

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**"PROPUESTA PARA EL CORRECTO MANEJO DE FERTILIZANTES
DIRIGIDA A AGROINDUSTRIAS Y AGRICULTORES DE LA ZONA
DE ICA"**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

RODRIGO IVÁN LLERENA SEVILLA

LIMA – PERÚ

2024

PROPUESTA PARA EL CORRECTO MANEJO DE FERTILIZANTES DIRIGIDA A AGROINDUSTRIAS Y AGRICULTORES DE LA ZONA DE ICA

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	icl-sf.com Fuente de Internet	3%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	2%
3	www.intagri.com Fuente de Internet	2%

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 2%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“PROPUESTA PARA EL CORRECTO MANEJO DE FERTILIZANTES DIRIGIDA
A AGROINDUSTRIAS Y AGRICULTORES DE LA ZONA DE ICA”**

Rodrigo Iván Llerena Sevilla

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
PRESIDENTE

.....
Dra. Lily Tello Peramás
ASESORA

.....
Ing. Mg. Sc. Julio Nazario Ríos
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Luis Tomassini Vidal
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria

En primer lugar, a mis padres por el soporte constante y su admirable fortaleza.

A mi padrino Carlos A. Llerena Pinto, quien fue un ejemplo a seguir para mí dentro y fuera de la UNALM.

A mi familia en general, por siempre estar al tanto de mi desarrollo como profesional.

Agradecimientos

A cada uno de los profesores de la Facultad de Agronomía con los que llevé cursos y sentaron las bases para poder desarrollarme como profesional durante estos años.

Quisiera agradecer a mi asesora la Dra. Lily Tello Peramás por su constante apoyo y la paciencia durante todo el proceso del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problemática.....	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Definición de fertilizante.....	4
2.2. Tipos de fertilizantes	4
2.2.1. Fertilizantes simples.....	5
2.3. Características de los fertilizantes	8
2.3.1. Propiedades Físicas	8
2.3.2. Propiedades Químicas	11
2.4. Mantenimiento de la calidad	14
2.4.1. Transporte de fertilizantes.....	15
2.4.2. Almacenamiento de fertilizantes.....	16
2.4.3. Consideraciones en la aplicación	19
2.5. Consideraciones de seguridad	23
2.5.1. Etiquetado y fichas de seguridad.....	24
2.5.2. Equipo de protección personal	26
2.5.3. Pictogramas de seguridad.....	27
2.5.4. Recomendaciones en caso de incendio	28
2.6. Fertilizantes y el medio ambiente.....	29
2.6.1. El enfoque de las 4R.....	29
2.6.2. Uso de fuentes seguras	30
2.6.3. Dosis excesivas e insuficientes para el cultivo.....	30
2.7. Fertilizantes y la salud humana.	31
2.7.1. Metales pesados en los fertilizantes	32
III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....	34
3.1. Yara y su compromiso con las buenas prácticas	34
3.2. Situación encontrada	35
3.2.1. Consumo de fertilizantes.....	35

3.2.2	Proceso de adquisición	39
3.2.3	Transporte y almacenamiento:	43
3.2.4	La aplicación de fertilizantes	45
3.3.	Principales puntos críticos detectados.....	47
3.3.1.	Agroindustria.....	47
3.3.2.	En agricultores	48
3.4.	Capacitaciones a clientes.....	50
3.5.	Consideraciones finales.....	51
3.6.	Competencias y habilidades desarrolladas.....	52
3.7.	Propuesta de directrices para el correcto uso de fertilizantes.....	53
3.7.1	En cuanto a calidad	53
3.7.2	En cuanto a seguridad	54
3.7.3	En cuanto a cuidado del medio ambiente.....	55
3.7.4	En cuanto al cuidado de la salud humana	55
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1.	Impacto de las capacitaciones brindadas.....	56
4.2.	Importancia de los conocimientos académicos y la experiencia comercial	56
4.3.	Alineación con la visión y misión de Yara	57
V.	CONCLUSIONES	58
VI.	RECOMENDACIONES	59
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo total de fertilizantes por cultivos de importancia en la región Ica.	36
Tabla 2. Principales fertilizantes y el mínimo grado de solubilidad aceptable en agroindustrias de Ica.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Humedad relativa crítica de los fertilizantes a 25° C.....	11
Figura 2. Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo.....	12
Figura 3. Índice de salinidad en los fertilizantes más conocidos.....	14
Figura 4. El reto de mantener la calidad a lo largo de la cadena de manejo de fertilizantes	15
Figura 5. Almacenamiento ideal para fertilizante sólidos a pequeña escala	18
Figura 6. Almacenamiento ideal para fertilizante líquidos a pequeña escala.....	19
Figura 7. Compatibilidad química de algunos materiales fertilizantes en mezcla	21
Figura 8. Distribución de los fertilizantes para manejo de soluciones madres para fertirrigación.	23
Figura 9. Etiquetado de una bolsa de fertilizante y la información que contiene en ella	25
Figura 10. Pictogramas peligro de productos químicos actuales y antiguo	28
Figura 11. Principales fuentes antropogénicas de contaminación de metales pesados en suelos europeos.....	33
Figura 12. Programas de fertilización tradicional y propuesta de Yara para un productor de papa en Nazca	38
Figura 13. Análisis económico del uso de complejos químicos en el cultivo de papa en Nazca	38
Figura 14. Consecuencias de la utilización de fertilizantes de baja solubilidad en los filtros del sistema de inyección.....	41
Figura 15. Almacén de fertilizantes y agroquímicos sin las buenas prácticas agrícolas	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Convocatoria virtual gratuita para capacitación sobre Manejo y Uso de Fertilizantes al público en general. Organizado por Yara y Equilibra (2020	64
Anexo 2. Capacitación a personal técnico de fertirriego en la agroindustria Agrícola Miranda (2019)	65
Anexo 3. Capacitación a agricultores de la zona de San José, en El Carmen, Chincha.....	65

RESUMEN

El trabajo de suficiencia profesional describe mi experiencia como representante técnico comercial en Yara Perú S.R.L., una empresa líder en la comercialización de fertilizantes, desde 2018 hasta inicios de 2021. Durante este período, organicé y dicté aproximadamente 25 capacitaciones sobre el uso correcto de fertilizantes, enfocadas principalmente en agroindustrias de la zona de Ica que buscaban certificaciones para exportar. Estas capacitaciones abordaron temas de calidad, seguridad, salud y cuidado del medio ambiente. La visión y misión de Yara promueven el respeto al planeta y una sociedad colaborativa, por lo que compartir conocimientos era clave para generar valor agregado a los clientes. Para desempeñar adecuadamente esta función, fue fundamental contar con una sólida base de conocimientos académicos en áreas como edafología, fertilidad de suelo, nutrición vegetal y manejo de fertilizantes, complementada con la experiencia comercial adquirida. Si bien los usuarios finales reconocen la importancia de los fertilizantes para obtener altos rendimientos, a menudo desconocen los factores que rodean su productividad e impacto cuando no se utilizan correctamente.

Palabras clave: Fertilizantes, Manejo seguro, Buenas prácticas agrícolas, Nutrición vegetal, Comercialización de fertilizantes.

ABSTRACT

The work of professional sufficiency describes my experience as a technical sales representative in Yara Peru S.R.L., a leading company in the commercialization of fertilizers, from 2018 to the beginning of 2021. During this period, I organized and delivered approximately 25 trainings on the correct use of fertilizers, mainly focused on agribusinesses in the Ica area that were seeking certifications to export. These trainings addressed quality, safety, health and environmental issues. Yara's vision and mission promote respect for the planet and a collaborative society, so sharing knowledge was key to generating added value for customers. A solid academic knowledge base in areas such as soil science, soil fertility, plant nutrition and fertilizer management, complemented by commercial experience, was essential for this role. While end users recognize the importance of fertilizers for high yields, they are often unaware of the factors surrounding their productivity and impact when not used correctly.

Keywords: Technical sales representative, Fertilizer training, Good agricultural practices, Fertilizer application.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

El uso de fertilizantes minerales es fundamental en el desarrollo de la agricultura mundial, y su contribución es clave para la seguridad alimentaria del planeta. Según ONU (2019) la población mundial viene creciendo de forma exponencial; en tan solo 200 años se multiplicó por siete los mil millones de habitantes que demoraron cientos de miles de años en poblar la tierra, alcanzando en el 2011 los 7 mil millones de habitantes, y se tiene previsto que aumente a 8500 millones para el 2030 y a 9700 millones para el 2050.

Este panorama trae consigo un gran reto, alimentar a esa población mundial sin seguir depredando el planeta y en ese sentido, los fertilizantes cumplen una función fundamental.

La mejor forma de producir alimento suficiente y de calidad para la creciente población mundial no es incrementar las hectáreas cultivadas sino producir más alimento por hectáreas cultivada, con un enfoque más sustentable.

Las plantas extraen nutrientes del suelo para su normal desarrollo, y esos nutrientes deben ser repuestos a través de los fertilizantes para no agotar el suelo agrícola e incrementar los rendimientos por unidad productiva. No obstante, esta labor no es suficiente si no es acompañada de un manejo adecuado del agua, buenas prácticas agrícolas en nutrición vegetal, en control de plagas, enfermedades, etc.

Al conseguir entonces altos rendimientos mediante el uso adecuado de fertilizantes y las buenas prácticas agrícolas, evitaremos la degradación de los suelos y la necesidad de buscar nuevos terrenos cultivables a través de la deforestación.

Según expone FAO (2019) en su Código Internacional de Conducta para el Uso y Manejo de Fertilizantes, el reto en el manejo de suelos para producir alimentos es el manejo de los nutrientes, ya que esto trae consigo dos riesgos que podrían resultar contradictorios: los problemas medioambientales generados por el uso excesivo de fertilizantes y por otro lado los bajos rendimientos causados por un uso insuficiente de los fertilizantes.

El uso excesivo de fertilizantes minerales trae consecuencias muy negativas, tanto al cultivo mismo por los niveles de toxicidad que pueden producir y que reducen rendimientos, como también al medio ambiente, debido a las pérdidas producidas por lixiviación, escorrentía y la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Además, este exceso de fertilizantes no tomado por la planta puede llegar a fuentes naturales de agua causando su acidificación y eutrofización, afectando seriamente el equilibrio de la vida.

Las dosis insuficientes de fertilizantes tienen también efectos negativos en el ambiente, pues al no lograr los rendimientos esperados los productores suelen buscar ampliar la frontera agrícola, generando deforestación.

Cuando hablamos de Manejo y uso seguro de fertilizantes involucramos no solamente temas netamente ambientales, sino también comprende otro gran reto, el de la conservación de la calidad de este insumo. Su correcto manejo desde la fabricación, pasando por el transporte, distribución y su adecuado almacenamiento tiene como objetivo evitar que el fertilizante pierda sus propiedades físicas y químicas en sus distintos procesos antes de su aplicación al campo.

El desconocimiento de las propiedades físico químicas de los fertilizantes, y de los niveles de compatibilidad entre sí, puede llevar al usuario a cometer errores en la misma preparación y aplicación del producto, ya sea de forma directa al suelo o previamente solubilizada en el caso de los fertilizantes diseñados para sistemas de fertirriego.

Este cuidado de la calidad es una responsabilidad compartida entre la empresa que produce el fertilizante y el usuario final, incluyendo muchas veces también a intermediarios como distribuidores que también manipulan, almacenan y comercializan estos productos.

Al ser las fertilizantes sustancias químicas propensas a reaccionar entre sí o con el ambiente, la seguridad es otro de los pilares en su manejo, tanto de los operarios y usuarios finales quienes manipulan directamente el insumo como de las personas que viven o transitan en los alrededores de almacenes de fertilizantes, pues son ellos los más expuestos a sufrir las consecuencias de un mal uso en su salud e integridad física. A pesar de que los fertilizantes de origen mineral no son peligrosos por sí mismos, una incorrecta disposición en su almacenamiento, contaminación cruzada o cercanía a fuentes de calor puede generar desde emisiones de gases peligrosos hasta explosiones, consecuencias cuya prevención será descrita a profundidad.

Finalmente, pero no menos importante, el presente trabajo abordará también el tema de salud del consumidor final de las frutas y verduras producidas bajo el uso de fertilizantes minerales y la relación que existe entre un plan de fertilización adecuado y el nivel nutricional final de la producción obtenida. En ese sentido, se involucra también aquellas sustancias nocivas contenidas en los fertilizantes que, en altas concentraciones, puedan llegar hasta el producto final y luego al organismo del consumidor en perjuicio de su salud. Hoy en día, como en casi todos los mercados en el mundo, el consumidor final está cada vez más informado y posee un empoderamiento cada vez mayor para tomar la decisión de lo que compra y lo que come, por lo que la producción de alimentos es cada vez más estricta y restringida a productos cada vez más sanos e inocuos. Es ese sentido, la trazabilidad o rastreo de los alimentos a lo largo de toda la cadena comercial desde la producción, hace cada vez más importante para el productor utilizar insumos de calidad y conocer su correcto uso, de forma que asegure una cosecha con buen valor comercial.

Lamentablemente, si llevamos este tema en nuestro país, el nivel de exigencia por parte de las autoridades en la seguridad alimentaria viene siendo insuficiente para asegurar alimentos de calidad y estamos a merced del manejo que los agricultores hagan en producción. Es por eso que se hace incluso más importante que, a través de la empresa privada, se genere conciencia en el productor sobre las buenas prácticas agrícolas, en particular sobre el manejo y uso seguro de insumos a través capacitaciones masivas que colaboren con una producción de alimentos de calidad.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Exponer las directrices para un correcto uso de los fertilizantes minerales en cuanto a seguridad, calidad, salud y cuidado del medio ambiente, presentando oportunidades de mejora adaptadas a nuestra realidad.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Presentar la situación actual de los usuarios en Ica en cuanto a uso y manejo de fertilizantes según el tipo de cliente: agroindustrias o distribuidores.
- Detectar los puntos críticos en todo el proceso de abastecimiento y aplicación en campo de los fertilizantes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Definición de fertilizante

Según FAO (2019), cuando utilizamos el término “fertilizante” nos referimos a una sustancia o material químico o natural que se emplea para proporcionar nutrientes a las plantas para su desarrollo, normalmente a través de su aplicación al suelo.

Otro concepto interesante lo proporcionan G. Navarro y S. Navarro (2014) quienes afirman:

Se entiende por fertilizante (o abono) todo material, orgánico o inorgánico, cuya función principal es proporcionar elementos nutrientes a las plantas, capaces de mejorar su crecimiento en un momento dado, bien porque no existen o porque se han agotado con el tiempo. Junto con este aporte de nutrientes, el fertilizante tiene como misión un aumento de la producción y una mejora en la calidad. (p.46)

Se puede comprender con estas definiciones el importante rol que cumplen los fertilizantes en la producción mundial de alimentos y la seguridad alimentaria.

2.2. Tipos de fertilizantes

Los fertilizantes se pueden categorizar según su grado, es decir, según el contenido de macroelementos primarios que posee, sea Nitrógeno, Fósforo o Potasio, pudiendo encontrar incluso fertilizantes que incluyen a los tres y hasta más elementos.

El grado de un fertilizante se define como la relación del contenido nutricional expresado en porcentaje (peso), en el siguiente orden: N-P -K. De esta manera, aquel fertilizante cuyo grado es 20-20-20, (ampliamente usado en agricultores de Perú), contendría 20% de nitrógeno (N), 20% de fósforo (P) y 20% de potasio (K). En el caso de los fertilizantes multinutrientes, el grado se emplea usualmente para designar el respectivo producto. (Guerrero, 2004).

Según FAO (2002), los fertilizantes que contienen sólo un nutriente primario son denominados fertilizantes simples y aquellos que contienen dos o tres nutrientes primarios son llamados fertilizantes multinutrientes.

2.2.1. Fertilizantes simples

En el Perú, estos fertilizantes son los más ampliamente utilizados y son utilizados directamente en el suelo o para la fabricación de los compuestos, pueden ser nitrogenados, fosfatados o potásicos.

a) Nitrogenados

Los suelos agrícolas en general presentan deficiencia de nitrógeno, por lo que este tipo de fertilizantes son los más utilizados a nivel mundial, y representan alrededor del 59% del consumo mundial total de los fertilizantes. Para el año 2018 la demanda de fertilizantes nitrogenados a nivel mundial fue de 119 millones de toneladas, lo cual representaba un 1.4% de crecimiento respecto al año anterior; sin embargo, el principal problema de los fertilizantes nitrogenados es su ineficiencia en campo, ya que solo el 40% del nitrógeno aplicado es utilizado por el cultivo y el resto se pierde por lixiviación a aguas subterráneas, superficiales o en su defecto se pierde a la atmósfera por volatilización. (INTAGRI, 2017)

Dentro de los fertilizantes nitrogenados, el más utilizado es la urea, con 46 % de contenido de nitrógeno, la mayor fuente de este elemento en el mundo debido a su alta concentración y a su precio accesible por unidad de N. Sin embargo, su aplicación requiere especial precaución y el uso de las buenas prácticas agrícolas para evitar pérdidas por volatilización de amoníaco en el aire (FAO, 2002).

Otras fuentes nitrogenadas muy utilizadas dentro de los fertilizantes simples son el sulfato de amonio y el nitrato de amonio, fuentes de nitrógeno más eficientes que la urea, pero de uso menos extendido.

El sulfato de amonio es una fuente soluble fácilmente disponible de nitrógeno (21%), que posee una porción de azufre (24%). Es un fertilizante recomendado en suelos alcalinos por sus propiedades acidificantes, producidas porque el sulfato (SO_4^{-2}) contenido reacciona rápidamente con el calcio del suelo formando sulfatos de calcio (CaSO_4) que precipitan y son fácilmente lavables por el agua de riego o lluvias. Por otro lado, tenemos al nitrato de amonio que puede contener entre 33 y 34% de nitrógeno, disponible para las plantas de dos formas, como nitrato (NO_3^-) y como amonio (NH_4^+), característica que lo hace menos propenso a pérdidas por volatilización. Además, el nitrato contenido es la forma rápida de

absorción por parte de las plantas, mientras que la forma de amonio debe ser gradualmente transformada en el suelo para luego ser absorbida por el cultivo (INTAGRI, 2017).

Hay que resaltar que el nitrato de amonio en un principio se utilizaba para la elaboración de explosivos, por lo que hoy en día cuenta con restricciones para su uso. En el caso del Perú actualmente se comercializa estabilizado con fósforo como Nitrato de amonio estabilizado.

b) Fosforados

Como fuentes de fósforo dentro de los fertilizantes simples tenemos al superfosfato simple, con el 16 al 20 % de P_2O_5 , que contiene adicionalmente 12 % de azufre y más del 20 % de calcio (CaO). También es usado el superfosfato triple con una concentración del 46 % de P_2O_5 , no contiene ni azufre ni calcio. Ambos tipos de fertilizantes fosfatados contienen el fosfato soluble y disponible para las plantas (FAO, 2002).

c) Potásicos

Finalmente, en el caso de fertilizantes simples con contenido de potasio, tenemos al cloruro de potasio con 60 % de K_2O , es el fertilizante potásico simple más utilizado en la mayoría de los cultivos. En cultivos sensibles al cloro o en los cuales el azufre se necesita, se usa el sulfato potásico con el 50 por ciento de K_2O y 18 % de azufre.

Tal como lo describe el IPNI (2014), “El sulfato de potasio dispone de únicamente un tercio de la solubilidad del cloruro de potasio (KCl), por lo que no es comúnmente disuelto para la aplicación a través de agua de riego.” Esto se contradice en nuestro país en casi todas las agroindustrias de Ica, donde se busca evitar el uso del cloruro por la naturaleza de los suelos y se fuerza la solubilización del sulfato de potasio en tanques, convirtiéndose en un punto crítico de calidad para estas empresas.

d) Fertilizantes compuestos

Son aquellos que contienen en su composición por lo menos dos de los tres nutrientes primarios. Según su procesamiento y presentación, se pueden dividir en dos grandes grupos, las llamadas mezclas físicas o blendings y los fertilizantes complejos. Ambos grupos pueden a su vez dividirse en: binarios, si poseen dos nutrientes primarios, o ternarios si poseen los tres nutrientes primarios

e) Mezclas físicas (blendings)

Se denomina así a las mezclas de materias primas diferentes donde no hay reacción química, solo un proceso manual o mecánico de mezcla, por lo que podemos observar en cada puñado de blending gránulos diferentes en cuanto a color y forma. No ha habido reacción previamente para formar una sustancia uniforme (Bockman, Kaarstad, Lie, & Richards, 1993).

Bockman et al., (1993) afirman también que para que ésta mezcla física no ocasione problemas debemos cerciorarnos de que exista compatibilidad química entre las materias primas a mezclar. De lo contrario puede formarse una pasta y perder eficiencia en campo. Asimismo, el tamaño, la densidad y la dureza de las partículas debe ser similar entre los fertilizantes a mezclar para que no se genere segregación en los depósitos, donde las partículas más pequeñas y livianas tiendan a depositarse al fondo o se genere polvo durante el transporte. Esto trae consigo un problema de heterogeneidad del producto y pérdidas de calidad.

f) Fertilizantes complejos

Estos fertilizantes deben ser producidos industrialmente, haciendo reaccionar químicamente varias materias primas obteniendo como resultado gránulos que se condicionan para un adecuado manejo. Lo que se obtiene como resultado es la misma riqueza en cada gránulo de forma garantizada, logrando un producto homogéneo que trae una serie de ventajas respecto a las mezclas físicas (CSR Laboratorios, 2017).

Entre las ventajas de utilizar fertilizantes complejos sobre mezclas físicas y fertilizantes simples tenemos en primer lugar la facilidad de manipulación, transporte, almacenamiento y aplicación en campo. Este tipo de productos aporta un alto contenido de nutrientes y lo distribuye uniformemente en el cultivo, otorgando una fertilización equilibrada, es decir todos los elementos disponibles desde el inicio, de acuerdo a los requerimientos nutricionales de cada cultivo (FAO, 2002).

Para el año 2020, en el Perú el ingreso de fertilizantes complejos está cada vez más extendido en la zona de Ica; sin embargo, es aún muy grande la brecha entre productores que utilizan complejos químicos en comparación con los que utiliza aún las mezclas físicas.

2.3. Características de los fertilizantes

Los fertilizantes tienen una serie de características físico - químicas que definen la forma en la que deben ser manipulados. Es importante conocer estas características para un uso adecuado sin poner en riesgo la calidad del producto, la seguridad del operario y el medio ambiente.

2.3.1. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de los fertilizantes están relacionadas estrechamente a la efectividad agronómica del producto, y marca las pautas para un adecuado manejo en cuanto a aplicación, transporte y almacenamiento. El desconocimiento de las propiedades físicas de los fertilizantes, pueden conducir a problemas de compactación, segregación y excesiva higroscopicidad, que durante su producción son evitadas mediante diferentes tratamientos que ayudan a generar condiciones físicas favorables (Guerrero, 2004).

Entre las propiedades físicas que tienen relevancia e influyen considerablemente en su manejo tenemos la granulometría, la resistencia de las partículas, la densidad aparente y la higroscopicidad.

a) Granulometría

Guerrero (2004) afirma que antiguamente los fertilizantes se producían en forma de polvos o cristales finos, por lo que el manejo era difícil y fácilmente se generaba compactación durante el almacenamiento, que demandaba un trabajo extra en romper los bloques de fertilizante para su utilización. Las nuevas tecnologías de granulación en fertilizantes han facilitado el manejo y almacenamiento de los fertilizantes.

La granulometría hace referencia al tamaño de las partículas y su distribución, variando de un producto a otro. Gracias a ella se pudo empezar a hacer aplicaciones aéreas y se empezó a elaborar diferentes mezclas físicas según la necesidad del cultivo. De esta manera, los materiales poco solubles están formados de partículas más pequeñas, con el objetivo de lograr su disolución en el suelo y que las plantas puedan aprovecharlos. Este es el caso de la cal agrícola, yeso agrícola y roca fosfórica, aunque su condición polvosa dificulta el manejo (Guerrero 2004).

En el caso de los fertilizantes de alta solubilidad, mientras más grande la partícula menos soluble es, lo cual es fundamental en fertilizantes de liberación lenta. De esta manera, se ha

demostrado que partículas superiores a 5 mm en el caso de los fertilizantes fosfatados, genera una mejor eficiencia cuando se aplican en aquellos suelos con mucha fijación del fósforo (Suarez, 1971)

En el caso del nitrógeno, también está demostrado que el tamaño de las partículas puede influir en la eficiencia del fertilizante. Nommik (1974) afirma que se logró disminuir las pérdidas por volatilización cuando se utilizó urea granulada, con partículas de mayor tamaño que el de la urea prilled, de gránulo pequeño.

El tamaño de partícula entonces, es un factor a tomar en cuenta para el manejo de fertilizantes y en nuestro país hay oferta de fertilizantes en muchísimas granulometrías distintas, incluso del mismo producto.

b) Resistencia física de las partículas

Hace referencia a la consistencia o resistencia a la compresión por parte de las partículas de los fertilizantes, la cual es muy variable dependiendo de su composición química. La resistencia mecánica es la capacidad del fertilizante de soportar los problemas durante su manejo, transporte y almacenamiento, tales como rompimiento de gránulos y degradación del mismo en polvos. En ese sentido, la capacidad de absorción de agua, propia de los fertilizantes, es negativa para la resistencia física en la mayoría de casos pues las partículas en ese estado tienden a volverse pegajosas y a desintegrarse (Yara, 2020).

Existen tres aspectos fundamentales relacionados a la resistencia mecánica y son: la resistencia al rompimiento, resistencia a la abrasión y resistencia al impacto. Su importancia se debe a que los fertilizantes pasan por distintos manejos desde su fabricación hasta ser aplicados en los cultivos y están continuamente vulnerables a sufrir una serie de daños por las mismas operaciones de transporte y almacenamiento, donde muchas veces viajan muchos kilómetros bajo manejos no siempre apropiados. Toda esta situación finalmente reduce la calidad de los fertilizantes y en consecuencia su eficiencia en el aprovechamiento por los cultivos (Guerrero, 2004).

c) Densidad aparente

Podemos definir a la densidad aparente como el peso del producto por unidad de volumen a granel, normalmente expresado en kg/m³. El volumen ocupado por el fertilizante incluye el aire que queda entre los gránulos y el aire que queda atrapado en el interior de cada gránulo.

De esta manera, si los gránulos del fertilizante están más apretados entre sí, su densidad aparente puede ser hasta un 12% mayor que la del mismo fertilizante sin compactar. (Varas & Riquelme, 2002)

Esta característica es sumamente importante para tomar decisiones sobre el cálculo del tamaño de los sacos o empaques, para determinar la capacidad de almacenamiento en un determinado espacio o en los vehículos de transporte, así como también para calibrar equipos de aplicación.

d) Higroscopicidad

Definida como la capacidad del fertilizante de absorber agua del ambiente. El aire contiene humedad en forma de vapor de agua y por lo tanto ejerce una presión de vapor de agua, que es determinada por la humedad y la temperatura. De esta manera, el aire caliente puede contener más agua que aire frío y este contenido de agua es expresado por la humedad relativa (HR). Así, cuando el aire es saturado con vapor de agua, se dice que la humedad relativa es del 100%. Esto tiene un efecto directo en la calidad del fertilizante desprotegido y almacenado a granel. (Yara Internacional , 2016)

Todos los fertilizantes tienen un grado distinto de higroscopicidad, lo cual significa que empiezan a absorber humedad a cierta presión de vapor.

Como podemos ver en la Figura 1, Todas las curvas de absorción de agua ascienden lentamente a bajas humedades, pero a partir de cierta humedad en el ambiente esta absorción empieza a incrementarse de forma exponencial. A esta humedad específica, propia de cada fertilizante es la que denominamos Humedad Relativa crítica. Esta humedad va disminuyendo a medida que la temperatura aumenta

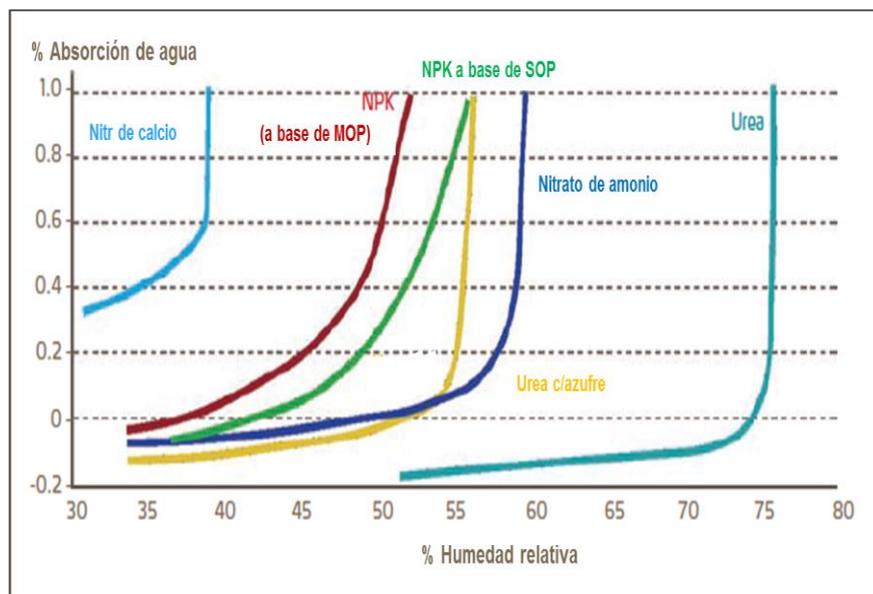


Figura 1. Humedad relativa crítica de los fertilizantes a 25° C

Nota: El punto exacto en el que la curva se va hacia arriba es la humedad relativa crítica y varía de fertilizante en fertilizante. Medición se hace con cada fertilizante expuesto al ambiente.

2.3.2. Propiedades Químicas

Entre las principales propiedades químicas básicas de los fertilizantes están la solubilidad, el índice de salinidad, la acidez o basicidad residual y el pH de la solución saturada.

a) La Solubilidad

Esta propiedad es la que define la mayor o menor disponibilidad de los nutrientes hacia el cultivo. Se define como la capacidad del fertilizante de liberar los nutrientes desde el estado sólido, no aprovechable para el cultivo, al estado iónico requerido para su absorción. Por ende, podemos afirmar que la disponibilidad potencial de los nutrientes de un fertilizante es directamente proporcional a su nivel de solubilidad (Navarro & Navarro, 2014).

Hay que considerar que, en la práctica, la solubilidad del fertilizante no es el único factor que influye en su disolución en el suelo. Esta depende también de la disponibilidad de agua en el suelo, las características del suelo, la temperatura, el tamaño de la partícula y la tecnología de aplicación del fertilizante.

Evidentemente, la humedad del suelo es fundamental para la disolución del fertilizante ya que las plantas no podrán tomar los nutrientes mientras que no se cuente con el agua suficiente para generar la liberación de iones hacia la solución agua. Asimismo, las

características físicas, químicas y mineralógicas del suelo también influyen en la disolución del fertilizante siendo la reacción del suelo o pH de las más influyentes. (Guerrero, 2004)

Esta disponibilidad según el pH la podemos observar en la Figura 2, siendo los valores entre 6 y 7 los que mayores disponibilidades de nutrientes ofrecen, con excepción de algunos elementos como el hierro, disponible en suelos ácidos.

Asimismo, Guerrero (2002), afirma que, como en la mayoría de las reacciones químicas, la temperatura también influye en la solubilización de los fertilizantes y está asociada al clima, por lo que, en lugares más cálidos, la velocidad con la que se solubiliza un fertilizante es más rápida que en climas fríos, sin considerar la acción de otros factores.

Las características de los gránulos también influyen en el grado de solubilidad del fertilizante, tanto su tamaño como el recubrimiento. En ocasiones, este recubrimiento posee una tecnología especial que le permite darla la cualidad de liberación lenta o liberación controlada, o como en el caso de algunos otros, poseen un recubrimiento especial que evita que el fertilizante se volatilice y se pierda a la atmósfera, mejorando considerablemente su eficiencia y colaborando al cuidado del medio ambiente.

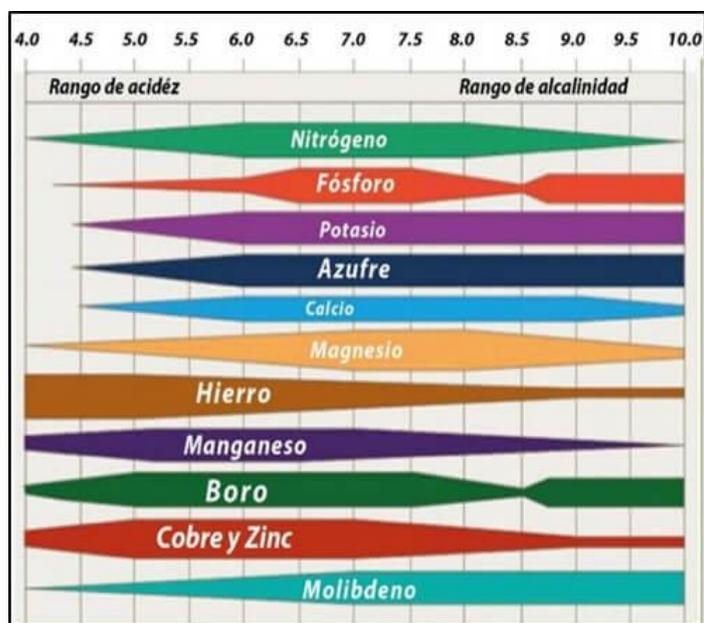


Figura 2. Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo

Nota: Tomado del artículo: Disponibilidad de Nutrientos y el pH del Suelo, INTAGRI (2017)

b) Índice de Salinidad

Los productores por lo general saben que las altas concentraciones de sales solubles en la solución suelo pueden generar daños en los cultivos o impedir la normal germinación de semillas o emergencia de plántulas. Este efecto está relacionado con el aumento de la presión osmótica de la humedad del suelo que pueden producir los fertilizantes debido a que finalmente son sales, aunque su efecto es mayor o menor dependiendo cual se use.

“El índice salino se define como la proporción del aumento de la presión osmótica producida por el fertilizante respecto al producido por igual peso de nitrato sódico, que se toma como referencia igual a 100” (Guerrero, 2004).

Esto nos da a entender que los índices de salinidad se deben utilizar solo para comparar un fertilizante con otro y además el nivel de daño que puede causar depende de otros factores como susceptibilidad del cultivo, época de aplicación, sistema de aplicación, tipo de suelo, cantidad de agua en el suelo, etc. Sin embargo, hay que considerar que no solamente la salinidad de un fertilizante es capaz de generar daños al cultivo, lo hace también la liberación de amoníaco a partir de la urea o del fosfato diamónico cuando están muy cerca a la semilla o plántula, generando un efecto fitotóxico (Navarro & Navarro, 2014).

Conocer el índice de salinidad de los fertilizantes nos permite seleccionar las fuentes más adecuados para el cultivo en un momento determinado. En el caso de los suelos de Ica, el índice de salinidad nos puede servir para escoger aquellos con salinidad más baja, cuidando de esta forma los daños que podamos generar al cultivo.

En la figura 3 podemos observar el índice de salinidad de los principales fertilizantes utilizados en la agricultura, siempre tomando como referencia un peso igual de nitrato de sodio con un valor de 100.

FERTILIZANTE	INDICE DE SALINIDAD	
<u>Fosfato diamónico</u>	24	
Fosfato monoamónico	34	
<u>Sulfato de potasio</u>	46	
Nitrato de calcio	52	
Sulfato de amonio	69	
Nitrato de potasio	74	
Urea	75	
Sulfonitrato de amonio	87	
Nitrato de sodio	100	Se toma como referente, cuanto menor es el índice, menor es el efecto salinizante
Nitrato de amonio	105	
Cloruro de potasio	116	
Cloruro de sodio	154	

Figura 3. Índice de salinidad en los fertilizantes más conocidos.

Nota: La referencia para los valores mostrados es el nitrato de sodio, a quien le corresponde un valor de 100. Tomado de artículo web de Revista Agrovalle, por H. Fernández, (2009).

2.4. Mantenimiento de la calidad

Según el Código Internacional de conducta para el uso y manejo de fertilizantes, publicado por FAO (2019), “los usuarios de fertilizantes deberían adquirir y utilizar fertilizantes de alta calidad que cumplan con la legislación en vigor en el país donde se comercializa el producto.” En ese sentido, es responsabilidad de los implicados en toda la cadena de manejo del fertilizante, incluido el usuario final, que los fertilizantes no pierdan su calidad y que al momento de aplicarlos cumplan con el objetivo por el cual se aplican.

Como se observa en la Figura 3, son una serie de etapas por la cual pasan los fertilizantes hasta su aplicación final en campo, los cuales incluyen fabricación, almacenamiento, transporte, comercialización y aplicación en campo definitivo.

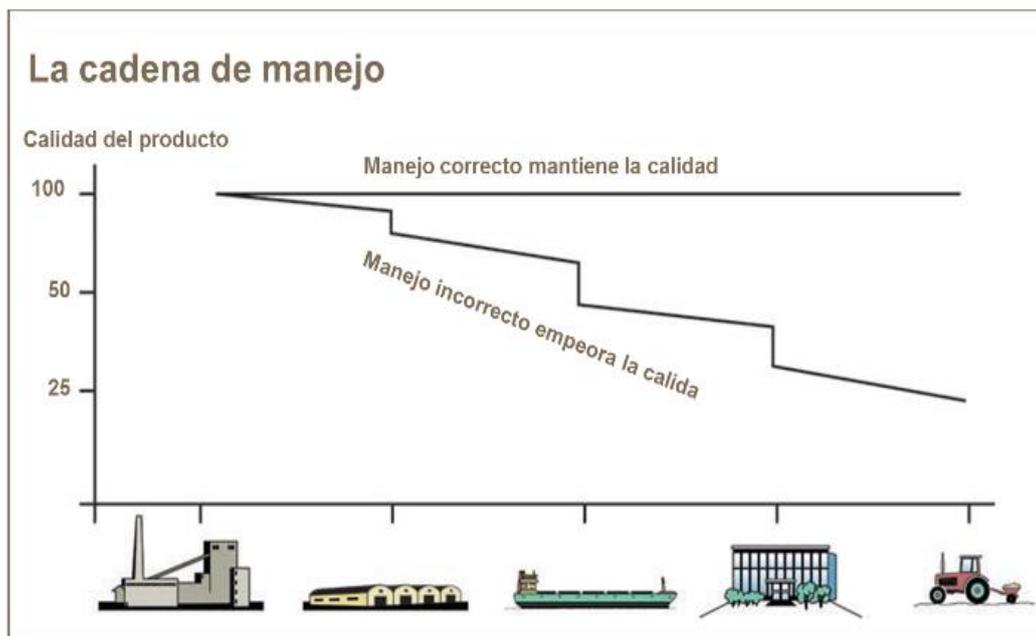


Figura 4. El reto de mantener la calidad a lo largo de la cadena de manejo de fertilizantes

Nota: Mantener el 100% de la calidad del fertilizante desde su fabricación al campo es el gran reto del Manejo de fertilizantes. Tomado del Manual: De la Fábrica al campo, Yara Internacional, (2016).

2.4.1. Transporte de fertilizantes

Durante el transporte de fertilizantes debemos asegurar que se conserve la calidad, pero sin descuidar la seguridad. Es importante considerar el estado inicial del producto y las medidas que se van a tomar para conservarlo, como también el clima, el tipo de fertilizante, el tipo de transporte a utilizar y si este va a ser llevado a granel o ensacado (Yara Internacional , 2016)

Considerando que en el Perú aun no tenemos un reglamento específicamente diseñado para el transporte de fertilizantes, se tomó como referencia la publicación de la institución española ANFFE (Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes), 2016 donde se da cuenta de una serie de recomendaciones para un transporte de fertilizantes adecuado en carretera:

- En primer lugar, mantener el transporte limpio y seco para evitar reacciones indeseadas, donde la carga esté acomodada de forma que no tenga contacto con los tubos de escape del vehículo. En caso sea fertilizante a granel, este debe estar correctamente cubierto para que no pueda derramarse o deteriorarse; por otro lado, si son fertilizantes ensacados, debe asegurarse de que el transporte no tiene

irregularidades en su superficie que puedan dañar los envases. La distribución de la carga dentro del vehículo debe ser homogénea para mantener la estabilidad del vehículo y el conductor debe haber pasado por capacitaciones y contar con la información reglamentaria a la mano.

- En caso de transportar fertilizantes líquidos se deben utilizar envases o cisternas adaptados a las características específicas de los productos y si en el transporte tenemos fertilizantes declarados peligrosos (MATPEL), se debe prestar atención a los siguientes aspectos: marcado y etiquetado, formación específica, disposiciones de seguridad, etc.

2.4.2. Almacenamiento de fertilizantes

Los espacios que son escogidos para almacenar fertilizantes deben ser gestionados adecuadamente, y hay una serie de riesgos que se deben evitar como por ejemplo la liberación de nutrientes provocada por derrames de envases rotos o dañados, acumulación de envases vencidos que incrementen innecesariamente el volumen total almacenado y a su vez el nivel de riesgo, algún descuido en la seguridad que conduzca a un uso irresponsable y la combustión de fertilizantes oxidantes, como los nitratos, que podrían generar un incendio o algún otro desastre. Además, hay riesgos ambientales con almacenamiento inadecuado de fertilizantes, cuando estos llegan a ponerse en contacto con aguas superficiales o acuíferos (ICL Specialty Fertilizers, 2015).

Algunas recomendaciones en el almacenamiento de fertilizantes compartidas por Yara Internacional (2016):

- Utilice un edificio o un área dedicada al almacenamiento de fertilizantes. Esta zona debe estar apartada de oficinas, aguas superficiales, viviendas vecinas, zonas de almacenamiento de agua, separada de fitosanitarios y protegida del calor extremo y de posibles inundaciones. El área de almacenamiento debe tener un suelo impermeable con contención secundaria, lejos de material vegetal y de áreas de tráfico intenso.
- Mantenga el edificio o el área de almacenamiento cerrado con llave y señalizado claramente como área de almacenamiento de fertilizantes, con carteles y letreros en las puertas y ventanas del edificio, se proporciona a los bomberos información sobre los fertilizantes y otros productos presentes

durante una situación de emergencia ante un fuego o una fuga. Los extintores de incendios deben estar correctamente indicados y de fácil acceso, así como la información de contacto para casos de emergencia.

- Utilice pallets para mantener los contenedores y/o big-bags separados del suelo. Los estantes que se utilicen para los envases más pequeños deben tener un reborde que evite la caída de dichos envases. Las estanterías de acero son más fáciles de limpiar que las de madera en caso de fugas.
- Cuando se almacenen ácidos, las áreas deberán tener suelos impermeables con todas las superficies con desagüe hacia un foso de neutralización, para poder hacer frente a cualquier fuga que pueda producirse. Los equipos de protección individual adecuados tienen que estar siempre disponibles.
- Debe haber materiales de limpieza adecuados para fugas de líquidos (por ejemplo, materiales absorbentes) y sólidos (por ejemplo, pala, recogedor, escoba y cubos) disponibles en el área.
- No debe haber comida, bebida, tabaco ni alimento para animales presentes en las áreas de almacenamiento que contengan suministros generales.
- Si tiene previsto almacenar tanques de gran capacidad, acondicione un área de contención suficiente como para confinar un 125 % de la capacidad del contenedor más grande. En caso de soluciones madre concentradas, se deben adoptar medidas de precaución especiales. Se debe utilizar una segunda barrera de contención.
- Los sacos y las cajas de fertilizante deben abrirse con un cúter o con tijeras. Los envases abiertos deben volver a cerrarse y devolverse al almacén, donde deben guardarse en un lugar seco.
- Los fertilizantes deben volver a almacenarse en sus contenedores originales a no ser que estos estén dañados. Las etiquetas deben estar visibles y legibles. Los contenedores para comida o bebida nunca deben usarse para almacenar fertilizantes.
- El inventario debe actualizarse oportunamente cuando se incorporen o retiren productos químicos del almacén; los materiales deben tener fecha de entrada cuando se adquieren y de retirada cuando caduquen, según las últimas informaciones disponibles de las autoridades de protección del medio ambiente.

- No debe haber fuentes directas de calor (ventanas soleadas, tuberías de vapor, calderas, etc.). Se debe asegurar la ventilación adecuada.
- Nunca se deben almacenar fertilizantes dentro de un pozo o en una instalación que contenga un pozo abandonado.
- Tenga disponibles accesos adecuados para las gestión y operativa logística propia del almacén (entregas, descargas, etc).

Todas estas recomendaciones presentadas apuntan a un almacén ideal y deben cumplirse en la medida de las posibilidades del usuario. De esta forma, un pequeño distribuidor, a pesar de tener menos recursos que una agroindustria, puede también asegurar la calidad y la seguridad de sus productos con buenas prácticas.

En la Figura 5 podemos observar un esquema de un pequeño almacén ideal para fertilizantes sólidos, donde ese respetan las distancias reglamentarias entre productos incompatibles y el fertilizante no está en contacto directo con el suelo.

En la Figura 6 podemos ver los contenedores antes mencionados para almacenar de forma segura fertilizantes líquidos.



Figura 5. Almacenamiento ideal para fertilizante sólidos a pequeña escala

Nota: Se observa un almacén básico ideal donde se respetan las medidas mínimas de seguridad. Tomado de la Guía ambiental para la floricultura.(Ascoflores, 2010)



Figura 6. Almacenamiento ideal para fertilizante líquidos a pequeña escala.

Nota: Se observa una barrera contenedora alrededor de los fertilizantes, que tiene como objetivo evitar que se mezclen los productos ante un derrame. Tomado de la Guía ambiental para la floricultura (Ascoflores, 2010).

2.4.3. Consideraciones en la aplicación

El proceso de uso de fertilizantes empieza desde cuando se presenta la necesidad de emplearlos hasta la misma aplicación, por lo que es posible definir etapas e identificar los principales riesgos en conservación de calidad, medioambientales, se seguridad y salud.

Según la publicación de Ascoflores (2010), existen etapas previas a la aplicación que se definen como: Análisis de nutrientes en suelo y tejido vegetal, definición de la fórmula de fertilización, programa de fertilización y finalmente la preparación y aplicación de fertilizantes.

Para elaborar una correcta fórmula de fertilización, lo ideal es tener un análisis de suelo, análisis de agua de riego y tener la data de extracción del cultivo a instalar. Esta información debe ser interpretada por un especialista, y será clave para utilizar la cantidad correcta de fertilizante, aplicando únicamente lo que el agua y el suelo no alcanzan a aportar, considerando a su vez las necesidades del cultivo y la eficiencia de las fuentes usadas como fertilizantes en el suelo.

Una vez determinada la cantidad debemos elegir el momento adecuado y para eso debemos considerar los picos y tendencias de extracción del cultivo por etapa fenológica para distribuir correctamente el fertilizante a lo largo de la campaña.

El fertilizante a utilizar como fuente de cada nutriente debe ser elegido en función al sistema de riego, tipo de suelo, cultivo y el clima, y nos determina las prácticas que debemos tomar en cuenta para una buena fertilización, considerando el lugar adecuado de aplicación; así, el uso de la urea, por ejemplo, requiere de especial atención para evitar las pérdidas por volatilización en forma de amoníaco si es que no es incorporada rápidamente o si no hay alguna lluvia o riego próximo. Por otro lado, el uso de fertilizantes complejos en riego por gravedad nos da una serie de ventajas en su aplicación por sobre los fertilizantes simples o las mezclas físicas de los mismos, tales como facilidad de manipulación, facilidad de aplicación, distribución uniforme de nutrientes en el campo y alta eficiencia en el campo, Además, tienden a ser menos nocivos para el medio ambiente (FAO, 2002).

a) Compatibilidad de fertilizantes

En mezclas físicas de fertilizantes un factor a tomar en cuenta es la compatibilidad, que implica también la contaminación cruzada que se pueda presentar en la manipulación, y que puede generar serios problemas de calidad como el apelmazamiento, debilitamiento, formación de polvos e incluso problemas relacionados a la seguridad (Yara Internacional, 2016).

Guerrero (2004) nos dice que algunas de las consecuencias más esperadas en caso de mezclas de fertilizantes incompatibles son: desarrollo de humedad, producción de gases, compactación de la mezcla y aumento de la higroscopicidad de la mezcla. Este último caso lo podemos ver claramente reflejado en la Figura 6, donde la urea y el nitrato de amonio al ser mezcladas se hacen prácticamente incompatibles, pues al estar mezclados modifican su humedad relativa crítica hasta un nivel sumamente bajo, siendo un problema incluso en condiciones de baja humedad atmosférica. Asimismo, la mezcla de urea con superfosfato, de compatibilidad limitada según la Figura 6, puede tornarse inmanejable dependiendo del contenido de humedad del superfosfato, debido a la reacción química entre la urea y el fosfato monocalcico, lo cual genera que la mezcla se torne húmeda y pegajosa.

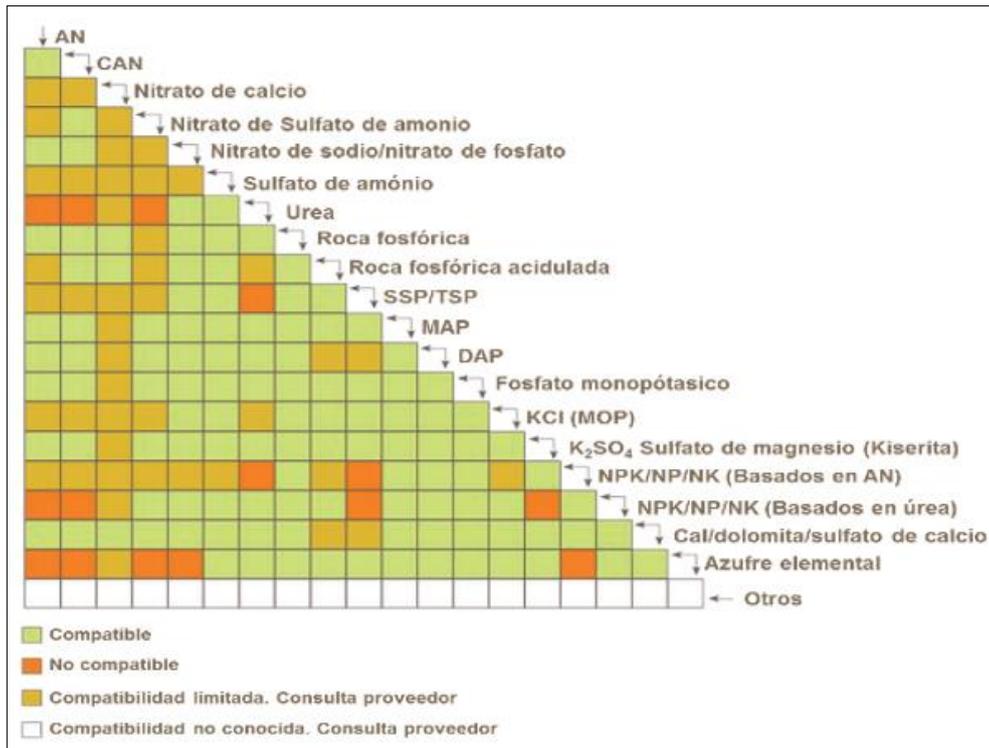


Figura 7. Compatibilidad química de algunos materiales fertilizantes en mezcla

Nota: La matriz muestra la compatibilidad de la mezcla de los principales fertilizantes. Tomado de la publicación: De la fábrica al campo: “Propiedades y manejo de los fertilizantes” (Yara Internacional , 2016).

b) Mezclas en tanque para fertirriego

El fertirriego es el método de fertilización más extensamente usado en la agroindustria del país y consiste en aplicar sustancias nutritivas necesarias por los cultivos en el agua de riego y en cantidad, época, proporción y forma química requerida por las plantas de acuerdo a su etapa fenológica y ritmo de crecimiento.

INTAGRI (2017) explica que hay tres requisitos fundamentales que deben cumplir los fertilizantes para poder ser utilizados sin problemas en sistemas de fertirrigación y son: alta solubilidad (> 100 g/L), alta pureza (> 95 %), y baja salinidad y toxicidad.

Estos parámetros son muy variables dependiendo del fertilizante y también de la calidad del agua de la zona que se utilizará para mezclarlos. Por ejemplo, dadas las condiciones del agua en Ica y la baja solubilidad del sulfato de potasio, se espera tan solo un nivel de solubilidad de entre 60 g/L A 80 g/L.

Asimismo, INTAGRI (2017) también nos da algunas recomendaciones que debemos seguir a la hora de hacer mezclas en tanques para sistemas de fertirrigación:

- Para la preparación de la solución nutritiva para fertirrigación, llenar el tanque de mezclado primero con 50 - 75 % de la cantidad total de agua requerida en la mezcla. Es decir, en un tanque con capacidad de 1000 litros se debe adicionar de 500 a 750 litros de agua. Al finalizar la mezcla se debe agregar agua hasta completar el volumen total.
- Aplicar los ácidos antes que los fertilizantes y siempre colocar el ácido en el agua (Nunca viceversa).
- Agregar los fertilizantes partiendo de los menos solubles.
- Nunca mezclar amoníaco con cualquier ácido, pues la reacción resultante es violenta e inmediata.
- No mezclar soluciones madres directamente con otras soluciones madres.
- Respecto a las interacciones entre fertilizantes, en soluciones concentradas nunca mezclar fuentes de calcio con fertilizantes fosfatados, mucho menos con fertilizantes sulfatados.
- Revisar y exigir al proveedor de los fertilizantes la información sobre la solubilidad y compatibilidad de los mismos.
- Aguas extremadamente duras (altos contenidos de calcio y magnesio), se combinarán con el fósforo o sulfatos formando compuestos insolubles. Es ese sentido, cuando la fuente de agua es un pozo se recomienda realizar mínimo un análisis de agua cada dos años, y cuando el agua se toma de canales mínimo una vez al año.

Las incompatibilidades más comunes que se dan según lo que muestra Yara (2016) son las siguientes:

- Fertilizantes cálcicos con fertilizantes sulfatados. precipitados de sulfato de calcio, conocido comúnmente como yeso; un compuesto de muy baja solubilidad.
- Fertilizantes cálcicos con fertilizantes fosfatados. La mezcla entre el nitrato de calcio con fosfatos provoca la formación de precipitados de fosfato de calcio.
- Fertilizantes fosfatados con fertilizantes magnésicos. El magnesio al combinarse con el fosfato di y mono amónico, principalmente, favorece la formación de precipitados de fosfato de magnesio.

- Otras interacciones. Otra muy común es el del sulfato de amonio con el cloruro y/o nitrato de potasio, ya que al reaccionar forman precipitados de sulfatos de potasio.
- Micronutrientes no quelatados con fertilizantes fosfatados siendo los más comunes los fosfatos de Fe y Zn.

Si tomamos en cuenta la compatibilidad de los fertilizantes y las recomendaciones en su uso podemos evitar problemas de desbalances nutricionales, taponamiento de sistemas de riego, mantenimientos seguidos de equipos, entre otros.

Como nos muestra la Figura 7, es importante separar los productos en diferentes tanques de mezcla según su compatibilidad, de modo que evitemos los problemas antes descritos, teniendo por lo menos 3 tanques: uno para los nitratos de calcio y los micronutrientes, otro para los sulfatos y productos con fósforo y finalmente otro tanque para los ácidos.

2.5. Consideraciones de seguridad

Los fertilizantes son inocuos cuando se manejan adecuadamente, sin embargo, al ser productos químicos, existen ciertos riesgos en su manipulación que se deben a sus propiedades fisicoquímicas y a cierto grado de toxicidad. Los accidentes donde estén implicados pueden derivar riesgos para la salud, en especial en incendios por la emisión de gases como el amoníaco y el monóxido de carbono, así como también la inhalación de polvos, el contacto prolongado con la piel y la ingestión involuntaria (Melgar, 2013).

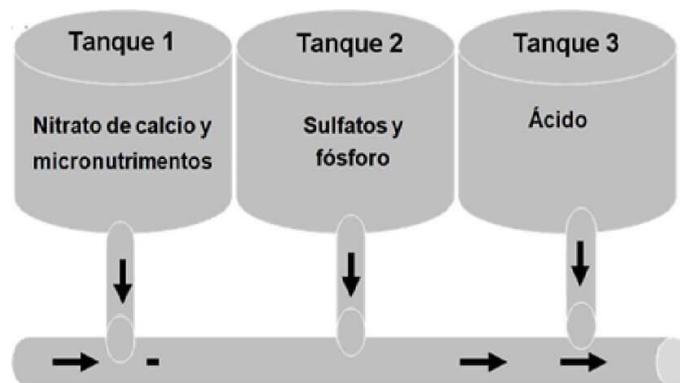


Figura 8. Distribución de los fertilizantes para manejo de soluciones madres para fertirrigación.

Nota: Tomado del Boletín: “La compatibilidad de los fertilizantes en fertirrigación”, INTAGRI, (2016).

Los fertilizantes cuentan con información sobre seguridad en sus etiquetas y fichas u hojas de seguridad, información que muchas veces se pasa por alto a la hora de manejar fertilizantes.

2.5.1. Etiquetado y fichas de seguridad

Melgar (2013) afirma que: “La industria debe proveer una manera simple y clara de comunicar los riesgos de uso, almacenamiento y transporte de fertilizantes que permita tomar las medidas adecuadas de prevención y de contención de daños en caso de accidentes.”

Esta función de comunicación al usuario de fertilizantes son las etiquetas con su formato especial y sobre todo las fichas de seguridad, donde se muestra de forma ordenada toda la información necesaria para un correcto uso.

Algunos fertilizantes son productos químicos peligrosos, por lo que, la etiqueta deberá informar sobre: la peligrosidad del producto, los riesgos que supone su manipulación o uso y las medidas de seguridad a adoptar.

Según Ribeiro (2017), las sustancias peligrosas deben estar etiquetadas correctamente con los siguientes elementos según reglamento:

- Identificación del proveedor o proveedores de la sustancia o mezcla (nombre, dirección y número de teléfono).
- Cantidad nominal (masa o volumen) de la sustancia o mezcla contenida en el envase.
- Identificación del producto y de la sustancia o sustancias peligrosas que componen la mezcla (nombre y número/s de identificación).
- Palabra/s de advertencia (Peligro o Atención).
- Indicación/es de peligro
- Consejo/s de prudencia
- Información suplementaria.

En la Figura 9 podemos ver un ejemplo de etiquetado en las bolsas de fertilizante, donde están indicadas todas las características antes descritas.

Por otro lado, las Fichas de Seguridad (FDS) no son exclusivas de los fertilizantes sino es por reglamento el documento obligatorio con el que deben contar la mayoría sustancias químicas del mercado.

Según lo publicado por ISTAS (2018), la FDS es un documento que prepara y presenta el fabricante o distribuidor de fertilizante y que contiene toda la información a detalle del producto, incluyendo propiedades químicas y físicas, información sobre la salud, seguridad, fuego y riesgos al medio ambiente que el producto potencialmente puede producir. Además, encontraremos en ella información sobre cómo manejar con los fertilizantes de manera segura y qué hacer en caso de derrames accidentales y está dirigida a los trabajadores que puedan estar expuestos a estos peligros, al servicio de prevención y al personal de emergencia (bomberos, por ejemplo) quienes posiblemente deban controlar un derrame o siniestro.

The diagram shows a fertilizer bag label for YaraLiva TROPICOTE. The label includes the YARA logo, the product name, and a table of chemical composition. It also features safety information, including hazard pictograms (GHS), handling icons, and a QR code. The label is annotated with Spanish text and dashed lines pointing to specific sections.

EC FERTILIZER	
Calcium Nitrate	
Total Nitrogen	(N) 15,5%
Nitric Nitrogen	(N) 14,4%
Ammoniacal Nitrogen	(N) 1,1%
Water Soluble Calcium	
Expressed as Ca	18,8%
Expressed as CaO	26,3%

Annotations:

- El dorso del saco (Big bag):** Points to the top section of the label.
- Manejo, almacenaje, uso y información de contacto:** Points to the CAUTION, STORAGE, and SPREADING sections.
- Descripción química:** Points to the chemical composition table.
- Pictogramas CLP/GHS, palabras de aviso, y peligro/consejos de prudencia (cuando aplica):** Points to the hazard pictograms (Corrosive and Exclamation mark).
- Iconos de manejo y reciclaje y logo del socio:** Points to the handling icons (forklift, shovel, wheelbarrow, tractor) and the recycling logo.

Figura 9. Etiquetado de una bolsa de fertilizante y la información que contiene en ella

Nota: Este diseño es referencial, no representa ningún caso específico. Tomado del artículo web: “Etiquetado de fertilizantes minerales” de Yara Internacional, 2016, (<https://www.yara.es/nutricion-vegetal/almacenaje-uso-fertilizantes/etiquetado/>)

La información que debería contener una Hoja o Ficha de Seguridad es

- Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa.
- Identificación de los peligros.
- Composición/información sobre componentes (comprueba que incluya números de identificación CAS de cada sustancia).
- Primeros auxilios.
- Medidas de lucha contra incendios.
- Medidas en caso de vertido accidental.
- Manipulación y almacenamiento.
- Controles de exposición/ protección personal.
- Propiedades físicas y químicas.
- Estabilidad y reactividad.
- Información toxicológica.
- Información ecológica.
- Consideraciones relativas a la eliminación.
- Información relativa al transporte.
- Información reglamentaria.

2.5.2. Equipo de protección personal

Los equipos de protección personal (EPPs) se convierten en barreras físicas para que los productos no entren en contacto con las personas. En el caso de un fertilizante, su manipulación tiene restricciones en su manipuleo como cualquier sustancia química utilizada en la agricultura. Por ejemplo, el simple hecho de tomar un poco de cal viva directamente con las manos, podría causar quemaduras leves si tenemos las manos húmedas, aun cuando esta humedad sea solo sudor. Es por ello que es muy importante conocer y tener disponible el equipo de protección adecuado para manipular los fertilizantes y evitar accidentes.

El EPP para trabajar con fertilizantes puede incluir ropa de trabajo, guantes impermeables, lentes protectores de ojos (para prevenir salpicaduras, vapores o polvo), protectores respiratorios como mascarillas o semi máscaras para trabajos con ambiente de polvo, gases

y/o vapores peligrosos, y calzado de punta reforzada en caso se trabaje en ambientes con peligro de caída de objetos de altura (Universidad de Costa Rica, 2015)

2.5.3. Pictogramas de seguridad

Cuando se habla de pictogramas de seguridad se hace referencia a una imagen adosada en una etiqueta que incluye un símbolo de advertencia, con colores y forma específica con el objetivo de transmitir una información sobre el daño que un fertilizante en específico podía causar a la salud del usuario o al medio ambiente. Estos pictogramas están clasificados y globalmente armonizados para ser comprendidos en todo el mundo desde el 2010 que se dio la nueva legislación cuando se aplican los pictogramas en forma de diamante rojo con fondo blanco, que sustituyen a los anteriores pictogramas cuadrados de color naranja (Ribeiro, 2017).

Las categorías de peligro de estos pictogramas son tres: Peligros físicos, que hacen referencia a las propiedades físicas y químicas; los peligros para la salud, a aquellos que son productos tóxicos y peligros para el medio ambiente, que advierten sobre la interferencia nociva en los ciclos biológicos y naturales (CSR Laboratorios, 2017).

En la Figura 9 podemos ver cada uno de los 9 pictogramas actuales con borde rojo y fondo blanco, que reemplazan a los antiguos pictogramas a partir del 2010 que poseían un fondo de color anaranjado y que tan solo eran siete.

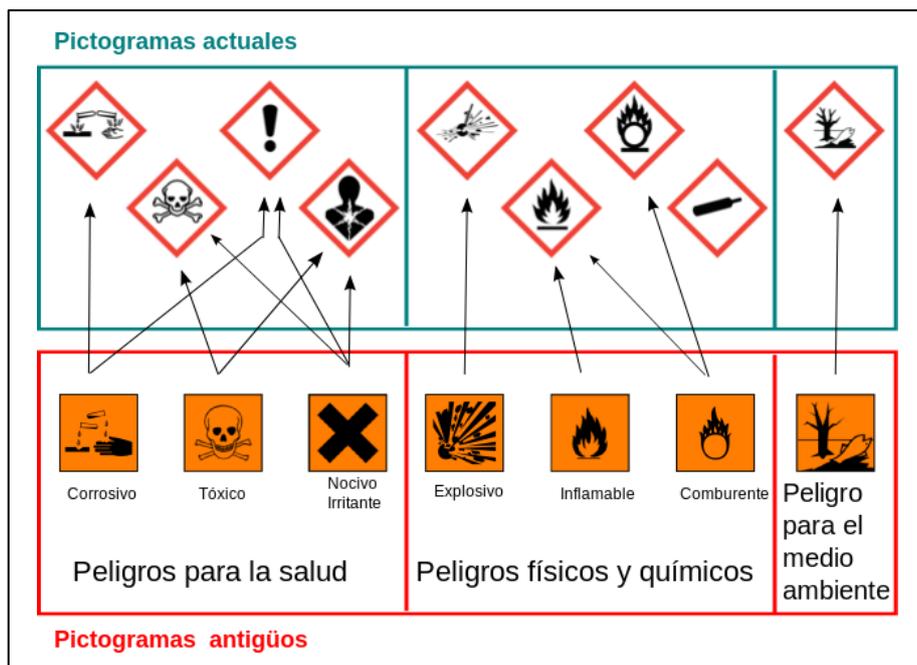


Figura 10. Pictogramas peligro de productos químicos actuales y antiguo

Nota: Tomado del artículo web “Productos fitosanitarios: clasificación y descripción” MICEX, 2020, (<https://www.micex.es/leccion/5-productos-fitosanitarios-clasificacion-descripcion/>)

Cabe resaltar que estos pictogramas no son exclusivos de los fertilizantes, sino que rigen para cualquier producto químico que utilizamos en nuestro día a día y que nos vemos en la necesidad de almacenar. Indistintamente del producto que se almacene, los pictogramas nos pueden ayudar a organizar de forma segura los productos en el almacén y a que sean manipulados de forma correcta y segura.

Lamentablemente en el Perú no se presta atención a estos pictogramas, lo cual se ve reflejado en la mayoría de las capacitaciones, ya que siempre es un número mínimo de asistentes los que conocen el verdadero significado de los símbolos.

2.5.4. Recomendaciones en caso de incendio

La mayoría de incidentes causados por fertilizantes en el mundo están relacionados con la presencia de nitrato de amonio, ya que su descomposición en dos moléculas de agua y óxido nítrico genera una reacción exotérmica que produce explosiones, siendo estrictamente necesario para ello que exista una fuente de ignición o fuego muy cercano. (ABC Internacional, 2013)

Tomando en cuenta las recomendaciones propuestas por Leza, Escriña & Asociados S.A. (2016), en caso de fuego, las medidas a tomar son las siguientes:

- Llamar a los bomberos – especificar los materiales de los que se trata (y las cantidades almacenadas).
- Evacuar al personal;
- Abrir puertas, ventanas para conseguir una ventilación máxima.
- Encontrar la fuente de ignición e intentar controlar el fuego, si esto no representa ningún peligro.
- Evitando inhalar humo y utilizar aparatos respiratorios, si es necesario.
- Si es posible, retirar los fertilizantes que se estén descomponiendo y pulverizarlos con agua.
- Si no es posible retirarlos, utilizar grandes cantidades de agua para detener la descomposición.
- Evitar que los fertilizantes en fusión o el agua contaminada se vayan por las alcantarillas.

2.6. Fertilizantes y el medio ambiente

El consumo de los fertilizantes es uno de los indicadores claves de la intensificación de la agricultura y del desarrollo agrícola, donde el nutriente más utilizado es el nitrógeno, ya que éste afecta directamente los rendimientos y la calidad de los productos. Cabe observar con preocupación el efecto del nitrógeno sobre el medio ambiente, ya que puede causar 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 (Tassara y Ortega, 2003).

2.6.1. El enfoque de las 4R

Las 4R en los fertilizantes hace referencia a la aplicación de la fuente correcta de nutrientes, la dosis, el momento y el lugar correctos de aplicación de fertilizantes. La letra R proviene de la palabra en inglés *right*, que significa correcto o adecuado.

“Las 4R son necesarias para el manejo sostenido de la nutrición de las plantas considerando la conexión de las dimensiones económica, social y ambiental.” (IPNI, 2014)

Dejar de utilizar fertilizantes tradicionales como la urea y escoger las fuentes de fertilizantes más avanzadas y recubiertas con menos problemas de pérdidas por volatilización o lixiviación es, por ejemplo, una forma efectiva de cuidar el medio ambiente. Asimismo, pedir recomendaciones de expertos y elaborar un plan de fertilización para cada cultivo según sus necesidades, es una manera de utilizar la dosis adecuada para conseguir buenos rendimientos, evitar problemas de toxicidad y evitar pérdida de fertilizantes al ambiente.

2.6.2. Uso de fuentes seguras

A pesar de que puede pensarse de que los fertilizantes son dañinos para el ambiente únicamente si se usan mal, lo cierto es que existen fertilizantes más potencialmente peligrosos para el ambiente que otros y es acá cuando es importante elegir la fuente de fertilizante más segura.

Cuando hablamos de fuentes más seguras para el medio ambiente es casi inevitable hablar de la urea que en nuestro país tiene un uso tan extendido. “En la agricultura local solo se aplica fertilizantes al 43.9% de los cultivos; de este número, cerca del 75% de productores emplea urea como componente base del producto.” Yara (2019).

Esto es muy preocupante si consideramos que la urea es un químico que puede producir el óxido nitroso, un gas de efecto invernadero (GEI) 300 veces más contaminante que el CO₂.

2.6.3. Dosis excesivas e insuficientes para el cultivo

Existen algunos elementos que son esenciales para las plantas, pero con una excesiva dosificación y dependiendo de las condiciones del suelo y material parental, pueden ser tóxicos para el cultivo. El manejo del cultivo y la cercanía a zonas industriales o mineras también pueden generar toxicidad. Los síntomas de toxicidad se manifiestan como necrosis en las hojas y disminución de biomasa radicular, lo cual disminuye el normal crecimiento de la planta y merma en el rendimiento (INTA, 2013).

El riesgo ambiental de la toxicidad de las plantas son la pérdida del fertilizante no tomado por la planta por lixiviación o por volatilización en forma de gases de efecto invernadero (GEI). En el caso de reducir rendimientos, esto puede generar que el productor busque ampliar la frontera agrícola en lugar de mejorar su plan nutricional.

De igual forma, hablar de dosis insuficientes en los cultivos trae también consecuencias perjudiciales para el ambiente como son: la sobre explotación de las reservas naturales del suelo y su posterior empobrecimiento y también, al igual que con las dosis excesivas, puede generar la ampliación de la frontera agrícola, que muchas veces trae consigo deforestación.

La FAO (2019) en su Código Internacional de Conducta para uso y manejo de fertilizantes afirma que: “La utilización racional de fertilizantes puede contribuir a prevenir la deforestación y otros cambios de uso de la tierra al aumentar la productividad agrícola y, por tanto, reducir la necesidad de tierras adicionales para cultivo.”

La eutrofización es otro problema causado por pérdidas de fertilizantes aplicados en exceso o en el momento y lugar incorrectos. Este excedente se transporta y llega por efecto de los riegos o de las lluvias a las fuentes naturales de agua como lagos, ríos u océanos produciendo un enriquecimiento excesivo de nutrientes que a su vez provoca un crecimiento excesivo de algas, ocasionando cambios disruptivos en el equilibrio ecológico de ese ecosistema, que incluye la muerte de los animales u organismos que ahí viven. (Nitalichio, 2020).

2.7. Fertilizantes y la salud humana.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en nuestra región 294 millones de personas sufren de 1 o 2 formas de malnutrición, pero lo más preocupante es que la mayoría afectada son niños y adolescentes. Es por eso que el papel de la agricultura es fundamental en la salud humana. Los fertilizantes, además de todos los beneficios que otorga cuando son utilizados con las buenas prácticas agrícolas, puede también participar en el nivel nutricional de los cultivos, es decir, una fertilización enfocada en ciertos micronutrientes puede aportar a los alimentos aquellos nutrientes necesarios para mejorar la salud humana (YARA Perú, 2019)

“Cultivos sanos nutren personas sanas”, afirma Margarita González, Directora de Agronomía de Yara para América Latina.

La biofortificación es un proceso que consiste en lograr una mayor acumulación de nutrientes minerales en los cultivos (Zn, Fe, I, Cu, Mn, Mo, Si), mediante la intervención agronómica a través de la fertilización, y también mediante la intervención genética (INTAGRI, 2019).

2.7.1 Metales pesados en los fertilizantes

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una alta densidad y que por lo general pueden llegar a ser tóxicos para los humanos incluso en concentraciones muy bajas. Son peligrosos porque tienen a bioacumularse, es decir, van aumentando su concentración en el organismo y muchos de estos están presentes en casi todos los fertilizantes, aunque no siempre en cantidades nocivas, siendo aportados al suelo en cada fertilización.

“Los fertilizantes minerales aportan cantidades altas de cadmio y moderadas de cobre” (Sociedad Agrícola Ganadera, 2006)

En la Figura 11 podemos observar las principales fuentes aplicadas al suelo y su aporte de cadmio, plomo, cobre y zinc, observando que los fertilizantes minerales y los plaguicidas son las principales fuentes de metales pesados por la cantidad que pueden aportar al suelo. En el caso de los fertilizantes minerales, las fuentes fosfatadas son las más contaminadas y a las que se debe poner mayor cuidado a la hora de su aplicación.

En el caso del cadmio, este es un elemento que naturalmente está presente en el suelo y en las rocas, pero que también puede ser fácilmente aportado al suelo mediante la fertilización, desechos como el plástico, baterías, pilas, pinturas, entre otros. Es uno de los principales contaminantes de los suelos agrícolas debido a que es altamente móvil y tiene la capacidad de acumularse en los órganos como el riñón y el hígado, ocasionando problemas como edema pulmonar, problemas respiratorios, bronconeumonía, etc. (Sociedad Agrícola Ganadera, 2006)

En el Perú, particularmente en la zona de Ica, el cadmio toma cada vez más importancia en la agricultura de exportación, pues los límites mínimos son cada vez más rigurosos y ha ocasionado problemas principalmente en cultivos como el espárrago, altamente extractivo de este elemento.

En la actualidad existen agroindustrias productoras de espárrago en Ica que se han visto obligadas a cambiar de cultivo o a vender sus fundos debido al problema del cadmio en el suelo, que no se puede extraer con métodos conocidos y se ha venido acumulando a lo largo de los años por el uso de fuentes derivadas de la roca fosfórica, por el agua de riego o por prácticas agronómicas inadecuadas como la incorporación de restos de cosecha con alto contenido de cadmio. A pesar del esfuerzo de muchas casas comerciales por encontrar la

solución al problema, aún no hay un solo método capaz de reducir de forma considerable la extracción de este elemento.

Fuente ¹	Cadmio	Cobre	Plomo	Zinc
Depositación atmosférica	+	+	+++	+
Plaguicidas ²	-	+ / ++	-	+ / ++
Estiércol y purines	+	++	+	++
Fertilizantes minerales ²	+++ ³	+ / ++	+	+
(Principalmente fosfatos)				
Lodos de aguas residuales ²	+ / ++	+ / ++	+ / ++	+ / ++

Fuente: Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente. Holanda (1992)

¹ Además, existen otras fuentes: lluvia ácida (solubiliza los cationes); incineración de residuos, transporte.

² Pueden existir diferencias importantes según la legislación de cada país.

³ Ligado especialmente a los fosfatos minerales

- Sin aporte; + aporte bajo; ++ aporte moderado; +++ aporte alto

Figura 11. Principales fuentes antropogénicas de contaminación de metales pesados en suelos europeos

Nota: Tomado de la publicación web “Criterios de Calidad de Suelos y Aguas de Riego” SAG, Chile, 2006.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

Las funciones del representante técnico comercial de Yara no se restringen únicamente a ofrecer productos de calidad, asesorías en nutrición vegetal y un buen servicio logístico, sino que a esto se le agrega la capacidad de difundir información que genere valor al cliente y que promueva el uso racional y adecuado de fertilizantes para el cuidado del planeta, seguridad del usuario, mantenimiento de la calidad y la salud del consumidor final

3.1. Yara y su compromiso con las buenas prácticas

Yara es una empresa de origen noruego y líder mundial en el rubro de fertilizantes. Forma parte del comité Global GAP (en inglés Good Agricultural Practice), que vela por el cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas. Esta certificación es la más importante en inocuidad alimentaria a nivel mundial, y se hace cada vez más necesaria para certificar frutas y hortalizas frescas de exportación. Con cada nueva actualización, Global GAP abarca más mercados destino para las cosechas alrededor del mundo.

En el año 2018, Yara Perú recibió la certificación IFA Product Stewardship, la cual reconoce su nivel de excelencia al momento de proteger la salud y seguridad de todos sus trabajadores y contratistas, con el fin de brindar un producto con la más alta calidad y cuidar del medio ambiente.

Todo esto faculta a Yara de poder brindar un servicio adicional y gratuito a su habitual portafolio de fertilizantes especializados, que es el de capacitar a sus clientes en el “Manejo y Uso seguro de fertilizantes”, parte también de su cuota de responsabilidad social como empresa global.

Debido a lo descrito anteriormente, Yara brinda las herramientas a su personal de campo con el fin de brindar este tipo de capacitaciones a terceros, servicio que es valorado y aplicado de forma muy distinta según el tipo de cliente, nivel de desarrollo tecnológico y el mercado destino de su producción, lo cual será descrito en el siguiente apartado.

3.2 Situación encontrada

Ica ocupa el puesto número seis en cuanto a los aportes al PBI por departamento, y es la segunda región más importante en cuanto a PBI per cápita, debido principalmente a la exportación de uva de mesa, espárragos y palto (Banco de Desarrollo de América Latina, 2019)

En cuanto a la agroexportación en Ica, la región concentra al 30% de todas las empresas agroexportadoras del país, representando el 17% de todas las agroexportaciones nacionales.

Este departamento llegó a mover alrededor de US\$ 1.300 millones en ventas al exterior de frutas y verduras para el año 2020, un 10% más que el 2019 a pesar de la situación de la actual pandemia (Agraria.pe, 2020).

Las principales empresas agroexportadoras que despacharon desde Ica en 2019 fueron: Complejo Agroindustrial Beta (US\$ 74.991.234), Procesadora Laran (US\$ 73.028.240); Machu Picchu Foods, (US\$ 55.230.481); El Pedregal (US\$ 46.227.517); Sociedad Agrícola Drokasa (US\$ 43.247.065); Corporación Frutícola de Chincha (US\$ 41.550.404); Agrícola Don Ricardo (US\$ 35.882.558); Virú (US\$ 34.468.660); Agrícola Andrea US\$ (28.916.658); Exportadora Safco Perú (US\$ 27.551.666), entre otras. (Mincetur, 2020) (Ver Anexo 1)

La agroexportación es entonces el sustento económico de la región; sin embargo, existe también agricultura extensiva en la región de Ica que incluye cultivos como el maíz amarillo duro, la papa, el palto, granado, pallar, maíz forrajero, pecano, etc. Estos cultivos van dirigidos al mercado local y cuentan con un desarrollo tecnológico considerablemente menor en comparación con las agroexportadoras. Sin embargo, ocupa la mayor parte del área de la región y es el sustento para miles de familias

3.2.1 Consumo de fertilizantes

En cuanto al consumo de fertilizantes, la agroindustria posee el mayor uso por hectárea debido a la alta demanda nutricional de los cultivos exportables y las grandes extensiones donde son producidas. La capacidad de negociación de insumos es mucho mayor, por lo que negocian directamente con el proveedor y son por lo general fertilizantes solubles para aplicación por riego por goteo. Lo principales fertilizantes consumidos por las agroindustrias

son: nitrato de amonio, sulfato de potasio, nitrato de calcio, fosfato monoamónico, ácido fosfórico, nitrato de potasio, cloruro de potasio blanco, fosfato monopotásico, etc.

Son las agroindustrias las más regulados en cada una de sus labores, pues deben cumplir una serie de requisitos de buenas prácticas agrícolas para poder ser certificados por GLOBAL GAP, requisito indispensable para poder exportar sus productos sin problemas.

Las empresas agroexportadoras son el tipo de cliente más visitado de forma comercial por su poder adquisitivo y sus grandes requerimientos de fertilizantes a lo largo del año. En promedio un cultivo exportable puede utilizar 1.5 TM de fertilizante vía fertirriego por hectárea, siendo los valores más altos en el cultivo de uva de mesa que puede llegar hasta a 1.8 TM de fertilizantes por hectárea para la zona de Ica.

Considerando el área sembrada por cultivo y el índice de fertilización en toneladas por hectárea podemos determinar la cantidad de fertilizante que se usa por campaña en la región Ica. En la Tabla 1 se desarrolla lo descrito, haciendo un total de 100,879.9 TM entre cultivos extensivos e intensivos de la zona.

Tabla 1. Consumo total de fertilizantes por cultivos de importancia en la región Ica.

Producto	Hectáreas	Índice de fertilización T/ha	Toneladas totales por cultivo
Uva de mesa	15099.00	1.70	25668.30
Espárrago	14912.00	1.30	19385.60
Maíz amarillo duro	19920.00	0.85	16932.00
Palto	4992.00	1.40	6988.80
Algodón	10127.00	0.65	6582.55
Mandarina	3355.00	1.20	4026.00
Papa	3259.00	1.10	3584.90
Alcachofa	2332.00	1.30	3031.60
Alfalfa	5535.00	0.50	2767.50
Pallar	3944.00	0.65	2563.60
Granado	2086.00	1.20	2503.20
Cebolla	2260.00	1.00	2260.00
Olivo	1318.00	1.00	1318.00
Tomate	1160.00	1.10	1276.00
Camote	1287.00	0.75	965.25
Zapallo	1463.00	0.50	731.50
Arándano	227.00	1.30	295.10
TOTAL			100879.90

Por otro lado, tenemos a los medianos y pequeños productores independientes, agricultores, quienes tienen considerablemente menos área y normalmente adquieren sus insumos agrícolas desde distribuidores o tiendas comerciales locales, quienes a su vez son los que compran directamente del proveedor del insumo.

El consumo de fertilizantes en cultivos extensivos como papa, maíz tiene un gasto promedio de 0.5 a 1 TM por hectárea y por lo general se utilizan fertilizantes tradicionales y sistema de riego por gravedad. Los principales fertilizantes utilizados son la urea, el fosfato diamónico, cloruro de potasio, sulfato de amonio, nitrato de amonio, entre otros.

Hay que considerar que hoy en día existe una tendencia en este sector de agricultores de utilizar fertilizante tipo complejos químicos que son mucho más eficientes y menos contaminantes, pero que todavía no se generaliza su uso principalmente por los costos más elevados.

En este punto hay que considerar que muchas veces el agricultor no dimensiona la ganancia extra que podría obtener por hectárea utilizando complejos químicos de mayor tecnología y calidad que a pesar de ser más caros que su tratamiento convencional, tienden a ser más eficientes y a sufrir menos pérdidas por volatilización, lixiviación o por precipitación. Además, existe un ahorro pocas veces valorado en mano de obra pues no necesitan ser mezclados entre sí previamente como en el caso de la urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio.

En el ejemplo del Figura 12 se presenta el resumen obtenido de una parcela demostrativa que muestra el programa convencional de un productor de papa de la zona de Las Trancas en Nazca, Ica y la comparación con el programa de fertilización propuesto por Yara donde se ofrece facilitar la labor de fertilización con el uso de solo 2 productos (complejos químicos), en lugar de los 5 productos que tradicionalmente usa el agricultor. Nótese que además el programa de Yara incluye hasta 100 unidades de calcio, elemento clave para mejorar la calidad de las cosechas en papa y que tradicionalmente no se utiliza.

En el Figura 12 observamos el análisis económico final por hectárea que muestra que, a pesar de que se gastó 117 soles más por hectárea con el programa de fertilización de Yara, se obtuvieron 2.5 TM más por hectárea de papa de primera y 2.4 TN más por hectárea de papa de segunda, que para el precio de ese momento hacen un retorno sobre la inversión de más de 2 mil soles por hectárea extra en comparación al tratamiento convencional.

Hay que considerar que para esta prueba se consideraron campos con el mismo manejo en cuanto a control de plagas, enfermedades y prácticas agrícolas en general, siendo el factor fertilización el único cambio entre un tratamiento y el otro. Además, no se ha considerado el ahorro del agricultor en cuanto a mano de obra y tiempo para mezclar los fertilizantes del programa convencional.



Figura 12. Programas de fertilización tradicional y propuesta de Yara para un productor de papa en Nazca

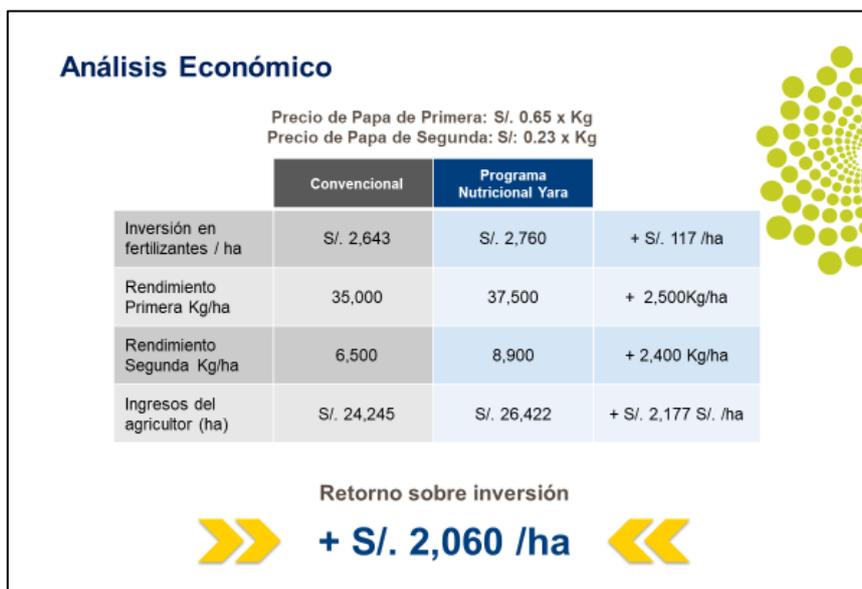


Figura 13. Análisis económico del uso de complejos químicos en el cultivo de papa en Nazca

3.2.2 Proceso de adquisición

En este punto es muy distinta la manera en la que adquiere su fertilizante una agroindustria y la forma de adquisición de un agricultor.

a) En agroindustrias

Las agroindustrias pueden adquirir sus fertilizantes de forma mensual, trimestral, semestral o por campaña (anual), esto depende de la relación entre la capacidad de sus almacenes y el área cultivada. Hay que considerar que existe la tendencia a cada vez almacenar la menor cantidad de producto posible y comprar solo lo que se utilizará para el lapso de uno o dos meses como máximo. Esto para no deteriorar la calidad de los insumos y para evitar robos de productos que suelen ser comunes en la zona.

Por lo general, las agroindustrias medianas y grandes lanzan una licitación hacia todas las empresas proveedoras por el consumo anual de todos los fertilizantes que el encargado de campo ha decidido emplear según su programa nutricional y los objetivos de la empresa.

Estos programas nutricionales suelen ser armados en conjunto con los asesores que contrata cada agroindustria y sus ingenieros de campo y pueden cambiar campaña a campaña según el cultivo, variedades, objetivos del año o según el desarrollo del cultivo.

Luego de recibir todas las propuestas económicas por parte de las empresas proveedoras de fertilizantes descartan aquellas que no se acomodan a su presupuesto anual y empiezan las pruebas de calidad de cada fertilizante.

Si bien los fertilizantes del mismo tipo son muy similares entre proveedor y proveedor (por ejemplo, el nitrato de amonio de dos diferentes casas comerciales), factores como origen del producto, solubilidad, impacto en el pH, niveles de impurezas y contenido de metales pesados, pueden marcar la diferencia entre la elección de una u otra empresa por parte de la agroindustria.

El nivel de solubilidad de cada fertilizante es muy importante ya que esta va a determinar la facilidad o dificultad con la que los operarios disuelvan el producto en los diferentes tanques y avancen con la inyección del fertilizante soluble al sistema de riego sin problemas de precipitación en filtros ni obturación de goteros.

En la Tabla 3 podemos observar los niveles mínimos aceptables para las principales agroindustrias visitadas en cuanto a la solubilidad de cada uno de los fertilizantes. Esto considerando la calidad de agua típica de Ica.

Tabla 2. Principales fertilizantes y el mínimo grado de solubilidad aceptable en agroindustrias de Ica.

Fertilizante	Solubilidad mínima
Nitrato de Magnesio	100 g/L
Nitrato de amonio	80 g/L
Nitrato de Potasio	80 g/L
Nitrato de Calcio	250 g/L
Sulfato de Potasio	60 g/ L
Sulfato de Magnesio	90 g/ L

Nota: Los datos son un promedio de los requerimientos mínimos de varias agroindustrias en el proceso de adquisición de fertilizantes.

Un producto de baja calidad y de baja solubilidad va a acarrear costos extra por aplicación de ácidos para disolver los compuestos precipitados o en un caso más extremo debido al cambio de cintas de riego o de filtros. Un ejemplo muy recurrente en temas de solubilidad es la del sulfato de potasio soluble, que suele ser el fertilizante menos soluble, el más lento y complicado para poder inyectar en el sistema por la naturaleza de las aguas de riego en Ica (alta dureza).

En la Figura 14 se puede observar la obstrucción generada por la aplicación de un nitrato de amonio de mala calidad en una agroindustria de Ica. En este caso el cliente no hizo una adecuada selección del proveedor más adecuado en cuanto a calidad y basó su elección en el producto más económico, complicando y retrasando sus labores de fertilización y obligándolos a devolver el producto y buscar otro proveedor.



Figura 14. Consecuencias de la utilización de fertilizantes de baja solubilidad en los filtros del sistema de inyección

Es importante en este caso considerar la calidad del agua de riego en cuanto al nivel de dureza y los compuestos en ella que podrían reaccionar con el fertilizante aplicado.

En cuanto al pH, las agroindustrias priorizan aquellos fertilizantes que al ser diluidos logren hacer que baje este nivel, de modo que los nutrientes estén más disponibles en el medio. En las diferentes pruebas de calidad en las que se participaron la diferencia en este punto entre una casa comercial y otra era bastante evidente.

El nivel de impurezas halladas a la hora de hacer las pruebas de solubilidad pone en evidencia la calidad de las materias primas y de los procesos con las que trabaja la empresa proveedora, y pueden llegar a ser desde pequeñas partículas insolubles hasta material inerte de mayor tamaño, llegando incluso a haberse encontrado semillas, alambres o tornillos metálicos, resultado de un mal almacenamiento a granel de los fertilizantes, en ambientes que se usan para otras industrias que producen contaminación cruzada.

Por último, uno de los factores que toma importancia cada vez mayor en la producción de alimentos para exportación en Ica es el nivel de metales pesados de los insumos en general, pudiendo ser los fertilizantes una recurrente fuente de estos, que finalmente llegan al producto exportable y podrían llegar a ser rechazados en destino

Aquí destaca el caso del espárrago peruano de exportación, siendo gran parte de este producido en la región de Ica. Además de la fuerte competencia de México en precios para la exportación hacia EEUU que ha hecho recaer el crecimiento en exportación de este producto, el factor crucial es la presencia de altos niveles de cadmio en los turiones exportados desde Perú. Los mercados extranjeros han bajado los niveles mínimos aceptables de contenido de cadmio en este cultivo, lo que ha generado un reto gigante para los productores de espárrago en la región.

En este caso, las fuentes de fertilizantes pueden estar contribuyendo con el incremento de los niveles de cadmio en el suelo, sobre todo en fuentes fosfatadas como ácido fosfórico y también en producto como sulfatos de zinc, sulfatos de hierro, entre otros. Por ello, la elección de los fertilizantes en agroindustrias es un proceso que puede tomar hasta un mes o más y no es netamente económico, pues implica varios factores relacionados con la calidad del insumo.

En la etapa final de la elección del proveedor por cada fertilizante, y una vez descartadas aquellas empresas que no cumplen con los estándares de calidad requeridos por la empresa, entra a tallar el nivel de acompañamiento técnico que puede dar el representante técnico comercial, incluido la capacidad de dar servicios adicionales como capacitaciones al personal y demás. En este momento, toma una gran importancia comercial las capacitaciones sobre Manejo y Uso seguro de los fertilizantes, pues éstas buenas prácticas forman parte de los requisitos que les van a ser auditados para cumplir con la certificación GLOBAL GAP y que les permitirán exportar sin problemas.

Entendiendo esto, es necesario que el profesional que ofrezca estas capacitaciones este muy bien capacitado y tenga una sólida base en temas como edafología, fertilidad del suelo, riegos, conservación de suelos y conceptos de fertilizantes, así como también un buen desenvolvimiento y capacidad para escuchar y asesorar al cliente.

Finalmente, y desde el punto de vista comercial, estas capacitaciones como servicio adicional para las agroindustrias pueden marcar la diferencia entre conseguir una venta o en el mejor de los casos ganar una licitación de productos para toda la campaña.

b) En agricultores.

El proceso de adquisición de fertilizantes para agricultores es bastante menos complejo, en primer lugar, porque los fertilizantes usados son los tradicionales, que vienen utilizando hace

muchos años y están diseñados para riego por gravedad, por lo que la solubilidad no es un tema recurrente para ellos, además no están regulados como en el caso de la empresa privada, considerando que la mayor parte de su producción es para el consumo local.

La adquisición no la suelen hacer directamente con el proveedor de fertilizantes sino con los distribuidores locales (tiendas comerciales), quienes a su vez son los que negocian con los proveedores de fertilizantes.

La recomendación técnica de uso es dada por el ingeniero a cargo de la tienda, aunque en muchos casos es el mismo personal de atención en mostrador quien hace la recomendación, no necesariamente con la experiencia ni preparación adecuada para hacerla. Esta recomendación se conjuga con la experiencia previa del mismo agricultor por lo que no involucra mucho análisis antes en la compra. El factor más influyente para la elección de uno u otro fertilizante además de la recomendación o experiencia previa es el precio.

El impacto que puede causar el uso de algunas fuentes tradicionales de fertilizantes en el medio ambiente no suele ser un factor a considerar por el agricultor en la adquisición de fertilizantes y muchas veces no se presta atención a la calidad del fertilizante ofrecido pues no se hacen pruebas previas; la compra se decide en parte por la confianza con el distribuidor.

Parte del fertilizante que compran los agricultores viene ya en presentación de mezclas físicas, y un aparte menor de ellos usa complejos químicos, que suelen ser más costosos y su uso mayoritariamente se restringe a cultivos con mayor retorno, como frutales.

3.2.3 Transporte y almacenamiento:

En este punto hay que considerar que se pone en juego la conservación de la calidad de los insumos. El transporte hacia Ica puede tardar horas o días dependiendo de la ubicación del almacén de fertilizantes del proveedor, normalmente proviene de Lima o Pisco. El tiempo almacenamiento por parte del cliente, una vez llegado a destino, puede ser nulo cuando se compra para aplicación el mismo día, o puede estar almacenado por meses en el caso de las agroindustrias o de algunos distribuidores.

a) En agroindustrias

En las ventas generadas a agroindustrias por lo general la responsabilidad del transporte desde el almacén del proveedor hacia el almacén del cliente es del mismo proveedor. Es aquí

cuando empieza el reto de mantener la calidad que fue probada en las distintas pruebas con muestras en el proceso de adquisición.

En primer lugar, el almacén del proveedor debe contar con todas las medidas necesarias para que el producto no absorba la humedad del ambiente por su higroscopicidad, los sacos se encuentren todos en buen estado y el stock esté disponible para atender al cliente de forma oportuna.

El transporte en sí, por lo general es tercerizado por empresas de transporte locales, quienes debe de cumplir con todas las medidas básicas de seguridad (seguros para estibadores, equipo de protección personal y unidades en buen estado) para poder ofrecer el servicio.

En el transporte es sumamente importante determinar y segregar el material peligroso, que requiere de un permiso de tránsito especial (MATPEL), como es el caso de los materiales oxidantes como el nitrato de amonio y nitrato de potasio.

Una vez que el producto llega al almacén del cliente y éste acepta las condiciones en las que llega, la responsabilidad de mantener la calidad del producto pasa a ser de ellos. Es a partir de aquí cuando ocasionalmente pasado un tiempo, se generan reclamos por productos apelmazados, compactados o humedecidos que muchas veces se han generado por un incorrecto almacenamiento de los fertilizantes por parte del cliente, y nuevamente toma importancia las capacitaciones sobre manejo de fertilizantes.

b) En agricultores

En este caso, el producto no va directamente al agricultor, sino que puede pasar por uno o más intermediarios (distribuidores) por lo que el seguimiento del control de la calidad del fertilizante se hace muy complicado.

Así, la calidad del producto que compra el usuario final depende de cierta forma de las condiciones de almacenamiento que ha tenido la o las tiendas comerciales que lo adquirieron antes y, a su vez, la calidad del producto que compran las tiendas comerciales depende de las condiciones de la empresa proveedora de fertilizantes, haciendo más complejo el recorrido y exponiendo mucho más al producto, generando una mayor probabilidad de sufrir daños físicos o químicos.

En este proceso hay que recalcar que normalmente el agricultor no compra fertilizantes para almacenarlos, sino que lo compra el mismo día o un día antes de la aplicación. Por su parte,

la empresa proveedora de fertilizantes por lo general cuenta con las medidas adecuadas para almacenar correctamente el fertilizante, por lo que las condiciones de almacenaje de las tiendas comerciales son realmente el punto clave para mantener la calidad del producto hacia el agricultor.

3.2.4 La aplicación de fertilizantes

Una vez que el cliente final cuenta con el fertilizante existe la probabilidad de que cometa errores en su uso y por lo mismo el producto pierda eficiencia y se generen pérdidas en los rendimientos.

a) En agroindustrias

Los principales problemas con los que se enfrenta la agroindustria en Ica se dan a la hora de disolver los fertilizantes en sus tanques. A pesar de ya haber pasado las respectivas pruebas de solubilidad de cada producto por separado antes de la adquisición de los mismos, el reto se da a la hora de mezclarlos entre sí para poder inyectarlos por el sistema de riego por goteo.

Por lo general, las agroindustrias cuentan con tres tanques separados que se conectan a una misma tubería para luego ser inyectada al campo por sistemas de bombeo. La razón de ser de estos tres tanques es justamente evitar problemas de reacción y precipitación en las mezclas de fertilizantes; así, el primer tanque será utilizado únicamente para los productos con calcio, normalmente nitratos de calcio, y también podrá ser usado para los microelementos. Esto debido a que el calcio reacciona fácilmente con los fosfatos y sulfatos presentes en el agua provocando precipitaciones indeseadas.

El segundo tanque justamente lo utilizan para los sulfatos y los productos fosfatados, de esta manera evitan que reaccione con el calcio. Hay que considerar que el agua de riego en la zona de Ica por lo general posee calcio de forma natural y no son de buena calidad, por lo que generalmente la agroindustria hace las denominadas mezclas de agua de diferentes fuentes, para lograr así mejorar la calidad del agua posible y evitar reacciones en las mezclas.

El último y tercer tanque lo usan únicamente para los ácidos, como por ejemplo el ácido fosfórico, ampliamente usado en agroindustria.

En este proceso es clave que el cliente tenga claro la matriz de compatibilidad de fertilizantes, no solo por temas de reacciones que generen precipitaciones que disminuyan la calidad, sino que una mala práctica en la mezcla de fertilizantes puede poner en riesgo

también la seguridad del operario o la intoxicación por gases tóxicos o salpicaduras, producto de alguna reacción indeseada.

b) En agricultores

La mayor parte del consumo de fertilizantes por parte de los agricultores de la zona de Ica a esta destinada a la aplicación directa al suelo para riego por gravedad, y entre ellos los más ampliamente usados son la urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio. Otros fertilizantes usados ampliamente por agricultores son el nitrato de amonio y el sulfato de potasio granulado, por lo que básicamente cumplen con su requerimiento de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, dándoles muy pocas veces la importancia debida a los macroelementos secundarios (Ca, Mg y S) y los microelementos.

Concluida la adquisición de los fertilizantes por parte del agricultor suelen ocurrir otros problemas relacionados con las mezclas físicas de los fertilizantes antes de la aplicación. Muchos de los agricultores compran los fertilizantes por separado y posteriormente los esparcen en el suelo para mezclarnos mecánicamente con ayuda de una pala antes de volver a ensacarlos para aplicarlos al campo.

Este proceso de mezcla física, por más minucioso que se haga, nunca entregará de manera uniforme la proporción deseada de nutrientes en cada planta, por lo que es común ver plantas de diferentes tamaños en un mismo campo aplicado con este tipo de mezclas. Este problema se denomina segregación y tiene que ver en esto el tamaño y peso de cada partícula. Además, los productos al mezclarse y manipularse van absorbiendo agua del ambiente según su humedad relativa crítica, propia de cada componente de la mezcla, quitando calidad al producto. Lo mismo sucede con los productos que ya vienen mezclados, pues pasaron por el mismo proceso previo.

Dependiendo del nivel tecnológico del agricultor, la aplicación puede ser manual o mecanizada. En el caso de que sea manual, los agricultores por lo general no protegen sus manos, exponiéndolas a productos con ciertos grados de corrosividad.

Otro problema encontrado comúnmente en el manejo de fertilizantes por parte de los agricultores es el desconocimiento de las 4 R en su aplicación, es decir la utilización de la dosis correcta, aplicarlo en el lugar correcto, en el momento correcto y usar la fuente adecuada. Las consecuencias de no conocer estas disposiciones pueden ser muy negativas para el medio ambiente, como sucede por ejemplo cuando se aplican dosis exageradas de

fuentes nitrogenadas para ver el cultivo más reverdecido. Gran parte de este fertilizante sobrante va a terminar siendo lavado hacia las fuentes naturales de aguas subterráneas.

Pero no solo las dosis excesivas son un problema, lo mismo sucede si el fertilizante se aplica fuera del alcance de las raíces, o en un momento que la planta no lo necesita. El fertilizante terminará siendo lavado por los riegos y además debemos adicionar la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Por lo general el agricultor no elige las fuentes de nutrientes por un tema de eficiencia o seguridad ambiental sino por un tema netamente económico, lo que explica por qué la urea sigue siendo uno de los fertilizantes más ampliamente utilizado.

Todo lo descrito anteriormente hace aún más importante aún llevar el conocimiento hacia los agricultores, pues son ellos los que llevan la mayor parte del alimento dirigido al consumo nacional, y son por lo general los que con menos apoyo técnico cuentan

3.3. Principales puntos críticos detectados

Durante el tiempo trabajado en Yara Perú se han visitado muchas agroindustria y distribuidores, lo que ha permitido obtener una visión general de los principales puntos críticos en el manejo y uso de fertilizantes que se describirán a continuación:

3.3.1. Agroindustria

Los principales problemas que se han determinado en el manejo de fertilizante por parte de las agroindustrias son los siguientes:

- Operarios no están lo suficientemente capacitados y no conocen las características básicas de los fertilizantes. Esto es fácil de determinar en la interacción durante las capacitaciones brindadas.
- Equipo de protección personal no está disponible en algunas agroindustrias, con excepción de algunas agroindustrias reconocidas, se ha visto que muchas de ellas no cuentan con equipo básico de protección personal, como guantes o protectores oculares.
- Almacenes expuestos a temperaturas superiores a 30°C por tiempos prolongados.
- Algunos almacenes tienen techos de material inflamable, lo que sería un peligro en caso se genere un incendio.

- No hay rotulado de productos claro que permita a un tercero reconocer los fertilizantes almacenados y los peligros dentro del almacén.
- Demasiados sacos apilados unos sobre otros sin utilizar pallets de separación generan compactación y pueden ser un peligro para los operarios que transitan por la zona.
- No hay separación suficiente entre fertilizantes incompatibles por temas de seguridad. Por un tema de ahorro de espacio se suelen dejar muy juntos y termina siendo un peligro potencial.
- Suelos resbalosos producto de fertilizantes derramados y solubilizados con la humedad del ambiente. Puede ser un peligro para operarios y generar contaminación cruzada.
- No existe un plan medio ambiental y de manejo de residuos de fertilizantes en la mayoría de las empresas visitadas.

Hay que resaltar que mientras más grande y tecnificada la agroindustria, por lo general disminuyen los problemas en los almacenes, pero este grupo no representa a la mayoría de los almacenes en la zona. Además, las agroindustrias suelen ser muy cuidadosas en la mezcla y aplicación de fertilizantes solubles en el sistema de fertirriego, siendo este el tema más solicitado para ser expuesto a los operarios en cada una de las capacitaciones.

3.3.2. En agricultores

Las principales incongruencias que se encuentran en los almacenes de tiendas comerciales y en el manejo y uso por parte de los agricultores, en contraste con la teoría de manejo y uso seguro de fertilizantes son:

- Lugares improvisados como almacén, por lo general muy cerrados, sin ventilación y con presencia de olor a químicos. Como se observa en el ejemplo de la Figura 15, existe mucho desorden dentro de la mayoría de los almacenes de tiendas comerciales visitados, incluso mezclando fertilizantes con otros insumos agrícolas como pesticidas.
- Casi no hay espacio para transitar pues se busca aprovechar al máximo el espacio obstaculizando el paso y apilando bolsas de fertilizantes de forma desordenada.
- No hay espacio entre las paredes y las pilas de sacos, lo que genera que el aire no circule y mantenga a los fertilizantes libres de humedad, además las tomas de corriente en contacto con los fertilizantes pueden ser un riesgo latente.

- No se respeta la distancia de seguridad entre sustancias incompatibles entre sí por cuestiones de seguridad.
- Estructuras de materiales inflamables, como techos de madera o de estera, que ante un incendio incrementarían el problema.
- Mezcla de fitosanitarios con fertilizantes en un mismo ambiente sin barreras físicas para prevenir contaminación cruzada en caso de derrames.
- Presencia de inventarios vencidos o antiguos que no han sido desechados o no han respetado el principio de “primeras entradas y primeras salidas”.
- Inadecuado o inexistente equipo de protección personal disponible para los operarios.
- Presencia de focos incandescentes en lugar de fluorescentes, son un peligro constante porque funcionan como fuente de calor. Asimismo, sacos apilados contra las tomas de corriente son también muy comunes.



Figura 15. Almacén de fertilizantes y agroquímicos sin las buenas prácticas agrícolas

Fuente: Zona de Cañete. Imagen propia (2019)

Todos estos factores hacen que el agricultor en muchos casos termine adquiriendo productos deteriorados o que hayan perdido cierto grado de eficiencia pudiendo verse afectado su rendimiento final.

Además, convierten a los almacenes de fertilizantes en una bomba de tiempo en caso ocurra algún incendio o siniestro pues el desorden y mezcla de diferentes químicos sin ningún criterio de orden pueden poner en peligro a las viviendas aledañas.

3.4 Capacitaciones a clientes

En el caso de las agroindustrias, hay un equipo que vela por el cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas, ya que de eso depende que su producción cumpla los requisitos para la exportación. Son ellos los que muchas veces se encargan de encontrar algún expositor y muy a menudo recurren a las empresas proveedoras para que dicten las charlas al personal de forma que quede registro escrito y pueda ser presentado para su proceso de certificación.

El personal incluido en estas charlas es por lo general conformado por los operarios de almacén y de fertirriego, encabezados también por los ingenieros agrónomos a cargo de los cultivos y los jefes de fundo. Normalmente esta capacitación se da de forma independiente de las exposiciones comerciales; sin embargo, por si sola juega un rol comercial importante como propuesta de valor hacia el cliente.

Las charlas se programan con antelación y duran aproximadamente una hora antes de abrir el debate y la ronda de preguntas. Es aquí donde la agroindustria expone su problemática y se resuelven algunas dudas de los operarios, quienes son finalmente los que más dudas tienen.

Al final de la exposición se entrega un certificado que acredita que el operario ha sido capacitado y esto entra al registro de las buenas prácticas agrícolas para las certificaciones.

Por otro lado, en el caso de los agricultores y tiendas comerciales, al no tener ellos que pasar por auditorías ni fiscalizaciones rigurosas, se torna más retador lograr que ellos capten el mensaje o incluso despertar su interés con este tema, puesto que no ven al fertilizante como un potencial peligro y no hay conciencia de la relación que existe en el manejo inadecuado de los fertilizantes con el cuidado medio ambiental.

Debido a esto, estas capacitaciones por lo general se tienen que dar junto con charlas comerciales y se dicta con menos profundidad que en las agroindustrias por cuestiones de tiempo, a pesar de ser justamente ellos los que más necesitan la información.

Hay que resaltar que muchos de los operarios que trabajan en agroindustria son también agricultores y muchas de las buenas prácticas que aplican en los fundos también las replican en sus campos propios.

3.5. Consideraciones finales

En base a la experiencia acumulada en los años trabajados en el rubro comercial en la zona de Ica, es posible determinar que, en cuanto a manejo y uso seguro de fertilizantes, existe una realidad totalmente contrastante entre las grandes agroindustrias que exportan su producción y los agricultores que producen para el consumo nacional.

En el caso de las agroindustrias, todas las decisiones tomadas en campo están ligadas a los requerimientos que pone el comprador en destino para aceptar la producción, con el único objetivo de producir la fruta u hortaliza más adecuada en cuanto a calidad e inocuidad. Sin embargo, no necesariamente en ese proceso se toman las mejores decisiones en cuanto a cuidado del medio ambiente, sobre explotando las tierras y las fuentes naturales de agua. Asimismo, no se utilizan necesariamente los insumos agrícolas más inocuos y amigables con el medio ambiente sino los más eficientes para cierto objetivo específicos en campo, siempre con el fin de obtener la mejor producción.

La agroindustria logra cierto grado de eficiencia en uso de fertilizantes porque normalmente hay un buen nivel técnico en el equipo que decide los planes nutricionales y porque están regulados y deben cumplir una serie de estándares de calidad que terminan siendo debidamente auditados como requisito indispensable para la exportación. Esto en cierta forma los obliga a trabajar de una forma mucho más segura; sin embargo, se ha observado una serie de falencias en el manejo de fertilizantes siendo la más común el continuo uso de fertilizantes fosforados que traen consigo la incorporación de metales pesados, que se van acumulando paulatinamente en el suelo. Además, hay un almacenamiento muchas veces deficiente de productos, no siempre se cuenta con el equipo de protección adecuado para el personal y hay mucho desconocimiento sobre las características básicas y cuidados en el uso de fertilizantes.

Lamentablemente toda la producción que no pasa los estándares de calidad o de seguridad alimentaria en las agroindustrias termina siendo consumida localmente, puesto que en el Perú no tenemos un sistema de seguimiento y monitoreo eficiente sobre el manejo de insumos agrícolas en general ni de la calidad de las frutas y verduras que consumimos internamente.

En el caso de los agricultores la situación es mucho más deficiente, puesto a que actualmente no contamos con un reglamento en el uso de fertilizantes que contribuya a regular la calidad de los insumos que se venden en el país. Además, los agricultores por lo general no cuentan con los medios económicos suficientes para adquirir productos de mejor calidad y seguimos siendo un país que consume mayoritariamente fertilizantes tradicionales, muy ineficientes y en ocasiones muy contaminantes.

A diferencia de las agroindustrias, los agricultores no cuentan con ningún incentivo para mejorar sus prácticas en el manejo de fertilizantes, puesto que no son regulados y su producción no depende de eso, no se les paga más por producir alimentos más sanos sino por cantidad. Es entonces mucho más difícil conseguir que acepten capacitaciones en manejo seguro de fertilizantes y el nivel de adopción es mucho menor y más lento.

Sin embargo, se rescata que existe considerable número de agricultores que exige a las empresas proveedoras de insumos agrícolas que brinde asesoría técnica, dentro de la cual debe estar incluida la charla de Manejo y uso seguro, tanto de fertilizantes como de pesticidas o de cualquier otro insumo agrícola en general. Esto se debe en parte porque el cliente está cada vez más informado del daño que estos insumos pueden causar a la salud y existe ya una tendencia cada vez más fuerte de cambio pero que aún necesita ser impulsada por las autoridades locales.

3.6 Competencias y habilidades desarrolladas

El trabajo comercial por lo general desarrolla habilidades de comunicación y desenvolvimiento, claves para llevar un mensaje claro y directo al cliente sobre tus productos y servicios. Es importante que esa habilidad obtenida por los años se emplee también para llevar información de valor al cliente y en cierta forma hacer también extensión agrícola con ellos. Al escuchar al cliente y sus problemáticas continuamente desarrolla definitivamente una percepción de la realidad del país más cercana y te permite tener más conciencia de la problemática del agro en nuestro país.

Evidentemente el trabajo en el rubro de fertilizantes también ayuda a desarrollar mucho conocimiento sobre suelos y nutrición vegetal, que se complementa muy bien con las bases aprendidas en la universidad. La conservación de suelos y los conocimientos de riegos también han sido potenciados en la experiencia en el rubro, muchas veces aterrizándolo aún más en la realidad del país.

3.7 Propuesta de directrices para el correcto uso de fertilizantes

Considerando la experiencia obtenida en los años trabajados en Yara, que han permitido encontrar los puntos críticos en el manejo de los fertilizantes en la zona de Ica y de la mano con la información bibliográfica consultada, se pueden proponer las siguientes directrices para mejorar el manejo y uso de fertilizantes en la zona:

3.7.1 En cuanto a calidad

El proveedor debe asegurar al cliente el correcto empaque, almacenamiento y tratamiento del producto en el transporte antes de que llegue al usuario final mediante un documento o certificado de calidad. Para esto, es importante que cumplan con una serie de requisitos mínimos que deberían ser fiscalizados por autoridades locales, empezando desde la misma importación o fabricación del producto:

- La importación de fertilizantes por parte del proveedor debe hacerse priorizando en primer lugar los estándares de calidad del fertilizante y tomando el costo como el único factor a considerar. Para fortalecer este punto se debe crear un reglamento que impida que productos que no cumplan con las medidas mínimas de calidad puedan ser importados al país.
- Sacos bien sellados y lo suficientemente resistentes que no se rompan en el transporte y no permitan el ingreso de humedad del ambiente o pérdidas de peso final.
- Productos ensacados deben estar almacenados a no más de 30° C, sin contacto directo con el suelo mediante uso de pellets, en pilas derechas y estables.
- En caso se almacene fertilizante a granel, las rumas de fertilizantes deben estar correctamente tapadas para evitar apelmazamiento o contaminación cruzada.
- Se deberá capacitar al personal de almacén periódicamente en manejo de fertilizantes para asegurar que tengan el conocimiento básico para un manejo adecuado.

- Se deberían de hacer pruebas de calidad periódicamente en almacén y por cada lote importado para asegurar que los productos no pierdan sus propiedades durante el almacenamiento.
- Se debe tener un registro ordenado de entradas y salidas de fertilizantes, de modo que los primeros lotes en entrar al almacén deben ser también los primeros en salir para reducir al mínimo el tiempo de almacenamiento.
- Se debe fortalecer el trabajo de fiscalización de SENASA para no permitir que salgan al mercado productos que no cumplan con la ley que su envoltura informa, o que estén adulterados y perjudiquen a los agricultores.
- Las capacitaciones constantes a usuarios finales sean agricultores o agroindustrias son necesarias para evitar problemas en la aplicación y en las mezclas, enfocado en la matriz de compatibilidad de fertilizantes y las principales reacciones indeseadas entre ellos.

3.7.2 En cuanto a seguridad

- El personal o usuario final del fertilizante debe tener claridad en cuanto a la información que brinda la etiqueta del fertilizante y la Hoja de Seguridad. Esta última debería estar impresa y disponible en el almacén para ser consultada en caso de algún siniestro.
- Un almacén de fertilizante debe distribuir sus productos considerando las características físicas y químicas de los productos, con un distanciamiento no menor a 5 metros entre productos que pueden reaccionar entre si y con barreras físicas para aquellos productos propensos a generar derrames.
- El almacén de fertilizantes debería ser exclusivo de fertilizantes y no se debe mezclar agroquímicos en él.
- El piso del almacén deberá mantenerse siempre seco y libre de obstáculos para el libre tránsito del personal, y además las rumas de bolsas deben estar estables y siempre alejadas de fuentes de calor como focos incandescentes o tomacorrientes.
- Evitar materiales inflamables en el almacén de fertilizantes como estereras, madera, semillas, residuos de cosecha, aceites agrícolas, etc.
- Debe existir un protocolo en caso de incendios que involucren fertilizantes que involucre una salida de agua cercana para controlar el fuego.
- El usuario de fertilizantes debe contar con el equipo de protección personal adecuado según el tipo de fertilizante que utilice y según lo determine la ficha de seguridad.

- Para cumplir con todo lo anteriormente descrito se deben reforzar las fiscalizaciones de las entidades locales.

3.7.3 En cuanto a cuidado del medio ambiente

- La recomendación de la fuente, dosis, momento y lugar en la aplicación de fertilizantes la debe hacer una persona preparada, con el conocimiento y la experiencia suficiente para reducir al mínimo las pérdidas de fertilizantes al medio ambiente por volatilización, infiltración o escorrentía, en perjuicio del medio ambiente y de las fuentes naturales de agua.
- Los ingenieros agrónomos a cargo de cada tienda comercial o aquello que toman decisiones de fertilización en las agroindustrias, deben pasar capacitaciones y evaluaciones periódicas que ayuden a reforzar y concientizar sobre el tema medio ambiental, muy pocas veces valorado.
- Charlas de concientización a los agricultores o usuarios finales de fertilizantes son clave para ayudar a reducir los niveles de contaminación.
- Se debe priorizar el uso de fertilizantes con tecnologías más avanzadas y que ofrecen mayor eficiencia y mejores rendimientos por unidad productiva, reduciendo la ampliación de la frontera agrícola, con menos pérdidas al medio ambiente en comparación con los fertilizantes tradicionales.

3.7.4 En cuanto al cuidado de la salud humana

- Se debe priorizar el uso de fuentes seguras de fertilizantes, con niveles mínimos de elementos nocivos como los metales pesados. Estos deben encontrarse en un grado no perjudicial para la salud.
- Se debe colocar niveles mínimos permitidos de elemento nocivos en la producción para consumo nacional, basándonos en los estándares que los países importadores nos piden como requisito indispensable para aceptar nuestra producción en destino.
- La fertilización balanceada debe considerar macro y micronutrientes para producir alimentos más nutritivos para el consumo humano.

En general, todas estas directrices deben ser reguladas y fiscalizadas por las autoridades locales, de modo que se vele por su cumplimiento en beneficio de todos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Impacto de las capacitaciones brindadas

Las capacitaciones brindadas por el autor en su rol como representante técnico comercial de Yara Perú S.R.L. tuvieron un impacto positivo entre los clientes, principalmente las agroindustrias de la zona de Ica que buscaban certificaciones para exportar.

Los temas abordados en las aproximadamente 25 capacitaciones impartidas cubrieron aspectos clave como:

- Calidad de los fertilizantes
- Seguridad en el manejo de fertilizantes
- Salud y cuidado del medio ambiente
- Buenas prácticas agrícolas en la aplicación de fertilizantes

Estos conocimientos fueron fundamentales para que los clientes pudieran cumplir con los requisitos de las certificaciones de exportación, al tiempo que les permitieron mejorar la productividad de sus cultivos y reducir el impacto ambiental de sus prácticas.

4.2 Importancia de los conocimientos académicos y la experiencia comercial

Para desempeñar efectivamente su función como capacitador, el autor destaca la importancia de contar con una sólida base de conocimientos académicos en áreas clave como:

- Edafología
- Fertilidad de suelos
- Nutrición vegetal
- Manejo de fertilizantes

Estos conocimientos teóricos, complementados con la experiencia práctica adquirida en su rol comercial, le permitieron transmitir información precisa y relevante a los usuarios finales de los fertilizantes.

Si bien los agricultores reconocen la importancia de los fertilizantes para obtener altos rendimientos, a menudo desconocen los factores que rodean su uso adecuado y el impacto cuando no se aplican correctamente. Por lo tanto, las capacitaciones fueron fundamentales para cerrar esta brecha de conocimiento.

4.3 Alineación con la visión y misión de Yara

La labor de capacitación del autor se alineó plenamente con la visión y misión de Yara Perú S.R.L., las cuales promueven el respeto al planeta y una sociedad colaborativa.

Al compartir conocimientos sobre el uso correcto y sostenible de los fertilizantes, el autor logró generar un valor agregado significativo para los clientes, contribuyendo a mejorar sus prácticas agrícolas y, en consecuencia, a reducir el impacto ambiental de sus operaciones.

Esta estrategia de "ganar-ganar" benefició tanto a los clientes como a la empresa, posicionando a Yara como un socio de confianza y referente en el mercado de fertilizantes.

V. CONCLUSIONES

El objetivo general de exponer las directrices para un correcto uso de los fertilizantes minerales en cuanto a seguridad, calidad, salud y cuidado del medio ambiente, así como presentar oportunidades de mejora adaptadas a nuestra realidad, se cumplió satisfactoriamente.

Se identificaron oportunidades de mejora para la situación actual en la zona de Ica, las cuales involucran reforzar la fiscalización por parte de las autoridades locales y aumentar las capacitaciones para tener un usuario final más preparado y consciente.

Se logró caracterizar la situación actual del uso de fertilizantes en Ica, donde se determinó que es una región tradicional en el uso de fertilizantes, con una ligera tendencia al uso de fertilizantes más avanzados, pero con muy poca conciencia del impacto de un uso inadecuado de estos productos.

Los principales problemas en el manejo de fertilizantes se dan en el cuidado de la calidad y del medio ambiente, siendo la situación mucho más grave en el caso de los pequeños agricultores, debido a la falta de regulación.

VI. RECOMENDACIONES

La empresa privada proveedora de insumos agrícolas debe liderar el esfuerzo de llevar información de valor a sus clientes sobre el cuidado y la seguridad de la gente y el medio ambiente en el uso de fertilizantes. Sin embargo, esta responsabilidad debe ser compartida con las autoridades nacionales, a través de campañas masivas de difusión y concientización del consumidor final.

Se debe aprovechar la creciente tendencia de los consumidores finales de frutas y hortalizas por productos más seguros, retribuyendo económicamente a los productores que logren destacarse por sus prácticas sostenibles.

Dado que los agricultores en la zona de Ica están cada vez más familiarizados con la tecnología y el internet, este es un medio valioso para brindarles capacitaciones que les permitan mejorar sus prácticas agrícolas, como se evidenció en la capacitación vía Facebook Live en el 2020.

En cada capacitación comercial o técnica que la empresa privada brinde, se debe destinar un tiempo para abordar temas de manejo seguro de insumos agrícolas y buenas prácticas agrícolas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ABC Internacional. (18 de Abril de 2013). *¿De qué modo puede explotar una planta de fertilizantes?* Obtenido de ABC internacional Web Site:
<https://www.abc.es/internacional/20130418/abci-nitrato-explosion-texas-201304181208.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F>
- ANFFE. (9 de Febrero de 2016). *¿Sabes como almacenar y transportar fertilizantes minerales?* Obtenido de Revista Agricultura Web Site:
<http://www.anffe.com/informaci%F3n%20de%20inter%20E9s/documentos%20de%20inter%20E9s/POSTER%20Almacenamiento%20fertilizantes%20s%20F3lidos.pdf>
- Ascoflores. (2010). *Guia ambiental para la floricultura*. Colombia: Ascoflores.
- Bockman, O. C., Kaarstad, O., Lie, O. H., & Richards, I. (1993). *Agricultura y Fertilizantes*. Oslo, Noruega: Hydro Agri.
- CSR Laboratorios. (2017). *Los Fertilizantes Minerales Sólidos*. Obtenido de CSR Laboratorios Web Site: <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/fertilizantes-y-abonos/los-fertilizantes-minerales-solidos/>
- FAO. (2002). *Los Fertilizantes y su uso*. París: FAO.
- FAO. (2019). *Código Internacional de Conducta para el uso y manejo de fertilizantes*. Roma: FAO.
- Guerrero, R. (2004). *Manual técnico, Propiedades generales de los fertilizantes*. Colombia: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- ICL Specialty Fertilizers. (2015). *Almacenamiento y manipulación de fertilizantes*. Obtenido de ICL Specialty Fertilizers Web Site: <https://icl-sf.com/es-es/article/almacenamiento-y-manipulacion-de-fertilizantes/>
- Infoagro. (2014). *Uso eficiente del potasio en agricultura: Absorción y adecuación de su aplicación*. Obtenido de Infoagro Web site:

- https://www.infoagro.com/documentos/uso_eficiente_del_potasio_agricultura__absorcion_y_adequacion_su_aplicacion_.asp
- INTA. (Setiembre de 2013). *Cuando los nutrientes esenciales se vuelven tóxicos*. Obtenido de INTA, Sitio Web: <https://inta.gob.ar/noticias/cuando-los-nutrientes-esenciales-se-vuelven-toxicos>
- INTAGRI. (2016). *La Compatibilidad de los Fertilizantes en Fertirrigación*. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-compatibilidad-de-los-fertilizantes-en-fertirrigacion>
- INTAGRI. (2017). *Guía de Fertilizantes Nitrogenados para Cultivos*. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/guia-de-fertilizantes-nitrogenados-para-cultivos>
- INTAGRI. (Enero de 2019). *Biofortificación de cultivos con Zinc*. Obtenido de Intagri, Sitio Web: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biofortificacion-de-cultivos-con-zinc>
- IPNI. (Agosto de 2014). *El Concepto de los 4R para el Manejo Responsable de Nutrientes*. Obtenido de IPNI, Sitio Web: [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/2b50e8a7f36d725b05257e0e00690c0a/\\$FILE/AA%20-%208%20Agosto-2014.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/2b50e8a7f36d725b05257e0e00690c0a/$FILE/AA%20-%208%20Agosto-2014.pdf)
- ISTAS. (2018). *La ficha de datos de seguridad*. Obtenido de Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud: <https://istas.net/istas/riesgo-quimico/intervencion-sindical-frente-al-riesgo-quimico/identificar-los-peligros/la-0>
- Leza, Escriña & Asociados S.A. (2016). *El Riesgo de los Fertilizantes*. Obtenido de LEA GLOBAL, Circular 03.03: https://www.lea-global.com/uploads/circulares/2015/09/3_riesgo_de_incendio_de_los_fertilizantes.pdf
- Melgar, R. (2013). *Simposio Fertilidad 2013: Manejo de Productos Fertilizantes*. Obtenido de Fertilizar.org Web site: <https://www.fertilizar.org.ar/subida/evento/Simposio%20de%20Fertilidad%202013/3%20-%20MELGAR.pdf>

- Navarro, G., & Navarro, S. (2014). *Fertilizantes, Química y Acción*. Murcia: Mundiprensa.
- Nitalichio, R. (08 de Marzo de 2020). *Exceso de fertilizantes causa eutrofización de lagos y océanos*. Obtenido de ECOPORTAL, Sitio Web:
<https://www.ecoport.net/temas-especiales/suelos/fertilizantes/exceso-de-fertilizantes-causa-eutrofizacion-de-lagos-y-oceanos/#:~:text=Los%20fertilizantes%20artificiales%20son%20a,el%20enriquecimiento%20excesivo%20de%20nutrientes>.
- ONU. (19 de Abril de 2019). *El fuerte crecimiento poblacional supondrá un reto para lograr un desarrollo sostenible*. Obtenido de Naciones Unidas, Web site:
<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/commission-on-population-and-development52.html>
- Ribeiro, P. (2017). *Análisis y prevención de riesgos en el uso de fertilizantes en agricultura*. Obtenido de Repositorio Universidad de Coruña, Sitio Web:
https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20373/RibeiroOliveira_PaulaCristina_TFM_2017.pdf
- Sociedad Agrícola Ganadera. (5 de Enero de 2006). *Criterios de Calidad de Suelos y Aguas*. Obtenido de Biblioteca digital SAG, Sitio Web: http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf
- Universidad de Costa Rica. (Junio de 2015). *Capacitación y Equipos de Protección*. Obtenido de Buenas Prácticas Agrícolas UCR Sitio Web:
<http://www.buenaspracticasagricolas.ucr.ac.cr/index.php/manejo-de-agroquimicos/capacitacion-y-equipos-de-proteccion>
- Varas, E., & Riquelme, J. (2002). Propiedades físicas de los fertilizantes y uso en máquinas fertilizadoras. *Tierra adentro*, 24.
- Yara Internacional . (2016). *De la fábrica al campo: Propiedades y manejo de los fertilizantes Yara*. Oslo: Yara.

YARA Perú. (16 de Octubre de 2019). *La agricultura puede ayudar a combatir la anemia y la desnutrición*. Obtenido de Yara Peru, Sitio Web:
<https://www.yara.com.pe/noticias-y-eventos/noticias-peru/dia-mundial-de-la-alimentacion/>

ANEXOS

Anexo 1. Convocatoria virtual gratuita para capacitación sobre Manejo y Uso de Fertilizantes al público en general. Organizado por Yara y Equilibra (2020)

#RomeroLive

Vía:  LIVE  YouTube

Seminario online

Manejo y uso seguro de fertilizantes

A cargo de:
Ing. Rodrigo Llerena
Especialista Agrónomo de Yara Perú

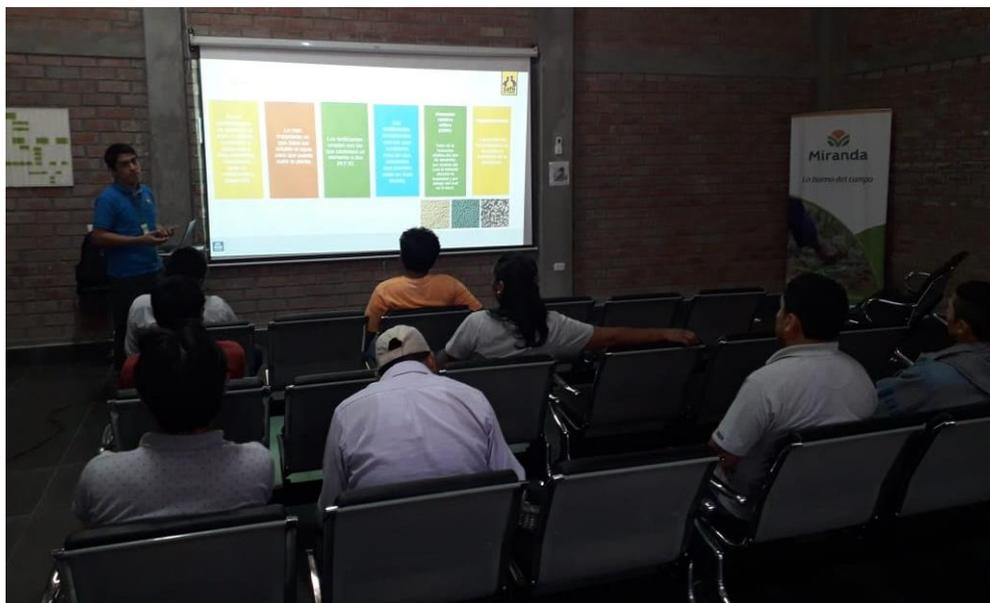


 Jueves, 25 de junio
4:00 p.m.

Comprometidos con tu crecimiento



Anexo 2. Capacitación a personal técnico de fertirriego en la agroindustria Agrícola Miranda (2019)



Nota: La capacitación formaba parte de los requerimientos de la agroindustria para certificarse con Global GAP y exportar cebolla blanca.

Anexo 3. Capacitación a agricultores de la zona de San José, en El Carmen, Chincha.

