



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ESCUELA DE PREVENCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA NORMATIVA CHILENA CON LA UNIÓN EUROPEA
SOBRE LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE POR EL USO DE
FERTILIZANTES NITROGENADOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE**

AUTORES:

**BRIONES MORALES, JAVIERA CONSTANZA
SAN MARTÍN AGUILERA, GONZALO ENRIQUE**

PROFESOR GUÍA:

MG. ING. CÁCERES CRUZ, GUSTAVO ADOLFO

SANTIAGO – CHILE

2021

DERECHO DE AUTOR

Autorización para la Reproducción del Trabajo de Titulación

1. Identificación del trabajo de titulación

Nombre del(os) alumno(s): Javiera Constanza Briones Morales; Rut: 19.104.174-7 y Gonzalo Enrique San Martin Aguilera; Rut: 19.377.308-7.

Dirección: El Reni 8818, La Reina y Osmán Pérez Freire 0885, Maipú.

E-mail: javiera.brionesm@utem.cl y gonzalo.sanmartina@utem.cl

Teléfono: +569 31900339 (Javiera Briones Morales) y +569 67852458 (Gonzalo San Martin Aguilera).

Título de la tesis: Estudio comparativo de la normativa chilena con la Unión Europea sobre la protección del medio ambiente por el uso de fertilizantes nitrogenados. Escuela de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

Carrera: Ingeniería Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

Título al que optan: Ingeniero Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

2. Autorización de Reproducción

Se autoriza la reproducción total o parcial de este trabajo de titulación, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor. En consideración a lo anterior, se autoriza su reproducción de forma (marque con una X):

<input checked="" type="checkbox"/>	Inmediata
<input type="checkbox"/>	A partir de la siguiente fecha: _____ (mes/año)

Fecha: Julio/2021



Javiera Constanza Briones Morales



Gonzalo Enrique San Martin Aguilera

Esta autorización se otorga en el marco de la ley N°17.336 sobre Propiedad Intelectual, con carácter gratuito y no exclusivo para la Institución.

CALIFICACIONES

NOTA OBTENIDA: 6,0

A handwritten signature in blue ink is positioned to the left of a circular official stamp. The stamp contains the text 'UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA' around the perimeter and 'SECRETARÍA DE ASESORIA Y MONITOREO' in the center.

Firma y timbre autoridad responsable

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, principalmente a mí ya que, dentro de esta etapa en mi vida aprendí a valorarme, quererme y, por sobre todo demostrarme que puedo con cualquier adversidad que se me cruce en el camino. A mi hijo, él cual es la fuerza que me impulsa a seguir cada día y la cuota de amor que se necesita para este proceso. A mis padres, hermano y pareja, que han sido un apoyo incondicional para cumplir mis metas. En especial a mi madre, Isabel Morales por estar presente en todo momento, gracias por creer y confiar en mí siempre. También, a todos los que fueron parte de estos años de carrera universitaria, amigos, compañeros y profesores, de todas las personas aprendí algo que se quedara conmigo.

Javiera Constanza Briones Morales

Dedico este trabajo a mis padres, Rosa Aguilera Contreras y David San Martín Escobar, quienes fueron la razón de mi motivación, mis consejeros y mi apoyo emocional. De la misma forma a mis hermanos, hermana y sobrinas, los que siempre han estado entregándome energías, amor y alegrías en los momentos más difíciles en el transcurso de mi periodo universitario. Y en último lugar a mis compañeros y amigos, los que se dedicaron en darle emoción y dulzura a esta etapa de mi vida.

Gonzalo Enrique San Martín Aguilera

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer, a todos quienes hicieron posible este trabajo, en particular, a nuestro profesor guía Gustavo Cáceres por la paciencia, ayuda y disciplina entregada y a todos los docentes transitados por nosotros dentro de estos años, nos llevamos lo mejor de cada uno.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación del Estudio.....	1
1.2 Alcance	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Marco Conceptual	4
2.1.1 Consideraciones generales	4
2.1.2 Origen de los fertilizantes nitrogenados en la humanidad	5
2.1.3 Perspectiva actual de los fertilizantes.....	7
2.1.4 El nitrógeno en la naturaleza	9
2.1.5 Ciclo del nitrógeno	10
2.1.6 Importancia del nitrógeno en las plantas	11
2.1.7 Eficiencia de los fertilizantes nitrogenados.....	13
2.1.8 Mineralización del Nitrógeno.....	13
2.1.9 Tipos de fertilizantes nitrogenados.....	14
2.1.10 Consideraciones ambientales técnicas.....	16
2.1.11 Tipos de suelos	18
2.1.12 La influencia que genera el pH en el suelo	19
2.1.13 Identificación de los efectos y principales impactos al medio ambiente ...	20
2.2 Marco Legal	21
2.2.1 Normativa ambiental	21
2.2.2 Normativa chilena para fertilizantes.....	23
2.2.3 Normativa de la Unión Europea para fertilizantes.....	24
3. METODOLOGÍA.....	26
3.1 Metodología de Trabajo	26
3.2 Elaboración de un Análisis del Impacto de la Contaminación Derivada del Uso de Compuestos Nitrogenados en el Medio Ambiente	28

3.2.1	Identificación de las emisiones atmosféricas producidas por la volatilización de compuestos nitrogenados	28
3.2.2	Identificación de los compuestos derivados de la fertilización nitrogenada que migra a los acuíferos.....	28
3.2.3	Identificación de factores que inciden en la migración de los compuestos nitrogenados en los distintos tipos de suelo	28
3.2.4	Elaboración de un Análisis de la migración de los compuestos nitrogenados en el medio ambiente.....	29
3.3	Determinación de Riesgos Ambientales Derivados de la Contaminación por Compuestos Nitrogenados y su Incidencia en la Salud de la Población	29
3.3.1	Identificación de afecciones a la salud humana relacionadas a la contaminación del medio ambiente producto de la fertilización nitrogenada	29
3.3.2	Identificación de los compuestos del agua derivada de la fertilización nitrogenada	30
3.4	Análisis de la Normativa Chilena y de la Unión Europea Respecto a la Protección del Medio Ambiente por el uso de Fertilizantes Nitrogenados.....	30
3.4.1	Elaboración de un análisis de la normativa chilena vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados.....	30
3.4.2	Elaboración de un análisis de la normativa europea vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados.....	31
3.5	Comparación de la Normativa Chilena con la Normativa de Países de la Unión Europea	32
3.5.1	Elaboración de Análisis comparativo entre ambas normativas	32
3.5.2	Identificación de fortalezas y debilidades de las normativas comparadas ...	32
4.	RESULTADOS	33
4.1	Análisis del Impacto de la Contaminación Derivada del Uso de Compuestos Nitrogenados en el Medio Ambiente.....	33
4.1.1	Emisiones atmosféricas producidas por la volatilización de compuestos nitrogenados	33
4.1.2	Compuestos derivados de la fertilización nitrogenada que migra a los acuíferos	35
4.1.3	Factores que inciden en la migración de los compuestos nitrogenados en los distintos tipos de suelo.....	37
4.1.4	Análisis sobre la migración de los compuestos nitrogenados en el medio ambiente	38

4.2	Determinación de Riesgos Ambientales Derivados de la Contaminación por Compuestos Nitrogenados y su Incidencia en la Salud de la Población	39
4.2.1	Afecciones a la salud humana relacionadas a la contaminación del medio ambiente producto de la fertilización nitrogenada	39
4.2.2	Compuestos contaminantes en el agua derivada de la fertilización nitrogenada	40
4.3	Análisis de la Normativa Chilena y de la Unión Europea Respecto a la Protección del Medio Ambiente por el uso de Fertilizantes Nitrogenados.....	41
4.3.1	Análisis de la normativa chilena vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados	41
4.3.2	Análisis de la normativa europea vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados	42
4.4	Comparación de la Normativa Chilena con la Normativa de Países de la Unión Europea	43
4.4.1	Análisis comparativo entre ambas normativas	43
4.4.2	Fortalezas y debilidades de las normativas comparadas	49
4.	5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1	Conclusiones	51
5.2	Recomendaciones	55
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
5.	ANEXOS.....	64
Anexo I.	Disposiciones generales del Real Decreto 506/2013 UE	64
Anexo II.	Abonos inorgánicos con nutrientes principales, de clasificación nitrogenados	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Población prevista para el año 2100.....	8
Figura 2.2: Ciclo del nitrógeno y transformaciones isotópicas del nitrato	11
Figura 2.3:Comparativa de la evolución de consumo agrícola de N, P ₂ O ₆ y K ₂ O en fertilizantes (toneladas)	17
Figura 2.4: Diagrama triangular para la determinación de la textura	18
Figura 2.5:Disponibilidad de los nutrientes en función del pH en el suelo.....	20
Figura 3.1: Esquema metodológico.....	27
Figura 4.1: Esquema del funcionamiento de un invernadero.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Principales compuestos minerales de nitrógeno presentes en la naturaleza.....	9
Tabla 2.2: Tipos de fertilizantes nitrogenados inorgánicos con nutrientes principales	15
Tabla 2.3: Fertilizantes nitrogenados orgánicos.....	16
Tabla 2.4:Fertilizantes nitrogenados órgano-minerales	16
Tabla 3.1: Normativa chilena.....	30
Tabla 3.2: Normativa europea y española	31
Tabla 4.1: Comparación entre la normativa de Chile y la Unión Europea	45

RESUMEN

Actualmente, el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura es un problema para el medio ambiente. Durante siglos la agricultura ha existido para crear y conservar una variedad de hábitat seminaturales de gran valor para los seres humanos. La agricultura se ha convertido en una actividad económica fundamental alrededor de todo el planeta, debido a la demanda mundial de producción alimentaria, pero ya que existen las prácticas agrícolas inadecuadas o lejanas a las buenas prácticas agrarias, se han percibido distintos desequilibrios en el suelo. Estos se pueden ver reflejados en algunos procesos de degradación, como la erosión, la disminución de materia orgánica, la pérdida de biodiversidad y exposición de los acuíferos por la lixiviación de nitratos. Este conjunto de variables puede llegar a dejar sin capacidad al suelo para realizar sus principales funciones. Tales procesos de degradación pueden ser el resultado de la falta de control legislativo y de vigilancia y, por lo tanto, desencadenar un impacto negativo sobre el medio ambiente.

El presente trabajo tuvo por objetivo, desarrollar un estudio comparativo de la normativa chilena con la existente en la Unión Europea, sobre la protección del medio ambiente por el uso de fertilizantes nitrogenados, el cual consistió en analizar las normas donde se conoció las diferencias de la normativa chilena respecto a la normativa de la Unión Europea y, también se consideró la legislación española.

Finalmente, estas regulaciones buscan establecer límites y disposiciones sobre parámetros de calidad, composición química, clasificación, envasado, etiquetado, declaraciones, trazabilidad aplicable a la fabricación, formulación, producción, comercialización, tenencia, importación y exportación de los fertilizantes, las cuales tienen consistencia en la normativa de la Unión Europea y muestran deficiencia en la normativa chilena.

Palabras claves: Fertilización nitrogenada, normativa, agricultura.

ABSTRACT

Currently, the use of nitrogen fertilizers in agriculture is a problem for the environment. For centuries agriculture has existed to create and conserve a variety of semi-natural habitats of great value to humans. Agriculture has become a key economic activity around the globe because of the global demand for food production, but because of inadequate or remote agricultural practices, different soil imbalances have been perceived, and these can be reflected in some degradation processes, such as erosion, depletion of organic matter, loss of biodiversity and exposure of aquifers by nitrate leaching. This set of variables can leave the ground unable to perform its main functions. Such processes of degradation may result from a lack of legislative control and monitoring and thus trigger a negative impact on the environment.

The objective of this work was to develop a comparative study of Chilean regulations with those existing in the European Union, on the protection of the environment by the use of nitrogenous fertilizers, which consisted of analyzing the norms where the differences of the Chilean regulations were known with respect to the regulations of the European Union and, also considered the Spanish legislation.

Finally, these regulations seek to establish limits and provisions on quality parameters, chemical composition, classification, packaging, labelling, declarations, traceability applicable to manufacture, formulation, production, marketing, holding, Import and export of fertilizers, which are consistent with European Union regulations and show deficiency in Chilean regulations.

Key words: Nitrogen fertilization, regulation, agriculture.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación del Estudio

En este estudio se pretende contribuir a la información existente respecto al uso de fertilizantes nitrogenados en el sector agrícola nacional, a través de la comparación de la normativa nacional versus la normativa de la Unión Europea, con el fin de conocer si es que la normativa nacional cumple los parámetros necesarios para proteger el medio ambiente debido al uso de los fertilizantes nitrogenados.

Este estudio nace debido a que el uso inadecuado de la fertilización con compuestos nitrogenados, a pesar de que ha permitido aumentar considerablemente los rendimientos de cultivos agrícolas y así satisfacer las necesidades alimenticias (IISD Reporting Services , 2009), por lo que su rol en este tipo de actividades es fundamental, puede derivar en daños en el medio ambiente, con aportes de contaminación en los acuíferos, gases de efecto invernadero y acidificación del suelo (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 2016).

Para lograr intensificar la agricultura y el desarrollo agrícola, el consumo de los fertilizantes se ha vuelto un tema importante, ya que el nitrógeno se ha vuelto uno de los nutrientes más utilizados por la industria agrícola, debido a que hace crecer los rendimientos y la calidad de los productos o cosechas donde es utilizado. Sin embargo, el efecto que causa en el ambiente es preocupante, ya que podría llegar a provocar la eutrofización de las aguas, el crecimiento excesivo de algas, la acidificación del suelo y la destrucción de los hábitats naturales con bajo contenido en nutrientes.

También se ha establecido que, como consecuencia de las actividades antrópicas destinadas a obtener incrementos en rendimiento de las cosechas, se ha contaminado el suelo con una serie de productos altamente resistentes y acumulativos, como herbicidas y metales pesados, además de otros contaminantes, que, sin ser acumulativos (como es el caso de los nitratos), se lixivian fácilmente y

contaminan otros medios más sensibles e indefensos como el acuático. Ello puede ser especialmente sensible en la zona norte de nuestro país donde, debido a la escasez hídrica, el uso eficiente del agua de riego y la mantención de su calidad son de especial relevancia (Silva, 2010).

Con este estudio se busca descubrir y conocer la realidad de la normativa chilena versus la europea, reconocer ventajas, desventajas, similitudes y diferencias, evidenciando los impactos ambientales derivados de los fertilizantes nitrogenados y poder contribuir a la evaluación de políticas agrarias en el país para la protección del medio ambiente y, como consecuencia, beneficiar la protección del medio ambiente.

1.2 Alcance

En este estudio, se compararán las normativas nacionales versus las normativas de la Unión Europea en materia de fertilizantes nitrogenados. También se considera la legislación de España en la comparación, para aportar con los recursos legales que aplican en uno de los países miembros de la Unión Europea y, de esta forma, obtener mejores resultados. Los resultados que se esperan son evidenciar el déficit de las leyes nacionales respecto al uso de este tipo de fertilizantes o, en caso contrario, las similitudes y aptitudes de estas respecto a la legislación europea. Se definirá y determinará, la incidencia que tienen los fertilizantes nitrogenados en los acuíferos, en el suelo y en la atmósfera. En el estudio comparativo se tomará como referencia la misma normativa de la Unión Europea, para verificar las similitudes o déficit que pueda presentar la normativa chilena.

En este estudio no se incluirán los criterios y normativas relacionadas al ámbito alimentario, tales como los nutrientes y carga de contaminantes en los productos que se generan en los cultivos. Además, será un estudio de tipo bibliográfico y no se realizarán mediciones de campo, debido a la contingencia mundial relacionada con la pandemia del COVID-19.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un estudio comparativo de la normativa chilena con la existente en la Unión Europea, sobre la protección del medio ambiente por el uso de fertilizantes nitrogenados.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el impacto de la contaminación derivada del uso de compuestos nitrogenados en el medio ambiente.
- Determinar los riesgos ambientales derivados de la contaminación por compuestos nitrogenados y su incidencia en la salud de la población.
- Analizar la normativa chilena y de la Unión Europea respecto a la protección del medio ambiente por el uso de fertilizantes nitrogenados.
- Comparar la normativa chilena con la normativa de la Unión Europea.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Consideraciones generales

El estudio comparativo de la normativa chilena con la de la Unión Europea, sobre la protección del medio ambiente por el uso de fertilizantes nitrogenados, busca comprenderse a través de la comparación abierta entre las dos normativas, viendo sus similitudes, diferencias, virtudes y deficiencias. No obstante, para comprender y conocer cada una de ellas, primeramente, será importante saber y definir algunos conceptos claves en el tema de estudio.

Según Fink (1998), los fertilizantes son productos químicos, naturales o industrializados que se administran a las plantas con la intención de optimizar su crecimiento, aumentar su producción o mejorar la calidad. Cuando los fertilizantes son nitrogenados quiere decir que tienen incorporado nitrógeno o algún compuesto derivado de este, siendo las plantas las que se encargan de absorber el nitrógeno desde el suelo a través de restos de descomposición, debido a un proceso llamado mineralización.

Los principales abonos nitrogenados son la urea, el nitrato amónico, el amoníaco y el sulfato amónico. Es imprescindible que sean aplicados con el cuidado de agregar la cantidad adecuada del abono nitrogenado para que, de esta forma, el cultivo obtenga un buen rendimiento. Cabe mencionar que, la composición de los abonos nitrogenados permite aplicarlos una única vez como abonado de cobertura en muchos cultivos. Estos fertilizantes se utilizan para favorecer el crecimiento de las plantas y mejorar su estructura celular. Además, aumentan el área foliar y favorecen la activación de las células encargadas de la fotosíntesis (Grupo Ñesta, 2019). Cabe destacar, que aplicados en las dosis justas son asimilados rápidamente por las plantas.

En el mundo agrícola, se presentan una gran cantidad de nutrientes requeridos por las plantas, los cuales son divididos en dos grupos: macro (N, P, K, Ca, Mg y S) y microelementos (Fe, Mn, B, Zn, Cu, Cl y Mo). Posterior a esta división existe una subdivisión en torno a la importancia de los macroelementos, en que el nitrógeno el fósforo y el potasio son referidos como nutrientes primarios, pues son los más utilizados, presentando un 98% del mercado de fertilizantes en Chile. (Morel, 1996)

El principal fertilizante nitrogenado es “GUR/PUR” (urea granulada/urea perlada) y los principales fertilizantes fosfatados son TSP (Superfosfato triple), y DAP (Fosfato di amónico) (Rojas & Jiménez, 2008). Dado que la industria del nitrógeno se ha convertido en unas de las más importantes dentro del mundo de los fertilizantes, respaldado por su rápido crecimiento mundial, entre las que se encuentran dentro del rubro químico, donde el nitrógeno lleva la delantera (entre los tres nutrientes principales) en cantidad de fertilizantes producidos y está siempre creciendo con mayor rapidez que los otros (Morel, 1996).

2.1.2 Origen de los fertilizantes nitrogenados en la humanidad

En la historia se pueden identificar dos etapas bien diferenciadas en lo referido a las prácticas de fertilización. La primera, llamada etapa empírica, abarca desde los inicios de la agricultura hasta el siglo XVI d. C., esta etapa de fertilización data de hace 8000 años en el periodo neolítico. (Andreu, y otros, 2006) La segunda etapa dura hasta la actualidad, y se introduce el conocimiento científico de las características químicas que componen la materia vegetal y posibilitan la capacidad de poder aportar distintos compuestos al suelo (FitoNutrient, 2020).

Desde el inicio de la agricultura, la humanidad vio el efecto positivo de los aportes orgánicos en los cultivos y, desde la antigüedad, el efecto positivo de las leguminosas ya era conocido y se aplicaba como mejorante del suelo y en los cultivos asociados. Estas prácticas reproducen en el cultivo situaciones observadas en la naturaleza.

Existen muchas técnicas utilizadas en la agricultura, que han surgido de conocimientos ancestrales transferidos y desarrollados por generaciones, tales como el uso de estiércoles, restos orgánicos o de residuos domésticos. Estas técnicas tradicionales se han basado en un conocimiento empírico, es decir un conocimiento adquirido con base en la observación de sus efectos. No obstante, los nutrientes disponibles para aportar al suelo son prácticamente limitados respecto a la presencia de ganadería productora de estiércol.

Posteriormente, el conocimiento científico se desarrolla para determinar la necesidad de aportes fertilizantes al suelo, lo que inicia desde el siglo XVI donde se comienzan a desarrollar distintos aportes científicos, siendo el año 1840 de gran importancia ya que Justus Yon Liebig, un químico alemán, publica “Química en relación con la agricultura y el crecimiento de las plantas”, y también enuncia la “ley del mínimo”, según la cual “un elemento que falte, o que se halle presente en una cantidad insuficiente, impide a los restantes producir su efecto normal o por lo menos disminuye su acción nutritiva”.

Después de Liebig, las técnicas de fertilización modernas requirieron algunos conocimientos adicionales como la solubilidad de los fertilizantes, o las técnicas analíticas para determinar los elementos asimilables presentes en los suelos y, por, sobre todo, se requirió conocer la capacidad de producción de fertilizantes que pudiesen eliminar el factor limitante, en lo que se refiere a necesidad de aportes importantes de nitrógeno.

En Chile, en los años 1830, se produjo un fertilizante nitrogenado procedente de depósitos naturales que comenzó a exportarse a Europa como el primer fertilizante nitrogenado comercializado en este continente, el cual era nitrato sódico. La producción de superfosfato simple a escala industrial comenzó en Inglaterra en 1843 y la primera mina de potasio se abrió en Alemania en 1862 (Andreu, y otros, 2006).

La denominada “Revolución Verde” es una explosión agrónoma que bajo un enfoque convencional se inicia en la década de los 60, con el fin de disminuir el hambre en el mundo la que, básicamente, se refiere a la obtención de variedades agrícolas muy productivas utilizando tecnologías de alto costo, en donde la aplicación de la ciencia supeditada a esta nueva forma de producción. (Franquesa, 2016).

Como menciona Ryuichi Ishii (2005), la revolución verde se fundamenta por los elevados insumos de energía y productos, entre ellos fertilizantes minerales. Si bien hoy existen tendencias e intentos de reducir los insumos, no se puede sacrificar las altas producciones, por lo que el reto es seguir manteniendo altas producciones con una agricultura sostenible (Andreu, y otros, 2006).

2.1.3 Perspectiva actual de los fertilizantes

Según la OCDE Y FAO (2019), las perspectivas agrícolas para los próximos años (2019-2028) estiman que la demanda de productos agrícolas aumentará 15% durante la próxima década. La manera en que se vea posible satisfacer las necesidades determinará el impacto que el sector causará en la base de recursos naturales, sobre todo la tierra, el agua y la biodiversidad. Debido al incremento de la producción de alimentos a través de los años, se han superado los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, de las cuales cerca de una cuarta parte proviene de la agricultura, la silvicultura y el cambio en el uso de la tierra.

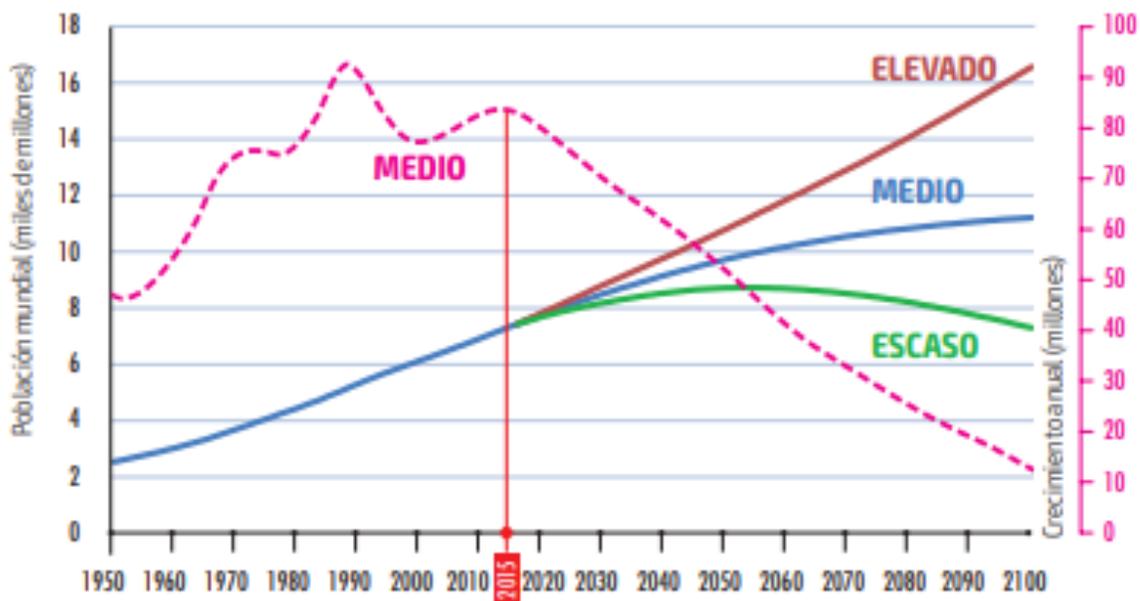
Una aplicación racional de fertilizantes minerales es imprescindible para conseguir la producción de los alimentos que, en cantidad y calidad, la población mundial demanda y continuará demandando en el futuro. Debido a que la fertilización es una inversión del agricultor, y dependiendo de los criterios de productividad y calidad del cultivo, lo adecuado es aportarlos racionalmente para satisfacer tanto las necesidades del cultivo como para mantener la fertilidad del suelo. Ello implica que,

se debe tener en cuenta tanto la cantidad como el equilibrio nutricional del fertilizante y el momento de la aplicación (Alley & Vanlauwe, 2009).

La aplicación de fertilizantes es una forma de sustituir el nitrógeno que se elimina del suelo con los cultivos. El uso excesivo de fertilizantes en algunos lugares ha llevado a la contaminación del suelo en forma de depósitos de nitrógeno y en ciertos casos dañado los sistemas hídricos.

El modelo de la FAO, en el año 2017, de ahorrar para crecer y el primer principio de "construir una visión común para la alimentación y la agricultura sostenibles", muestran formas de mantener o restablecer la salud del suelo mientras se depende de menos insumos, para aumentar de manera sostenible la productividad de los cultivos. Las últimas predicciones de la FAO indican que, para el año 2100 la población mundial será de 9.700 millones de habitantes (ver Figura 2.1).

Figura 2.1: Población prevista para el año 2100



Fuente: (World Population Prospect: 2015 revisions, 2016)

2.1.4 El nitrógeno en la naturaleza

El nitrógeno fue descubierto, como elemento químico independiente, en 1772 por el químico y botánico escocés Daniel Rutherford (1749-1819). Su símbolo químico es “N” y en su estado físico habitual es un gas incoloro, inodoro e insípido. Este elemento constituye el 78.03 % del aire de la atmósfera en el que se encuentra mayoritariamente en forma molecular (N_2). Los principales compuestos minerales en los que se encuentra en la corteza terrestre son el nitrato sódico (nitrato de Chile; $NaNO_3$) y el nitrato potásico (salitre; KNO_3) (Andreu, y otros, 2006). El nitrógeno en su forma molecular es un gas prácticamente inerte, muy poco reactivo. Sin embargo, es posible encontrarlo en diversos compuestos químicos cuya naturaleza y riqueza en nitrógeno son las que se indican en la Tabla.2.1.

Tabla 2.1: Principales compuestos minerales de nitrógeno presentes en la naturaleza

Compuesto	Fórmula química	Estado (a t° ambiente)	Riqueza en Nitrógeno (%)
Nitrógeno	N_2	Gas	100,00
Nitrato Sódico	N_2NO_3	Sólido	16,47
Nitrato Potásico	KNO_3	Sólido	13,85
Amoniac	NH_3	Gas	82,35
Amonio (ion)	NH_4^+	Combinado o disuelto	77,78
Dióxido de Nitrógeno	NO_2	Gas	30,43
Nitrato (ion)	NO_3^-	Combinado o disuelto	22,58
Nitrito (ion)	NO_2^-	Combinado o disuelto	30,43
Óxido Nitroso	N_2O	Gas	63,64

Fuente: (Andreu, y otros, 2006)

2.1.5 Ciclo del nitrógeno

En el ciclo del nitrógeno en los sistemas agrícolas intervienen diversas transformaciones fisicoquímicas y biológicas, debido a que el nitrógeno puede estar presente en distintas formas tanto como en:

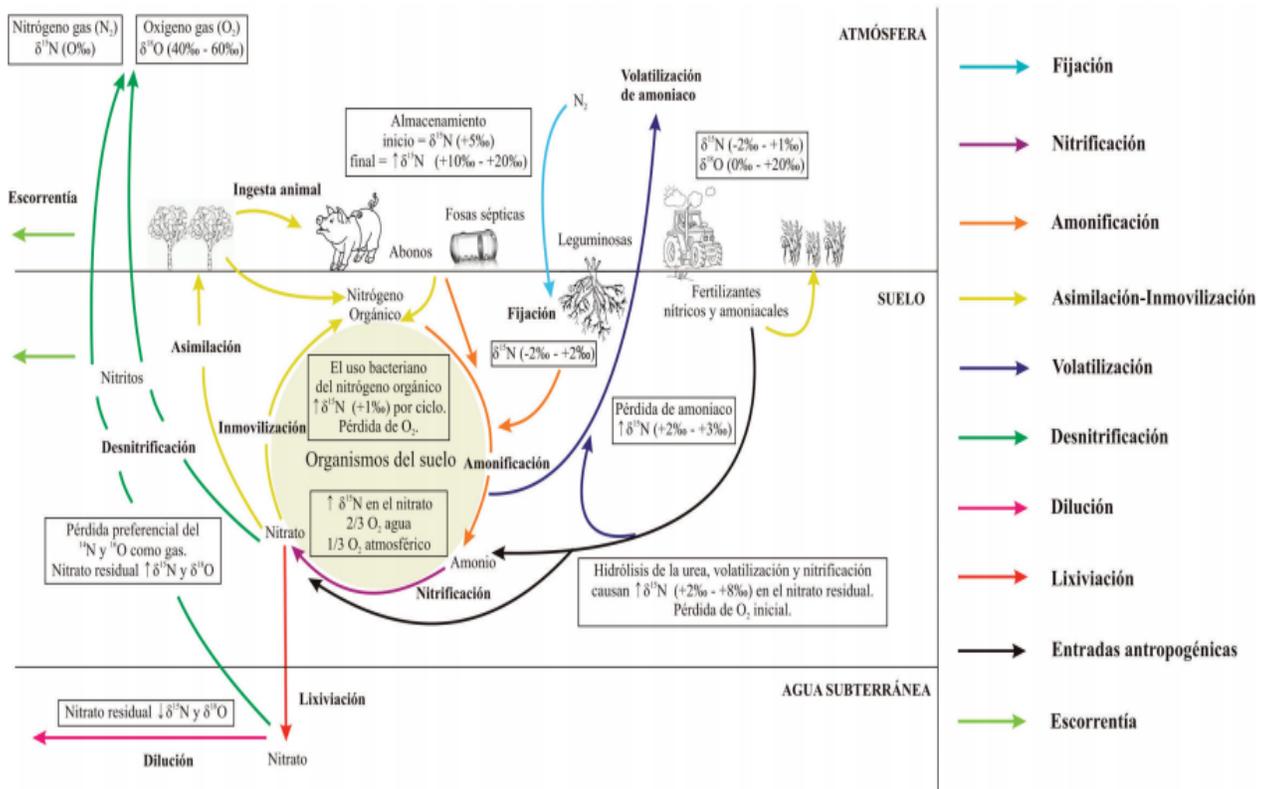
- Nitrógeno orgánico: que constituye la mayor parte del nitrógeno de un suelo agrícola (de 2 a 4 toneladas en un horizonte de 30 cm).
- Nitrógeno en forma mineral (nitrato y amonio): que representa unas decenas de kilogramos.
- Nitrógeno gaseoso.

Dentro de todas estas formas, únicamente el nitrógeno mineral es susceptible de ser aprovechado por los cultivos, ya que la materia orgánica no es estable, estando sometida a procesos de mineralización, así como también de reorganización y humidificación, que posibilitan su transformación hacia sus componentes minerales, entre ellos el nitrógeno. De este modo, un suelo suministra nitrógeno de forma natural a los cultivos, en mayor o menor cantidad, dependiendo de su riqueza en materia orgánica. Es necesario mencionar que, existe un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos a los que se ve sometido en su recorrido por los diferentes sistemas terrestres.

Los procesos principales de transformación de nitrógeno son esencialmente cinco: fijación, asimilación, amonificación, nitrificación y desnitrificación, aunque otros procesos involucrados en el ciclo global del nitrógeno son la volatilización del amoníaco y la lixiviación de nitrógeno hacia el agua subterránea (ver Figura 2.2). La acción humana ha causado un enorme impacto en el ciclo global del nitrógeno, produciendo la entrada de nitrógeno antropogénico en el sistema terrestre y generando una serie de impactos ambientales, aunque la aplicación de fertilizantes en las áreas agrícolas es el que cobra mayor importancia. (Eugercios, Álvarez-Cobelas, & Montero, 2017)

Un buen entendimiento cuantitativo del ciclo del nitrógeno es importante para la toma de decisiones con respecto a la dosis de fertilizante nitrogenado a utilizar para la fertilización de los cultivos. Uno de los procesos más importantes que afectan la cantidad de N disponible en el suelo, es la mineralización de la materia orgánica del suelo (MO) y de los residuos de cultivos y la nitrificación del amonio liberado.

Figura 2.2: Ciclo del nitrógeno y transformaciones isotópicas del nitrato



Fuente: (Eugercios A. , 2013).

2.1.6 Importancia del nitrógeno en las plantas

El nitrógeno es uno de los macronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo, ya que el terreno dispone naturalmente de él en forma orgánica y mineral. Esta última llega a ser esencial para que pueda ser absorbido por las plantas, pero, por otro lado, las cantidades disponibles en el suelo

no son suficientes para suplir las necesidades de las plantas cultivadas, por lo que se debe aplicar un abono rico en nitrógeno.

Los fertilizantes nitrogenados aportan el elemento clave para el desarrollo de las plantas, ya que el nitrógeno forma parte de las proteínas, enzimas y clorofila, esenciales en los procesos de síntesis de proteínas y en la fotosíntesis. Entre sus funciones también destaca el aceleramiento de la división celular, y la elongación de las raíces.

Una planta con carencia de nitrógeno no podrá completar procesos metabólicos indispensables para su desarrollo, debido a que una deficiencia de nitrógeno para las plantas se manifestará por medio de clorosis, es decir, un amarillamiento en las hojas. Frecuentemente aparece este color primeramente en las más viejas y a medida que se incrementa, afecta a las más jóvenes. La clorosis es consecuencia de la interrupción del proceso de fotosíntesis, debido al destacado papel del nitrógeno en la síntesis de proteínas y enzimas (Grupo Iñesta, 2019).

El nitrógeno, conocido por ser el motor del crecimiento de la planta, frecuentemente muestra su eficiencia poco después de su aplicación lo cual se ve a través del color verde oscuro y un crecimiento más vigoroso. Sin embargo, el nitrógeno excesivo, desequilibrado en cultivos vegetales puede resultar en vuelco, mayor competencia de malas hierbas y ataques de plagas, con pérdidas sustanciales de producción, sin nombrar que, si el nitrógeno no es absorbido por el cultivo posiblemente se pierda en el ambiente. Cuando el agricultor tiene recursos financieros limitados, no dispone de crédito o presupuesto y la tenencia de la tierra es insegura, y si, por ejemplo, la urea es ofrecida en el mercado a un precio por unidad de nitrógeno comparativamente atractiva, el agricultor suministra a sus cultivos exclusivamente con nitrógeno. A corto plazo esta es una decisión lógica. Consecuentemente, la mayoría del aumento del consumo de nitrógeno a escala mundial ha respondido al uso de urea (IFA, 2004).

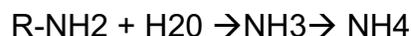
2.1.7 Eficiencia de los fertilizantes nitrogenados

Las plantas absorben solamente el 50 por ciento del fertilizante nitrogenado que se aplica a la tierra agrícola. Esta ineficacia del uso del fertilizante es en parte el resultado de las emisiones de amoníaco (NH₃), de óxido nitroso (N₂O) y de óxido nítrico (NO). La cuantificación de estas emisiones es importante tanto para aumentar en lo posible la eficacia del uso de los fertilizantes como para controlar las repercusiones de las mencionadas emisiones en los ecosistemas, en la contaminación atmosférica y en el efecto invernadero (IFA, 2004).

2.1.8 Mineralización del Nitrógeno

Existen tres reacciones para la mineralización del nitrógeno:

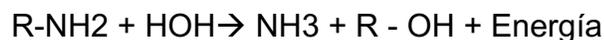
1. *Amenización*: esto pasa cuando los aminoácidos se rompen y se produce amonio. Este proceso ocurre de acuerdo con la siguiente reacción:



2. *Amonificación*: es la conversión de amidas en amonio, se inicia cuando los organismos producen desechos como urea y ácido sustancias las cuales al ser sintetizadas se emite como amoníaco el nitrógeno.



3. *Nitrificación*: cuando el amonio es oxidado por bacterias autótrofas parte del nitrógeno es transformado a nitrato en presencia de oxígeno y carbono.



↓



2.1.9 Tipos de fertilizantes nitrogenados

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.

Según la “Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos” de España (2009) los fertilizantes nitrogenados más comunes son el amoníaco anhidro, la urea (producida con amoníaco), el nitrato de amonio (producido con amoníaco y ácido nítrico), el sulfato de amonio (fabricado a base de amoníaco y ácido sulfúrico) y el nitrato de calcio (amonio o nitrato de amonio junto con caliza el resultado al agregar $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ al nitrato de amonio).

Además, los fertilizantes nitrogenados se pueden clasificar en abonos inorgánicos con nutrientes principales, orgánicos, y órgano-minerales nitrogenados. En las Tablas 2.2, 2.3 y 2.4 se presentan las clasificaciones de fertilizantes mencionadas, conteniendo la denominación del tipo, informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales, contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa), información sobre la evaluación de los nutrientes, otros requisitos, así como otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado, el contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse, formas y solubilidad de los nutrientes y otros criterios (Unión Europea, 2013).

Tabla 2.2: Tipos de fertilizantes nitrogenados inorgánicos con nutrientes principales

N.º	Denominación del tipo	Informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa) Información sobre la evaluación de los nutrientes Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes Otros criterios
1	2	3	4	5	6
01	Solución amoniacal.	Producto obtenido por vía química cuyo componente esencial es el amoníaco en agua.	20% de N total, en forma amoniacal.	Agua amoniacal.	Nitrógeno amoniacal.
02	Amoníaco anhidro.	Producto obtenido por vía química, conteniendo como componente esencial el amoníaco anhidro (NH ₃) licuado a presión.	80% de N total, en forma amoniacal.		Nitrógeno amoniacal.
03	Solución de nitrato amónico y amoníaco, con o sin urea.	Producto obtenido por vía química mediante una disolución estable a la presión atmosférica de los tipos de abonos nitrato amónico, amoníaco, con o sin urea.	- 35% de N total, en forma nítrica, amoniacal y, en su caso, ureica. - Contenido máximo en biuret: 0,5%.		- Nitrógeno total - Nitrógeno amoniacal - Nitrógeno nítrico - Nitrógeno ureico (si procede).
04	Ácido nítrico.	Producto obtenido por vía química, cuyo componente principal es el ácido nítrico.	10% de N total, en forma nítrica.		Nitrógeno nítrico.
05	Solución ácida de abono nitrogenado con azufre.	Producto obtenido por vía química, mediante reacción controlada de ácido sulfúrico con urea.	- 8% de N total, en forma ureica - 40% de SO ₃ soluble en agua.		- Nitrógeno ureico - Trióxido de azufre soluble en agua.
06	Solución de sulfato amónico-nitrato amónico.	Producto líquido obtenido químicamente o por disolución en agua, cuyos componentes principales son sulfato amónico y nitrato amónico.	9% de N total - N amoniacal: 7,5% - N nítrico: 1,5% - 12% de SO ₃ soluble en agua.	La denominación del tipo podrá ir seguida según los casos, por una o varias de las menciones siguientes: Para aplicación directa al suelo - Para fabricación de soluciones nutritivas - Para fertirrigación.	- Nitrógeno total - Nitrógeno amoniacal - Nitrógeno nítrico - Trióxido de azufre soluble en agua.
07	Abono nitrogenado mixto.	Producto obtenido por combinación química o por mezcla de abonos CE nitrogenados simples, con excepción de urea con nitrato amónico y aquellos que sean incompatibles químicamente.	- 20% de N total - 4% de N, al menos, en dos de las siguientes formas: nítrica, amoniacal o ureica - Contenido máximo en biuret: 0,8%.	Nombre de los abonos CE utilizados en su obtención.	- Nitrógeno total Si superan el 1%: - Nitrógeno nítrico - Nitrógeno amoniacal - Nitrógeno ureico.
08	Solución nitrogenada.	Producto líquido obtenido químicamente y/o por disolución en agua, en forma estable a la presión atmosférica, de abonos nitrogenados CE del grupo A.1 o del grupo 1.1.1 de este anexo o productos similares que no alcancen la riqueza exigida para esos tipos, sin incorporación de materia orgánica de origen animal o vegetal.	- 15% de N total - Contenido máximo en biuret: N ureico x 0,026.		- Nitrógeno total Si superan el 0,5%: o Nitrógeno nítrico o Nitrógeno amoniacal o Nitrógeno ureico Podrán declararse: - CaO soluble en agua (si supera el 0,2%), - MgO soluble en agua (si supera el 0,2%) y - SO ₃ soluble en agua (si supera el 2,5%). - Si el contenido en biuret es inferior al 0,2% podrá incluirse la indicación "Pobre en biuret".
09	Solución nitrogenada con elementos secundarios.	Producto líquido obtenido químicamente y/o por disolución en agua, en forma estable a la presión atmosférica, de abonos nitrogenados CE del grupo A.1 o del grupo 1.1.1 de este anexo o productos similares que no alcancen la riqueza exigida para esos tipos, sin incorporación de materia orgánica de origen animal o vegetal.	- 6% de N total y, al menos, - 17% de SO ₃ soluble en agua o - 5% de CaO soluble en agua y/o - 4% de MgO soluble en agua - Contenido máximo en biuret: N ureico x 0,026.		- Nitrógeno total Si superan el 0,5%: o Nitrógeno nítrico o Nitrógeno amoniacal o Nitrógeno ureico - CaO soluble en agua cuando supere el 5% - MgO soluble en agua cuando supere el 4% - SO ₃ soluble en agua cuando supere el 17%. Podrán declararse: - CaO soluble en agua (si supera el 0,2%), - MgO soluble en agua (si supera el 0,2%) y - SO ₃ soluble en agua (si supera el 2,5%). - Si el contenido en biuret es inferior al 0,2% podrá incluirse la indicación "Pobre en biuret".
10	Solución de tiosulfato amónico.	Producto obtenido por vía química cuyo componente esencial es el tiosulfato amónico.	10% de N total, en forma amoniacal 54% de SO ₃ soluble en agua, del cual, al menos, el 90% está presente en forma de tiosulfato. 16% N total		Nitrógeno amoniacal Trióxido de azufre (SO ₃) soluble en agua Trióxido de azufre (SO ₃) soluble en agua en forma de tiosulfato.
11	Abono nitrogenado mixto con secundarios.	Producto obtenido por combinación química o por mezcla de abonos CE nitrogenados simples, con excepción de urea con nitrato amónico y aquellos que sean incompatibles químicamente y que debe contener elementos secundarios.	4% N, al menos, en dos de las siguientes formas: nítrica, amoniacal o ureica Contenido máximo en biuret: 0,8% 2% CaO soluble en agua y/o 2% MgO soluble en agua 25% SO ₃ soluble en agua.	Nombre de los abonos CE utilizados en su obtención.	N total Si supera el 1%: o N nítrico o N amoniacal o N ureico • CaO soluble en agua cuando supere el 2% • MgO soluble en agua cuando supere el 2% • SO ₃ soluble en agua.

Fuente: (Unión Europea, 2013).

Tabla 2.3: Fertilizantes nitrogenados orgánicos

N.º	Denominación del tipo	Informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa) Información sobre la evaluación de los nutrientes Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes Otros criterios
1	2	3	4	5	6
01	Abono orgánico nitrogenado de origen animal.	Producto sólido obtenido por tratamiento, con o sin mezcla, de materia orgánica animal.	- N total: 6%. - C/N no mayor de 10.	Humedad mínima y máxima.	- N total y N orgánico. - C orgánico. - C/N. - P ₂ O ₅ y K ₂ O totales (si superan el 1%). - Ácidos húmicos (si superan el 1%).
02	Abono orgánico nitrogenado de origen vegetal.	Producto sólido obtenido por tratamiento, con o sin mezcla, de materia orgánica vegetal.	- N total: 2%. - C/N no mayor de 15.		
03	Abono orgánico nitrogenado de origen animal y vegetal.	Producto sólido obtenido por tratamiento, con o sin mezcla, de materias orgánicas animales y vegetales.	- N total: 3%. - C/N no mayor de 12.		

Fuente: (Unión Europea, 2013).

Tabla 2.4: Fertilizantes nitrogenados órgano-minerales

N.º	Denominación del tipo	Informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa) Información sobre la evaluación de los nutrientes Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes Otros criterios
1	2	3	4	5	6
01	Abono órgano-mineral nitrogenado.	Producto sólido obtenido por mezcla o combinación de materias o abonos orgánicos y abonos minerales.	- N total: 10%. - N orgánico: 1%. - C orgánico: 8%.		- N total y N orgánico. - Otras formas de N (si superan el 1%). - C orgánico. - P ₂ O ₅ y K ₂ O totales, (si superan el 1%). - Ácidos húmicos (si superan el 1%). - En los tipos con turba, lignito o leonardita, indicar su contenido.
02	Abono órgano-mineral nitrogenado con turba.	Producto sólido obtenido por mezcla o combinación de turba y abonos minerales, con o sin otras materias o abonos orgánicos.	- N total: 10%. - C orgánico: 8%. - Turba 5%.		
03	Abono órgano-mineral nitrogenado con lignito o leonardita.	Producto sólido obtenido por mezcla o combinación de materias o abonos orgánicos y abonos minerales, con lignito o leonardita.	- N total: 10%. - N orgánico: 1%. - C orgánico: 8%. - Lignito o leonardita 5%.		
04	Abono órgano-mineral nitrogenado líquido.	Producto en solución o en suspensión procedente de una mezcla o combinación de materias o abonos orgánicos y abonos minerales.	- N total: 8%. - N orgánico: 1%. - C orgánico: 5%.	- pH.	- N total y N orgánico. - Otras formas de N (si superan el 1%). - C orgánico.
05	Abono órgano-mineral nitrogenado líquido con turba.	Producto en solución o en suspensión procedente de una mezcla o combinación de turba y abonos minerales, con o sin materias o abonos orgánicos.	- N total: 8%. - C orgánico: 5%. - Turba 5%.	- pH.	- P ₂ O ₅ y K ₂ O totales, (si superan el 1%) - Ácidos húmicos (si superan el 1%). - En los tipos con turba, lignito o leonardita, indicar su contenido.

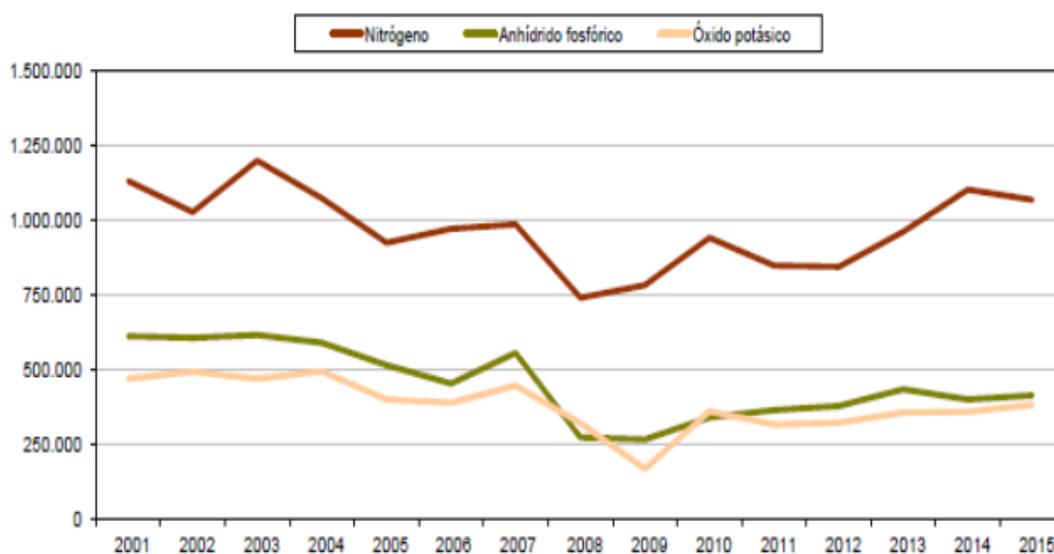
Fuente: (Unión Europea, 2013)

2.1.10 Consideraciones ambientales técnicas

Entre las técnicas para aumentar la producción de los cultivos se encuentra la fertilización. Los fertilizantes permiten restituir a los suelos los elementos nutritivos que las plantas extraen, o que los suelos pierden por lavado, retrogradación y erosión, poniendo a disposición de los cultivos los nutrientes que precisan en cada momento.

Los ensayos a largo plazo demuestran claramente la acción de los fertilizantes sobre la productividad de los cultivos (Vega, 2017). Sin embargo, para conseguir su máxima eficiencia, la fertilización debe formar parte de un conjunto integrado de prácticas. Los elementos nutritivos que principalmente son aportados por estas técnicas son el nitrógeno, fósforo y potasio. En la Figura 2.3 se muestra una comparativa del consumo de estos elementos nutritivos.

Figura 2.3: Comparativa de la evolución de consumo agrícola de N, P₂O₆ y K₂O en fertilizantes (toneladas)



Fuente: (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2015)

El nitrógeno es considerado el nutriente más importante para la producción vegetal, debido a las cantidades requeridas por los cultivos y a la frecuencia con que se observan deficiencias en suelos agrícolas. Por tanto, la agricultura de alto rendimiento depende del uso de fertilizantes nitrogenados esto lo convierte en un elemento esencial para la producción agrícola ya que, algunos de sus beneficios son que este tipo de fertilizantes es de fácil desplazamiento tanto como en el suelo, agua y atmósfera, por lo que el diagnóstico de las necesidades de nitrógeno de los cultivos para alcanzar el máximo rendimiento debe estar sujeto a criterios no solo

económicos sino de prevención de la contaminación ambiental y su repercusión sobre la salud (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009).

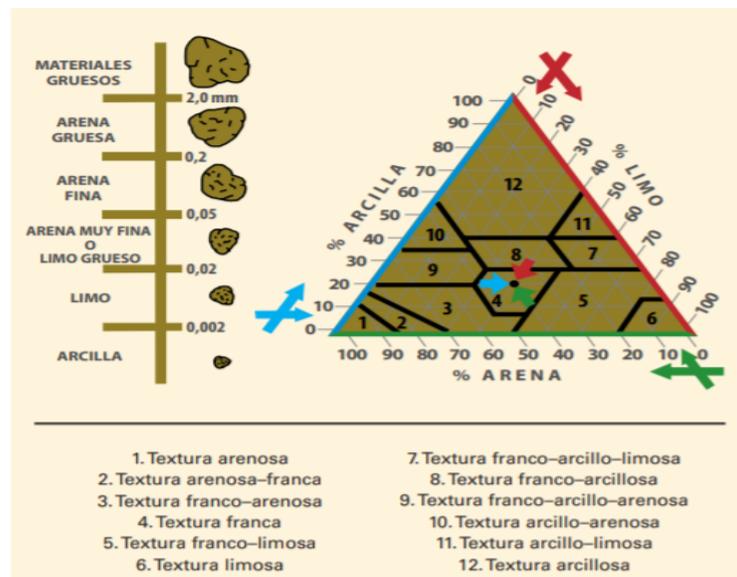
2.1.11 Tipos de suelos

Existen los suelos arenosos y arcillosos, los últimos contienen elementos de nutrientes orgánicos que son menos probables a erosionarse que los suelos arenosos ya que, los suelos arcillosos conforman unos tipos de grumos que pueden resistir lluvias.

Dado que las características físicas del suelo están conectadas con la calidad de su estructura, textura y profundidad, se define que:

- ➔ La textura es como se ordenan por tamaño las partículas que componen el suelo.
- ➔ Cuando se cambia el tamaño, se puede determinar el tipo de suelo.
- ➔ Lo anterior, deberá ser con la ayuda del triángulo de textura donde se determina exactamente el tipo de suelo.

Figura 2.4: Diagrama triangular para la determinación de la textura



Fuente: (Gobierno de España, 2009)

Por lo tanto, el suelo se puede clasificar como:

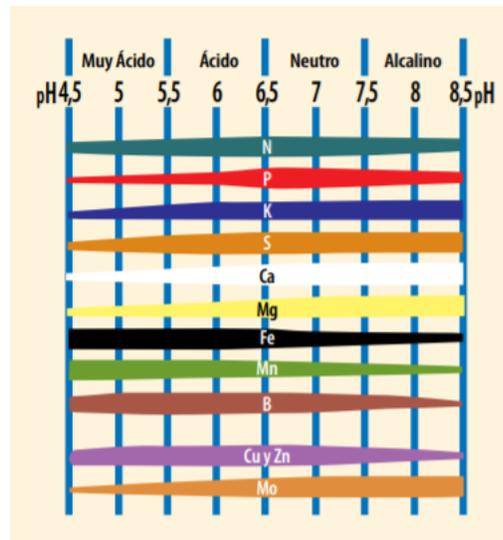
- a. Arenoso, cuando se encuentra arcilla inferior al 10%.
- b. Franco, cuando se encuentra arcilla entre 10-30%.
- c. Arcilloso, cuando se encuentra arcilla superior al 30%.

2.1.12 La influencia que genera el pH en el suelo

La influencia del pH que se puede encontrar en el suelo se puede demostrar a través de su acidez debido a que, cuando un terreno tiene fuerte acidez se determina que contiene escasos de calcio, potasio o magnesio, dado que, estos organismos presentan una disminución de su basicidad paralelamente el fósforo en el suelo decrece. En cambio, un suelo que contiene una fuerte basicidad tendrá varias bases de cambio, pero la presencia de un elevado contenido de carbonato de calcio bloquea la posible absorción del fósforo y de la mayor parte de los micronutrientes.

Un pH neutro se encuentra entre $6,6 \leq \text{pH} \leq 7,5$, donde se obtendrá un suelo adecuado para la asimilación de los nutrientes. El poder tampón de un suelo es la facilidad con que este puede cambiar su pH, lo que depende mayormente de su textura. Dado que, los suelos arcillosos presentan una elevada resistencia y tienen un fuerte poder tampón.

Figura 2.5: Disponibilidad de los nutrientes en función del pH en el suelo



Fuente: (Gobierno de España, 2009)

2.1.13 Identificación de los efectos y principales impactos al medio ambiente

Los fertilizantes minerales han hecho posible revolucionar la agroindustria produciendo más alimentos y satisfacer a una población cada vez más grande. El uso de fertilizantes minerales, a menudo muy solubles, ha provocado algunos efectos no deseados cuyo desarrollo se ha detectado en las últimas décadas. En la actualidad se trata de adoptar medidas para reducir los efectos que provocan los fertilizantes nitrogenados, minerales principalmente, en el que es indispensable aplicar prácticas sustentables de fertilización de los suelos agrícolas, con el objetivo de utilizar los recursos y el suelo, sin comprometer a las generaciones futuras. (Andreu, y otros, 2006). El nitrógeno es uno de los nutrientes primarios, siendo la principal limitante para la productividad agrícola. Los principales impactos de la aplicación excesiva del nitrógeno son la eutrofización, acidificación y toxicidad. El principal impacto al medio ambiente es la aceleración del proceso de eutrofización del agua (González P. , 2019).

La intervención humana en las aplicaciones de nutrientes en los suelos ha generado un cambio en el ciclo del nitrógeno. Actividades como la adición excesiva de

fertilizantes nítricos y amoniacales en las superficies agrícolas, los vertidos de aguas residuales y fosas sépticas, la lixiviación de purines procedentes de las actividades ganaderas (abonos) o la percolación de lixiviados procedentes de estercoleros o vertederos, son las principales causas de los problemas de contaminación por nitrógeno de origen antropogénico (ver Figura 2.2) (Eugercios, Álvarez-Cobelas, & Montero, 2017).

En los fertilizantes nitrogenados se consideran pérdidas de compuestos que, desde la aplicación humana, se siguen transportando por diferentes medios, como en el suelo provocando acidificación, infiltrándose en el subsuelo llegando a los acuíferos y también en aguas superficiales en forma de lixiviado provocando grandes concentraciones de nitratos en el agua y a la vez generando eutrofización. También, una parte de los compuestos nitrogenados se pierde en forma de emisión atmosférica con los compuestos de amoníaco, dióxido de nitrógeno, óxido nitroso y nitrógeno, aportando a la generación de gases de efecto invernadero, contribuyendo así al cambio climático y a la contaminación. (Ferraris et al, 2016) (Eugercios Silva, Álvarez-Cobelas, & Montero González, 2017).

2.2 Marco Legal

2.2.1 Normativa ambiental

Según la legislación chilena, “en el marco del SEIA, el concepto de normativa de carácter ambiental, o normativa ambiental aplicable, comprende aquellas normas cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental”. Se excluyen de este concepto, por lo tanto, aquellas normas que, si bien comparten el mismo objetivo, no imponen obligaciones o exigencias al titular directamente, sino que deben ser consideradas a efecto de determinar si un proyecto o actividad presenta alguno de los efectos, características o circunstancias descritas en el artículo 11 de la Ley N° 19.300” (SEA).

Según la legislación de la Unión Europea, “las normas europeas comunes en materia medioambiental tienen una influencia directa en la vida cotidiana, ya que, entre otras cosas, mejoran la calidad del aire, garantizan la seguridad del agua potable y velan por una gestión adecuada de los residuos. Su incumplimiento puede acarrear costes económicos importantes y perjuicios para la salud humana y el medio ambiente. El nuevo plan de acción de la Comisión Europea ayudará a las autoridades a promover, supervisar y hacer cumplir estas normas en el marco de lo que se ha dado en llamar la garantía de cumplimiento de la normativa medioambiental” (Comision Europea, 2018).

A continuación, se señalan las normativas aplicables en el uso de fertilizantes nitrogenados:

- Norma Chilena sobre el Agua Potable (NCh 409/1 oficial 2005).
- Norma Chilena sobre Requisitos para calidad del agua para diferentes usos (NCh 1.333/78).
- Ley N° 20.412/2010, Establece un sistema de incentivos para la sustentabilidad agroambiental de los suelos agropecuarios, Ministerio de Agricultura, Chile.
- Decreto ley 3557, Establece disposiciones sobre la protección agrícola, Chile.
- Real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, España.
- Real decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, España.
- Real decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario, España.
- Ley sobre conservación y mejoras de suelos agrícolas de 20 de julio de 1995, España.
- Reglamento (CE) N°2003/2003 del parlamento europeo y del consejo, 2003, Unión europea.

- Real decreto 888/2006, de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con un contenido en nitrógeno igual o inferior al 28 por ciento en masa, España.
- Real decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes, España.

2.2.2 Normativa chilena para fertilizantes

La norma chilena del agua potable (NCh 409/1 Oficial 2005), desde el año 2005, establece un límite máximo en el nivel de nitrógeno, como nitrato en el agua potable, de 50 ppm de N-NO₃, y de 3 ppm de N como nitrito N-NO₂⁻. Por otro lado, el nitrógeno como fertilizante se encuentra regulado en los artículos 57, 38 y 39 del Decreto Ley 3557 que establece obligaciones para los fabricantes, distribuidores y consumidores de fertilizantes.

Sin embargo, la única exigencia legal que existe en esta materia es la obligación de indicar en la etiqueta la composición centesimal del producto, en caso de que el fertilizante venga envasado mientras que, en el caso de la venta a granel del producto, esta indicación debe constar en la boleta o factura. Asimismo, cabe destacar respecto de la legislación nacional que, no existe una norma que establezca límites en la aplicación de nitrógeno como producto fertilizante. No obstante, hasta ahora, la ley chilena sólo regula y fiscaliza la composición de los productos fertilizantes que se comercializan y no contempla ninguna regulación con relación a las aplicaciones y manejos de estos de modo que no constituyan un riesgo para la salud y el medio ambiente, siendo en estos casos el órgano fiscalizador el SAG (Silva, 2010).

Dentro de la normativa chilena se ven diferenciados los requisitos de calidad del agua de acuerdo con su uso, esto se puede clasificar entre los usos para consumo humano, bebida de animales, riego, recreación y estética (estética, recreación con contacto directo, recreación sin contacto directo) y vida acuática. La norma fija un criterio de calidad del agua, de acuerdo con requerimientos científico-referidos, a

aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. Se puede señalar que dichos criterios tienen por objetivo proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo y origen (El Centro del Agua, 2009).

2.2.3 Normativa de la Unión Europea para fertilizantes

Desde que hace algunos años surge la Directiva CE 2003/2003, con la que la Unión Europea reguló la libre producción y comercialización de un gran número de fertilizantes en el territorio de la Unión Europea. Así, los abonos que cumplen con los requisitos de esta directiva pueden ser libremente comercializados en cualquier país europeo sin necesidad de registro en cada uno de los territorios.

Paralelamente, cada país tiene su propia reglamentación en materia de fertilizantes, donde se contemplan otros tipos de abonos, enmiendas, correctores, organominerales o abonos especiales, adaptados al uso particular de cada territorio. En el caso de España, la legislación nacional pertinente es el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes.

El Reglamento (CE) N.º 2003/2003 y el Real Decreto 506/2013 disponen las características y contenidos que debe tener el etiquetado de los productos fertilizantes, entre estas se dispone que la composición del fertilizante debe ser descrita en el etiquetado. sobre productos fertilizantes. En este momento coexisten ambas legislaciones regulatorias en los distintos países de la Unión Europea, es decir, una única legislación que engloba los abonos CE, y una legislación nacional particular de cada país para regular y normalizar los abonos que no están regulados por la primera, y que pueden ser producidos y comercializados en cada estado en particular (Morera, 2019).

En España existe la Ley sobre conservación y mejora de suelos agrícolas de 20 julio de 1995, la cual dispone una serie de medidas para la protección de suelos (Jefatura del Estado de España, 1955).

En materia de protección al medio ambiente en España se tiene el Real Decreto N° 261/1996, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias tiene como objeto, el cual establecer las medidas necesarias para prevenir y corregir la contaminación de las aguas, continentales y litorales, causada por los nitratos de origen agrario (Ministerio de la Presidencia, 1996). También se tiene el Real Decreto 1310/1990, el que regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario, expone las características que deben tener los lodos de depuración que se utilizaran como fertilizante y formas de uso adecuada de estos (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)

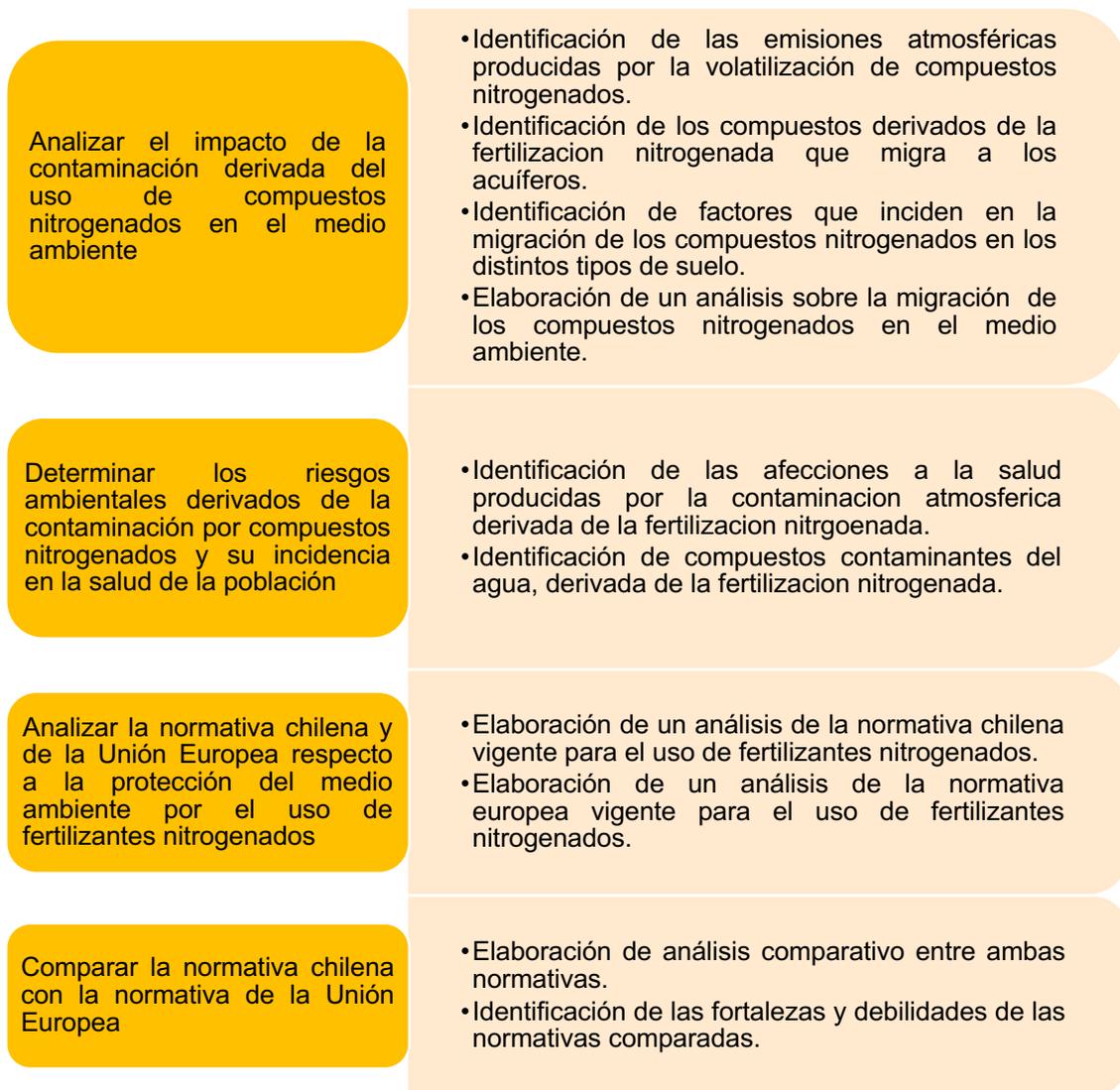
3. METODOLOGÍA

3.1 Metodología de Trabajo

La metodología para distinguir la diferenciación entre la normativa chilena y la normativa de la Unión Europea, en general, y española, en particular, respecto al uso de los fertilizantes nitrogenados, será aplicando un análisis comparativo, que consiste en dos etapas. Inicialmente, se recopilará bibliográfica de la normativa respectiva, producto de una investigación previa. A continuación, este conjunto de normativas será mostrada en tablas comparativas, según distintos parámetros identificados a través de la investigación. En consecuencia, las normativas podrán ser interpretadas y analizadas para su comparación y diferenciación, haciendo que se puedan identificar los estándares exigidos en la normativa sobre el uso de fertilizantes nitrogenados en el país en comparación con la Unión Europea.

En el esquema, de la Figura 3.1, se detallan las actividades a realizar para cumplir cada objetivo específico señalado anteriormente.

Figura 3.1: Esquema metodológico



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Elaboración de un Análisis del Impacto de la Contaminación Derivada del Uso de Compuestos Nitrogenados en el Medio Ambiente

3.2.1 Identificación de las emisiones atmosféricas producidas por la volatilización de compuestos nitrogenados

En esta actividad se estudiará bibliografía especializada en emisiones atmosféricas, específicamente artículos que traten acerca de la volatilización de compuestos nitrogenados. Entre estas publicaciones se encuentra “Emisiones antropogénicas de amoníaco, nitratos y óxido nitroso: compuestos nitrogenados que afectan el medio ambiente en el sector agropecuario colombiano” (Cárdenas & Garzón, 2013).

3.2.2 Identificación de los compuestos derivados de la fertilización nitrogenada que migra a los acuíferos

En esta actividad se deberán estudiar textos y bibliografía sobre el ciclo del nitrógeno, donde se reconocerán algunas etapas de este ciclo tales como, la amonificación, nitrificación y desnitrificación, entre otros; en las cuales se podrán identificar algunos efectos derivados de los compuestos producidos por la lixiviación de nitratos y emisiones de óxido nitroso. Estos efectos podrían ir hacia las escorrentías y la filtración de aguas con alto contenido nitroso. Algunas de estas publicaciones son “Evaluación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato con un acople SIG- Modelo de simulación de nitrógeno en suelos agrícolas” (Mompó & Ramos, 1998).

3.2.3 Identificación de factores que inciden en la migración de los compuestos nitrogenados en los distintos tipos de suelo

Para realizar esta actividad se estudiarán textos basados en la disminución de la capacidad del suelo, donde se distinguen diferentes tipos de degradaciones por la contaminación de los suelos. De esta manera se logrará identificar como el

nitrógeno es absorbido y podría llegar a lixiviarse por nitratos. Entre las publicaciones estudiadas se encuentra “Control de la degradación del suelo” (González, Jiménez, & Álvarez, 2005).

3.2.4 Elaboración de un Análisis de la migración de los compuestos nitrogenados en el medio ambiente

Para esta actividad se deberán estudiar los distintos canales de migración que tienen los compuestos nitrogenados hacia el medio ambiente, específicamente la atmósfera. Se estudiarán textos basados en la publicación hecha por la IFA sobre “The Role of Fertilizers in Integrated Plant Nutrient Management” (Alley & Vanlauwe, 2009), así como la investigación “Environmental Impacts of Nitrogen Use in Agriculture, Nitrate Leaching and Mitigation Strategies” (Bibi, Saifullah, Naeeman, & Dahlawi, 2016) y el Programa Manejo, Fomento de Aguas y Agricultura Limpia a Nivel de Cuencas (Comisión Nacional de Riego, Soluziona Chile S.A, (S.f)). De esta forma se podrá elaborar un análisis sobre la migración de estos compuestos y sus potenciales resultados para el medio ambiente.

3.3 Determinación de Riesgos Ambientales Derivados de la Contaminación por Compuestos Nitrogenados y su Incidencia en la Salud de la Población

3.3.1 Identificación de afecciones a la salud humana relacionadas a la contaminación del medio ambiente producto de la fertilización nitrogenada

Con el fin de identificar las afecciones a la salud, se deberán estudiar publicaciones relacionadas con la contaminación adyacente al uso de compuestos nitrogenados en los suelos, relacionados con el nitrito y el nitrato procedentes del uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y otros motivos. Para llevar a cabo esta actividad se estudiará, entre otras, la publicación del Departamento de servicios de salud de

California, "Posibles Efectos en la Salud Relacionados con Nitratos y Nitritos en Agua de Pozos Privados" (Departamento de Servicios de Salud de California, 2006).

3.3.2 Identificación de los compuestos del agua derivada de la fertilización nitrogenada

Para lograr identificar los compuestos que emigran del agua derivada de fertilización nitrogenada, se deberá examinar cómo se compone esta, por lo que se estudiará la gestión que se hace cuando se ocupan los fertilizantes nitrogenados en el riego, así como sus emisiones hacia el acuífero superficial. Para lo anterior, se empleará la publicación sobre "Asesoramiento técnico en cultivos hortícolas bajo abrigo: Gestión de la fertilización nitrogenada y el riego" (Baeza Cano, García García, Fernández Fernández, & Navarro Cuesta, 2009).

3.4 Análisis de la Normativa Chilena y de la Unión Europea Respecto a la Protección del Medio Ambiente por el uso de Fertilizantes Nitrogenados

3.4.1 Elaboración de un análisis de la normativa chilena vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados

En esta actividad se deberán identificar y estudiar las distintas normas existentes en la legislación chilena, donde se podrían encontrar reglamentos, artículos, normativa o proyectos, que abarquen el uso de fertilizantes nitrogenados, para proceder a su análisis, las que se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Normativa chilena

NORMATIVA	NOMBRE	FECHA
D.S 2 Min. Agricultura	NORMAS TÉCNICAS DE LA LEY N° 20.089, QUE CREA EL SISTEMA NACIONAL DE CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS AGRÍCOLAS	09/04/2016
NCh 409/1	Norma Chilena de calidad de agua potable	26/07/2005
Decreto ley 3557	Establece disposiciones sobre protección agrícola	09/02/1981
Ley N° 20412/2010	Establece un Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios del Ministerio de Agricultura	09/02/2010

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Elaboración de un análisis de la normativa europea vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados

En esta actividad se deberá localizar y estudiar la normativa europea vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados, proveniente de la Unión Europea, en general, y de la legislación española, en particular, con el objetivo de conocer los aspectos considerados en la legislación referente a fertilizantes nitrogenados. La normativa asociada a fertilización nitrogenada se presenta en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Normativa europea y española

NORMATIVA	NOMBRE	FECHA
(CE) N°2003/2003	Reglamento relativo a los abonos	10/13/2003
Real Decreto 140/2003	Por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano	07/02/2003
Real Decreto 506/2013	Sobre productos fertilizantes	28/06/2013
Real Decreto 261/1996	Sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias	16/02/1996
Real Decreto 1310/1990	Por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario	29/10/1990
Ley de 20 julio de 1995	Ley sobre conservación y mejora de suelos agrícolas	20/07/1995

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Comparación de la Normativa Chilena con la Normativa de Países de la Unión Europea

3.5.1 Elaboración de Análisis comparativo entre ambas normativas

Una vez definidos los aspectos que se presentan en la legislación chilena como la europea, se elaborará un análisis comparativo, donde se identificarán los aspectos en común compartidos por ambas legislaciones, así como también los vacíos presentes en la normativa chilena.

3.5.2 Identificación de fortalezas y debilidades de las normativas comparadas

En esta actividad se deberán identificar y recopilar las diferentes normativas encontradas tanto en Chile como en Europa para la evaluación de sus debilidades y fortalezas como estructura legislativa.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis del Impacto de la Contaminación Derivada del Uso de Compuestos Nitrogenados en el Medio Ambiente

4.1.1 Emisiones atmosféricas producidas por la volatilización de compuestos nitrogenados

4.1.1.1 Efecto invernadero

Debido a que el cambio climático es un hecho, al cual se le derivan millones de causas por la incrementación de contaminación que recibe de los humanos el planeta Tierra y por, sobre todo, cuando en perspectiva se juntan todas estas causas, y se llega a reconocer un impacto sobre la atmósfera gracias al conocido efecto invernadero.

El efecto invernadero es, por definición, un fenómeno por el cual determinados gases son componentes de la atmósfera y conocidos como de efecto invernadero o GEI. La atmósfera se ve afectada ya que, lo que hace es percibir y retener una parte de la energía que la Tierra emite a consecuencia del calentamiento por la radiación solar. Los GEI afectan a la tierra y a todos los cuerpos planetarios que contengan atmósfera y, a pesar de la distinción negativa que casi siempre se les otorga, estos gases son necesarios para la vida en la tierra, debido a que es un efecto natural que da la debida e idónea temperatura para la realización de nuestra vida en el planeta.

Según el actual consenso científico, el efecto invernadero ha ido creciendo en la Tierra por las diferentes actividades humanas que generan y emiten dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, entre otros gases que, al aumentar y verse dañado su estado natural, hace que la temperatura aumente (Cárdenas & Garzón, 2013) y, por lo tanto, los GEI toman una connotación negativa, debido a que su crecimiento conlleva a que la energía solar que recibe la tierra sea devuelta al espacio,

produciendo que se hospede esta energía en el planeta y que, por lo tanto, la temperatura crezca.

4.1: Esquema del funcionamiento de un invernadero



Fuente: (Emisión de gases de efecto invernadero, 2020)

El uso de fertilizantes se hace necesario para el hombre, ya que con ello cumple sus objetivos de producción. Generalmente, los suelos no contienen los nutrientes suficientes como para permitir durante una cantidad de tiempo extensa la producción esperada o deseada, por lo que se decide, en su mayoría, enriquecer las tierras con fertilizantes, en este caso de origen nitrogenado.

Por lo tanto, las emisiones de GEI si influyen en el planeta Tierra. Por una parte, se deben identificar algunos gases que tienen un potencial calentamiento sobre nuestro planeta como, por ejemplo, el óxido nitroso (N_2O), el cual es un gas que es emitido por la agricultura y la ganadería, por el uso de fertilizantes nitrogenados. El N_2O , en comparación del CO_2 puede llegar a ser 298 veces mayor, según su potencial de calentamiento.

4.1.1.2 Compuestos nitrogenados

Los fertilizantes nitrogenados buscan mejorar el suelo a través de la incorporación del nitrógeno. Dentro del ciclo del nitrógeno se encuentra el óxido nitroso y otros gases. Todos estos, a consecuencia de la etapa de reacciones en el ciclo del nitrógeno como amonificación, nitrificación y desnitrificación, ayudan a comprender los efectos que puede llegar a producir sobre el medio ambiente, tanto por la emisión del óxido nitroso como también, por la volatilización de amoniaco y la lixiviación de nitratos, afectando directamente al ambiente.

4.1.2 Compuestos derivados de la fertilización nitrogenada que migra a los acuíferos

4.1.2.1 Consumo de fertilizantes en Chile

El consumo de fertilizantes a nivel mundial fue de 181,9 millones [t] en el periodo 2014/2015, correspondiente a 102,5 millones [t] de nitrógeno; 45,9 millones [t] de fósforo y 33,5 millones [t] de potasio. En Chile el consumo para mismo periodo fue de 169 [kt] de nitrógeno, 130 [kt] de fósforo y 99 [kt] de potasio (González P. , 2019)

El uso de los fertilizantes nitrogenados, en las distintas áreas económicas recién destacadas, produce una utilización elevada de este tipo de abono para tener un rendimiento más elevado en sus sistemas de producción tanto agrícolas como bovinos. De manera general, se tiene el deber de responder a la demanda global creciente por alimentos y, a su vez, poner en aumento la producción de cultivos que son más demandados, como frutales y hortalizas. Todo lo anterior se debe hacer en conjunto con nuevas técnicas para la producción agrícola, las que deben incorporar técnicas modernas de producción, semillas de calidad y condiciones climáticas adecuadas.

Los fertilizantes hacen posible que los agricultores respondan a este desafío, manteniendo la fertilidad de suelo. Algunas investigaciones realizadas al respecto

señalan que, cerca del 40% de la producción mundial de alimentos sería el resultado directo del uso de fertilizantes (ODEPA, 2009). Debido a lo anterior, ha aumentado el uso de los fertilizantes químicos, los cuales cumplen la función de contribuir a un mejor rendimiento para los cultivos de los agricultores y, de esta forma, ir respondiendo a la demanda global de alimentos.

La agricultura convencional depende de la aplicación de fertilizantes minerales solubles, con el fin de lograr mayor rendimiento en los cultivos (González P. , 2019). Aunque, el uso excesivo de los fertilizantes como abono ha ocasionado eutrofización, contaminación de aguas subterráneas y, por lo tanto, un nivel tóxico para las aguas. También ha contaminado el aire y, por ende, la atmosfera, sin hacer alusión a la degradación del suelo y de los ecosistemas ya que, todo en la naturaleza debe tener un equilibrio. Como se mencionó anteriormente, los GEI son necesarios para mantener una temperatura adecuada dentro del planeta, pero el exceso de estos gases hace que el equilibrio biológico desaparezca, debido a lo cual se ven afectadas la flora y fauna, por lo que la biodiversidad de estas zonas se contamina.

4.1.2.2 Impactos en las Aguas Subterráneas y Superficiales

Algunos de los principales impactos se pueden encontrar en el agua subterránea y superficial dado que, su principal efecto es la lixiviación de nitrato. Esto ocurre por la concentración elevada de nitratos tanto en las aguas subterráneas como en las aguas superficiales, donde se puede apreciar un incremento debido a las actividades agrícolas. Esta lixiviación de nitrato podría llegar a reducir el pH del agua dulce, lo que puede producir una reducción en la capacidad de neutralización del ácido. En 1971, se planteó que, debido a la disminución del pH que podría sufrir el agua, se tiene como resultado la producción de una serie de contaminantes tales como, por ejemplo, el aluminio móvil y algunos metales pesados como el Cd, Cu, Pb y Zinc (Campbell, Biederbeck, & Warder). El aumento del crecimiento de la agricultura, junto con la proliferación de los productores primarios, trae como

consecuencia la eutrofización, lo que se convierte en un impacto negativo mayormente dirigido hacia los lagos.

Por último, cuando las medidas de concentraciones en el uso de los fertilizantes nitrogenados se ven exacerbadas, se puede llegar a convertir a un cuerpo de agua de parámetros normales a tóxicos para la vida acuática e intervenir a través de los nitratos el agua potable, los cuales son absorbidos por el cuerpo humano por el tracto intestinal en 4 a 12 horas (Departamento de Servicios de Salud de California, 2006). Las concentraciones de nitrato en el agua potable pueden tener efectos toxicológicos cuando es menor de 50 mg NO₃-/L, ya que se puede transformar en inflamación en la zona del sistema digestivo y, secundariamente, causar la digestión en los bebés por metahemoglobina (Vega, 2017).

4.1.3 Factores que inciden en la migración de los compuestos nitrogenados en los distintos tipos de suelo

Algunos de los impactos negativos que pueden verse ocasionados para el suelo agrícola pueden ser el deterioro prematuro de su estructura, dado que, los suelos pueden sufrir una disminución en su fertilidad, lo que podría conducir a menoscabar el equilibrio de los elementos que componen el suelo y los componentes, pudiendo llegar a representar una microfauna dentro del mismo terreno. Visto que para la agricultura el suelo fértil es importante, tanto como para las producciones de verduras y también los pastizales donde se alimentan los animales, se hace relevante que la estructura que compone el suelo no cause efectos negativos ni en los seres humanos a través de las comidas hechas con estos alimentos, ni en los propios animales. Pero debido a lo que se mencionó anteriormente, la sobre demanda proliferante de alimentos trae como consecuencia que las industrias agrícolas y ganaderas acarren emisiones industriales tóxicas hacia el suelo, con estas producciones, lo que deteriora su estructura.

4.1.4 Análisis sobre la migración de los compuestos nitrogenados en el medio ambiente

En 1996, Breland & Hansen, realizaron el estudio “Nitrogen mineralization and microbial biomass as affected by soil compaction”, demostrando que existe un incremento de la pérdida de nitrógeno gaseoso, lo que afecta en reducir la mineralización por este en los suelos, ya que la descomposición del N se ve retardada debido a una deficiencia de O₂.

En 1997, Hadas & Portnoy, concluyeron que la disponibilidad de cantidad representada por la solubilidad de carbono y nitrógeno era esencial en la liberación del nitrógeno inorgánico, los cuales resultan independientes del tipo de suelo y de la dosis de aplicación de compost.

En la mineralización del nitrógeno, de la materia orgánica, el N inorgánico puede ser liberado y estar disponible para la captura por la planta. Sin embargo, la mayoría de los estudios demuestran que los microorganismos son generalmente mejores competidores que las plantas para el N inorgánico añadido de fuentes externas (Jones, White, & Cooper, 2005).

Debido a todo lo anteriormente expuesto, es de vital importancia tener buenas prácticas agrícolas que contengan idealmente una protección con el medio natural, es decir, que protejan la biodiversidad, el agua, la atmósfera y el suelo de contaminantes nocivos para cualquier fuente, las positivas prácticas agrarias dan la posibilidad de prevenir la erosión, conocer los componentes del agua de riego, controlar el escurrimiento superficial, conocer el suelo y la correcta elección de plaguicida, abono y fertilizante a ocupar, buena dosificación de estos a través, idealmente de un programa de fertilización que apoya el correcto uso de estos para la no contaminación hacia el medio ambiente.

4.2 Determinación de Riesgos Ambientales Derivados de la Contaminación por Compuestos Nitrogenados y su Incidencia en la Salud de la Población

4.2.1 Afecciones a la salud humana relacionadas a la contaminación del medio ambiente producto de la fertilización nitrogenada

La forma en que contaminantes de la fertilización nitrogenada pueda entrar al cuerpo es como nitrato y nitrito, pudiendo ser respirando, ingiriendo alimentos o bebiendo agua. En el caso de la respiración de estos compuestos, es improbable que una persona se exponga a altas concentraciones que puedan producir efectos nocivos en la salud.

En cambio, cuando son ingeridos por medio del agua, se ha descubierto que en menores de 6 meses produce metahemoglobinemia, esto es, cuando el nitrito en la sangre reacciona con la hemoglobina, reduciendo la capacidad de esta de transportar oxígeno a los tejidos, condición se conoce como el síndrome del bebe azul, ya que la piel comienza a tornar de un color azulado, especialmente alrededor de la boca y los ojos. Por la metahemoglobinemia han fallecido algunos bebes (considerando que esta condición también puede ser generada por gastroenteritis, virus o bacterias en el agua potable) (Departamento de Servicios de Salud de California, 2006).

En el caso de las mujeres en el embarazo, los niveles de metamoglobina aumentan respecto al nivel normal, llegando incluso a un 10% de aumento en la semana número 30 y después del parto vuelve a bajar a su nivel normal. Las mujeres embarazadas son susceptibles a metamoglobinemia y deben verificar que el agua potable que se consume no presente altos niveles de nitratos y nitritos que puedan poner en riesgo la salud.

En niños y adultos, que ingirieron alimentos o líquidos con alto contenido de nitrito, se presentó una caída de presión sanguínea, mostrando una disminución de

oxígeno hacia sus tejidos, vómitos, dolor de cabeza y calambres abdominales. Algunos casos, terminaron en muerte por falta de oxígeno en los tejidos.

Existe evidencia no comprobada, que sugiere que, el nitrito en reacción con otras sustancias químicas puede producir cáncer gastrointestinal en los seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), determinó que existe:

- Evidencia inadecuada de carcinogenicidad para nitrato en los alimentos o el agua potable.
- Evidencia limitada de carcinogenicidad para el nitrito en los alimentos.
- Evidencia inadecuada de carcinogenicidad de nitrato.
- Evidencia limitada de carcinogenicidad de nitrito por sí mismo.
- Evidencia suficiente de carcinogenicidad de nitrito en combinación con aminos y amidas.

La IARC concluye que, “la ingestión de nitrato y nitrito bajo condiciones que resultan en nitrosación endógena es probablemente carcinogénica en seres humanos” (Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional, 2015).

4.2.2 Compuestos contaminantes en el agua derivada de la fertilización nitrogenada

Debido al proliferante aporte de nitrógeno en las producciones agrarias, se distingue un exceso de nitratos y nitritos en el agua lo que atrae una posible afectación a los parámetros del agua, debido a la fertilización de minerales, en este caso, nitrogenada.

El exceso de nitratos y nitritos puede concluir en un daño para la salud humana ya que los acuíferos son contaminados. La enfermedad más conocida por esto es, la metahemoglobinemia. Cabe recordar que, los nitratos generan un gran aporte a los gases de efecto invernadero, ya que el nitrato y nitrito derivan del agua desde la

lixiviación del nitrógeno o posiblemente de la escorrentía de esta, produciendo la contaminación de los acuíferos subterráneos. Por otro lado, para la eficacia en el manejo del sistema, se debe vigilar el disminuir la dosis de nitrógeno a los suelos para cuidar el movimiento que tiene este anión en ellos mejorando, de esta manera, la calidad de las aguas subterráneas.

4.3 Análisis de la Normativa Chilena y de la Unión Europea Respecto a la Protección del Medio Ambiente por el uso de Fertilizantes Nitrogenados

4.3.1 Análisis de la normativa chilena vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados

La norma chilena del agua potable (NCh 409/1 Oficial 2005), desde el año 2005, establece un límite máximo en el nivel de nitrógeno, como nitrato en el agua potable, de 50 ppm de N-NO₃, y de 3 ppm de N como nitrito N-NO₂. La Norma Chilena 1.333, de calidad del agua para diferentes usos, fija criterios de calidad del agua por requerimientos científicos, referidos a sus aspectos físicos, químicos y biológicos, según un uso determinado en este caso haciéndose pertinente por el contenido de nombramiento de los requisitos del agua para riego (Instituto Nacional de Normalización , 1987).

La Ley N° 20412/2010, que establece un Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios del Ministerio de Agricultura, en su artículo 1, tiene como objetivos, “la recuperación del potencial productivo de los suelos agropecuarios degradados y la mantención de los niveles de mejoramiento alcanzados, el que se regirá por las normas de esta ley”. Por otra parte, establece un programa que bonificará los costos netos de actividades señaladas en la ley, como el empleo de métodos de intervención del suelo, entre otros, la rotación de cultivos, orientada a evitar su pérdida y erosión y a favorecer su conservación.

4.3.2 Análisis de la normativa europea vigente para el uso de fertilizantes nitrogenados

4.3.2.1 Normativa de la Unión Europea

Unión Europea (UE) El Reglamento (CE) N° 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, establece las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano. Según su artículo 11, tiene como el objeto establecer “normas en materia de salud pública y salud animal aplicables a los subproductos animales y los productos derivados, con el fin de prevenir y reducir al mínimo los riesgos para la salud pública y la salud animal que entrañan dichos productos, y, en particular, preservar la seguridad de la cadena alimentaria humana y animal”.

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, establece los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro, con el fin de proteger la salud humana de los efectos adversos derivados por cualquier tipo de contaminación de las aguas, entre ellos el nitrato y el nitrito.

El Reglamento (UE) N° 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos, tiene como objeto fijar "los principios de la producción ecológica y establece las normas aplicables a dicha producción, a la certificación respectiva y al uso de indicaciones referidas a la producción ecológica en el etiquetado y la publicidad".

4.3.2.2 Normativa de España

En España, el Real Decreto N° 506/2016, sobre productos fertilizantes tiene como objeto "establecer la normativa básica en materia de productos fertilizantes y las normas necesarias de coordinación con las comunidades autónomas", como lo establece su artículo 1. Según su artículo 4, se podrá utilizar como fertilizante, siempre cuando cumpla los siguientes requisitos:

- a) Que aporte nutrientes a las plantas de manera eficaz o mejore las propiedades del suelo.
- b) Que se disponga, para el producto, de métodos adecuados de toma de muestras, de análisis y de ensayo para poder comprobar sus riquezas y cualidades.
- c) Que, en condiciones normales de uso, no produzca efectos perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

Además, el Real Decreto N° 261/1996, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias tiene como objeto "establecer las medidas necesarias para prevenir y corregir la contaminación de las aguas, continentales y litorales, causada por los nitratos de origen agrario". Este decreto señala que, se deben declarar zonas vulnerables aquellas cuya concentración de nitratos sea superior a 50 mg/l. Además, para cumplir con los objetivos, se señala que los agricultores podrán aplicar el Código de Buenas Prácticas Agrarias, de carácter voluntario.

4.4 Comparación de la Normativa Chilena con la Normativa de Países de la Unión Europea

4.4.1 Análisis comparativo entre ambas normativas

Se analizó la legislación de Chile y la Unión Europea, España. Donde se enfoca en la comparación de las respectivas legislaciones. En el caso de Chile, se analizaron, mayoritariamente, las normativas que regulan la calidad y protección del agua, así como para la Unión Europea se revisó la norma sanitaria y de producción orgánica.

Por último, para España se revisó la normativa sobre la protección de agua y enmiendas orgánicas.

En Chile, cabe destacar que, existen normativas predominantes hacia el uso, protección y calidad del agua encontrando la norma chilena del Agua Potable (NCh 409/1 Oficial 2005), la Norma Chilena de calidad del agua para diferentes usos (NCh. 1.333 de 1978 la cual fue modificada en 1987), el Decreto 90 como también el Decreto 143 y respecto a los que hacen alusión a los fertilizantes la Resolución 1035 Exenta, Ley 19695, el Decreto 3 y la Ley N° 20412/2010 que establece un Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos, todos pertenecientes al Ministerio de Agricultura.

Por otro lado, el nitrógeno como fertilizante se encuentra regulado en los artículos 57, 38 y 39 del Decreto Ley 3557 que establece obligaciones para los fabricantes, distribuidores y consumidores de fertilizantes. Así como también se encontraron normativas o regulaciones, donde se señala a los fertilizantes, como la Resolución 5197 Exenta, la cual fija estándares para la evaluación de plaguicidas agrícolas y solicitud en materias de fertilizantes, aunque en el desarrollo de esta no se siga nombrando propiamente tal como fertilizantes. Por último, es relevante señalar que, existe un proyecto de Ley que establece normas sobre composición, etiquetado y comercialización de fertilizantes y bioestimulantes de la cual, cabe mencionar que, el proyecto fue aprobado en general por el Senado en enero del 2020 y la Comisión de Agricultura despachó un informe complementario en marzo del 2021. De este modo, quedó en condiciones de cumplir su tercer trámite, a la Cámara de Diputados.

Por otra parte, la norma sanitaria de la Unión Europea establece una Directiva de la U.E 91/676/EEC, relativa a la protección de las aguas de la contaminación causada por nitratos de origen agrario. A su vez, se analizó el Reglamento (CE) N° 2003/2003 del Parlamento Europeo. En el caso de España, las regulaciones establecen cuando se puede aplicar los fertilizantes, el máximo a aplicar y las medidas de protección a

cursos de aguas y enmiendas orgánicas donde se puede señalar el Real Decreto N° 506/2016, sobre productos fertilizantes.

Para la Unión Europea y España, el empleo en el uso de los nutrientes complementarios en el suelo debe tener una buena práctica y que busque mejorar las propiedades del suelo y no dañe ni contamine.

Es importante señalar que, en la Tabla 4.5, se puede observar una clara diferencia entre las legislaciones analizadas ya que, dentro de las normativas chilenas no hay ninguna que regule o nombre según tipología de fertilizantes, es decir, no se nombra los fertilizantes nitrogenados, por lo tanto, no se pueden tomar medidas particulares para ellos, sino que la legislación toma de manera general los fertilizantes más bien como abonos. Existe también un avance de la normativa chilena, a través de un proyecto de ley para reforzar el etiquetado, composición y comercialización de los fertilizantes. La Unión Europea cuenta con normativa sobre las características específicas del producto a utilizar y una declaración de la composición en porcentaje de cada ingrediente activo como también, el análisis de garantía de composición.

Tabla 4.1: Comparación entre la normativa de Chile y la Unión Europea

Temas	Normativa Chilena	Normativa UE
Contenido de elementos contaminantes en el agua potable	La norma Nch 409/1 establece los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos que se debe cumplir en el agua potable. En el caso de nitrato se tiene un límite máximo de 50 mg/l y para el nitrito 3 mg/l.	El Real Decreto 140/2003, establece los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro, con el fin de proteger la salud humana de los efectos adversos derivador por cualquier tipo de contaminación de las aguas, entre ellos el nitrato y el nitrito. Para los nitratos se ha establecido un límite máximo de 50 mg/l y para los nitritos un límite máximo de 0,5 mg/l en la red de distribución y de 0,1 mg/l en la salida de ETAP (Estación de tratamiento de agua potable). Se menciona también, que entre nitrato y nitrito se cumplirá

		la condición de que $[\text{nitrato}]/50 + [\text{nitrito}]/3 < 1$ (los corchetes significan concentración en mg/l).
Etiquetado y Envasado	Decreto Ley 3557, establece disposiciones sobre protección agrícola, dispone que los fertilizantes que se vendan envasados deben indicar en el envase o en un rotulo especial, de forma indeleble, la composición centesimal del producto que contienen. Tratándose de productos solidos que se vendan a granel, la composición centesimal del mismo deberá indicarse en las correspondientes boletas, facturas o guías de despacho. El actual proyecto de ley del Ministerio de Agricultura, que establece normas sobre composición, etiquetado y comercialización de los fertilizantes, propone que se actualice la normativa vigente en distintos ámbitos, entre estas mayores exigencias de etiquetado.	El Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes, establece las condiciones del envase de los fertilizantes y también las disposiciones que se deben cumplir para que el producto sea envasado. El Reglamento (CE) N.º 2003/2003 y el Real Decreto 506/2013 disponen las características y contenidos que debe tener el etiquetado de los productos fertilizantes, entre estas se dispone que la composición del fertilizante debe ser descrita en el etiquetado. Respecto a los nitrogenados deberán ir expresados como: nitrógeno, nítrico, amoniacal, ureico y orgánico, según corresponda.
Composición del fertilizante	El Decreto Ley 3557, el cual establece disposiciones sobre protección agrícola, menciona que se podrá prohibir la fabricación, ingreso, distribución o venta de aquellos fertilizantes que contengan elementos perjudiciales para la agricultura. facturas o guías de despacho. El actual proyecto de ley del Ministerio de Agricultura, que establece normas sobre composición, etiquetado y comercialización de los fertilizantes, propone que se actualice la normativa vigente abarcando materias como la composición de las distintas mezclas de fertilizantes.	En el anexo I del Real Decreto 506/2013 se presenta detalladamente el contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse en el producto fertilizante,
Tipificación de los productos fertilizantes	El actual proyecto de ley del Ministerio de Agricultura, que establece normas sobre composición, etiquetado y comercialización de los fertilizantes, propone determinar parámetros de calidad a cada tipo de fertilizante. Actualmente	El Real Decreto 506/2013 tipifica en grupos, en su anexo I, los productos fertilizantes, entre estos se encuentran el grupo: 1) Abonos inorgánicos nacionales; 2) Abonos orgánicos; 3) Abonos órgano-minerales; 4) Otros abonos y

	no están dispuestas la tipología de los fertilizantes en el marco de la normativa nacional.	productos especiales; 5) Enmiendas calizas; 6) Enmiendas orgánicas; 7) Otras enmiendas.
Protección al medio ambiente	Ley N° 20412/2010 que establece un Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios del Ministerio de Agricultura., tiene como objeto, la recuperación del potencial productivo de los suelos agropecuarios degradados y la mantención de los niveles de mejoramiento alcanzados, el que se regirá por las normas de esta ley. Esta ley establece un programa bonificará los costos netos de actividades señaladas en la ley, como el empleo de métodos de intervención del suelo, entre otros, la rotación de cultivos, orientada a evitar su pérdida y erosión y a favorecer su conservación.	El Real Decreto 261/1996, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, dispone que el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente y los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, deben determinar las masas de agua que se encuentran afectadas por la contaminación, o en riesgo de estarlo, por el aporte de nitratos de origen agrario. También los órganos competentes de las comunidades autónomas deben determinas las zonas vulnerables de contaminación. En este Real Decreto se menciona que se deben establecer códigos de buenas prácticas agrarias con el fin de reducir la contaminación de nitratos y, además, se deben establecer programas de actuación, los cuales se llevarán a la práctica en las zonas designadas como vulnerables. Por último, se establecen las especificaciones para realizar los muestreos y seguimientos de calidad de las aguas afectadas. El Real Decreto 1310/1990, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario, expone las características que deben tener los lodos de depuración que se utilizaran como fertilizante y formas de uso adecuada de estos, con el objetivo de proteger el medio ambiente. En el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes, se exponen la composición que han de tener los fertilizantes, esto aparte de un fin nutritivo para las plantas, contiene un fin de cuidado medio ambiental.

		<p>Ley sobre conservación y mejora de suelos agrícolas de 20 julio de 1995, dispone medidas para la protección de suelos, como la realización (por parte de la Dirección General de Agricultura) de estudios previos en los predios de agricultores que deseen solicitar el Plan de Conservación del Suelo Agrícola. También incorpora a pequeños agricultores a estos planes de conservación y además a las exigencias de la legislación española. El uso de fertilizantes nitrogenados no se menciona en este recurso legal, pero un plan de manejo de este puede ser aplicado en el Plan de Conservación.</p>
Puesta en el mercado	<p>El actual proyecto de ley del Ministerio de Agricultura, que establece normas sobre composición, etiquetado y comercialización de los fertilizantes, propone incorporar disposiciones y facultades en la materia de fertilizantes, entre ellos abarcar los temas de comercializadores, envasadores, importadores y exportadores de fertilizantes, determinación de los rangos de tolerancia de composición y parámetros de cada tipo de fertilizante, trazabilidad y rastreabilidad.</p> <p>El Decreto Ley 3557, que establece disposiciones sobre protección agrícola, dispone que, en cualquier etapa de su comercialización, el SAG podrá tomar muestras de los fertilizantes importados para su análisis y comprobar que su composición es la declarada en los rótulos y que no contengan elementos perjudiciales para la agricultura.</p>	<p>En el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes, se exponen las disposiciones referentes a la puesta en el mercado del producto, se establecen los requisitos del fabricante, márgenes de tolerancia, sistemas internos de control de calidad y trazabilidad de los productos fertilizantes.</p>
Almacenamiento	<p>El actual proyecto de ley del Ministerio de Agricultura, que establece normas sobre composición, etiquetado y comercialización de los fertilizantes, propone abarcar en</p>	<p>El Real Decreto 888/2006, por el que se aprueba el Reglamento sobre almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con un contenido en nitrógeno igual</p>

	la legislación nacional, el almacenamiento de productos fertilizantes.	o inferior al 28 por ciento en masa, establece las condiciones de almacenamiento que deben tener las instalaciones donde se acopie este producto.
--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Fortalezas y debilidades de las normativas comparadas

La normativa de la Unión Europea, en materia de fertilizantes nitrogenados, es mucho más completa y detallada que la existente en el territorio nacional. La legislación española, a consecuencia de los reglamentos impuestos por la UE, abarca temas de cuidado al medio ambiente, etiquetado, envasado, composición química del producto, comercialización, tipificación de los fertilizantes y trazabilidad del producto, lo que da la posibilidad de tener un ciclo productivo sustentable, el cual pueda garantizar el bienestar de los servicios agrícolas de las generaciones futuras. Se considera débil, en la legislación española, el uso de las guías y manuales para el uso adecuado de los fertilizantes ya que, si bien estos existen y están a disposición de cualquier usuario, la ley no impone ni fiscaliza su uso, siendo solo herramientas que pueden ser utilizadas, como medidas a implementar, en zonas vulnerables de contaminación de aguas subterráneas de compuestos nitrogenados.

Respecto a la normativa chilena que trata el uso de fertilizantes, se considera débil y no desarrollada, pero es una buena oportunidad el proyecto de ley en el que se está trabajando, el cual abarca las temáticas tratadas en la legislación europea, como lo es la creación de un registro único nacional de fabricantes, formuladores, productores, comercializadores, envasadores, importadores y exportadores de fertilizantes, etiquetado, tolerancia, composición, trazabilidad, tipología de fertilizante y materias de calidad del producto.

La peor debilidad identificada, en la normativa nacional, es que no existen disposiciones legales que hagan a los organismos competentes descubrir las zonas

vulnerables a la contaminación por nitratos y nitritos en aguas subterráneas, ya que este tipo de recurso legal es el paso inicial para la toma de medidas y seguimiento de control frente a la contaminación.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los fertilizantes nitrogenados son necesarios ya que, el nitrógeno es un elemento significativo para las producciones agrícolas y alimentarias. A través de este método de fertilización, se logra la restitución a los suelos de este nutriente, por lo tanto, el nitrógeno es habitualmente requerido en cantidades importantes por los cultivos y es oportuno cuando se muestran deficiencias en suelos agrícolas. Es decir, se hace necesario este tipo de fertilización, así como también el control de esta.

El control de la fertilización nitrogenada debe ser a través de métodos o prácticas amigables con el medio en que se ocupen, los cuales eviten la infiltración de nitratos al agua subterránea. En vista que los nitratos son altamente móviles, es imprescindible evitar la lixiviación de estos y, por lo tanto, evitar la contaminación de los acuíferos que pueden resultar dañinos para la salud humana. Como señaló el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional, “la ingestión de nitrato y nitrito bajo condiciones que resultan en nitrosación endógena son probablemente carcinogénica en seres humanos” (2015). En virtud de lo anterior, se puede concluir que, el nitrato y el nitrito podrían llegar a ser nocivos para la salud de las personas. Esto hace imprescindible el control mediante una red de vigilancia adecuada, para mantener las concentraciones bajo control.

Así como el control de vigilancia, a través de una red, es evidentemente beneficioso, también lo es la legislación y el control que se le puede agregar a esta red, debiendo cumplir con los parámetros impuestos por cada una de las legislaciones, las cuales buscan que la fertilización sea considerada junto con el tipo de suelo, el agua, pH, rotación, uso, etc., para que, con el uso de fertilizantes, en este caso nitrogenados, se tengan buenas prácticas agrícolas. Al conocer las condiciones del lugar es posible lograr buenos resultados tanto medioambientales, como de producción y económicos.

Ciertamente, en la Unión Europea y en España se tiene una normativa más amplia y profundizada, respecto a la chilena, como sucede en temas sobre fertilización y fertilización nitrogenada.

Haciendo referencia al etiquetado y envasado, tanto en Chile como en España se aborda este tema, pero de manera distinta ya que, en el caso del Decreto Ley 3557 de Chile, se hace mención de que los productos deben llevar el rótulo correspondiente, el cual debe ser indeleble y que se exprese la composición centesimal del producto que contiene. Además, se menciona la prohibición de fabricar, ingresar o distribuir la venta de fertilizantes que contengan elementos perjudiciales para la agricultura. Sin embargo, no se detallan cuáles son estos elementos o al menos, el grupo al cual pertenecen, lo cual tampoco es mencionado en otras normativas.

En el caso de la legislación española, el Real Decreto 506/2013 (respaldado por el Reglamento (CE) N° 2003/2003, del Parlamento Europeo y del Consejo), dispone que también el etiquetado debe ser visible en el envase e indeleble, pero la diferencia se percibe, en primer lugar, en la terminología que debe ser usada expresamente en las etiquetas para cuando existan algunos elementos presentes (nitrógeno, fósforo y potasio, calcio, magnesio, sodio y azufre), entre los que se encuentra el nitrógeno. En paralelo, se da alternativa de etiquetado, en caso de que este no pueda venir impreso en el envase, lo que es importante porque da pie a desarrollar distintos formatos de envasado e incluso de ecodiseño. Además, en el etiquetado deben figurar los datos del fabricante (persona responsable de la puesta en el mercado, y debe especificar si es productor, importador, envasador, etc.). Se dispone también que, las etiquetas deben estar en español y que toda publicidad, etiquetas, presentación de producto o documentos de acompañamiento, no deben confundir al consumidor, ni debe contener información falsa ni contraria a los principios básicos de la nutrición vegetal o de la fertilización de los suelos agrícolas.

Entre estas disposiciones también se menciona que los productos clasificados como peligrosos deben contener el pictograma correspondiente y las indicaciones de peligro y aún para más rigurosidad, se añade al Real Decreto un anexo que contiene las “Disposiciones Generales de Identificación y Etiquetado” (Anexo I). Por lo anterior se concluye que, respecto a las obligaciones del etiquetado, la normativa europea dispone una extendida y detallada lista de disposiciones en comparación a la normativa chilena. En Chile la normativa es deficiente, en relación con el tema anteriormente tratado, sobre obligaciones y disposiciones de identificación y etiquetado.

En lo que se refiere a composición de fertilizante, el Decreto Ley 3557 de Chile, solo menciona que existe prohibición de algunos elementos para su composición. En cambio, el Real Decreto 506/2013 de España contiene una tabla (Anexo II), la cual detalla el contenido mínimo en nutrientes que debe tener cada tipo de fertilizante, así como también, entrega información sobre evaluación de los nutrientes y otros requisitos, en virtud de lo anterior se detalla cuales nutrientes deben ser declarados.

Comparando ambas normativas, la española es consistente y la chilena débil. En este ámbito, el proyecto de ley propuesto por el Ministerio de Agricultura de Chile busca normar las composiciones de los fertilizantes. Se espera que, en esta materia Chile avance e idealmente, disponga de una norma similar a la española. Debido a la normativa existente en España, se puede tener un mejor control sobre los productos que ocupa la agricultura y, en consecuencia, una mejor calidad de cultivos, considerando mejores producciones y menor impacto ambiental.

En el Real Decreto 506/2013, dentro de su anexo I, se tipifican los productos fertilizantes en grupos, los cuales vuelven a ser categorizados cada uno de ellos. En esta parte se encuentran fertilizantes nitrogenados de distintas categorías. Por otro lado, en la normativa chilena no existe ningún tipo de categorización de estos, por lo que sería imposible formular normativas integrales, ya que no pueden aplicar las mismas regulaciones para distintos fertilizantes. Se espera que, por el proyecto

de ley del Ministerio de Agricultura chileno, pueda venir incorporado este ítem tan fundamental.

El medio ambiente juega un rol importante para el campo de la agricultura, incide sobre la producción, positiva o negativa, pero viceversa, el método para producir los cultivos también incide en el impacto hacia el ambiente. Si el uso de fertilizantes nitrogenados es desmesurado se podría afectar el medio que ambiente, ya sea como eutroficación, gases de efecto invernadero o la filtración de contaminantes a aguas subterráneas. De este modo se estaría impactando de forma tal que, se pondría en riesgo la capacidad de producir alimentos para las generaciones futuras, por lo que se necesita una normativa ambiental que contribuya a las buenas prácticas agrarias sobre el uso de los fertilizantes y que, paralelamente, proteja al medio ambiente.

En esta materia, España posee una normativa más amplia en comparación a Chile. Cuenta con el Real Decreto 261/1996, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, en donde se determinan zonas de vulnerabilidad, se incentiva a realizar buenas prácticas agrarias y establece que se deben realizar programas para el cuidado ambiental, respecto a la contaminación por nitratos. También se tiene el Real Decreto 1310/1990, que regula el uso de lodos de depuración en el sector agrario, donde se exponen las características que deben tener estos lodos para poder ser utilizados como fertilizantes. Como se ha señalado anteriormente, el Real Decreto 506/2013, establece los parámetros de nutrientes que deben tener los fertilizantes, lo que también cumple un rol de cuidado medio ambiental, para poder conocer la carga contaminante que estamos aplicando al suelo en la agricultura. Finalmente, se tiene la Ley sobre conservación y mejora de suelos agrícolas de 20 julio de 1995, que implementa medidas y planes para conservar y no desgastar el suelo y sus nutrientes.

En Chile se tiene Ley N° 20412/2010 que establece un Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios del Ministerio de Agricultura, el cual tiene el mismo objetivo que la ley española sobre conservación de suelos, pero con métodos diferentes debido a que, en este se aplica un programa donde se bonifica los costos de rotación de cultivos, intervención de suelos que tiene como finalidad evitar la pérdida de nutrientes, evitar la erosión y favorecer su conservación.

Considerando todo lo anterior, se concluye en términos generales que, la Unión Europea, incluida España, en comparación a Chile, poseen mejores recursos legales para regular el uso y producción de los fertilizantes nitrogenados, contribuyendo al cuidado del medio ambiente y, en consecuencia, contribuyendo a la salud de la población, al disminuir la probabilidad de contaminación de aguas subterráneas con nitratos y nitritos debido al proceso de lixiviación previniendo, de esta manera, el daño hacia el medio ambiente y la salud de las personas.

5.2 Recomendaciones

Todas las entidades legisladoras vinculadas con la agricultura deberían determinar los tipos de productos fertilizantes, lo cual es fundamental para establecer una normativa consistente, compleja y detallada, con el objetivo de poder diferenciar los alcances y restricciones de algunas disposiciones que solo afectan a grupos determinados de fertilizantes nitrogenados, por motivos de su propia naturaleza u origen.

Es conveniente tener el compromiso y proceder con la rigurosidad necesaria por parte de los entes fiscalizadores y las personas involucradas en el rubro, así como de quienes participan del proceso de uso, manipulación, aplicación, fabricación, etiquetado, movimiento y transporte de los fertilizantes nitrogenados. Este proceder, debe ser a través de una legislación consistente sobre el uso de los fertilizantes nitrogenados y sus disposiciones, la cual debería proponerse, mejorarse y estar

disponible en la normativa chilena lo antes posible, debido a la demanda mundial creciente de la producción de alimentos.

Por lo tanto, se sugiere que estas regulaciones busquen establecer límites y disposiciones sobre parámetros de calidad, composición química, clasificación, envasado, etiquetado, declaraciones, trazabilidad aplicable a la fabricación, formulación, producción, comercialización, tenencia, importación y exportación de los fertilizantes, permitiendo obtener producciones de plantaciones con buena calidad, respetando y cuidando el medio ambiente, flora, fauna y la salud humana.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alley, M., & Vanlauwe, B. (2009). *The Role of Fertilizers in Integrated Plant Nutrient Management*. En International Fertilizer Industry Association, TSBF. Paris.
2. Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades. (2015). Recuperado el 6 de noviembre de 2020 de: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs204.pdf
3. Andreu, J., Betrán, J. , Espada, J. , Gutiérrez, M., Iguácel, F., & Isla, R.. (2006). *Guía de actualización: Fertilización Nitrogenada*. Recuperado el: 28 de septiembre del 2020 de: https://citarea.citarea.aragon.es/citarea/bitstream/10532/868/1/10532-105_11.pdf
4. Baeza, R., García, M., Fernández, M., & Navarro, V. (2009). *Asesoramiento técnico en cultivos hortícolas bajo abrigo: Gestión de la fertilización nitrogenada y el riego*. Recuperado el: 18 de octubre del 2020 de: https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/6%20P.%20ASESOR/3.pdf
5. Bibi, S., Saifullah, Naeeman, A., & Dahlawi, S. (2016). *Environmental Impacts of Nitrogen Use in Agriculture, Nitrate Leaching and Mitigation Strategies*. Recuperado el: 28 de septiembre del 2020 de: <https://www.researchgate.net/publication/305781659>
6. Breland, T., & Hansen, S. (1996). Nitrogen mineralization and microbial biomass as affected by soil compaction. En *Soil Biol* (págs. 655-663). Bioshem.

7. Campbell, L., Biederbeck, V., & Warder, F. (1971). *Influence of simulated fall and spring conditions on the soil systems*. Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302242146>

8. Cárdenas, & Garzón. (2013). *Emisiones antropogénicas de amoníaco, nitratos y óxido nítrico: compuestos nitrogenados que afectan el medio ambiente en el sector agropecuario colombiano*. Recuperado el: 2 de noviembre de 2020 de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez/article/view/40671>

9. Comisión Europea. (2018). *Informe de la comisión al consejo y al parlamento europeo*. Recuperado el 1 de julio del 2021 de: https://ec.europa.eu/environment/efe/news/helping-public-authorities-ensure-compliance-environmental-legislation-2018-01-19_es

10. Comisión Nacional de Riego, Soluziona Chile S.A. (2005.). Recuperado el 10 de noviembre de 2020 *Biblioteca Nacional Ciren*. Obtenido de: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/9322>

11. Departamento de Servicios de Salud de California. (2006). *Posibles efectos en la salud relacionados con nitratos y nitritos en agua de pozos privados*. California, Estados Unidos. Recuperado el: 2 de julio del 2021. Obtenido de: https://cchealth.org/eh/small-water/pdf/nitrate_fact_sheet_pww_es.pdf

12. El Centro del Agua. (2009). *Requisitos de calidad del agua para diferentes usos*. Recuperado el: 26 de septiembre del 2020. Obtenido de: <http://www.centrodelagua.cl/?q=node/16#:~:text=Norma%20Chilena%20NC h%20N%C2%B0,de%20Agua%20para%20diferentes%20usos.&text=Se% C 3%B1ala%20que%20dichos%20criterios%20tienen,de%20cualquier%20tip o%20y%20origen>

13. Eugercios, A. , Álvarez-Cobelas, M., & Montero, E. (2017). *Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos*. En *Ecosistemas*, 26(1), 37-44. Madrid, España.
14. Eugercios, A. (2013). *Interacciones acuífero-lago y biogeoquímica del nitrógeno en ambientes kársticos*. En Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana, Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid, España.
15. FAO. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura*. Paris: FAO.
16. Fink, M. (1998). *Estimation of Nitrogen Uptake of Field Vegetables*. Obtenido de
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Estimation_of_nitrogen_uptake_of_field_vegetables.pdf
17. FitoNutrient. (2020). *¿Conoces la historia de los fertilizantes?*. Recuperado el 18 de octubre de 2020 de: <https://fitonutrient.com/la-historia-de-los-fertilizantes/>
18. Franquesa, M. (2016). *La Revolución Verde*. Recuperado el 18 de octubre de 2020 de: <https://www.agroptima.com/es/blog/la-revolucion-verde/>
19. González, P. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*. Recuperado el 25 de octubre 2020 de: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
20. González, R., Jiménez, & Álvarez & A. (2005). *Control de la degradación de suelos*. En Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.

21. Grupo Iñesta. (2019). *Importancia del abono nitrogenado en las plantas*. Recuperado el 1 noviembre de 2020 de: <https://www.grupoinesta.com/abono-nitrogenado/#:~:text=Los%20fertilizantes%20nitrogenados%20son%20aque,llos,o%20compuestos%20derivados%20de%20%C3%A9ste.&text=Los%20principales%20abonos%20nitrogenados%20son,cultivo%20tenga%20un%20buen%20rendimiento>
22. Hadas, A., & Portnoy, R. (1997). *Rates of decomposition in soil and release of available nitrogen from cattle manure and municipal waste composts*. En Institute of Soils and Water, ARO. Israel.
23. IFA. (2004). *Estimaciones globales de las emisiones gaseosas de NH₃, NO y N₂O provenientes de las tierras agrícolas*. Recuperado el 3 de noviembre de 2020 de: <http://www.fao.org/3/y2780s/y2780s.pdf>
24. IISD Reporting Services. (2009). *Boletín de la Cumbre Mundial sobre Seguridad Alimentaria. Síntesis de la tercera cumbre mundial sobre seguridad alimentaria*. Roma, Italia.
25. Instituto Nacional de Normalización (Chile). (1987). Obtenido de bcn.cl: https://www.bcn.cl/catalogo/detalle_libro?bib=100363
26. Jefatura del Estado de España. (1955). *Ley de 20 de julio de 1955 sobre conservación y mejora de suelos agrícolas*. Recuperado el 25 de julio de 2021 de: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1955-10410>
27. Jones, G. V., White, M. A., & Cooper, O. R. (2005). *Climate Change and Global Wine Quality*. Recuperado el 6 de noviembre de 2020 de:

https://www.researchgate.net/publication/226578343_Climate_Change_and_Global_Wine_Quality

28. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015). *Evolución de consumo agrícola de N,P206y K2 o en fertilizantes*. España.
29. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos*. Recuperado el 1 de noviembre de 2020 de:
https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACION%20RACIONAL%20DE%20LOS%20CULTIVOS%20DE%20LA%20AGRICULTURA%20DE%20ESPAÑA%20-%20Tcm30-57890.pdf
30. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. (1996). *Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias*. Recuperado el 25 de julio de 2021 de:
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1996-5618>
31. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. (2013). *Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre fertilizantes*. Recuperado el 25 de julio de 2021 de:
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-7540>
32. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos*. España.
33. Mompó, J., & Ramos, C. (1998). *Evaluación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato en suelos agrícolas*. En Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia.

34. Morel, A. (1996). *Oceanographic Research Papers*. En L. d. Marines, Francia.
35. Morera, A. (2019). *Legislación de fertilizantes para Europa*. Recuperado el 2 de noviembre del 2020 de: <https://aefa-agronutrientes.org/legislacion-de-fertilizantes-para-europa>
36. OCDE/FAO. (2019). *Perspectivas Agrícolas 2019-2028*. Roma.
37. ODEPA. (2009). *Fertilizantes en Chile: Coyuntura y Perspectivas*. Recuperado el 25 de octubre de 2020 de: https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2009/07/Fertilizantes_julio_2009.pdf
38. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (2016). *Protocolo de Agricultura Sustentable*. Chile.
39. Rojas, P., & Jiménez, S. (2008). *Informe Económico El Caso SQM Comercial y ANAGRA*. En Informe, Patricio Rojas y asociados, Economistas. Santiago, Chile.
40. Ryuichi, & Ishii. (2005). *Agriculture management: historic, geographic and social perspectives*. En United Nations Environment Programme. Japón.
41. Silva, C. (2010). *Agricultura limpia y la necesidad del uso racional de los fertilizantes*. Recuperado el 15 de noviembre de 2020: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292010000100001
42. Ministerio de la Presidencia (2013). *Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. (RD 506/2013)*. España.

43. Vega, C. (2017). *Problemas ambientales y de salud por el uso de fertilizantes nitrogenados*. Trabajo de fin de grado no publicado. Universidad Complutense. México.

ANEXOS

Anexo I. Disposiciones generales del Real Decreto 506/2013 UE

Disposiciones generales de identificación y etiquetado

Las únicas indicaciones relativas al producto que se admitirán en etiquetas y documentos de acompañamiento serán las siguientes:

- Las identificaciones y menciones obligatorias del apartado A.
- Las identificaciones y menciones facultativas del apartado B.

Todas las indicaciones obligatorias y facultativas deberán estar claramente separadas de cualquier otra información que figure en las etiquetas, envases y documentos de acompañamiento.

A. IDENTIFICACIONES Y MENCIONES OBLIGATORIAS

Las etiquetas y documentos de acompañamiento de todos los productos fertilizantes, en los que se incluyen los abonos, los abonos especiales y las enmiendas, que correspondan a uno de los tipos relacionados en el Anexo I, deberán ajustarse a las siguientes indicaciones:

1. Respecto a la denominación del tipo.

a) La denominación del tipo del producto fertilizante, en letras mayúsculas, de conformidad con la columna 2 de los cuadros del Anexo I.

b) En los productos de mezcla, la mención «DE MEZCLA» en la denominación del tipo.

c) En el caso de los abonos, a la denominación del tipo se añadirán los símbolos químicos de los nutrientes principales, seguidos a continuación, entre paréntesis, por los símbolos de los nutrientes secundarios obligatoriamente declarados.

d) Cuando se declaren micronutrientes que hayan sido incorporados como abono mineral, las palabras «con micronutrientes» o la palabra «con» seguida del nombre o nombres de los micronutrientes presentes y de sus símbolos químicos.

e) En la denominación del tipo solamente podrán incluirse las cifras que indiquen el contenido en nutrientes principales y secundarios. Los números que indiquen el contenido en nutrientes principales en el orden establecido por dicha denominación, que se referirán al contenido global de cada elemento en las formas y solubilidades que deben declararse y garantizarse según cada tipo de producto (columnas 5 y 6 de los cuadros del Anexo I). Los contenidos en nutrientes secundarios obligatoriamente declarados se indicarán, entre paréntesis, a continuación del contenido de los nutrientes principales.

f) Cuando en las instrucciones específicas se indique que el producto puede ser utilizado en fertiirrigación, el abono deberá tener la solubilidad definida en el apartado 23 del artículo 2, e incorporarse, tras la denominación del tipo, la mención siguiente: «Abono hidrosoluble».

Un ejemplo: para ilustrar las indicaciones y menciones anteriores.

Se trata de un abono órgano-mineral NPK, producto sólido que contiene las siguientes riquezas:

- 10% de carbono (C) orgánico;
- 7% de nitrógeno (N) total, 5% de nitrógeno (N) orgánico, 2% de nitrógeno (N) amoniacal;
- 10% de pentóxido de fósforo (P_2O_5) soluble en citrato amónico neutro y en agua;
- 7% de óxido de potasio (K_2O) soluble en agua;
- 3% de óxido de calcio (CaO) soluble en agua;
- 2,4% de óxido de magnesio (MgO) soluble en agua
- 0,1% de hierro (Fe) total; 0,02% de zinc (Zn) total.

La denominación será:

ABONO ÓRGANO-MINERAL NPK (Ca-Mg) 7-10-7 (3 – 2,4) con hierro (Fe) y zinc (Zn)

2. Respecto al contenido.

El contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse, en las formas y solubilidades que corresponda, se refleja en la columna 6 de los cuadros del Anexo I. La indicación de los elementos nutritivos se hará tanto con su denominación literal como con su símbolo químico.

2.1. Expresión de los nutrientes principales.

a) El contenido del nitrógeno, fósforo y potasio, se expresará en el etiquetado del modo siguiente:

- El nitrógeno únicamente en forma de elemento (N);
- El fósforo únicamente en forma de pentóxido de fósforo (P_2O_5);
- El potasio únicamente en forma de óxido de potasio (K_2O);

b) El contenido de los nutrientes principales se declarará en porcentaje en masa, en números enteros o, en caso necesario, si existe un método de análisis adecuado, con un decimal.

c) Además, salvo que en las denominaciones del tipo del Anexo I se establezca expresamente que se indique de otra manera, los nutrientes principales se expresarán:

- i) El nitrógeno (N), en las siguientes formas: nítrico, amoniacal, ureico y orgánico;
- ii) El pentóxido de fósforo (P_2O_5), en sus dos solubilidades: soluble en agua, y soluble en agua y en citrato amónico neutro;
- iii) El óxido de potasio (K_2O) soluble en agua.

2.2. Expresión de los nutrientes secundarios.

a) Tanto en los productos del grupo 1.2 como en los de los grupos 1.1, 2, 3, 4 y 6 del anexo I que contengan nutrientes secundarios, deberá declararse el contenido en calcio, magnesio, sodio y azufre, siempre que estos elementos estén presentes,

al menos, en las cantidades mínimas siguientes, salvo que, en los requisitos específicos del tipo, se dispongan otros valores:

- 2 % de óxido de calcio (CaO),
- 2 % de óxido de magnesio (MgO),
- 3 % de óxido de sodio (Na₂O),
- 5 % de trióxido de azufre (SO₃).

b) El contenido del calcio, magnesio, sodio y azufre, se expresará únicamente en forma de óxido (CaO, MgO, Na₂O y SO₃).

c) El contenido de estos nutrientes se declarará en porcentaje en masa, en números enteros o, en caso necesario, si existe un método de análisis adecuado, con un decimal.

d) La declaración del contenido en sodio y azufre en los productos fertilizantes, se efectuará de una de las siguientes maneras:

el contenido total;

el contenido total y el contenido soluble en agua, cuando dicha solubilidad alcance al menos una cuarta parte del contenido total;

cuando un elemento sea completamente soluble en agua, únicamente se declarará el contenido soluble en agua.

e) En cuanto al contenido en calcio y magnesio, salvo que en la denominación del tipo del Anexo I se disponga lo contrario, únicamente deberá declararse el porcentaje soluble en agua.

f) Cuando un nutriente secundario esté ligado químicamente a alguna molécula orgánica, a continuación del contenido soluble en agua, se declarará inmediatamente este contenido del nutriente, seguido por las expresiones «quelado por» o «complejado por» y el nombre de la o las moléculas orgánicas, tal y como figuran en los apartados 1.2.3 ó 1.2.4 del Anexo I. El nombre de las moléculas orgánicas podrá ser sustituido por sus abreviaturas.

g) Las indicaciones que figuran con carácter general como notas en el apartado 1.2 del Anexo I

2.3. Expresión de los micronutrientes.

a) El contenido de los micronutrientes cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn) se declarará en los abonos de los grupos 1.1, 1.2, 3 y 4, siempre que cumplan las dos condiciones siguientes:

que dichos micronutrientes se añadan como abono mineral al producto fertilizante, en cantidades por lo menos iguales a los contenidos mínimos que figuran en el apartado 1.3.4 del Anexo I

que el producto siga cumpliendo los requisitos indicados en su grupo correspondiente del Anexo I.

b) El contenido en boro (B) se declarará siempre que esté presente en cantidades iguales o superiores a los contenidos mínimos que figuran en el apartado 1.3.4 del Anexo I, independientemente de si se ha añadido como abono mineral o si es ingrediente normal de la materia prima destinada a aportar nutrientes principales y secundarios.

c) El contenido de los micronutrientes se declarará en porcentaje en masa, expresado con el máximo de decimales indicados en el apartado 1.3.4 del Anexo I.

d) El contenido de micronutrientes se declarará del modo siguiente:

en el caso de los abonos inorgánicos que solo declaran un micronutriente, de conformidad con lo prescrito en su columna 6.

En el resto de los casos, se indicará:

- El contenido total.
- El contenido soluble en agua, cuando el contenido soluble alcance como mínimo la mitad del contenido total.

Cuando un micronutriente sea totalmente soluble en agua, sólo se declarará el contenido soluble en agua.

e) Cuando un micronutriente esté ligado químicamente a alguna molécula orgánica, el contenido del nutriente presente en el producto fertilizante se declarará inmediatamente a continuación del contenido soluble en agua, seguido por las expresiones «quelado por» o «complejado por» y el nombre de la o las moléculas orgánicas, tal y como figuran en la lista E.3.1 del anexo I del Reglamento (CE) n.º 2003/2003 y en el apartado 1.3.5 del Anexo I del presente Real Decreto. El nombre de las moléculas orgánicas podrá ser sustituido por sus abreviaturas.

f) Los micronutrientes que contenga el producto fertilizante, se enumerarán por orden alfabético de sus símbolos químicos: B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn.

g) Las indicaciones que figuran con carácter general como notas en el apartado 1.3 del Anexo I

h) En la etiqueta del envase, en lo que respecta a los productos incluidos en el apartado 1.3 del Anexo I, con excepción de los del tipo 1.3.4, debajo de las indicaciones obligatorias o facultativas, deberá aparecer el texto siguiente: *«Utilícese solamente en caso de reconocida necesidad. No sobrepasar las dosis adecuadas.»*

2.4. Se indicarán todas las especies de microorganismos que entren a formar parte del producto fertilizante, siempre y cuando estén presentes en una cantidad mínima que garantice su eficacia agronómica en las condiciones de los ensayos que se presenten de acuerdo con lo exigido en el anexo VIII. El contenido se expresará en el caso de las bacterias como ufc/ml en productos líquidos, o ufc/g en productos sólidos y en el caso de los hongos como n.º propágulos/ml en productos líquidos o n.º propágulos/g en productos sólidos.

3. Respecto a otros contenidos y características.

a) En los productos líquidos y en el tipo 6.05 Enmienda orgánica vermicompost, el contenido en nutrientes se expresará en porcentaje en masa, pudiendo también incluirse el equivalente de la masa en relación con el volumen (kilogramos por hectolitro o gramos por litro).

b) En los productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen orgánico deberán declararse los ingredientes que intervienen en su fabricación, con el porcentaje en masa que corresponde a cada uno de ellos.

c) El resto de las informaciones, tales como: pH, conductividad eléctrica (dS/m), ácidos húmicos, carbono orgánico, materia orgánica, etc.... que aparecen en las columnas 5 y 6 de los cuadros del Anexo I, deberán declararse a continuación de las riquezas garantizadas.

d) En los productos con componentes orgánicos (Anexo V), deberá indicarse la clasificación a que corresponda (A, B o C), de acuerdo con el Anexo V y añadirse: *«Contenido en metales pesados inferior a los límites autorizados para esta clasificación»*.

e) En los productos fertilizantes de los grupos 2, 3 y 6 deberá declararse el contenido en cobre (Cu) y zinc (Zn) cuando sobrepasen los límites máximos de concentración correspondientes a la clase A (70 y 200 mg/kg de materia seca, respectivamente), sin que puedan superarse las cantidades de la clase C.

f) En los abonos del grupo 4 que contengan aminoácidos libres, debe incluirse el proceso seguido en su obtención:

- En los hidrolizados, la materia prima que se hidroliza.
- En los de fermentación, en su caso, el microorganismo utilizado.
- En los de síntesis, el método utilizado.

g) En los productos fertilizantes de los grupos 2, 3 y 6 que utilicen como materia prima el sustrato agotado de setas, deberá declararse la conductividad eléctrica.

4. Respecto a las instrucciones de uso y aplicación.

Las instrucciones específicas sobre dosis a emplear y método de aplicación, para el suelo y el cultivo en que se utilizará el producto fertilizante, serán de exclusiva responsabilidad del fabricante, y respetarán las normas fijadas en este real decreto.

En el caso de los productos del grupo 4.4., se mencionará las condiciones de uso para las que dicho producto ha sido autorizado de acuerdo con los requisitos fijados en el presente real decreto y los resultados de los ensayos que la empresa haya presentado para la inscripción del producto en el Registro de productos fertilizantes mencionado en el artículo 21. Esta información incluirá también las incompatibilidades conocidas, de acuerdo con lo establecido en el artículo 24. También se incluirá fecha de caducidad que en ningún caso podrá superar un año desde la fecha de fabricación. Además, en caso de que los productos necesiten condiciones especiales de almacenamiento deberán indicarse también en la etiqueta.

Cuando una Comunidad Autónoma haya regulado la utilización de determinados fertilizantes o establecido zonas de especial protección, el fabricante deberá facilitar al agricultor una información adicional a la etiqueta con estos requisitos.

5. Otras informaciones que deberán incluirse en las etiquetas.

a) Los productos fertilizantes elaborados con subproductos de origen animal deberán incluir en la etiqueta o documentos de acompañamiento las indicaciones exigidas en el Reglamento (CE) n.º 1069/2009 y disposiciones que lo desarrollan.

b) Los productos fertilizantes líquidos sólo podrán ponerse en el mercado si el fabricante da las oportunas instrucciones adicionales referentes a la temperatura de almacenamiento.

c) En el caso de los productos fertilizantes clasificados como peligrosos se deberá incluir la clasificación de peligrosidad de acuerdo con lo establecido en el artículo 10.3.

d) Para todos los productos fertilizantes, deberán incluirse los siguientes consejos de prudencia establecidos en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008:

- P102 Mantener fuera del alcance de los niños.

- P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización

O bien, las frases de seguridad siguientes de conformidad con el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, durante el periodo transitorio:

- S2 Manténgase fuera del alcance de los niños

- S13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

e) La indicación de la cantidad expresada en masa (kilogramos) neta o bruta. En caso de que se indique la masa bruta, deberá indicarse al lado la masa de la tara. Cuando se trate de productos líquidos, además de la masa, la cantidad podrá ser expresada en volumen (litros).

f) El número de inscripción en el Registro de Productos Fertilizantes, en su caso.

g) En los productos fertilizantes de los grupos 2, 3 y 6, la denominación comercial, en la que no se podrán utilizar cifras o expresiones que induzcan a confusión sobre el tipo de producto, riquezas o contenidos, así como el empleo de palabras o prefijos como «biológico», «ecológico», «abono ecológico», «bio» o «eco», sin el correspondiente certificado de conformidad emitido por las entidades certificadoras de insumos autorizados en agricultura ecológica.

h) El nombre o razón social y la dirección de la persona física o jurídica responsable de la puesta en el mercado (productor, importador, envasador etc.), de acuerdo con el punto 46 del artículo 2.

i) La identificación de la partida o lote, para documentar su trazabilidad, de acuerdo con lo establecido en el artículo 15.

j) En el caso de los productos del apartado 4 del grupo 4, se debe de incorporar la frase Contiene microorganismos. Puede provocar reacciones de sensibilización. Se

recomienda la utilización de equipo de protección respiratoria (respirador desechable o careta filtrante, al menos EN 149 FFP3 o equivalente) al manipular el preparado o aplicar el producto.

B. IDENTIFICACIONES Y MENCIONES FACULTATIVAS

Los envases, etiquetas y documentos de acompañamiento podrán llevar las siguientes indicaciones:

a) La marca del fabricante.

b) En los productos fertilizantes de los grupos 2, 3 y 6, la denominación comercial, en la que no se podrán utilizar cifras o expresiones que induzcan a confusión sobre el tipo de producto, riquezas o contenidos, así como el empleo de palabras o prefijos como «biológico», «ecológico», «abono ecológico», «bio» o «eco», sin el correspondiente certificado de conformidad emitido por las entidades certificadoras de insumos autorizados en agricultura ecológica.

c) No podrá utilizarse la denominación «abono de liberación lenta», «abono de liberación gradual» o similares, salvo en el caso de los abonos de los grupos 1, 3 y 4, formulados a base de urea de baja solubilidad (tipos A.1.10, A.1.11 y A.1.12 del Anexo I del Reglamento (CE) n.º 2003/2003) o los abonos con inhibidores de la nitrificación o de la ureasa autorizados.

d) En el caso de que existan indicaciones facultativas reseñadas en las columnas 4, 5 y 6 de los cuadros del Anexo I, conforme a lo especificado en los mismos.

e) El contenido en P_2O_5 soluble en agua en los productos fosfatados del grupo 3, salvo en los productos en solución en los que será obligatorio.

f) El contenido en micronutrientes, salvo en el caso de boro (B), en los grupos 2, 3 y 4, cuando sean ingredientes normales de materias primas destinadas a aportar nutrientes principales y secundarios, siempre que estén presentes en cantidades iguales o superiores a los contenidos mínimos que figuran en el apartado 1.3.4 del Anexo I y se declarará conforme a lo especificado en el punto A.2.3. d) de este anexo.

g) El contenido en materia orgánica en los productos de los grupos 2 (abonos orgánicos) y 3 (abonos órgano-minerales).

h) (Suprimido)

i) El contenido en ácidos fúlvicos en los productos del grupo 6 (enmiendas orgánicas).

j) La conductividad eléctrica, expresada en dS/m, salvo en el caso de los productos del grupo 6 (enmiendas orgánicas) que será obligatoria.

k) Las instrucciones de almacenamiento y manipulación para los productos sólidos.

l) La indicación «*pobre en cloruro*» sólo podrá incluirse cuando el contenido en cloruro sea inferior al 2 %. Así mismo, la indicación «libre de cloruro» sólo podrá incluirse cuando el contenido en cloruro sea inferior al 0,3%.

m) Valor del pH en aquellos productos que no sea obligatoria su mención.

Anexo II. Abonos inorgánicos con nutrientes principales, de clasificación nitrogenados

N.º	Denominación del tipo	Informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa) Información sobre la evaluación de los nutrientes Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes Otros criterios
1	2	3	4	5	6
01	Solución amoniacal.	Producto obtenido por vía química cuyo componente esencial es el amoníaco en agua.	20% de N total, en forma amoniacal.	Agua amoniacal.	Nitrógeno amoniacal.
02	Amoníaco anhidro.	Producto obtenido por vía química, conteniendo como componente esencial el amoníaco anhidro (NH ₃) licuado a presión.	80% de N total, en forma amoniacal.		Nitrógeno amoniacal.
03	Solución de nitrato amónico y amoníaco, con o sin urea.	Producto obtenido por vía química mediante una disolución estable a la presión atmosférica de los tipos de abonos nitrato amónico, amoníaco, con o sin urea.	– 35% de N total, en forma nítrica, amoniacal y, en su caso, ureica. – Contenido máximo en biuret: 0,5%.		– Nitrógeno total – Nitrógeno amoniacal – Nitrógeno nítrico – Nitrógeno ureico (si procede).
04	Ácido nítrico.	Producto obtenido por vía química, cuyo componente principal es el ácido nítrico.	10% de N total, en forma nítrica.		Nitrógeno nítrico.
05	Solución ácida de abono nitrogenado con azufre.	Producto obtenido por vía química, mediante reacción controlada de ácido sulfúrico con urea.	– 8% de N total, en forma ureica – 40% de SO ₃ soluble en agua.		– Nitrógeno ureico – Trióxido de azufre soluble en agua.
06	Solución de sulfato amónico-nitrato amónico.	Producto líquido obtenido químicamente o por disolución en agua, cuyos componentes principales son sulfato amónico y nitrato amónico.	9% de N total – N amoniacal: 7,5% – N nítrico: 1,5% – 12% de SO ₃ soluble en agua.	La denominación del tipo podrá ir seguida según los casos, por una o varias de las menciones siguientes: Para aplicación directa al suelo – Para fabricación de soluciones nutritivas – Para fertirrigación.	– Nitrógeno total – Nitrógeno amoniacal – Nitrógeno nítrico – Trióxido de azufre soluble en agua.
07	Abono nitrogenado mixto.	Producto obtenido por combinación química o por mezcla de abonos CE nitrogenados simples, con excepción de urea con nitrato amónico y aquellos que sean incompatibles químicamente.	– 20% de N total – 4% de N, al menos, en dos de las siguientes formas: nítrica, amoniacal o ureica – Contenido máximo en	Nombre de los abonos CE utilizados en su obtención.	– Nitrógeno total Si superan el 1%: – Nitrógeno nítrico – Nitrógeno amoniacal – Nitrógeno ureico.

08	Solución nitrogenada.	Producto líquido obtenido químicamente y/o por disolución en agua, en forma estable a la presión atmosférica, de abonos nitrogenados CE del grupo A.1 o del grupo 1.1.1 de este anexo o productos similares que no alcancen la riqueza exigida para esos tipos, sin incorporación de materia orgánica de origen animal o vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> - 15% de N total - Contenido máximo en biuret: N ureico \times 0,026. 		Podrán declararse: <ul style="list-style-type: none"> - CaO soluble en agua (si supera el 0,2%), - MgO soluble en agua (si supera el 0,2%) y - SO₃ soluble en agua (si supera el 2,5%). - Si el contenido en biuret es inferior al 0,2% podrá incluirse la indicación "Pobre en biuret".
09	Solución nitrogenada con elementos secundarios.	Producto líquido obtenido químicamente y/o por disolución en agua, en forma estable a la presión atmosférica, de abonos nitrogenados CE del grupo A.1 o del grupo 1.1.1 de este anexo o productos similares que no alcancen la riqueza exigida para esos tipos, sin incorporación de materia orgánica de origen animal o vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> - 6% de N total y, al menos, - 17% de SO₃ soluble en agua o - 5% de CaO soluble en agua y/o - 4% de MgO soluble en agua - Contenido máximo en biuret: N ureico \times 0,026. 		<ul style="list-style-type: none"> - Nitrógeno total Si superan el 0,5%: <ul style="list-style-type: none"> o Nitrógeno nítrico o Nitrógeno amoniacal o Nitrógeno ureico - CaO soluble en agua cuando supere el 5% - MgO soluble en agua cuando supere el 4% - SO₃ soluble en agua cuando supere el 17%. Podrán declararse: <ul style="list-style-type: none"> - CaO soluble en agua (si supera el 0,2%), - MgO soluble en agua (si supera el 0,2%) y - SO₃ soluble en agua (si supera el 2,5%). - Si el contenido en biuret es inferior al 0,2% podrá incluirse la indicación "Pobre en biuret".
10	Solución de tiosulfato amónico.	Producto obtenido por vía química cuyo componente esencial es el tiosulfato amónico.	<ul style="list-style-type: none"> 10% de N total, en forma amoniacal 54% de SO₃ soluble en agua, del cual, al menos, el 90% está presente en forma de tiosulfato. 		<ul style="list-style-type: none"> Nitrógeno amoniacal Trióxido de azufre (SO₃) soluble en agua Trióxido de azufre (SO₃) soluble en agua en forma de tiosulfato.
11	Abono nitrogenado mixto con secundarios.	Producto obtenido por combinación química o por mezcla de abonos CE nitrogenados simples, con excepción de urea con nitrato amónico y aquellos que sean incompatibles químicamente y que debe contener elementos secundarios.	<ul style="list-style-type: none"> 16% N total 4% N, al menos, en dos de las siguientes formas: nítrica, amoniacal o ureica Contenido máximo en biuret: 0,8% 2% CaO soluble en agua y/o 2% MgO soluble en agua 25% SO₃ soluble en agua. 	Nombre de los abonos CE utilizados en su obtención.	<ul style="list-style-type: none"> N total Si supera el 1%: <ul style="list-style-type: none"> o N nítrico o N amoniacal o N ureico • CaO soluble en agua cuando supere el 2% • MgO soluble en agua cuando supere el 2% • SO₃ soluble en agua.

Fuente: (Ministerio de la Presidencia de España, 2013)