kg}{cm^2}\right)(0.6) + \left(1.8 \left(22.43 \frac{kg}{cm^2}\right)\right)} = 2.03 \text{ cm}$$

Diseño de Tanque de almacenamiento cristales

Capacidad:

$$V = \text{Volumen} \dots\dots\dots 10.08099499 \text{ m}^3$$

$$\text{Flujo} \dots\dots\dots 10080.99499 \frac{lt}{h}$$

$$\text{Tiempo de residencia} \dots\dots\dots 1 \text{ hr}$$

$$L/D \dots\dots\dots 3$$

$$\gamma = \text{Peso específico} \dots\dots\dots 1.084742657 \frac{kg}{cm^3}$$

$$d = \text{nivel máximo de producto almacenado} \dots\dots\dots 4.87 \text{ m}$$

$$r = \text{radio} \dots\dots\dots 0.81 \text{ m}$$

$$\sigma_t = \text{tensión máxima de producto almacenado} \dots\dots\dots 2000 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Es = \text{Eficiencia de soldadura} \dots\dots\dots 0.6$$

$$P = \text{Presión externa} \dots\dots\dots 22.43 \frac{kg}{cm^2}$$

$$De = \text{Diámetro externo} \dots\dots\dots 1.62 \text{ cm}$$

Ecuación:

$$\text{Para Diámetro } D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi\left(\frac{L}{D}\right)}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 (10.08m^3)}{\pi(3)}} \quad D = 1.62 \text{ m}$$

$$\text{Para Altura } A = \left(\frac{L}{D}\right)(D)$$

$$A = (3) (1.62 \text{ m}) = 4.87025845 \text{ m}$$

$$hd = 1.2175646 \text{ m}$$

$$H = hd + A$$

$$H = 6.08782307 \text{ m}$$

Para espesor

$$t \text{ cilindro} = \frac{(\gamma)(d)(r)}{(\sigma_t)(Es)}$$

$$t \text{ cilindro} = \frac{\left(1.08 \frac{kg}{cm^3}\right)(162cm)(81 cm)}{\left(2000 \frac{kg}{cm^2}\right)(0.6)} = 11.8098 \text{ cm}$$

$$t \text{ cabeza} = \frac{(P)(De)}{2(\sigma t)(Es) + (1.8P)}$$

$$t \text{ cabeza} = \frac{\left(22.43 \frac{kg}{cm^2}\right)(162cm)}{2\left(2000 \frac{kg}{cm^2}\right)(0.6) + \left(1.8(22.43 \frac{kg}{cm^2})\right)} = 1.48 \text{ cm}$$

### Diseño de cisterna de almacenamiento H<sub>2</sub>O

Capacidad:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| V=Volumen .....   | 982.75 m <sup>3</sup>   |
| Flujo.....  | 1320.9 $\frac{lt}{h}$   |
| Tiempo de residencia.....                                   | 31 días                 |
| ρ =Densidad.....  | 1000 $\frac{kg}{m^3}$   |
| Y= Peso específico.....                                     | 1 $\frac{kg}{cm^3}$     |
| h=nivel máximo de producto almacenado.....                  | 6 m                     |
| a= anchura.....   | 14.3 m                  |
| L= profundidad.....   | 14.3 m                  |
| σ <sub>t</sub> = tensión máxima de producto almacenado..... | 2000 $\frac{kg}{cm^2}$  |
| P= Presión externa.....                                     | 22.43 $\frac{kg}{cm^2}$ |

Ecuación:

Para Altura  $V = \left(\frac{a*L}{h}\right)$

V = 983 m<sup>3</sup>

h = 6 m

a\*L= 205 m<sup>2</sup>

a= 14.3 m

L= 14.3m

### Diseño del almacén a granel para el MgO

Capacidad:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| V=Volumen .....   | 182 m <sup>3</sup>      |
| Flujo.....  | 245.84 $\frac{lt}{h}$   |
| Tiempo de residencia.....                                   | 31 días                 |
| ρ =Densidad.....  | 3580 $\frac{kg}{m^3}$   |
| Y= Peso específico.....                                     | 3.58 $\frac{kg}{cm^3}$  |
| H=nivel máximo de producto almacenado.....                  | 6 m                     |
| a= anchura.....   | 6.3 m                   |
| L= profundidad.....   | 6.3 m                   |
| σ <sub>t</sub> = tensión máxima de producto almacenado..... | 2000 $\frac{kg}{cm^2}$  |
| P= Presión externa.....                                     | 22.43 $\frac{kg}{cm^2}$ |

Ecuación:

Para Altura

$V = \left(\frac{a \cdot L}{h}\right)$   
 $V = 182 \text{ m}^3$   
 $h = 6 \text{ m}$   
 $a \cdot L = 38.1 \text{ m}^2$   
 $a = 6.3 \text{ m}$   
 $L = 6.3 \text{ m}$   
 Diseño de reactor  
 Volumen del reactor

| Materias Primas (Kg/hr) | Recirculación (Kg/hr) | Flujo Total (kg/hr) | Flujo Total (gr/hr) | Moles      |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|------------|
| 371.2287869             | 0                     | 371.2287869         | 371228.7869         | 2946.26    |
| 117.8504085             | 0                     | 117.8504085         | 117850.4085         | 2946.26    |
| 0                       | 200.5813953           | 200.5813953         | 200581.3953         | 1355.28    |
| 1320.906662             | 1370.014928           | 2690.92159          | 2690921.59          | 149495.6   |
| Total                   |                       | 3380.582181         | 3380582.181         | 156743.444 |

Sacamos el número de moles.

$$HNO_3 = \frac{371228.7869 \frac{gr}{hr}}{126} = 2946.260214 \text{ moles}$$

$$MgO = \frac{117850.4085 \frac{gr}{hr}}{40} = 2946.260214 \text{ moles}$$

$$H_2O = \frac{2690921.59 \frac{gr}{hr}}{18} = 149495.6439 \text{ moles}$$

$$Mg(NO_3)_2 = \frac{200581.3953 \frac{gr}{hr}}{148} = 1355.28 \text{ moles}$$

Total, de moles: 156743.444 moles

Para el cálculo del volumen:

$$V_{HNO_3} = \frac{371228.7869 \frac{gr}{hr}}{1.52 \frac{gr}{cm^3}} = 245.8468788 \text{ lt}$$

$$V_{MgO} = \frac{117850.4085}{3.58 \frac{gr}{cm^3}} = 32.91910853 \text{ lt}$$

$$V_{H_2O} = \frac{2690921.59 \frac{gr}{hr}}{1.0 \frac{gr}{cm^3}} = 2690.92159 \text{ lt}$$

$$V_{Mg(NO_3)_2} = \frac{200581.3953 \frac{gr}{hr}}{1.45 \frac{gr}{cm^3}} = 138.3319968 \text{ lt}$$

El volumen total es de: 3108.019574 Litros

Si se convierte la alimentación a una base volumétrica se obtiene:



| PM (g/mol) | Moles Totales | Vol. Total | Vf (lt/mol) | Ff (gr/hr)  | Fvf (lt/hr) | Sv (hr) | Vc (Lt) | Vc (m <sup>3</sup> ) | Vt (m <sup>3</sup> ) |
|------------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|----------------------|----------------------|
| 21.57      | 156743.44     | 3108.02    | 0.0198      | 3380582.181 | 3108.0      | 0.5     | 6216    | 6.21                 | 7.459                |

$$3108.019574 \text{ Litros} \rightarrow 156743.444 \text{ moles}$$

$$X \rightarrow 1$$

Por lo tanto, si Vf es el volumen por mol de alimentación se tiene

$$Vf = 0.019828705 \text{ lt/mol}$$

Y si la alimentación a régimen permanente es

$$Ff = 3380582.181 \frac{g}{hr}$$

Y considerando que el tiempo Fvf representa la alimentación como volumen por unidad de tiempo, se saca el peso molecular promedio de la entrada.

$$PM = 21.56761453 \frac{g}{mol}$$

$$Fvf = 3108.02$$

$$\frac{1}{SV} = \frac{Fvf}{Vc}$$

$$Vc = Fvf * Sv$$

$$Vc = 6.21 \text{ m}^3$$

Considerando un (20%) para la cámara de vaporización el burbujeo debido al vapor y el aire de alimentación, el volumen será:

$$Vt = Vc + 20\%Vc$$

$$Vt = 7.45 \text{ m}^3$$

Vc Volumen del cristalizador

Fvf Alimentación como volumen por unidad de tiempo

Sv Se llama recíproco del espacio velocidad o Tiempo de Residencia

Vt Volumen Total

Capacidad:

V=Volumen ..... 7.45 m<sup>3</sup>

Flujo..... 7459.24  $\frac{lt}{h}$

Tiempo de residencia..... 1 hr

L/D..... 3

H=nivel máximo de producto almacenado..... 5.5 m

r= radio..... 0.73 m

De= Diámetro externo ..... 1.468 m

Ecuación:

Para Diámetro  $D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi(\frac{L}{D})}}$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4(7.45m^3)}{\pi(3)}} \quad D = 1.46 \text{ m}$$

Para Altura  $A = \left(\frac{L}{D}\right)(D)$

$$A = (3)(1.46 \text{ m}) = 4.4 \text{ m}$$

$$hd = 1.1 \text{ m}$$

$$H = hd + A$$

$$H = 5.5 \text{ m}$$

### Dimensionamiento de la centrifuga

De acuerdo a la Ley de Stokes si la aceleración se la sedimentación es la de gravedad, la velocidad de sedimentación que se obtiene por medio de la ecuación:

y en seguida se calcula  $\sum$  de la ecuación anterior  $v_g = \frac{d_p^2 \Delta \rho g}{18\mu}$

$$\sum = \left( \frac{2\pi n w^2}{3g} (R_0^3 - R_1^3) \operatorname{arccot} \theta \right)$$

El gasto volumétrico que puede manejar la centrifuga se calcula:

$$Q = v_g * \sum$$

| DATOS CENTRIFUGA   |      |     | DATOS CALDO        |             |                   |
|--------------------|------|-----|--------------------|-------------|-------------------|
| Radio exterior     | 89   | cm  | diámetro celular   | 0.00012     | cm                |
| Radio interior     | 78   | cm  | densidad celular   | 1.45        | g/cm <sup>3</sup> |
| numero de tazones. | 10   |     | densidad del medio | 1.087696554 | g/cm <sup>3</sup> |
| velocidad          | 1000 | rpm | viscosidad         | 1.00E-05    |                   |
| ángulo             | 45   |     | gravedad           | 980         |                   |

Solución

$$v_g = \frac{(0.00012 \text{ cm})^2 (1.45 - 1.08) \text{ g/cm}^3 * 980 \text{ cm/s}^2}{18 * 1.00 \times 10^{-05} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} * \frac{10^3 \text{ g}}{\text{Kg}} * \frac{\text{m}}{10^2 \text{ cm}}}$$

$$v_g = 0.00283479 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\sum = \left( \frac{2\pi * 10}{3 * 980 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}} \right) \left( \frac{2\pi * 1000}{60} \right)^2 \text{ s}^{-2} * (87^3 - 78^3) \text{ cm}^3 * \operatorname{arc} \tan(45)$$

$$\sum = 8.36252 \times 10^7 \text{ cm}^2$$

$$Q = 0.00283479 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * 8.36252 \times 10^7 \text{ cm}^2$$

$$= 237059.9103 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \quad \text{o} \quad 853415.677 \frac{\text{l}}{\text{h}} \quad \text{o} \quad 928257.2914 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$