

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“DESARROLLO DEL MERCADO DE FERTILIZANTES
COMPUESTOS EN EL PERÚ Y SU IMPACTO EN CULTIVOS
TRADICIONALES DE LA SELVA PERUANA”**

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

ANDRÉS ARCE ZAPATA

LIMA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“DESARROLLO DEL MERCADO DE FERTILIZANTES
COMPUESTOS EN EL PERÚ Y SU IMPACTO EN CULTIVOS
TRADICIONALES DE LA SELVA PERUANA”**

Andrés Arce Zapata

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. William Arteaga Donayre
PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Luis Tomassini Vidal
ASESOR

.....
Dr. Julio Alegre Orihuela
MIEMBRO

.....
Ing. Fernando Passoni Telles
MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi abuelita y mi Padre, quienes son mi fortaleza y mi apoyo en todo momento, mi sincero agradecimiento por la educación brindada.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia a la Empresa Yara, por el apoyo técnico y respaldo profesional, brindado.

A mi asesor Ing. Mg. Sc. Luis Tomassini Vidal, por su calidad humana y apoyo incondicional, me ayudaron a culminar mi trabajo.

Por ultimo mi agradecimiento a todas las personas, que, de una u otra manera, contribuyeron para la realización del presente.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	2
	OBJETIVO PRINCIPAL	2
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1	IMPORTANCIA DE LOS FERTILIZANTES EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA	3
3.2	EL MERCADO DE LOS FERTILIZANTES	6
3.3	DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES.....	12
3.3.1	Fertilizantes Simples	12
3.3.2	Fertilizantes compuestos	18
3.4	HUELLA DE CARBONO Y CICLO DE VIDA	20
3.5	EL MERCADO DE LOS FERTILIZANTES EN EL PERÚ.....	22
3.5.1	Tamaño del mercado e importaciones (genéricos y compuestos)	22
3.5.2	Principales empresas en el sector	27
3.5.3	Mercado potencial de fertilizantes por cultivos foco.....	28
3.6	PRINCIPALES PROBLEMAS SOLUCIONADOS CON EL USO DE FERTILIZANTES COMPLEJOS.....	29
3.6.1	Mayor eficiencia de uso de nutrientes	29
3.6.2	Menor segregación de nutrientes en campo y uniformidad de aplicación.....	36
IV.	DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....	39
4.1	FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES CON DISTINTOS AGENTES DE LA CADENA DE VALOR.....	39
4.1.1	Agricultores.....	39
4.1.2	Técnicos de municipalidades y cooperativas	41
4.1.3	Técnicos de tienda y distribuidores	42
4.2	DESARROLLO DE PARCELAS DEMOSTRATIVAS EN CULTIVOS FOCO Y RESULTADOS	43
4.2.1	Importancia de una parcela demostrativa	43
4.2.2	Planificación de una parcela demostrativa.....	44
4.2.3	Protocolo y tratamientos.....	46
4.2.4	Selección de lugar.....	48

4.2.5	Presentación de los resultados	48
4.3	ORGANIZACIÓN DE EVENTOS DE MARKETING	50
4.4	DESARROLLO DE ALIANZAS CON GRUPOS DE INTERÉS	51
4.4.1	Volcafe.....	51
4.4.2	Alianza Cacao Perú.....	51
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	53
VII.	ANEXOS	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de los principales fertilizantes nitrogenados	15
Tabla 2. Composición de los principales fertilizantes fosfatados	17
Tabla 3. Composición de los principales fertilizantes potásicos	18
Tabla 4. Importación de fertilizantes en toneladas por partida arancelaria del 2018 al 2020.....	24
Tabla 5. Potencial de mercado de cultivos tradicionales.	28
Tabla 6. Potencial de mercado de cultivos agroindustriales.	28
Tabla 7. Eficiencia de Uso de Nutrientes referencial	31
Tabla 8. Pérdida por volatilización de amoníaco bajo diferentes condiciones edafoclimáticas	33
Tabla 9. Comparativo de tiempo utilizando dos metodologías de fertilización	41
Tabla 10. Acciones a tomar según % de rendimiento para punto de equilibrio	45
Tabla 11. Programa nutricional Testigo.....	46
Tabla 12. Programa nutricional Yara.....	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Causas múltiples del incremento del rendimiento de maíz en USA, de 1965 a 2005.....	4
Figura 2: Producción global de cereales y consumo de fertilizantes.....	5
Figura 3: Contribución de fertilizantes (N, P, K, S, Mg y micronutrientes) y cal al rendimiento de 33 cultivos sucesivos de maíz (C), soja (S) y arroz (R), durante 15 años (1972 a 1987) de cultivo después de la tala y quema de un Ultisol en la Amazonía del Perú	5
Figura 4: Volúmenes de fertilizantes, en Millones de toneladas, de N, P y K a nivel mundial.....	7
Figura 5: Productos clave para los mercados de N, P y K.....	7
Figura 6: Consumo de nutrientes en los principales mercados del mundo, en millones de toneladas de nutriente.....	9
Figura 7: Cuota de mercado de los principales fertilizantes nitrogenados por región y producto.....	10
Figura 8: Distribución de fertilizantes nitrogenados por región y cultivo	11
Figura 9: Síntesis industrial de amoniaco anhidro en el proceso Haber-Bosch.....	13
Figura 10	13
Figura 11: Uso global del amoniaco anhidro	14
Figura 12: Proceso de fabricación de fertilizantes fosfatados sólidos y líquidos a partir de roca fosfórica	16
Figura 13: Ciclo de vida de los fertilizantes Yara en Europa	20
Figura 14: Kg de CO ₂ equivalente por kg de N en forma de urea	21
Figura 15: Kg de CO ₂ equivalente por kg de N en forma de nitrato de amonio	22
Figura 16: Principales Países proveedores de fertilizantes para el Perú, del 2016 al 2020, expresado en miles de USD.....	23
Figura 17: Principales proveedores de abonos orgánicos (partida 3101) expresado en toneladas.....	25
Figura 18: Principales proveedores de fertilizantes nitrogenados (partida 3102) expresado en toneladas	25
Figura 19: Principales proveedores de fertilizantes fosfatados (partida 3103) expresado en toneladas.....	26
Figura 20: Principales proveedores de fertilizantes potásicos (partida 3104) expresado en toneladas.....	26
Figura 21: Principales proveedores de fertilizantes compuestos (partida 3105) expresado en toneladas	27
Figura 22: Distintos niveles de organización para el estudio de la eficiencia de uso de nutrientes	30
Figura 23: Factores que afectan la Eficiencia de Uso de Nutrientes	31
Figura 24: Transformaciones del N a partir de diversas fuentes de fertilizante.....	33
Figura 25: Pérdidas de volatilización de amoniaco entre tres fuentes de nitrógeno	34
Figura 26: Partición de los tipos de fósforo presentes en los principales fertilizantes genéricos y de Yara.....	34

Figura 27: La hidrólisis de polifosfatos mantiene el P en la solución del suelo	35
Figura 28: Movimiento en el perfil del suelo de orto fosfatos y polifosfatos	36
Figura 29: Insumos tradicionales en la formulación de mezclas físicas	37
Figura 30: Momentos claves en el aumento de la segregación de nutrientes en mezcla física	37
Figura 31: Segregación de nutrientes en pila de fertilizantes en mezcla física vs complejos NPK.....	37
Figura 32: Variaciones entre los niveles reales y teóricos de N previo a la aplicación de fertilizante.....	38
Figura 33: Variaciones entre los niveles reales y teóricos de K ₂ O previo a la aplicación de fertilizante	38
Figura 34: Ciclo del proceso de aprendizaje	40
Figura 35: Incremento de rentabilidad de la parcela demostrativa.....	49
Figura 37: Capacitación a agricultores en día de campo, en Santa Ana - San Martín	57
Figura 38: Capacitación a agricultores en campo de café, Rio Negro – Junín.	58
Figura 39: Desarrollo de material de marketing para inicio de campaña de café	58
Figura 40: Capacitación en campo a técnicos en formación de la cooperativa Cenfrocafé	59

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Relación de fotos de las principales actividades de fortalecimiento de capacidades desarrolladas en la experiencia profesional	57
Anexo 2: Principales empresas de fertilizantes del sector	59
Anexo 3: Capacitación y pasantía en el cultivo de café, Minas Gerais – Brasil	60
Anexo 4: Boletín de resultados de parcela demostrativa de papa, en Concepción – Huancayo	61
Anexo 5: Boletín de resultados de parcela demostrativa de arroz, en Jaén – Cajamarca....	63
Anexo 6: Boletín de resultados de parcela demostrativa de café, en Jaén – Cajamarca	65

PRESENTACIÓN

El presente trabajo se centra en desarrollo de la experiencia profesional adquirida en estos últimos tres años, así como en la revisión de literatura pertinente al sector de los fertilizantes. En este punto, se tocarán temas sobre la importancia de los fertilizantes en la seguridad alimentaria, el desarrollo y formulación de los fertilizantes, la huella de carbono de los fertilizantes, el mercado de los fertilizantes en el Perú y los principales problemas solucionados con el uso de fertilizantes complejos.

Además, se explica las principales actividades realizadas a nivel profesional, agrupándolas en el fortalecimiento de capacidades con agentes de la cadena de valor, el desarrollo e implementación de parcelas demostrativas, el desarrollo de eventos de marketing y alianzas con grupos de interés, finalizando con la experiencia de una pasantía otorgada por la empresa para conocer la caficultura en Brasil.

Todas estas actividades mencionadas anteriormente se realizaron laborando para Yara, una de las empresas más importantes en el rubro de fertilizantes y con más de 100 años de experiencia en el mercado internacional. El trabajo fue realizado para la filial de Perú, en la cual ingresé en el año 2017 en el programa *Trainee*, posteriormente ascendí como consultor técnico comercial y actualmente me desempeño como especialista técnico para las zonas centro y sur grande del país.

A lo largo de esta experiencia, se han ejecutado y profundizado los conocimientos adquiridos en la universidad, con mayor énfasis al departamento académico de suelos; además de adquirir otros conocimientos sobre organización y gestión, así como presentaciones efectivas, manejo de aula y personal, concernientes a las actividades y responsabilidades asignadas a mi cargo actual.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de los fertilizantes tiene un impacto significativo en el incremento de la producción y calidad de los cultivos. Esto es relevante porque nos permite garantizar la seguridad alimentaria de la población, mejorar la rentabilidad y la calidad de vida de los productores y agricultores y reducir la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad del agroecosistema.

En este sentido, Roy (2007) y Roberts (2009) hacen una revisión del impacto de diversas tecnologías en el aumento de la producción de cereales y su correlación con el consumo de fertilizantes a nivel global. Por otra parte, Stewart et al. (2005) hace una revisión de datos que representan 362 temporadas de producción de cultivos en Estados Unidos e informa que entre el 40 y el 60% de su producción se debe al uso de fertilizantes. Este impacto es más significativo en suelos de trópico, donde muestra que hasta el 90% de la producción es atribuible al uso de fertilizantes a partir de la segunda campaña posterior a la tumba, roce y quema. Todo esto refuerza la importancia del uso y el desarrollo del sector de fertilizantes en el Perú.

El mercado de fertilizantes en el Perú es amplio y puede ser dividido en mercados de cultivos tradicionales y cultivos agroindustriales. El primer mercado tiene como cultivos focos: arroz, papa, maíz, café, cacao y palma con un mercado potencial de casi 600 mil toneladas; mientras que el segundo tiene como cultivos focos: uva, palto, arándano, mandarina y espárrago con un mercado potencial de casi 120 mil toneladas.

Gracias a la experiencia profesional en estos últimos años se han observado distintas realidades sociales y productivas del país. Es importante resaltar la importancia que el fortalecimiento de capacidades tiene en el desarrollo productivo y social de los agricultores, ya que mediante el uso de nuevas tecnologías y mejores productos pueden incrementar su rendimiento y calidad de vida. Así mismo, el trabajo en conjunto con organizaciones y otros agentes influenciadores es fundamental para poder ampliar el alcance del trabajo realizado e impactar en más agricultores.

II. OBJETIVOS

Se plantean los siguientes objetivos para el presente trabajo de suficiencia profesional.

OBJETIVO PRINCIPAL

Presentar y desarrollar la experiencia profesional adquirida en los últimos años, en el ámbito de desarrollo personal y profesional

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis del mercado actual de fertilizantes en el Perú
- Analizar la importancia del uso de fertilizantes en el Perú
- Analizar el impacto del uso de fertilizantes complejos, con énfasis en cultivos tropicales.
-

III. REVISIÓN DE LITERATURA

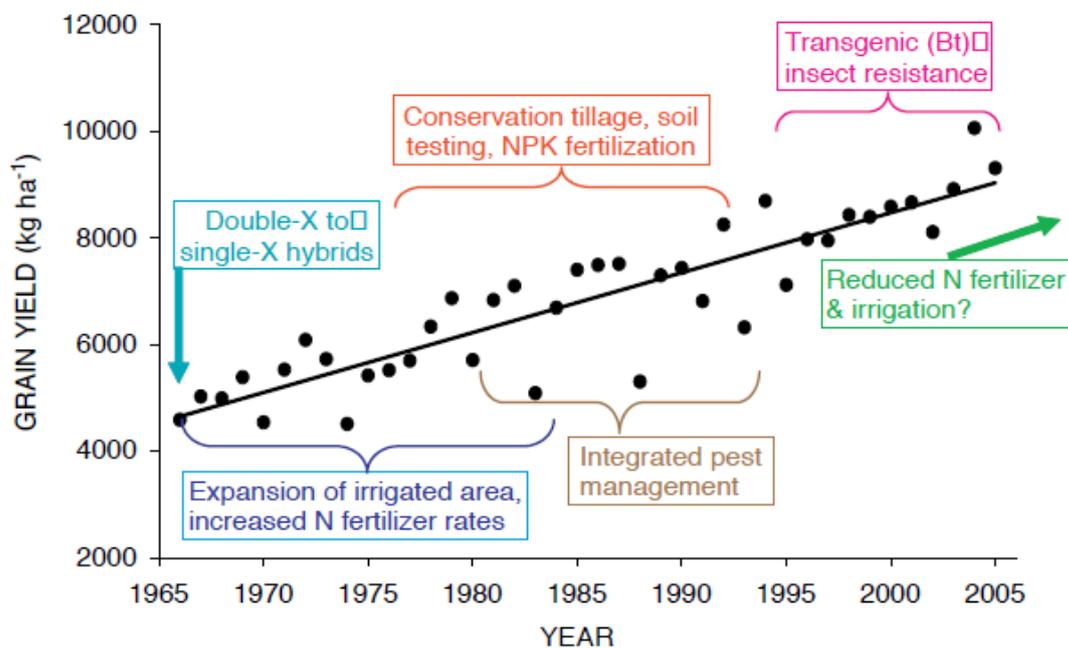
3.1 IMPORTANCIA DE LOS FERTILIZANTES EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

La capacidad de tener acceso material y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para todos los individuos se conoce como seguridad alimentaria (FAO, 2008). Considerando que la población mundial será de 9.2 billones de personas para el 2050 (Roberts, 2009), se estima que la producción agrícola tendrá que incrementarse entre 70 a 100% para satisfacer la demanda de alimentos y garantizar una seguridad alimentaria (FAO, 2009).

Entonces, ¿Cómo podríamos incrementar la producción agrícola? Stewart y Robert (2012) plantean tres escenarios: a) Producimos más con la tierra agrícola en producción, b) Convertimos grandes extensiones de terreno en tierra agrícola y c) Se implementa una combinación de aumento de rendimiento e incremento de frontera agrícola. De todos estos, el escenario más favorable es el primero y para alcanzar ese objetivo es fundamental el uso de fertilizantes de manera adecuada y balanceada (FAO, 2006).

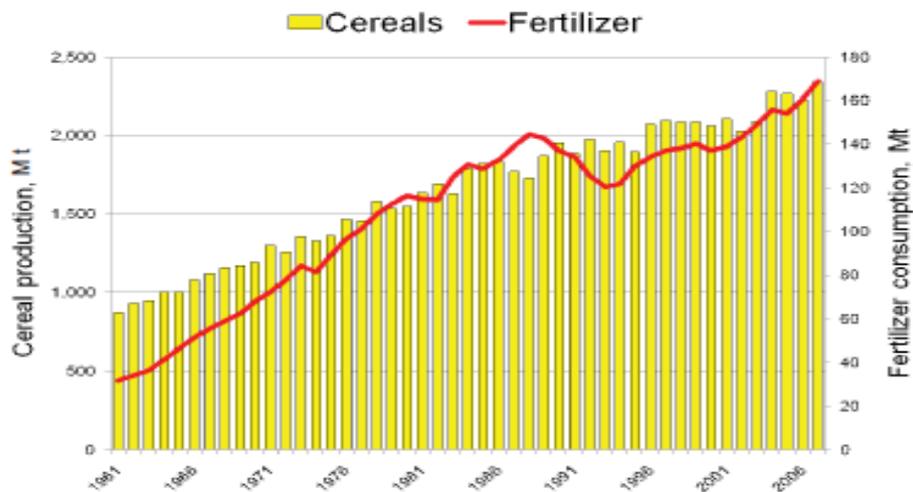
Los fertilizantes proveen a las plantas de los nutrientes que necesitan para su crecimiento y desarrollo. Para mantener la fertilidad del suelo y prevenir la degradación de la tierra, los nutrientes que absorben los cultivos deben reponerse mediante la aplicación de fertilizantes (Roy, 2007). El uso de fertilizantes resulta en muchos beneficios para los productores, consumidores y el medio ambiente, entre los que destacan el aumento de la producción agrícola (principalmente alimentos y fibra), el mantenimiento de la materia orgánica del suelo, el control de la erosión del suelo y el uso menos extensivo de la tierra (Roy, 2007).

Sin embargo, estimar el impacto del uso de fertilizantes en el incremento de la producción agrícola es una tarea complicada. Cassman y Liska (2007) mencionan que el incremento en la producción de maíz en los Estados Unidos durante los últimos 40 años ha tenido diferentes causas, entre ellas: nuevos métodos de mejoramiento genético, ampliación de la superficie de regadío, labranza de conservación, análisis del suelo y fertilización equilibrada (Figura 1). Por otra parte, a nivel mundial (Figura 2), se ve una correlación significativa entre el incremento de la producción de cereales y el aumento en el consumo de fertilizantes (IFA Statistics, 2007 y FAOSTAT, 2008; como se citó en Roberts, 2009).



Nota: Adaptado de “Food and fuel for all: realistic or foolish?”, por Cassman y Liska, 2007, *Biofuels, Bioprod. Bioref (1)*

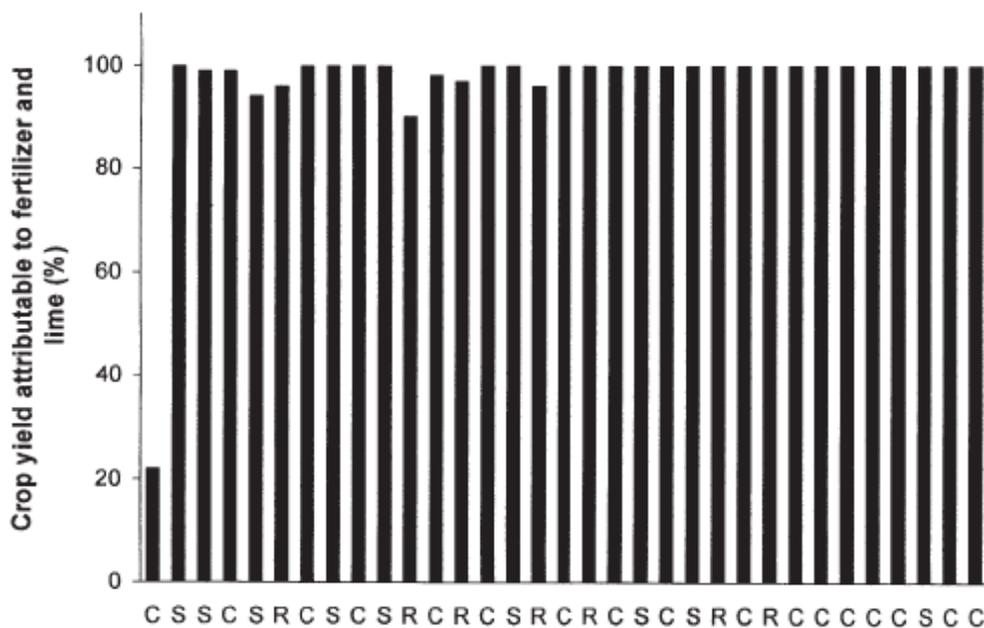
Figura 1: Causas múltiples del incremento del rendimiento de maíz en USA, de 1965 a 2005



Nota: Adaptado de “The Role of Fertilizer in Growing the World’s Food”, por Robets, 2009, *Better Crops* (93)

Figura 2: Producción global de cereales y consumo de fertilizantes

Stewart et al. (2005) hace una revisión de datos que representan 362 temporadas de producción de cultivos e informa que entre el 40 y el 60% del rendimiento pueden atribuirse al uso de los fertilizantes comerciales de nitrógeno, fósforo y potasio.



Nota: Adaptado de “The Contribution of Commercial Fertilizer Nutrients to Food Production”, por Stewart et al., 2005, *Agron. J.* (97)

Figura 3: Contribución de fertilizantes (N, P, K, S, Mg y micronutrientes) y cal al rendimiento de 33 cultivos sucesivos de maíz (C), soja (S) y arroz (R), durante 15 años (1972 a 1987) de cultivo después de la tala y quema de un Ultisol en la Amazonía del Perú

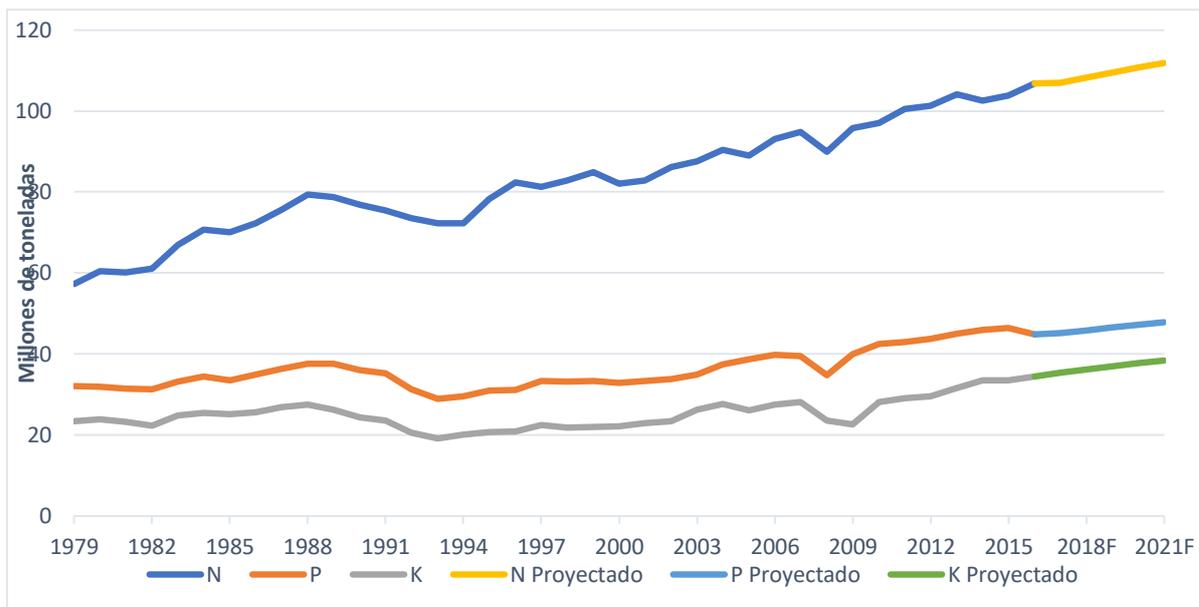
Grandes áreas de los trópicos están dominadas por suelos altamente meteorizados con reservas limitadas de nutrientes para el crecimiento de los cultivos. En estos casos, la práctica de fertilización es imperativa para poder asegurar buenos rendimientos, ya que, en la región amazónica de Perú y Brasil, el uso de fertilizantes es responsable de hasta el 80 – 90% del rendimiento de granos (Fig. 3; Stewart et al., 2005).

3.2 EL MERCADO DE LOS FERTILIZANTES

El término fertilizante se deriva de la palabra latina *fertilis*, que significa fructificación o producción de frutos. El fertilizante se puede definir como un producto extraído, refinado o manufacturado que contiene uno o más nutrientes vegetales esenciales en formas disponibles o potencialmente disponibles y en cantidades comercialmente valiosas sin llevar ninguna sustancia dañina por encima de los límites permisibles (FAO, 2006).

El uso de fertilizantes comenzó a principios del siglo XIX cuando el salitre y el guano se enviaban desde Chile y Perú al Reino Unido y Europa Occidental, respectivamente. El primer "fertilizante artificial", a saber, SSP, se produjo en 1843 en el Reino Unido, seguido de muchas fábricas de SSP en toda Europa. La producción de fertilizantes potásicos comenzó en 1860 en Alemania y de los fertilizantes nitrogenados a partir del amoníaco (derivado del carbón) aproximadamente en 1890 (FAO, 2006). Un avance significativo en la tecnología de producción de fertilizantes nitrogenados se produjo con la producción de amoníaco sintético mediante el proceso Haber-Bosch en Alemania. en 1913. La producción y el uso de urea como fertilizante se inició en 1921 (Roy, 2007). Desde entonces, se ha producido y utilizado una gran variedad de fertilizantes sólidos y líquidos que contienen uno, dos o varios nutrientes vegetales. El mercado de los fertilizantes está dominado por productos que contienen N, P y K en muchas formas químicas y físicas y sus combinaciones para satisfacer la necesidad de su aplicación en diferentes condiciones en todo el mundo.

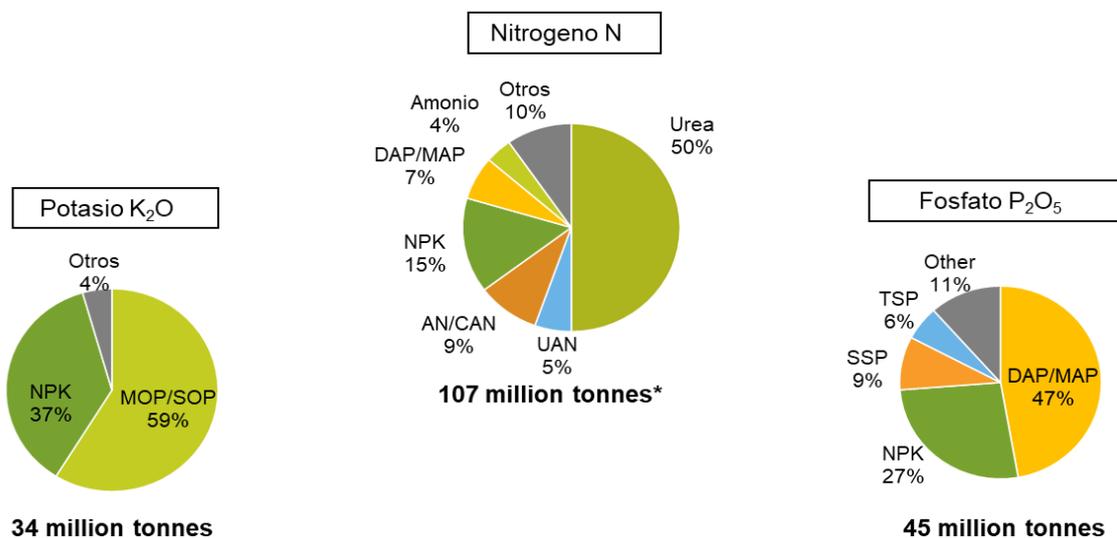
A nivel mundial, la Asociación Internacional de Fertilizantes (IFA) pronostica un crecimiento de la demanda de fertilizantes nitrogenados del 1,1% anual hasta el 2021. Se estima una tasa de crecimiento anual del 1,6% para el fosfato y del 2,2% para el potasio. (Fig. 4; IFA 2016, citado por Yara, 2018a).



Nota: Adaptado de “Fertilizer Industry Handbook”, por Yara, 2018a.

Figura 4: Volúmenes de fertilizantes, en Millones de toneladas, de N, P y K a nivel mundial

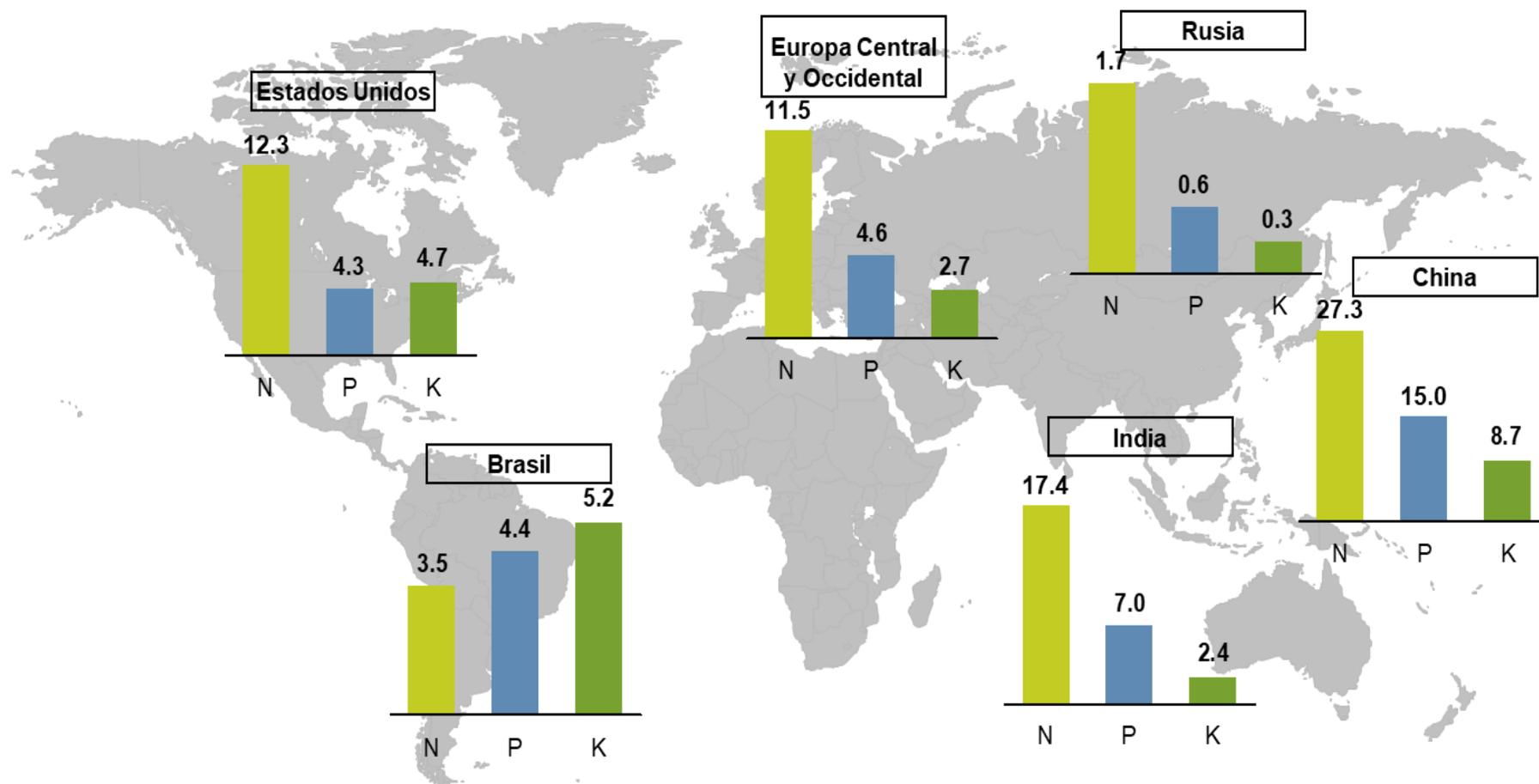
Así mismo, si se analiza el mercado de cada nutriente más a detalle, se obtiene que los productos de mayor volumen de ventas para nitrógeno, fosfato y potasio son urea, DAP/MAP y MOP/SOP, respectivamente (Fig. 5; IFA 2016, citado por Yara, 2018a).



Nota: Adaptado de “Fertilizer Industry Handbook”, por Yara, 2018a.

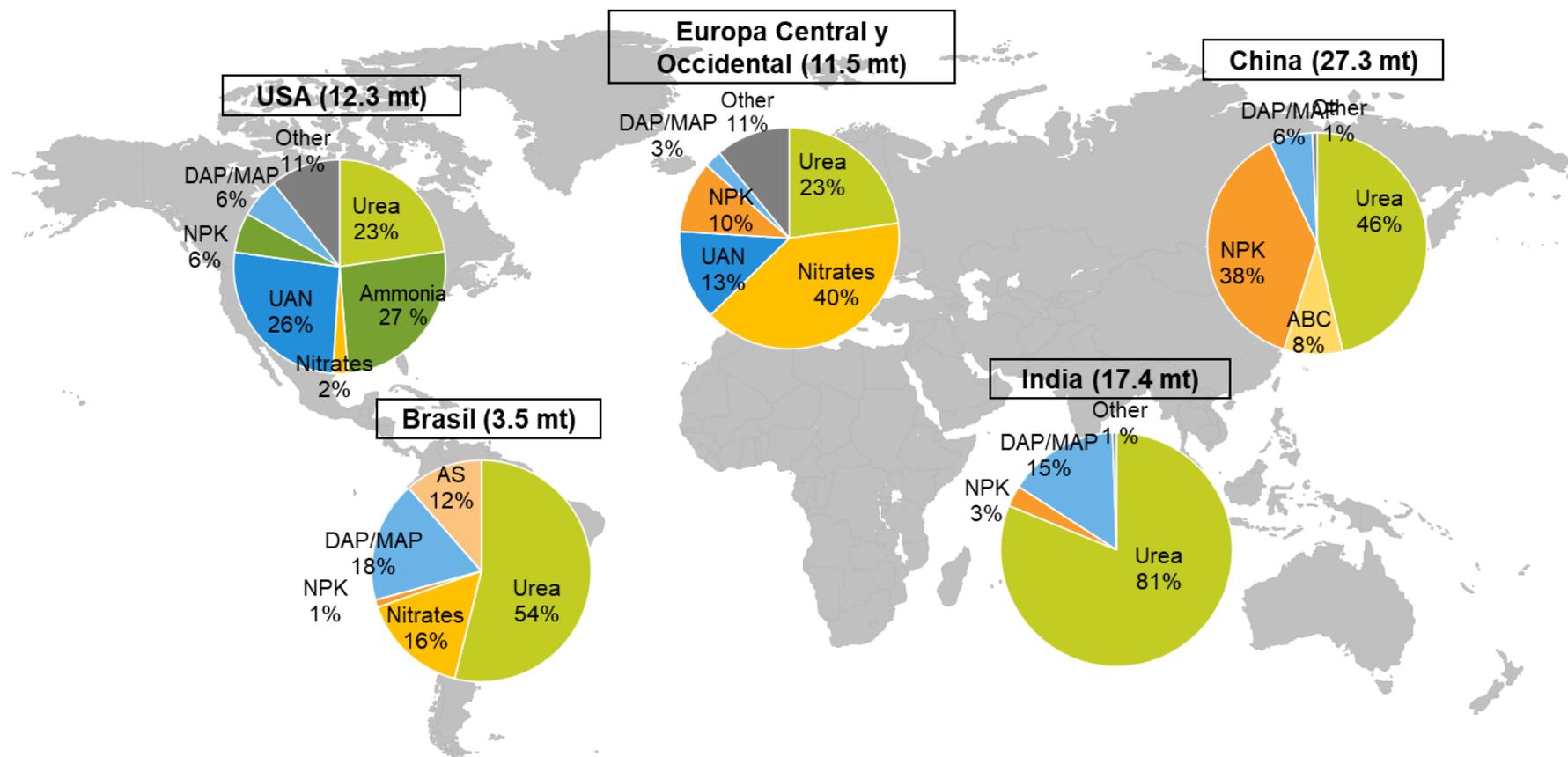
Figura 5: Productos clave para los mercados de N, P y K

A nivel mundial, los mercados clave en el consumo de fertilizantes son: Estados Unidos, Europa Central y Occidental, Rusia, Asia e India. El nitrógeno es, por mucho, el nutriente más consumido en todos los países; a excepción de Brasil en donde la producción de soya conduce un mayor consumo de P y K. (Fig. 5; IFA 2016, citado por Yara, 2018a). A continuación, se detalla el consumo total de N, P y K, expresado en millones de toneladas (Fig. 6). Así mismo, se detalla la cuota de mercado de los principales productos nitrogenados (Fig. 7) y los cultivos para los cuales se destinan dichos fertilizantes nitrogenados (Fig. 8), expresados en porcentaje, para los mercados de Estados Unidos, Brasil, Europa, India, Rusia y China (IFA 2016, citado por Yara, 2018a)



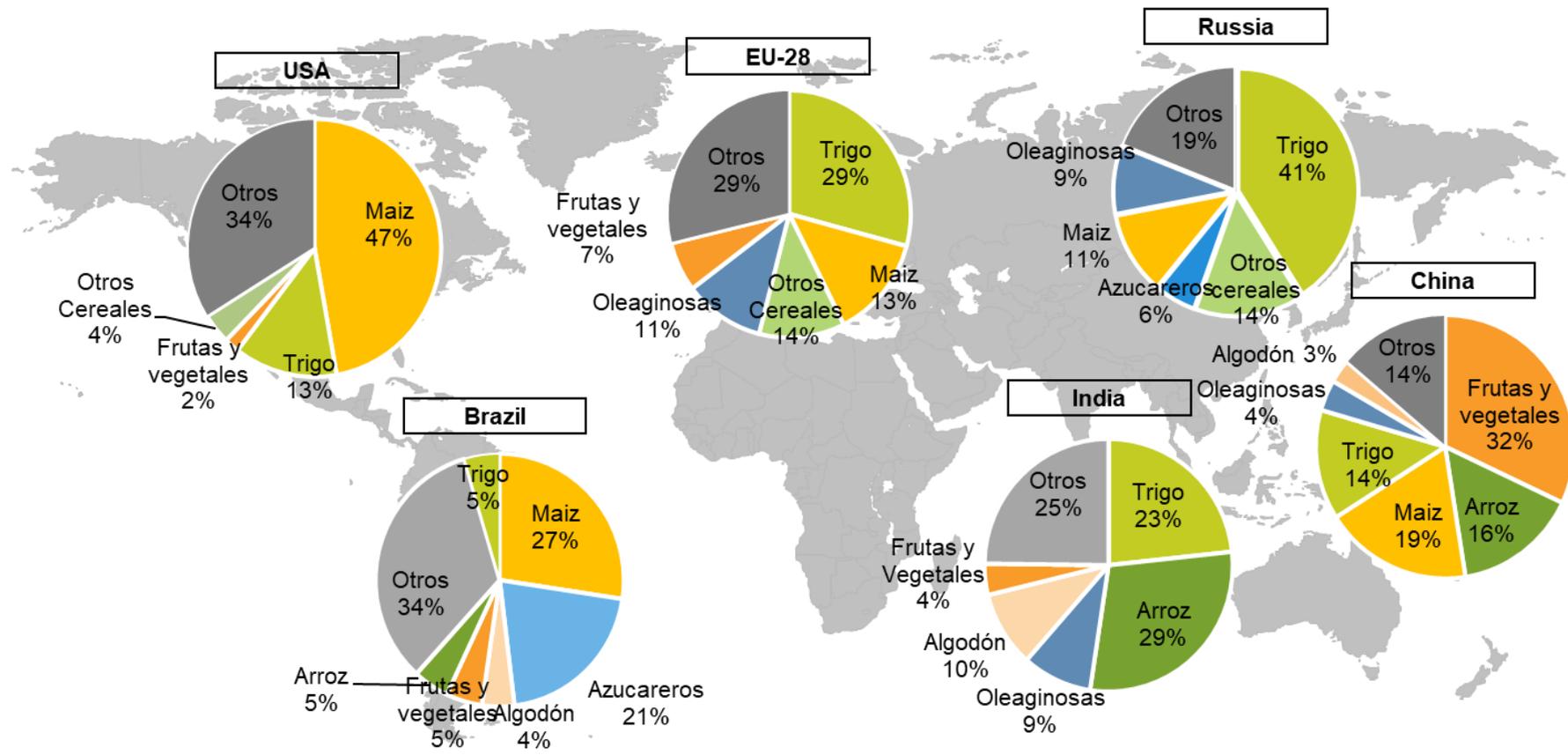
Nota: Adaptado de “Fertilizer Industry Handbook”, por Yara, 2018a.

Figura 6: Consumo de nutrientes en los principales mercados del mundo, en millones de toneladas de nutriente



Nota: Adaptado de “Fertilizer Industry Handbook”, por Yara, 2018a.

Figura 7: Cuota de mercado de los principales fertilizantes nitrogenados por región y producto



Nota: Adaptado de “Fertilizer Industry Handbook”, por Yara, 2018a.

Figura 8: Distribución de fertilizantes nitrogenados por región y cultivo

3.3 DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES

Los fertilizantes se han clasificado tradicionalmente de la siguiente manera (FAO, 2006):

Fertilizantes simples: Estos contienen uno de los tres nutrientes principales N, P o K. Éste es un término tradicional que se refiere a los fertilizantes que contienen y se utilizan para un nutriente principal en contraposición a los fertilizantes multinutrientes.

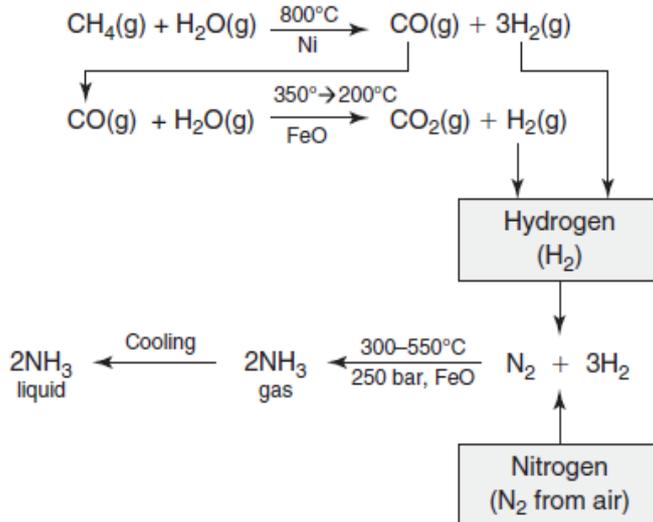
Fertilizantes complejos / compuestos: contienen al menos tres nutrientes principales. Se producen por reacción química entre las materias primas que contienen los nutrientes deseados y generalmente son productos sólidos granulados. Estos pueden ser subdivididos en:

- a. Fertilizantes complejos.
- b. Mezclas a granel.
- c. Fertilizantes enriquecidos.

3.3.1 Fertilizantes Simples

a) Nitrógeno

Los fertilizantes sintéticos son la fuente más importante de N para los cultivos. Esto es posible gracias al proceso de síntesis de amoníaco concebido en los primeros años del siglo XX, desarrollado por Fritz Haber y posteriormente mejorado por Carl Bosch en Alemania, durante el período 1904-13 (Roy, 2007). El proceso Haber-Bosch (Figura 9) consiste, básicamente, en una mezcla gaseosa de nitrógeno e hidrógeno, en proporciones adecuadas, para formar amoníaco. Estos elementos se comprimen a muy alta presión y en presencia de un catalizador de hierro activado dan la formación de amoníaco, el cual se separa finalmente por enfriamiento y condensación (Havlin et al., 2017).



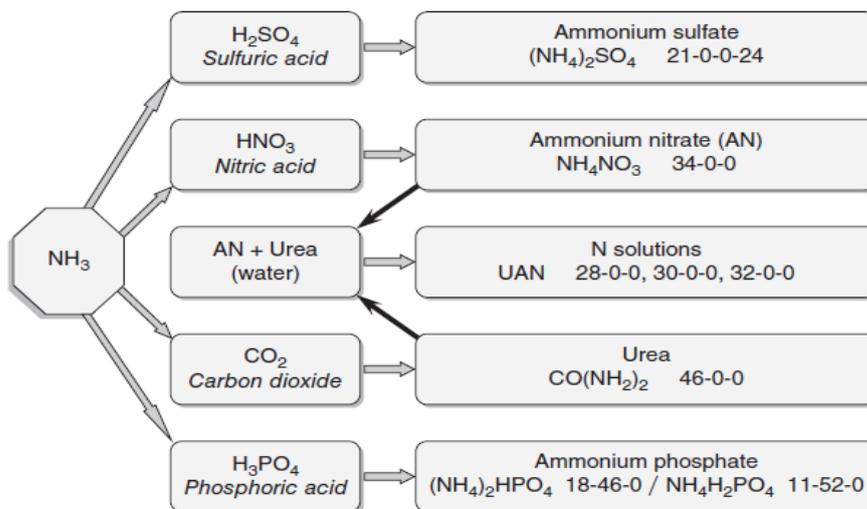
Nota: Adaptado de “Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management”, por Havlin et al., 2017, Pearson India.

Figura 9: Síntesis industrial de amoníaco anhidro en el proceso Haber-Bosch

El amoníaco anhidro es el componente básico de casi todos los materiales fertilizantes nitrogenados de origen químico. En la Figura 10 se muestra un esquema simplificado de la producción de los fertilizantes nitrogenados más comunes (Havlin et al., 2017).

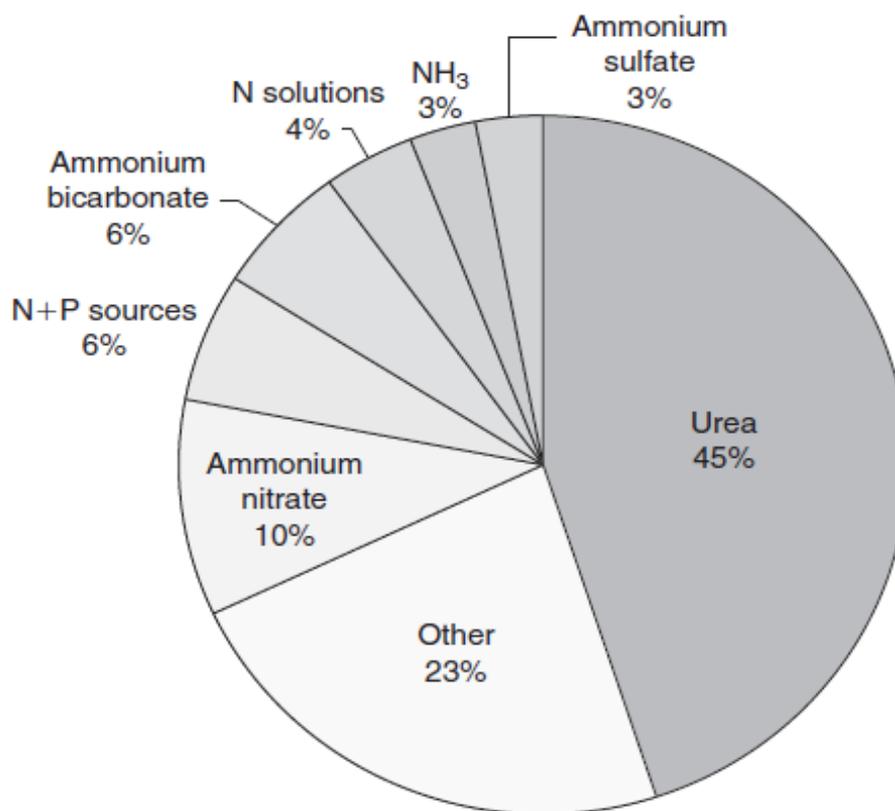
Figura 10

Esquema simplificado de fertilizantes nitrogenados comunes fabricados a partir de amoníaco anhidro



Nota: Adaptado de “Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management”, por Havlin et al., 2017, Pearson India.

En todo el mundo (Figura 11), alrededor del 74% del amoniaco anhidro producido se utiliza para fabricar fertilizantes nitrogenados, el 3% se aplica directamente al suelo y el 23% restante corresponde a usos no fertilizantes (Havlin et al., 2017).



Nota: Adaptado de “Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management”, por Havlin et al., 2017, Pearson India.

Figura 11: Uso global del amoniaco anhidro

En la Tabla 1 se presenta la composición de algunas fuentes comunes de fertilizantes solubles nitrogenados (Havlin et al., 2017)

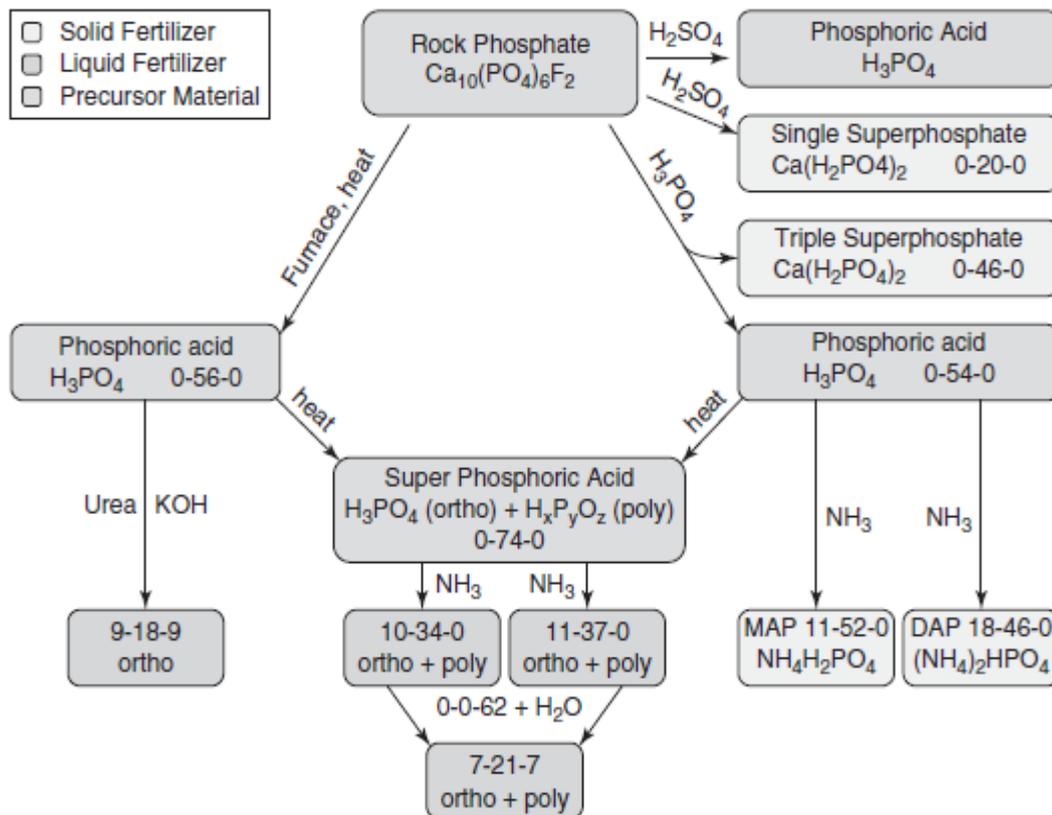
Tabla 1: Composición de los principales fertilizantes nitrogenados

N Source	Nutrient Content (%)							Physical State
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Cl	
	<i>NH₄⁺ or NH₄⁺ forming</i>							
Anhydrous ammonia	82	—	—	—	—	—	—	Gas
Aqua ammonia	20–25	—	—	—	—	—	—	Liquid
Ammonium bicarbonate	21–23	—	—	—	—	—	—	Solid
Ammonium chloride	25–26	—	—	—	—	—	66	Solid
Ammonium nitrate	33–34	—	—	—	—	—	—	Solid
Ammonium sulfate	21	—	—	—	—	24	—	Solid
Ammonium thiosulfate	12	—	—	—	—	26	—	Liquid
Calcium ammonium nitrate	15–27			9–19				Solid or Liquid
Ammonium polyphosphate	10–11	34–37	—	—	—	—	—	Liquid
Diammonium phosphate	18–21	46–54	—	—	—	—	—	Solid
Monoammonium phosphate	11	48–55	—	2	0.5	1–3	—	Solid
Urea	45–46	—	—	—	—	—	—	Solid
Urea-ammonium nitrate	28–32	—	—	—	—	—	—	Liquid
Urea-ammonium phosphate	21–38	13–42	—	—	—	—	—	Solid
Urea phosphate	17	43–44	—	—	—	—	—	Solid
Urea-sulfate	30–40	—	—	—	—	6–11	—	Solid
	<i>NO₃⁻</i>							
Calcium nitrate	15	—	—	34	—	—	—	Solid
Potassium nitrate	13	—	44	0.5	0.5	0.2	1.2	Solid
Sodium nitrate	16	—	—	—	—	—	0.6	Solid

Nota: Adaptado de “Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management”, por Havlin et al., 2017, Pearson India.

b) Fósforo

La roca fosfórica (RF) es la principal materia prima utilizada en la fabricación de fertilizantes fosfatados. Las principales fuentes de RF son los depósitos sedimentarios que se encuentran en Marruecos, China, Estados Unidos y Rusia, que representan casi el 72% de la producción mundial total (Havlin et al., 2017). Sin embargo, la RF contiene numerosas impurezas de CO₃, Na y Mg, con algunos metales pesados, particularmente Cd. En la Figura 12 se esquematiza el proceso de fabricación de fertilizantes fosfatados, a partir de la RF.



Nota: Adaptado de “Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management”, por Havlin et al., 2017, Pearson India.

Figura 12: Proceso de fabricación de fertilizantes fosfatados sólidos y líquidos a partir de roca fosfórica

Los términos utilizados para describir el contenido de P en los fertilizantes son: i) P soluble en agua, ii) soluble en citrato, iii) insoluble en citrato, iv) P disponible y v) P total. Primero se extrae una muestra de fertilizante con agua y el P contenido en este filtrado representa la fracción soluble en agua. El material insoluble en agua restante se extrae con citrato de amonio 1 N para determinar el P soluble en citrato. La suma de P soluble en agua y soluble en citrato representa el P disponible para la planta. Posteriormente, el P que queda después de la extracción en agua y citrato es el P insoluble en citrato. Finalmente, la suma de P disponible y el insoluble en citrato representa el P total (Havlin et al., 2017). En la Tabla 2 se presenta la composición de algunas fuentes comunes de fertilizantes fosfatados (Havlin et al., 2017).

Tabla 2: Composición de los principales fertilizantes fosfatados

Fertilizer	Commonly Used Abbreviations	Analysis (%)				% Total Available P	P Compound
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S		
Calcium phosphates							
Rock phosphate	RP		25–36			3–20	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ · F ₂ · (CaCO ₃) _x · (Ca(OH) ₂) _x
Single superphosphate	SSP		16–22		11–12	80–85	
Triple superphosphate	TSP		44–52		1–2	90–95	Ca(H ₂ PO ₄) ₂
Ammonium phosphates							
Monoammonium phosphate	MAP	11–13	48–62		0–2	100	NH ₄ H ₂ PO ₄
Diammonium phosphate	DAP	18–21	46–53		0–2	100	(NH ₄) ₂ HPO ₄
Ammonium polyphosphate ¹	APP	10–15	35–62			100	(NH ₄) ₃ HP ₂ O ₇ · NH ₄ H ₂ PO ₄
Urea ammonium phosphate ¹	UAP	21–34	16–42			100	(NH ₄) ₃ HP ₂ O ₇ · NH ₄ H ₂ PO ₄
Potassium phosphates							
Monopotassium phosphate			51	35		100	KH ₂ PO ₄
Dipotassium phosphate			41	41		100	K ₂ HPO ₄

Nota: Adaptado de “Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management”, por Havlin et al., 2017, Pearson India.

c) Potasio

Grandes depósitos de sales de K crudas se encontraron por primera vez en Alemania a mediados de la década de 1850. En la actualidad, Canadá y los países de la ex Unión Soviética tienen el 90 por ciento de las reservas conocidas de potasa (FAO, 2006). A continuación, se presenta un resumen del proceso de fabricación de los dos fertilizantes potásicos más comunes como son el MOP y SOP (FAO, 2006; Roy, 2007; Havlin et al., 2017)

- Cloruro de potasio (MOP): Implica la molienda de las rocas de sal, que consisten en minerales como la kainita (19 por ciento de K₂O) y la carnalita (17 por ciento de K₂O). A continuación, se separan los componentes no deseados, como Na, Mg y Cl, mediante un proceso térmico, seguido de la cristalización de KCl al enfriar. Los métodos electrostáticos separan los cristales sólidos de KCl de otros compuestos.
- Sulfato de potasio (SOP): Es producido por reacciones químicas de diferentes sales crudas como también por la reacción de KCl con ácido sulfúrico. Aproximadamente el 50 por ciento de la producción mundial de K₂SO₄ se deriva de la reacción de KCl con kainita o langbeinita.

En la Tabla 3 se presenta la composición de algunas fuentes comunes de fertilizantes fosfatados (Havlin et al., 2017).

Tabla 3: Composición de los principales fertilizantes potásicos

Source	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Mg
	%				
<i>Inorganic</i>					
Potassium chloride	—	—	60-62	—	—
Potassium sulfate	—	—	50-52	17	—
Potassium magnesium sulfate	—	—	22	23	11
Potassium nitrate	13	—	44	—	—
Potassium hydroxide	—	—	83	—	—
Potassium carbonate	—	—	68	—	—
Potassium orthophosphates	—	30-60	30-50	—	—
Potassium polyphosphates	—	40-60	22-48	—	—
Potassium thiosulfate	—	—	25	17	—
Potassium polysulfide	—	—	22	23	—
Greensand	—	1	6	—	—
<i>Organic</i>					
Cottonseed hull ash	1	—	27	—	—
Manure ¹ —cattle	1.5	1.5	1.2	—	0.1
—poultry	1.5-3	1-3	0.5-2	0.2	0.4
—swine	0.5-1.2	0.3-0.7	0.2-0.3	—	—
Wood ashes	—	2	6	—	1
Yard compost	1-2	0.1-0.3	0.5-0.7	0.3-0.5	0.4-0.6

Nota: Adaptado de “Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management”, por Havlin et al., 2017, Pearson India.

3.3.2 Fertilizantes compuestos

Como se mencionó anteriormente, suelen ser complejos NPK con o sin microelementos. Estos pueden ser subdivididos en fertilizantes complejos, mezclas a granel y fertilizantes enriquecidos.

a) Fertilizantes complejos

Un fertilizante complejo es aquel que tiene en un solo gránulo N, P y K pudiendo estar, complementados o no, con magnesio, azufre y microelementos. En estos fertilizantes, el N puede estar presente en tres formas: amídica, amoniacal o nítrica. Así mismo, el P puede expresarse como P total, P soluble en agua y P soluble en citrato. En la mayoría de los

complejos NPK, el componente de K a menudo se deriva de MOP, pero en otros deriva del SOP, utilizándose estos últimos en cultivos más sensibles a los cloruros. (IFA, 2006)

Asimismo, los fertilizantes complejos se pueden dividir en complejos granulados y complejos prilados. La diferencia radica en su proceso de fabricación, solubilidad, rugosidad y uniformidad del gránulo.

b) Mezclas a granel

Hace referencia a las formulaciones obtenidas a partir de la mezcla física de dos o más fertilizantes genéricos. Los insumos más utilizados en estos casos son la urea, el DAP y MOP, con los cuales, mezclados en distintas proporciones, se obtienen formulas muy variadas de N, P₂O₅, K₂O.

Como se explicará más adelante, este tipo de formulaciones tiene como principal problema la desuniformidad en la aplicación y la segregación de los nutrientes.

c) Fertilizantes enriquecidos

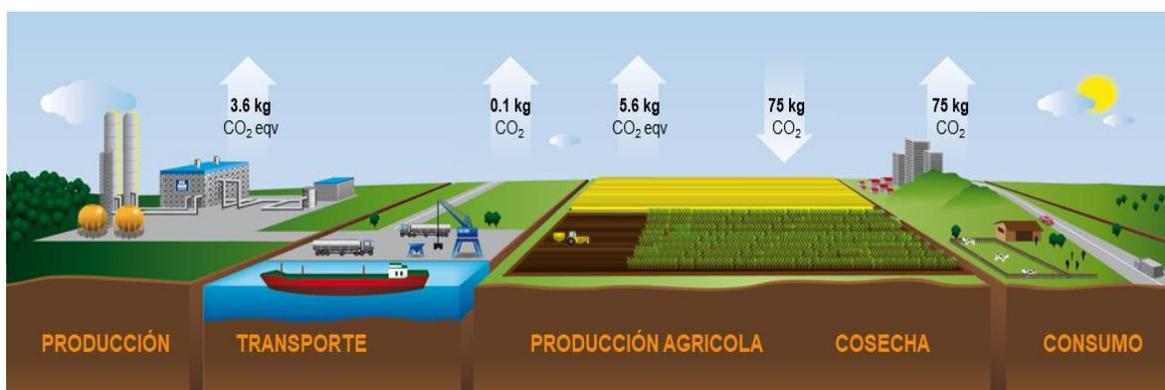
Son generalmente fertilizantes genéricos a los que se les ha agregado uno o más nutrientes específicos para aumentar su contenido de nutrientes y hacerlos más versátiles. Estos también son útiles para aplicar cantidades muy pequeñas de algunos micronutrientes. Según IFA (2006) algunos ejemplos de fertilizantes fortificados son Urea Zn, que contiene 2 por ciento de Zn; SSP boronado, que contiene 0,18 por ciento de B; Complejos de DAP y NPK fortificados con 0,5 por ciento de Zn o 0,3 por ciento de B; SSP fortificado con S elemental, que contiene 20-50 por ciento de S o con 0.05 por ciento de Mo; TSP recubierto con S elemental para contener 10-20 por ciento de S; MAP fortificado para contener entre un 10 y un 12 por ciento de S elemental.

3.4 HUELLA DE CARBONO Y CICLO DE VIDA

La producción, el transporte y el uso de fertilizantes minerales contribuyen directa e indirectamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular dióxido de carbono (CO_2) y óxido nítrico (N_2O). Al mismo tiempo, los fertilizantes mejoran la productividad agrícola y estimulan la absorción de CO_2 por parte del cultivo, aumentan el rendimiento y reducen la necesidad de cultivar nuevas tierras, evitando así las emisiones de GEI derivadas del cambio de uso de la tierra.

Para que los diferentes GEI sean comparables, se convierten en equivalentes de CO_2 ($\text{CO}_2\text{-eqv}$). Por ejemplo, 1 kg N_2O corresponde a 296 kg $\text{CO}_2\text{-eqv}$, ya que tiene un efecto 296 veces más fuerte en el clima que el CO_2 . Para facilitar aún más las comparaciones, todos los datos se expresan por kg de nitrógeno aplicado.

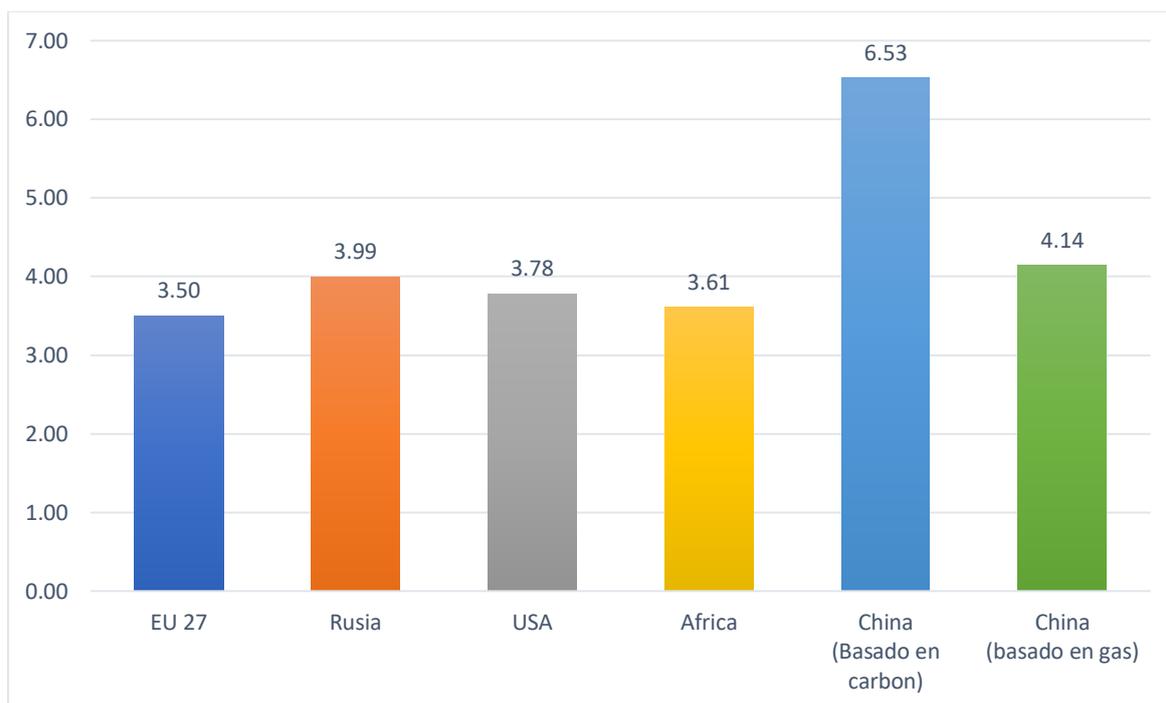
El análisis del ciclo de vida de los fertilizantes determina la emisión y absorción de GEI en la producción, transporte y almacenamiento de fertilizantes, así como durante la aplicación y el crecimiento de los cultivos; es decir, en todas las etapas de la "vida" de un fertilizante. Esto permite una mejor comprensión de lo que se puede y se debe hacer para mejorar el balance general de carbono. En la Figura 13 se ejemplifica el análisis del ciclo de vida de los fertilizantes de Yara para la región de Europa Central y Occidental (Yara, 2012).



Nota: Adaptado de "Carbon Footprint. Climate impact and mitigation potential of plant nutrition", por Yara, 2012, Oslo Noruega

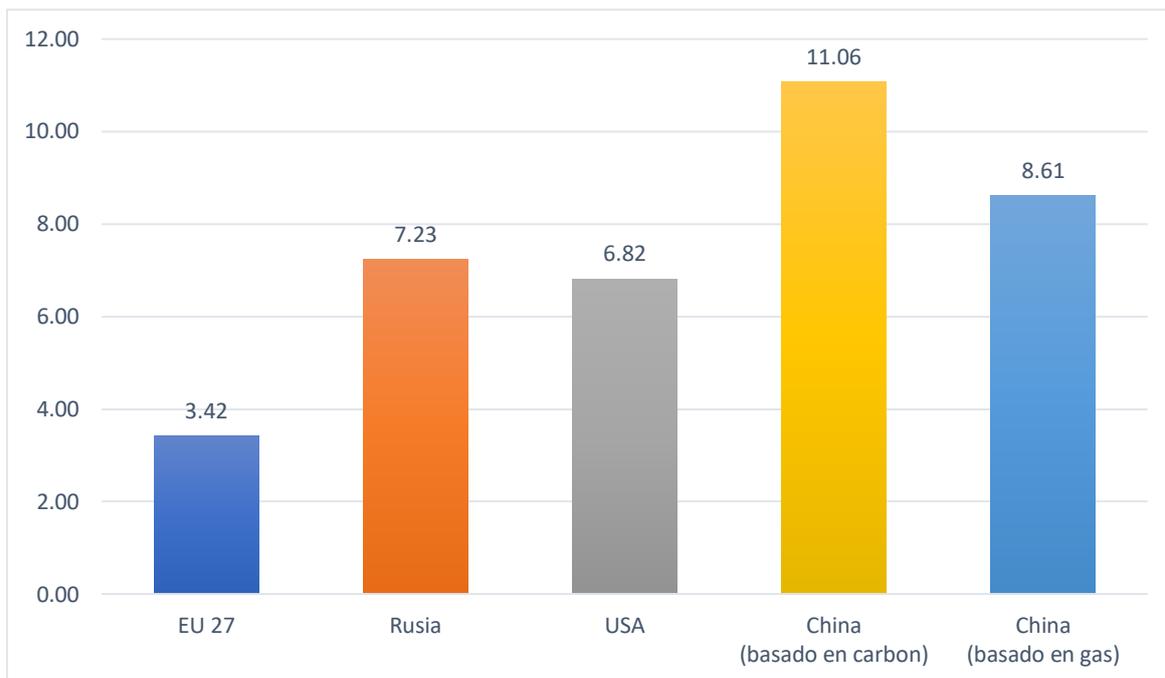
Figura 13: Ciclo de vida de los fertilizantes Yara en Europa

En la producción agrícola, los fertilizantes nitrogenados tienen un fuerte impacto en la huella de carbono de un cultivo. Así mismo, la huella de carbono de un fertilizante va a depender de su proceso de fabricación y la tecnología invertida para que sea más eficiente. A continuación, se muestra la huella de carbono en la producción de los dos principales fertilizantes nitrogenados en diversas regiones del mundo urea (Figura 14) y nitrato de amonio (Figura 15).



Nota: Adaptado de “Fertilizer Industry Handbook”, por Yara, 2018a.

Figura 14: Kg de CO₂ equivalente por kg de N en forma de urea



Nota: Adaptado de “Fertilizer Industry Handbook”, por Yara, 2018a.

Figura 15: Kg de CO₂ equivalente por kg de N en forma de nitrato de amonio

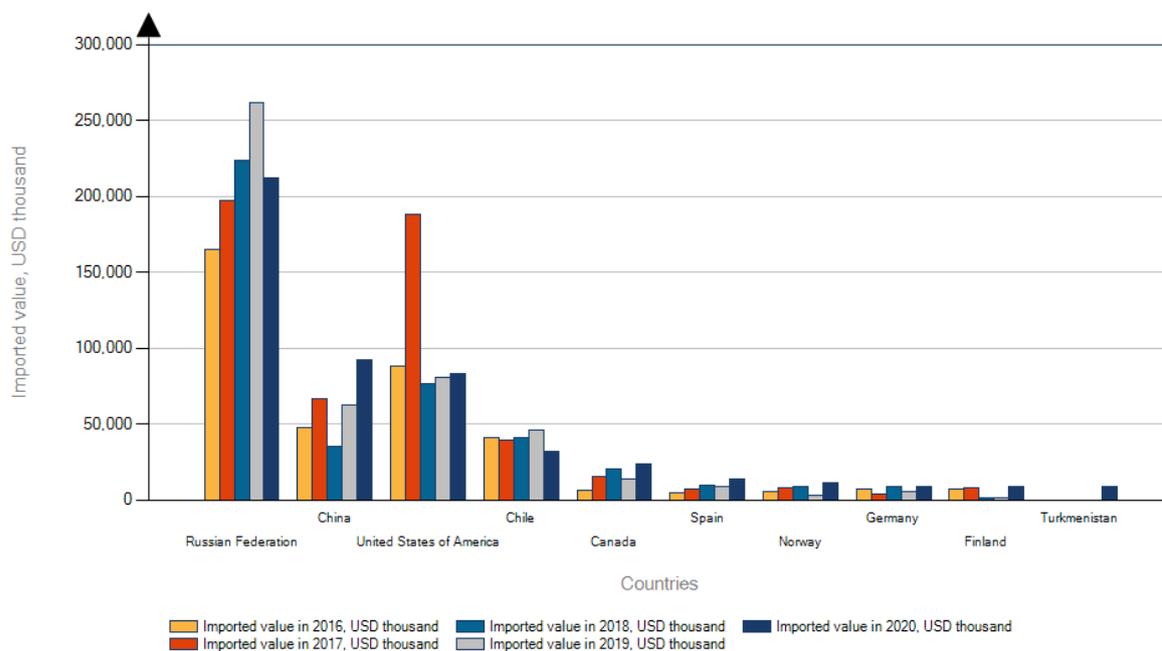
3.5 EL MERCADO DE LOS FERTILIZANTES EN EL PERÚ

3.5.1 Tamaño del mercado e importaciones (genéricos y compuestos)

El tamaño del mercado se define como la suma de la producción total y las importaciones netas (ICEX, 2019). Debido a la gran variedad de productos en el mercado, se analizará la información en base a las partidas arancelarias según la Nomenclatura Común de los países de la Comunidad Andina (NANDINA). En los últimos cinco años (Figura 16), los cinco principales países a quienes importamos los fertilizantes fueron: Rusia, China, USA, Chile y Canadá (TradeMap, s.f.).

- 31.01: Abonos de origen animal o vegetal, incluso mezclados entre sí o tratados químicamente; abonos procedentes de la mezcla o del tratamiento químico de productos de origen animal o vegetal
- 31.02: Abonos minerales o químicos nitrogenados
- 31.03: Abonos minerales o químicos fosfatados
- 31.04: Abonos minerales o químicos potásicos

- 31.05: Abonos minerales o químicos, con dos o tres de los elementos fertilizantes: nitrógeno, fósforo y potasio



Nota: Adaptado de TradeMap,,s.f., (<https://www.trademap.org/>)

Figura 16: Principales Países proveedores de fertilizantes para el Perú, del 2016 al 2020, expresado en miles de USD

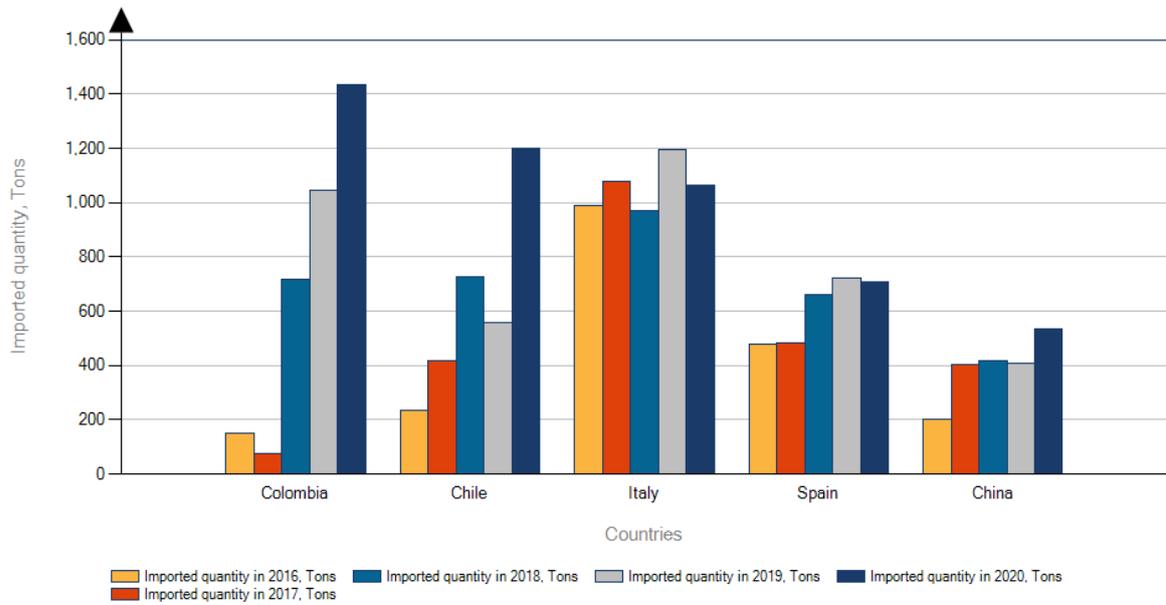
Al analizar la información de forma más detallada por partida arancelaria, nos damos cuenta que la partida más grande de importación corresponde a los fertilizantes nitrogenados, seguida de los compuestos, potásicos, fosfatados y orgánicos, respectivamente (Tabla 4)

Tabla 4: Importación de fertilizantes en toneladas por partida arancelaria del 2018 al 2020.

Partida arancelaria	Descripción	2018	2019	2020
3100	Todo Fertilizantes	1'559,016.00	1'828,171.00	1'862,879.00
3101	Abonos de origen animal o vegetal	4,692.00	5,853.00	6,451.00
3102	Abonos minerales o químicos nitrogenados	951,047.00	1'230,089.00	1'068,918.00
3103	Abonos minerales o químicos fosfatados	2,923.00	3,556.00	9,840.00
3104	Abonos minerales o químicos potásicos	198,790.00	177,369.00	261,339.00
3105	Abonos minerales o químicos, con dos o tres de los elementos fertilizantes	401,564.00	411,304.00	516,331.00

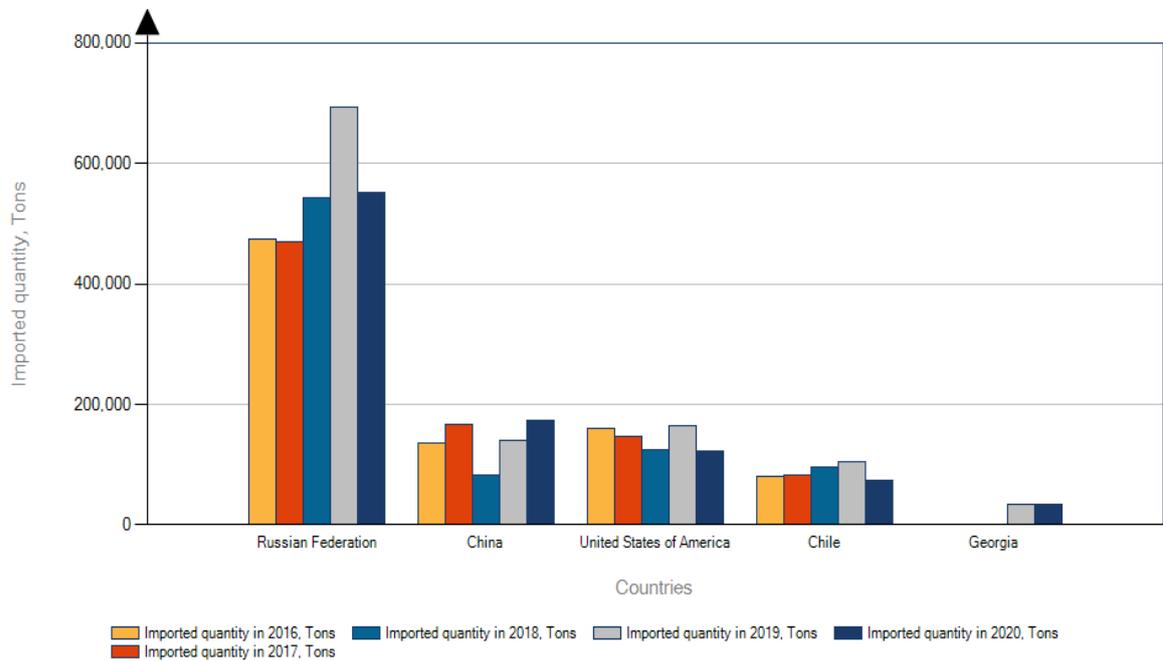
Nota: Adaptado de TradeMap, s.f., (<https://www.trademap.org/>)

La importancia relativa de los países proveedores varía dependiendo del código de partida arancelaria. Para el año 2020 (Figuras 17, 18, 19, 20 y 21), el principal proveedor de fertilizantes nitrogenados y compuestos fue Rusia; de fosfatados fue México; de potásicos, Canadá y finalmente de orgánicos, Colombia (TradeMap, s.f.). A continuación, se muestran las importaciones por países de cada partida arancelaria.



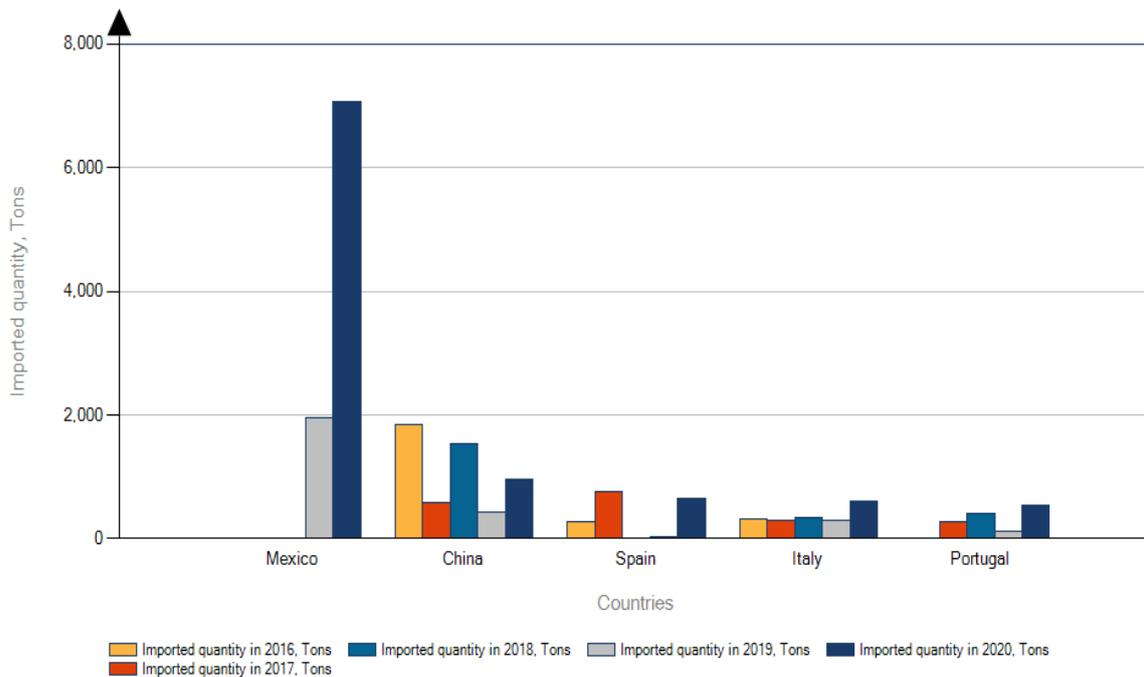
Nota: Adaptado de TradeMap,,s.f., (<https://www.trademap.org/>)

Figura 17: Principales proveedores de abonos orgánicos (partida 3101) expresado en toneladas



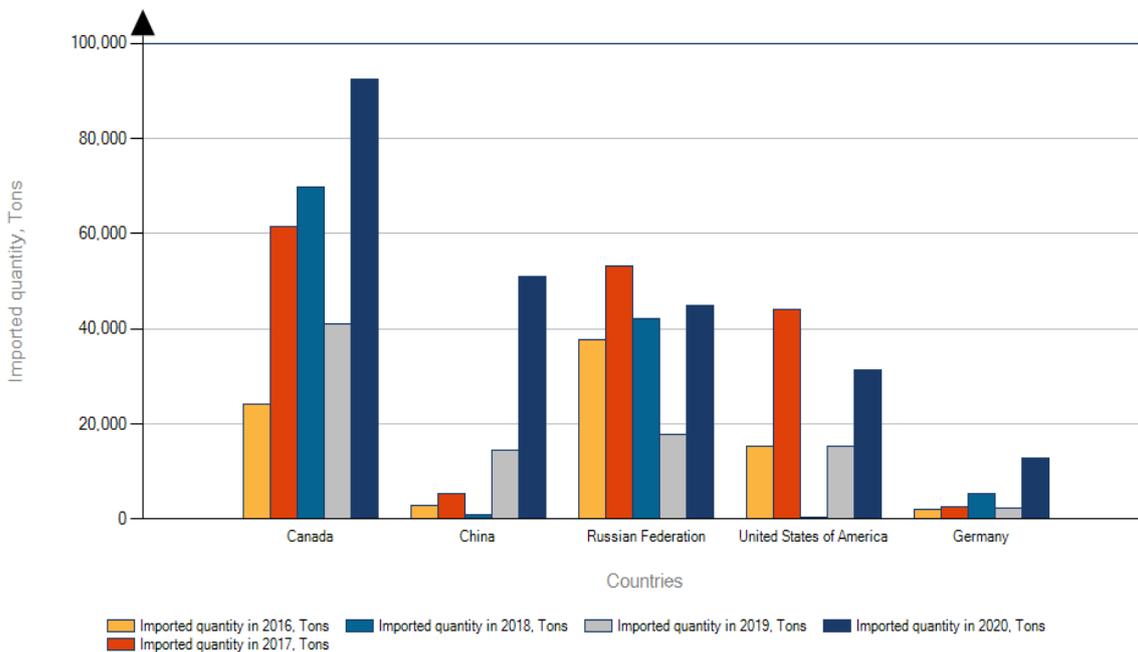
Nota: Adaptado de TradeMap,,s.f., (<https://www.trademap.org/>)

Figura 18: Principales proveedores de fertilizantes nitrogenados (partida 3102) expresado en toneladas



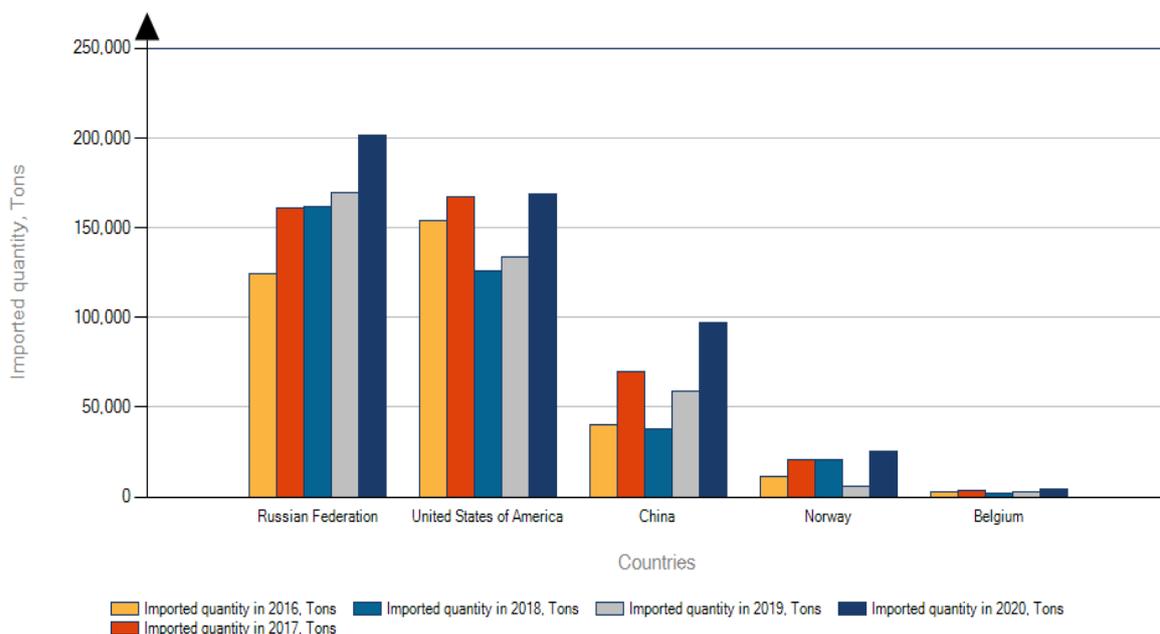
Nota: Adaptado de TradeMap,,s.f., (<https://www.trademap.org/>)

Figura 19: Principales proveedores de fertilizantes fosfatados (partida 3103) expresado en toneladas



Nota: Adaptado de TradeMap,,s.f., (<https://www.trademap.org/>)

Figura 20: Principales proveedores de fertilizantes potásicos (partida 3104) expresado en toneladas



Nota: Adaptado de TradeMap,,s.f., (<https://www.trademap.org/>)

Figura 21: Principales proveedores de fertilizantes compuestos (partida 3105) expresado en toneladas

3.5.2 Principales empresas en el sector

El sector de fertilizantes en el Perú está menos fragmentado que el sector de agroquímicos, debido principalmente a la fuerte inversión de capital necesario para mantener una operación logística masiva, así como el respaldo financiero para poder trabajar a créditos de entre 30 a 120 días.

ICEX (2019) menciona que las principales empresas importadoras de fertilizantes para el 2018 fueron, por volumen de importación: Molinos & Cía. S.A. con una cuota de importación del 30%, seguida por Yara Perú S.R.L., con un 15%, Gavilon Perú S.R.L. con un 9% y Orica Mining Services Peru S.A. con un 8% de cuota de importación total.

3.5.3 Mercado potencial de fertilizantes por cultivos foco

Para analizar el potencial de mercado de fertilizantes, hay que tener en cuenta el hectareaje total del cultivo, el porcentaje de área fertilizada y la dosis promedio de fertilizantes utilizado en kg/ha.

Al hablar de cultivos foco, nos referimos a aquellos con alto potencial de consumo de fertilizantes. Estos, además, pueden separarse en dos grupos: Cultivos tradicionales (Tabla 5) y Cultivos agroindustriales (Tabla 6). A continuación, se muestra el mercado potencial por cultivos tradicionales (tabla 5) y agroindustriales (Tabla 6) para el año 2018.

Tabla 5: *Potencial de mercado de cultivos tradicionales para el año 2018*

Cultivo	Área Cosechada	Área fertilizada	Consumo medio de fertilizantes (t/ha)	Potencial de mercado (t)
Arroz	337,000	318,500	0.9	270,725
Papa	206,800	161,400	1.0	156,789
Maíz	178,000	141,600	0.7	99,120
Café	420,000	92,000	0.4	34,500
Palma	46,000	46,000	0.6	27,600
Cacao	103,500	25,000	0.4	10,000
Total				598,734

Nota: Elaboración propia

Tabla 6: *Potencial de mercado de cultivos agroindustriales para el año 2018*

Cultivo	Área Cosechada	Área fertilizada	Consumo medio de fertilizantes (t/ha)	Potencial de mercado (t)
Espárrago	27,822	27,822	1.10	30,604
Uva	21,100	21,100	1.40	29,540
Palta	29,683	29,523	1.25	36,904
Mandarina	9,500	9,500	1.24	11,780
Arándanos	5,920	5,920	1.80	10,656
Total				119,484

Nota: Elaboración propia

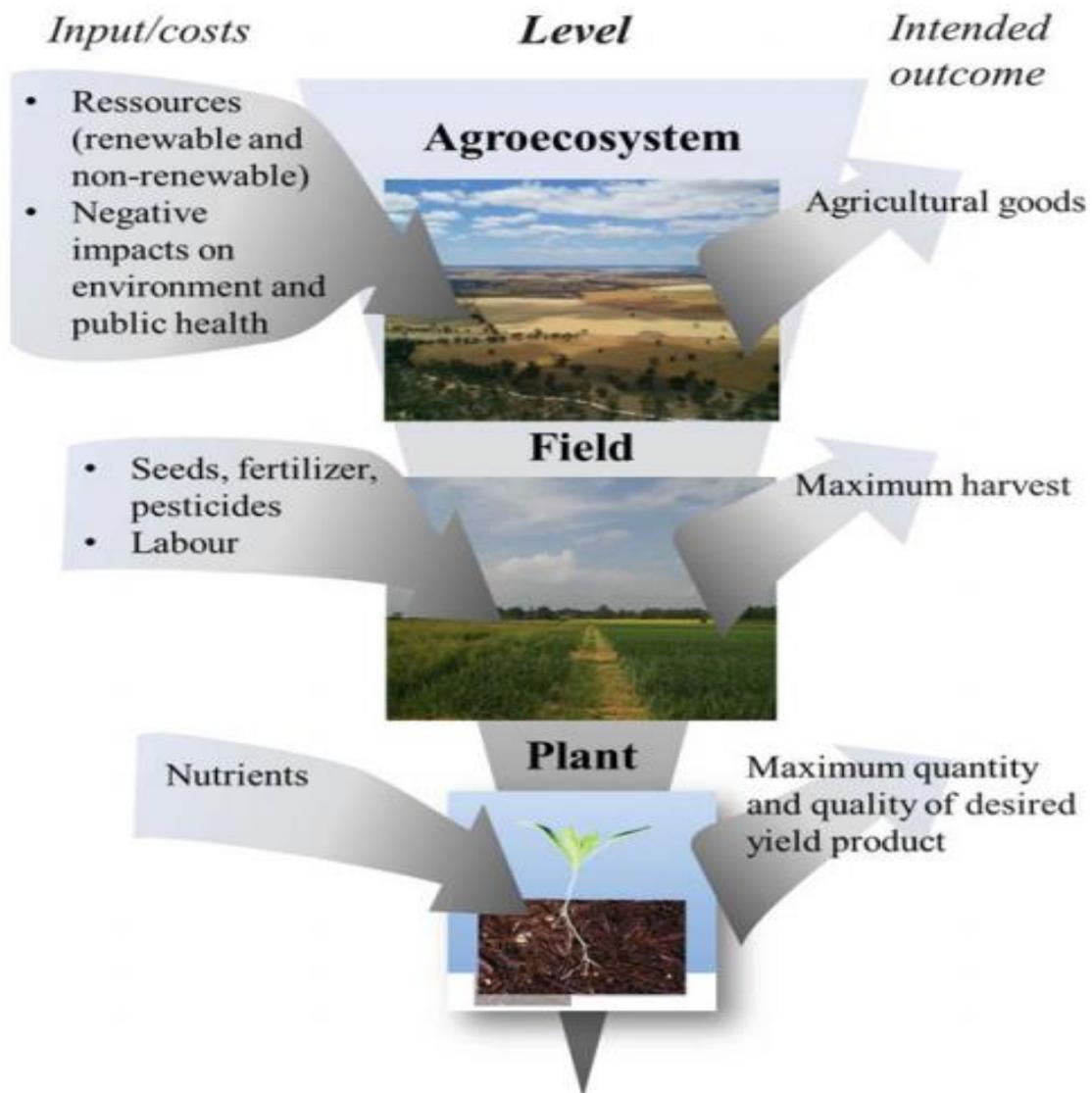
3.6 PRINCIPALES PROBLEMAS SOLUCIONADOS CON EL USO DE FERTILIZANTES COMPLEJOS

3.6.1 Mayor eficiencia de uso de nutrientes

La definición general de eficiencia es “la realización de un resultado o meta deseada con la menor cantidad posible de insumos o gastos” (Reich et al., 2014). En el marco de la Eficiencia de Uso de Nutrientes (EUN), el “insumo” o “gasto” es el nitrógeno, mientras que el “resultado” o “meta deseada” va a depender del tipo de estudio (agronómico, ecológico, etc.) y del nivel de organizacional de sistema a evaluar (a nivel celular, planta completa, una parcela o campo de producción, a nivel nacional o internacional) (Fig. 22; Reich et al., 2014). Así, la definición de EUN varía dependiendo del nivel de organización a evaluar, así como los parámetros y objetivos particulares del investigador. Esto hace que existan diversas definiciones de EUN, haciendo que muchas veces, la comparación entre diversos estudios se dificulte (Fageria et al., 2008). La EUN (Figura 23) está influenciada, a su vez, por otras variables tales como: el nivel de fertilidad del suelo, las condiciones climáticas, la rotación de cultivos y las prácticas culturales, dificultando la comparación de los resultados obtenidos (IPNI, 2012; Stewart et al., 2005; Sato et al., 2012).

Los primeros estudios sobre la EUN fueron realizados por Moll et al. (1982), quienes definieron al EUN como el rendimiento de grano por unidad de nitrógeno disponible. Esta EUN puede dividirse, a su vez, en dos procesos principales (Hawkesford et al., 2012).

- a) Eficiencia de absorción (EAb) que hace referencia a la capacidad de la planta o cultivar de absorber la mayor cantidad posible de $N-NO_3$ y $N-NH_4$ presentes en el suelo.
- b) Eficiencia de utilización (EUt) que hace referencia a la capacidad de la planta o cultivar de convertir la mayor cantidad posible de nitrógeno absorbido en biomasa o producto cosechable (Berendse y Aerts, 1987)



Nota: Adaptado de “Physiological Basis of Plant Nutrient Use Efficiency – Concepts, Opportunities and Challenges for Its Improvement”, por Reich et al., 2012, Springer

Figura 22: Distintos niveles de organización para el estudio de la eficiencia de uso de nutrientes



Nota: Adaptado de “4R Plant Nutrition: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition”, por IPNI, 2012.

Figura 23: Factores que afectan la Eficiencia de Uso de Nutrientes

La EUN normal de N, P y K para los fertilizantes genéricos vs los productos de Yara, cuentan con una mayor tecnología en la formulación, se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7: Eficiencia de Uso de Nutrientes referencial

Eficiencia de uso de nutrientes EUN		
Nitrógeno	Fósforo	Potasio
40 – 60 (hasta 80 con nuestros programas)	25 – 35 (alrededor de 35% con nuestros programas)	50 – 80 (Usualmente se estima en 70%)

Nota: Elaboración Propia

Se estima que entre el 50 – 70 por ciento del N aplicado se pierde del sistema (Hodge et al., 2000) Las principales causas de la pérdida de nitrógeno del sistema la lixiviación de nitratos, desnitrificación, volatilización del amoníaco, flujos de N_2O y NO_x a la atmósfera y la erosión del suelo (Xu et al., 2011; Hakeem et al, 2012). Toda condición que favorezca la pérdida del N de sistema suelo-planta afectará la EUN. En este sentido, las buenas prácticas de fertilización ayudan a disminuir estas pérdidas (IPNI, 2012).

Las pérdidas por lixiviación de N, principalmente en forma nitratos y en menor proporción como N-orgánico soluble, contribuye significativamente a la pérdida de N del sistema suelo-planta (Ladha et al., 2005; Fageria, 2014). Debido a que el nitrato tiene carga negativa, no es retenido por el sistema coloidal del suelo, por lo que es arrastrado con el flujo de agua en el suelo (Stevenson, 1986). Así, cuando la precipitación o el riego excede la capacidad de retención de agua por parte del suelo y/o excede la demanda evapotranspirativa, el nitrato es arrastrado fuera del perfil radicular del cultivo y ya no es disponible para este (Fageria, 2014). La pérdida por lixiviación se ve afectada principalmente por la textura del suelo, siendo más drástica en suelos de texturas gruesas vs suelos de texturas finas (Singh et al., 2012). Debido a que el proceso de nitrificación es un aspecto clave en la regulación de la cantidad de nitrato presente en el sistema, el uso de inhibidores de nitrificación o fertilizantes de liberación controlada se ha presentado como una alternativa efectiva para disminuir las pérdidas por lixiviación (Havlin et al., 2017; Kumar et al., 2015).

Las pérdidas por volatilización de amoníaco representan una proporción importante de las pérdidas totales de N (Figura 24). Esta volatilización va a depender principalmente del: pH, humedad del suelo, la temperatura (Tabla 8; Bouman et al., 2002); además de otros factores como la textura, el contenido de $CaCO_3$, conductividad eléctrica y velocidad del viento (San Francisco et al., 2011; Li et al., 2017; Khairudin, 2017). Por ejemplo, San Francisco et al., (2011) encontró que, bajo condiciones no inundadas en varios suelos de España, la pérdida por volatilización de amoníaco fue menor con nitrato de amonio versus la urea, oscilando esta última fuente entre 2 a 59%, dependiendo del tipo de suelo estudiado.

Por otra parte, bajo condiciones de arroz en inundación, Xing y Zhu (2000) reportan pérdidas promedio de amoníaco del 22% para el caso de la urea. Sin embargo, Khairudin (2017) indica que estas pérdidas pueden llegar a ser de hasta 60% en condiciones de pH elevado del suelo y el agua de la poza, elevadas temperaturas y presencia de vientos fuertes y frecuentes.

En la Figura 25 se ilustra, las diferencias en volatilización de amoniaco para tres productos: la urea, un NPK a base de Urea y YaraMila Tristar (Yara, 2001).

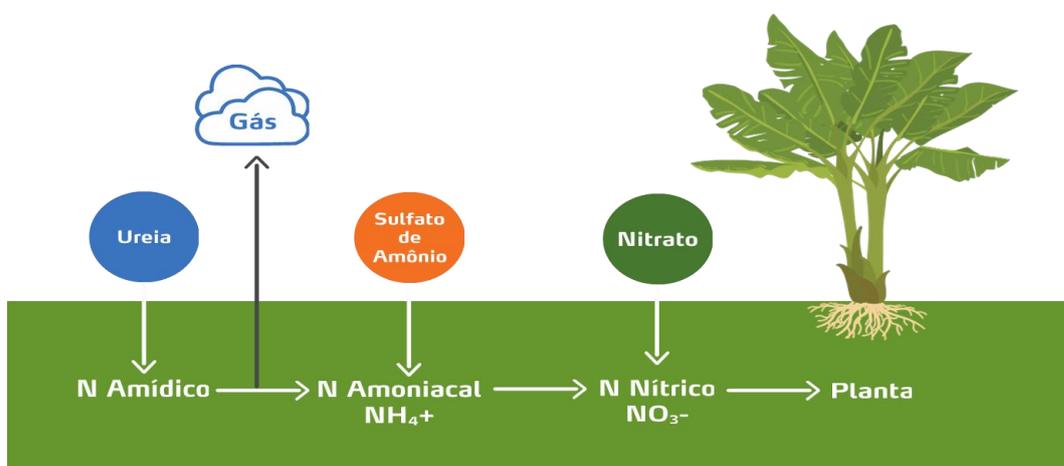


Figura 24: Transformaciones del N a partir de diversas fuentes de fertilizante

Tabla 8: Pérdida por volatilización de amoniaco bajo diferentes condiciones edafoclimáticas

pH del Suelo	Pérdida por volatilización de amoniaco [% del nitrógeno aplicado]	
	Zonas Templadas	Zonas Tropicales
< 5.5	12	18
5.5 – 7.3	14	20
7.3 – 8.5	19	28
> 8.5	35	52

Nota: Adaptado de “Estimation of global NH₃ volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grasslands” por Bouwman et al., 2002, *Global Biogeochemical Cycle* (16)

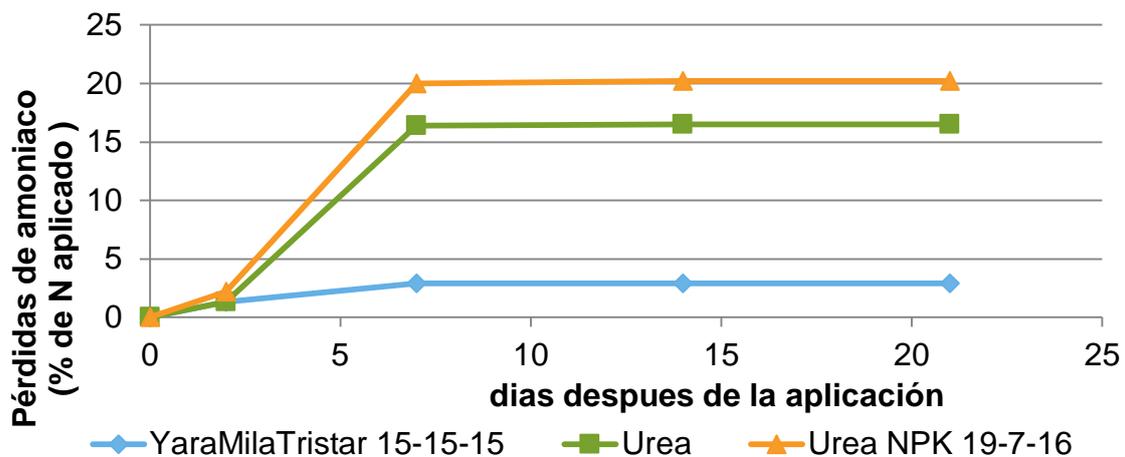
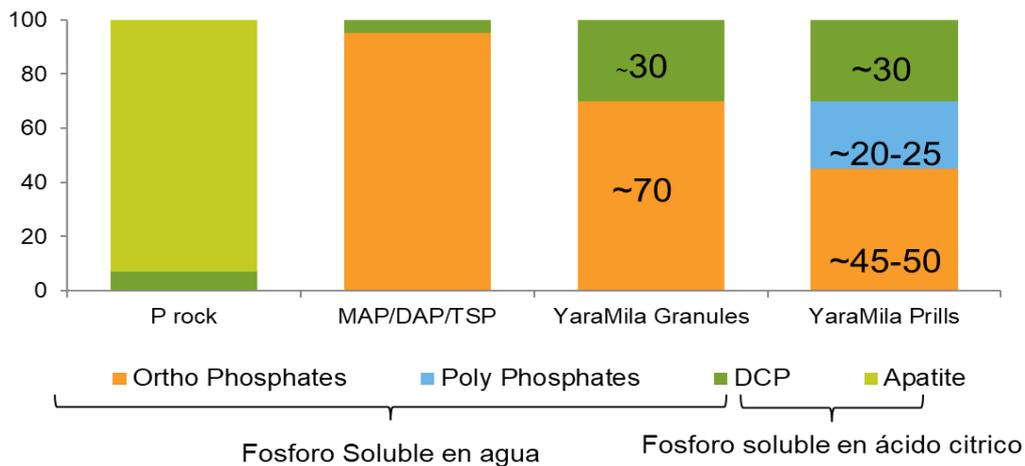


Figura 25: Pérdidas de volatilización de amoníaco entre tres fuentes de nitrógeno

Para el caso del fósforo, las fuentes tradicionales cuentan con una menor eficiencia debido a la rápida fijación del ion ortofosfato en el suelo, ya sea con calcio en suelos alcalinos o con aluminio en suelos ácidos (Havlin et al., 2017). El fósforo en los fertilizantes (Figura 26) puede estar de diversas formas tales como orto fosfatos, polifosfatos, fosfatos di cálcicos y apatita; siendo la ruta de producción determina la partición de las diferentes formas de P en los compuesto NPK (Yara, 2018a)



Nota: Adaptado de “Fertilizer Industry Handbook”, por Yara, 2018a.

Figura 26: Partición de los tipos de fósforo presentes en los principales fertilizantes genéricos y de Yara

La presencia de polifosfatos como fuente de P permite incrementar la EUN (Figura 27). A diferencia del ion orto fosfato que tiende a precipitar rápidamente, los polifosfatos son más estables en el suelo y su hidrolisis permite mantener un nivel estable de orto fosfatos que el cultivo puede aprovechar a lo largo de un periodo de tiempo mayor (Torres-Dorante et al., 2003).

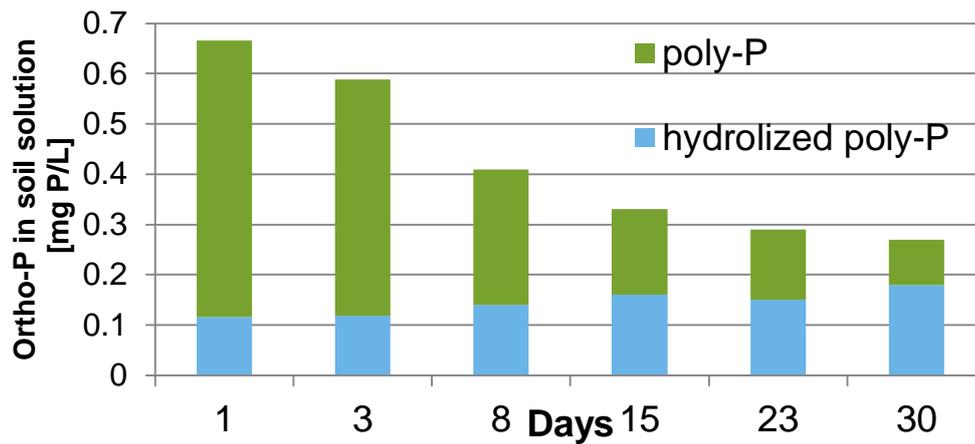


Figura 27: La hidrólisis de polifosfatos mantiene el P en la solución del suelo

Además de mantener un nivel de P elevado por más tiempo (Figura 28), los polifosfatos pueden moverse más profundo en el perfil del suelo que los orto fosfatos, alcanzando un mayor área radicular y mejorando la EUN.

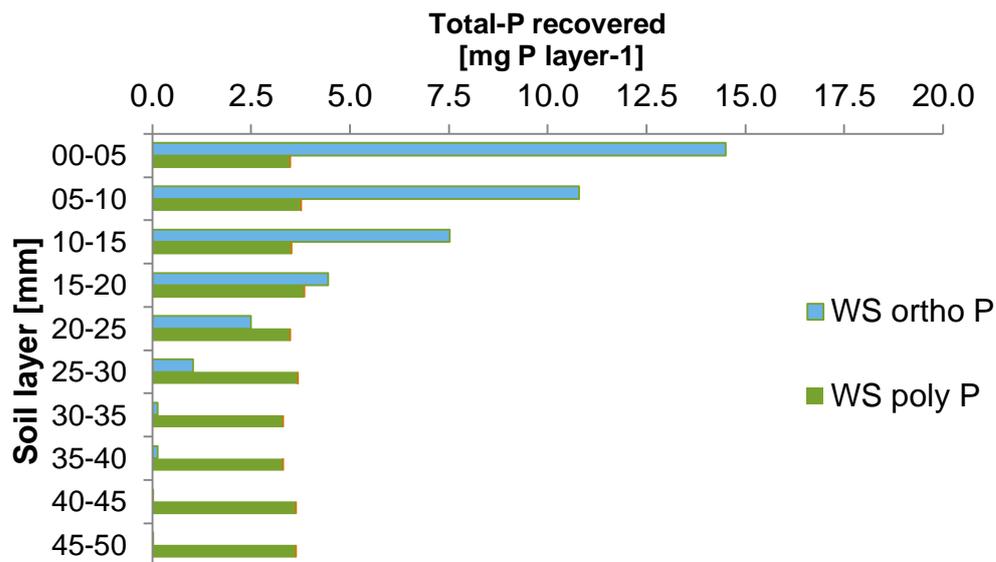


Figura 28: Movimiento en el perfil del suelo de orto fosfatos y polifosfatos

3.6.2 Menor segregación de nutrientes en campo y uniformidad de aplicación

Otro problema común en el uso de fertilizantes simples y sus mezclas físicas es la segregación del producto aplicado en campo, lo que genera una desuniformidad en el crecimiento y desarrollo de la plantación ya que cada planta recibe una formulación distinta.

Tradicionalmente, las mezclas físicas se hacen a partir de urea, fosfato de amonio y cloruro de potasio (Figura 29), y dependiendo de la proporción de cada insumo se obtienen diversas fórmulas, tales como: 20-20-20, 15-25-25, 19-4-23, etc. Hay tres momentos en los que se va a ir generando la segregación de las mezclas físicas (Figura 30), siendo estos durante el empaquetado y manipulación (Figura 31), en el implemento de aplicación (Figuras 32 y 33) y durante la aplicación.

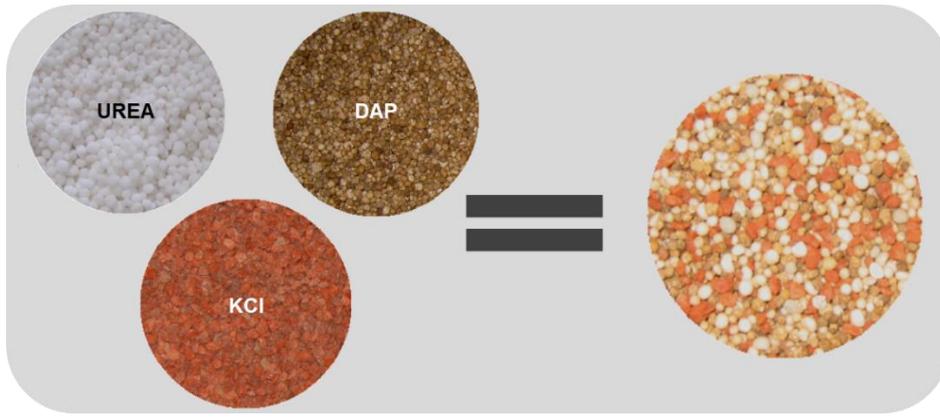


Figura 29: Insumos tradicionales en la formulación de mezclas físicas

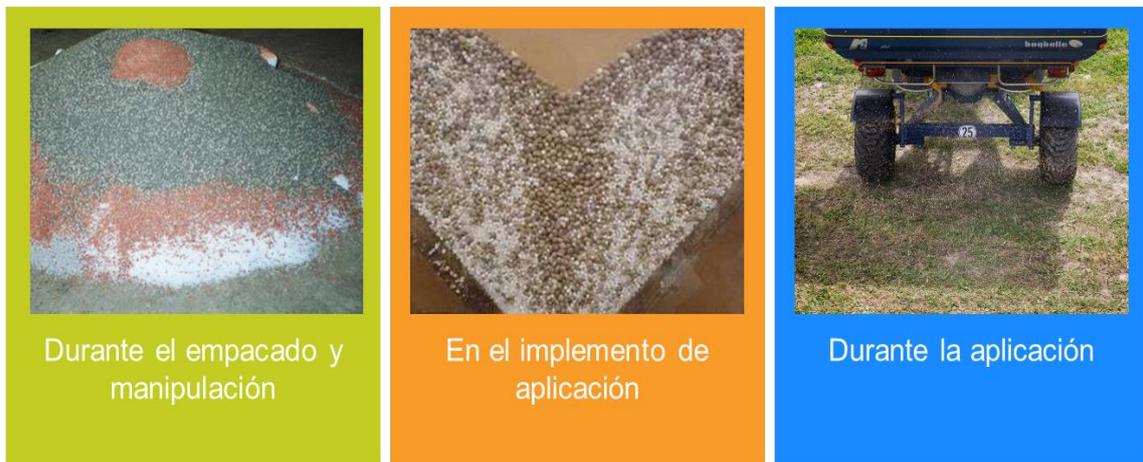


Figura 30: Momentos claves en el aumento de la segregación de nutrientes en mezcla física

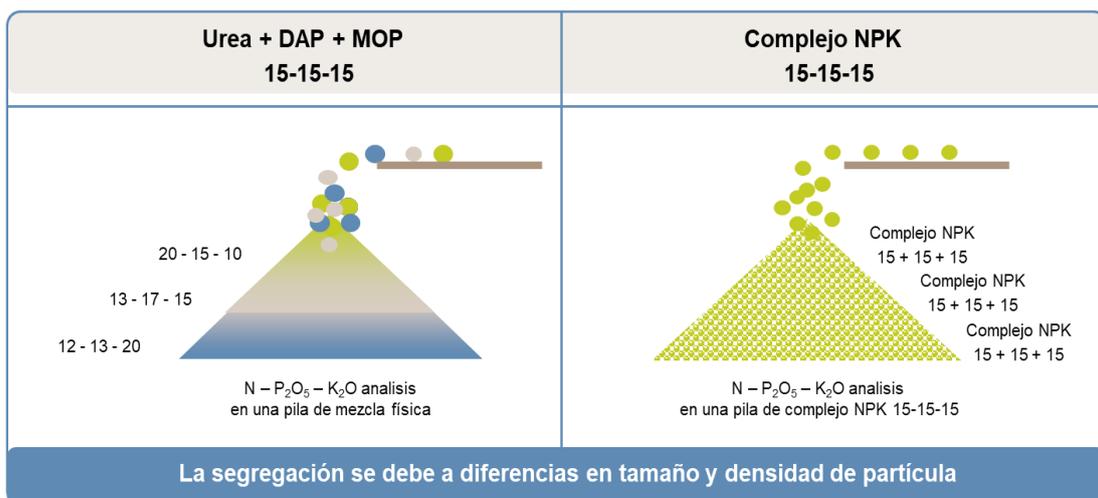


Figura 31: Segregación de nutrientes en pila de fertilizantes en mezcla física vs complejos NPK

En un ensayo en campo donde se tomaron 10 muestras al azar en los recipientes utilizados para fertilizar antes de realizar la aplicación del producto. Se observó que el 80% de las muestras estaban por debajo del nivel teórico de N.

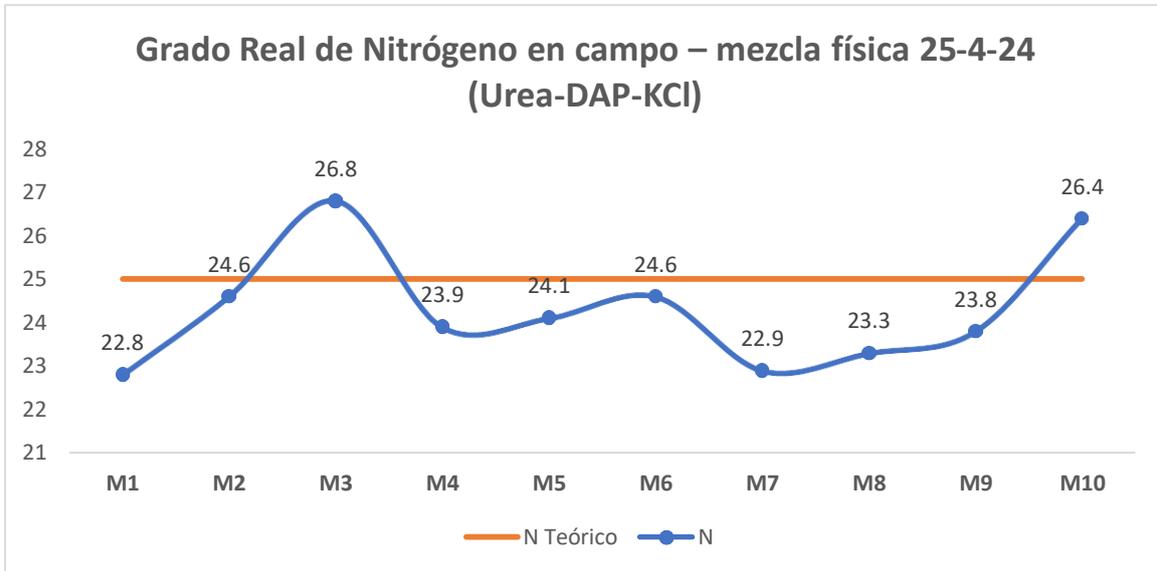


Figura 32: Variaciones entre los niveles reales y teóricos de N previo a la aplicación de fertilizante

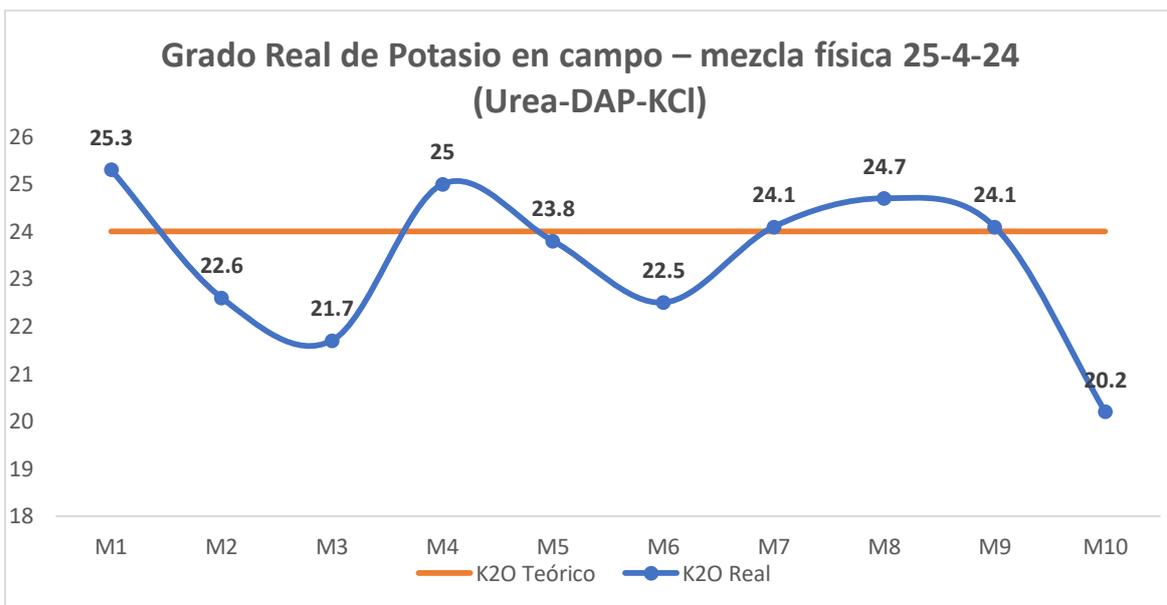


Figura 33: Variaciones entre los niveles reales y teóricos de K2O previo a la aplicación de fertilizante

IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

4.1 FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES CON DISTINTOS AGENTES DE LA CADENA DE VALOR

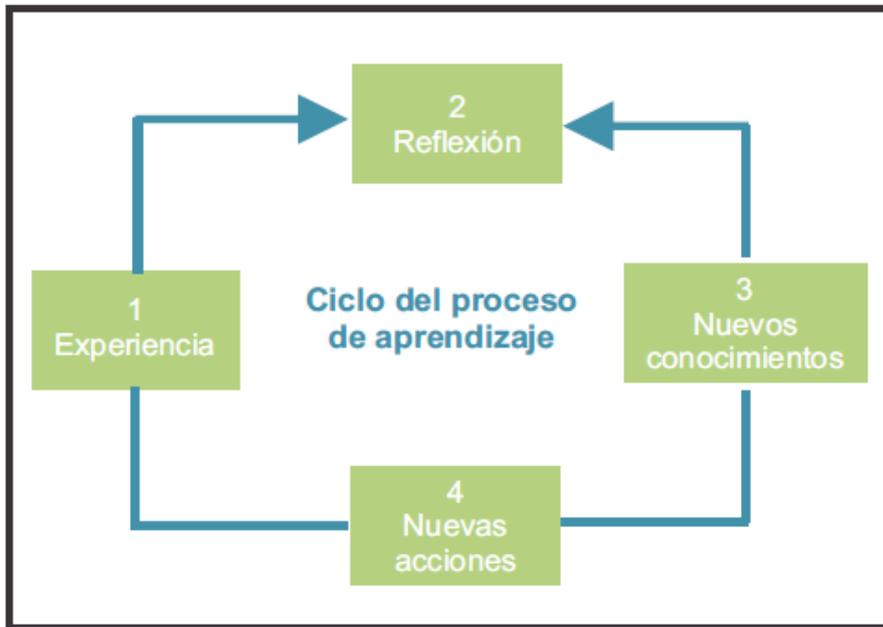
En esta actividad, mi labor se ha centrado principalmente en brindar soporte técnico comercial a diversos clientes; desde agricultores, técnicos y promotores de campo, incluso ingenieros, tomadores de decisión de agroindustrias y otros agentes del mercado.

En este sentido, he profundizado en los conocimientos técnicos brindados por la universidad, sobre todo en el área de suelos y nutrición vegetal; pero también he desarrollado otras competencias por la misma actividad técnico comercial, sobre todo habilidades blandas: desarrollo de presentaciones efectivas, oratoria y manejo de escenario, manejo de personal y liderazgo, etc.

Se explicará brevemente las acciones y estrategias desarrolladas con cada grupo de clientes. Además, en la sección de anexos, se presenta un banco de fotos de las actividades realizadas.

4.1.1 Agricultores

Se desarrollan de manera periódica charlas con los agricultores, normalmente en el salón comunal o auditorio de los centros poblados y posteriormente en campo, para hablar sobre la fertilización y manejo del cultivo de interés para ellos, por ejemplo, sobre café, cacao, arroz, etc. Dado que son personas adultas, su proceso de aprendizaje es distinto al de los niños. En este sentido, se emplearon técnicas de aprendizaje participativo (Figura 34), tanto en salón como en campo, siguiendo el proceso *experiencia – reflexión – incorporación de nueva información – nueva acción*, detallados a continuación (Fundación Suiza para la Cooperación del Desarrollo Técnico [Swisscontact], 2012)



Nota: Adaptado de “Guía metodológica de Escuelas de Campo para Agricultores de Cacao. Modulo I – La planificación en las Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs)” por Swisscontact, 2012, Perú.

Figura 34: Ciclo del proceso de aprendizaje

- a) Experiencia: “Consiste en rescatar qué y cuanto conocen del tema”. En este sentido, se suele preguntar a los agricultores si conocen, por ejemplo, cuáles son los nutrientes y su importancia, fomentando la participación grupal.
- b) Reflexión: “Es la recuperación de saberes y el análisis. (...) el facilitador juntamente con los participantes debe analizar y ordenar la información y las ideas aportadas”. En este punto, por ejemplo, se invita a la reflexión a los participantes “si hay 14 nutrientes minerales, entonces ¿Por qué solo aplicamos 3?”
- c) Incorporación de nueva información: “el facilitador puede complementar o compartir información que maneja”. Aquí, por ejemplo, se suele compartir las experiencias respecto a la metodología de aplicación de fertilizantes y un comparativo entre el tiempo empleado.
- d) Nueva acción: “Es la aplicación de la nueva información y las conclusiones. Los participantes ponen en práctica o aplican lo aprendido en la solución de situaciones o problemas abordados en el tema.”. En este punto, por ejemplo, se realiza una práctica de fertilización en campo. Se forman 4 grupos de 3 personas cada uno y se les otorga 3 surcos de café a cada grupo. Después se les pedirá que procedan a fertilizar, 2 grupos fertilizarán de la manera tradicional (que suele incluir la incorporación del fertilizante) o

los otros 2 grupos lo aplicarán al voleo. Se toma el tiempo por surco y por grupo, se promedia y finalmente se compara el tiempo entre cada método de fertilización extrapolado a hectárea. Se muestra un ejemplo en la Tabla 9.

Tabla 9: Comparativo de tiempo utilizando dos metodologías de fertilización

Grupo	Surco de 50 plantas c/u	Método de fertilización	Tiempo por surco	Nº Jornales
Grupo 1	Surco 1	Tradicional	23 min 20 s	4.86
Grupo 1	Surco 2	Tradicional	26 min 40 s	5.56
Grupo 1	Surco 3	Tradicional	20 min 50 s	4.34
Grupo 2	Surco 1	Voleo	6 min 30 s	1.13
Grupo 2	Surco 2	Voleo	6 min 0 s	1.25
Grupo 2	Surco 3	Voleo	5 min 25 s	1.35
Grupo 3	Surco 1	Tradicional	25 min 0 s	5.21
Grupo 3	Surco 2	Tradicional	27 min 30 s	5.73
Grupo 3	Surco 3	Tradicional	22 min 30 s	4.69
Grupo 4	Surco 1	Voleo	6 min 15 s	1.30
Grupo 4	Surco 2	Voleo	5 min 50 s	1.22
Grupo 4	Surco 3	Voleo	6 min 5 s	1.27

4.1.2 Técnicos de municipalidades y cooperativas

Para el caso de los técnicos de campo e ingenieros de diversas instituciones, quienes tienen como función principal dar soporte y seguimiento diario a los agricultores, se desarrollan los temas con mayor profundidad; brindando tanto bases teóricas sólidas y aplicaciones prácticas. Para esto, se procedió a revisar literatura relevante al caso, así como al armado de las presentaciones, dinámicas y ejercicios.

A continuación, se mencionan los temas normalmente desarrollados con los técnicos, así como los principales objetivos de aprendizaje.

- Manejo de suelos ácidos y uso de enmiendas, entender el efecto de la toxicidad de aluminio en el cultivo y la reducción del rendimiento y aprender a calcular la dosis de enmienda necesaria para encalar un suelo

- Metodología de muestreo de suelos, aprender la metodología para una correcta lotización y toma de muestra de suelo
- Capacitación técnica en suelos, repaso teórico de las principales características edáficas (pH, CIC, CE, etc.) y su impacto en la producción
- Interpretación de análisis de suelos, que los participantes puedan entender e interpretar los diversos resultados mostrados en un análisis de suelo, así como sus implicancias para la producción.
- Nutrición balanceada en diversos cultivos (café, cacao, arroz, piña, cítricos, etc.), se repasan las buenas prácticas de administración de producto – fuente, dosis, momento y lugar, aplicadas en cada cultivo.
- Fertilización foliar, mitos y realidades, se da un repaso teórico sobre los principios y aplicaciones de la fertilización foliar.

Asimismo, si se requiere alguna capacitación de un tema más específico para los fines de la organización, como por ejemplo “Impacto de la nutrición mineral en la mejora de la calidad de taza del café”; se conversa con los interesados, se definen los objetivos de la capacitación y se procede a desarrollar la ponencia.

4.1.3 Técnicos de tienda y distribuidores

Para el caso del personal de tienda y distribuidores, además de desarrollar los temas técnicos mencionados en el apartado anterior, se profundiza en otros aspectos más comerciales, tales como:

- Capacitación en productos. Se explican las características y beneficios de nuestra cartera de productos Premium, tanto para la línea de fertilizantes edáficos (YaraMila y YaraLiva), como los fertilizantes foliares y quelatos (YaraVita y YaraTeraRexolin). Se hace especial énfasis en las ventajas competitivas y diferenciales versus otros fertilizantes del mercado, resaltando los beneficios para el distribuidor y el agricultor.
- Capacitación en planes de fertilización. Repaso de los planes de fertilización para los diversos cultivos desarrollados para la zona, así como conceptos de rápida aplicación para recomendación en campo. En este punto, se suele revisar y realizar ajustes en el

plan de fertilización empleado por los clientes, balanceando mejor las unidades a los requerido por el cultivo.

4.2 DESARROLLO DE PARCELAS DEMOSTRATIVAS EN CULTIVOS FOCO Y RESULTADOS

Otra de las acciones claves fue la instalación, seguimiento y evaluación de parcelas demostrativas con nuestros programas nutricionales.

4.2.1 Importancia de una parcela demostrativa

Existen diversos propósitos por los cuales se realiza una parcela demostrativa, los cuales pueden ser (Yara, 2018b):

Dar confianza a los clientes y agricultores sobre la utilización del programa nutricional de Yara.

Comparar y demostrar que la propuesta de Yara incrementa la rentabilidad del agricultor.

Sirve como herramienta de venta para clientes estratégicos y agentes influenciadores (asesores) en la zona.

Contar con herramientas para realizar días de campo con agricultores, donde se mostrarán las diferencias en los resultados de los programas.

Para recolectar datos y testimonios de los agricultores de los beneficios del programa nutricional de Yara.

Sirve para la elaboración de boletines de resultados para su difusión en otras zonas de cultivo.

4.2.2 Planificación de una parcela demostrativa

Debido a que una parcela demostrativa es una fuerte inversión en recursos, tanto insumos como el tiempo del colaborador, tiene que ser correctamente planificada y tener un objetivo específico, el cual finalmente se traduzca o apoye la actividad comercial. Debido a esto, las parcelas se desarrollan con productores líderes, innovadores e influenciadores, a fin de poder generar un efecto multiplicador en la zona de interés.

Para esto, se debe entender cuál es la necesidad primaria del cliente, así como de las prácticas agrícolas y uso de fertilizantes en la zona. Con esto en mente, se recomienda realizar las siguientes preguntas a los agricultores (Yara, 2018b):

¿Cuál es su productividad actual?

¿Usted cree que pueda incrementar su rendimiento?

¿Cuál cree que son el (los) factores que le impiden alcanzar ese potencial?

¿Cuál es su programa nutricional actual?

¿Tiene algún problema de calidad que disminuye su precio en el mercado?

¿El mercado está dispuesto a pagar más por un producto de mejor calidad?

Una vez que se tiene más información y un panorama más completo de las necesidades reales del cliente, se procede a estimar un % de rendimiento para punto de equilibrio, dado que se asume que el programa nutricional de Yara será económicamente más caro que el tradicional. Esto se calcula de la siguiente manera (Yara, 2018b):

Rentabilidad bruta por ha = Rendimiento por ha (kg/ha) x precio del cultivo (soles/kg)

Costo extra por ha = Costo del Programa Yara (soles) – Costo del Programa Tradicional (soles)

% de rendimiento para punto de equilibrio = Costo extra por ha/Rentabilidad bruta por ha

Esto nos sirve para ver el % mínimo de incremento en el rendimiento que se debe obtener para compensar el incremento del costo del programa nutricional Yara. En base a esto, se plantean ciertas acciones que se muestran en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10: Acciones a tomar según % de rendimiento para punto de equilibrio

% de rendimiento en punto de equilibrio	< 5%	5 - 10%	> 10%
	Rentabilidad del agricultor	Muy probable que incremente la rentabilidad del agricultor	Tal vez pueda incrementar la rentabilidad del agricultor
Acción a tomar	Seguir con la parcela demostrativa	De ser posible, ajustar los tratamientos	No realizar la parcela demostrativa

Notas: Adaptado de “Melhores Práticas para Lavouras Demonstrativas”, por Yara, 2018b, Porto Alegre.

Ejemplo en arroz.

El rendimiento promedio del agricultor es de 8.5 t/ha, el precio por tn de arroz es de 850 soles, el costo del programa nutricional tradicional (T) es de 920 soles y el de Yara (Y) de 1150 soles. Entonces:

$$\text{Rentabilidad bruta por ha} = 8.5 \text{ tn de arroz/ha} * 850 \text{ soles/tn de arroz}$$

$$\text{Rentabilidad bruta por ha} = 7,225.00 \text{ soles/ha}$$

$$\text{Costo extra por ha} = 1150 \text{ soles (Y)} - 920 \text{ soles (T)}$$

$$\text{Costo extra por ha} = 230 \text{ soles/ha}$$

$$\% \text{ de rendimiento para punto de equilibrio} = 230 \text{ soles x ha} / 7225 \text{ soles x ha}$$

$$\% \text{ de rendimiento para punto de equilibrio} = 3.18\%$$

En base a esto, se concluye que el resultado muy probablemente será favorable, por lo que se procede con la instalación de la parcela demostrativa.

4.2.3 Protocolo y tratamientos

En este punto, se define que es lo que se desea demostrar y cuál es el objetivo del estudio. Para esto, se debe dar respuesta a las siguientes preguntas (Yara, 2018):

Definir cuales productos y/o programas nutricionales se compararán.

Definir la dosis de estos y el cronograma de aplicaciones.

Definir la forma de aplicación (aplicación por voleo, aplicación foliar, fertirriego, etc.)

Definir los estadios fenológicos críticos y los parámetros a evaluar.

Ejemplo para el caso de arroz.

Se compararán dos programas nutricionales, el testigo (Tabla 11) vs Yara (Tabla 12), la dosis e insumos empleado y la época de aplicación para cada uno:

Tabla 11: Programa nutricional Testigo

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Trasplante	Fosfato de amonio	100	18	46	-	-
	Sulfato de potasio	50	-	-	25	9
Macollamiento	Urea	100	46	-	-	-
	Sulfato de amonio	150	30.5	-	-	33
Desmanche	Urea	100	46	-	-	-
	Sulfato de amonio	150	30.5	-	-	33
Punto de algodón	Sulfato de amonio	150	30.5	-	-	33
	Total	800	201.5	46	25	108

Tabla 12: Programa nutricional Yara

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Trasplante	YaraMila KABAL PLUS	200	22	60	20	-
	Sulfato de potasio	50	-	-	25	9
Macollamiento	YaraVera AMIDAS	200	80	-	-	12
Desmanche	YaraVera AMIDAS	200	80	-	-	12
Punto de algodón	Yara Vera AMIDAS	100	40	-	-	6
Total		750	226	60	45	39

Posteriormente, se definen los parámetros relevantes a evaluar. Siendo estos, por ejemplo:

Parámetros precosecha. Normalmente se evalúa en los estadios de máximo macollo o punto de algodón

- Número de macollos por planta.
- Altura de planta.
- Tamaño y peso radicular.
- Comparativo del vigor y verdor del cultivo de forma visual.

Parámetros en cosecha

- Número de espigas por planta.
- Número de granos por espiga.
- Peso de 100 granos.
- Rendimiento total por ha (t/ha)

Además de responder los puntos anteriores, es importante tener en cuenta lo siguiente:

Siempre tener un tratamiento testigo o de referencia, a fin de poder realizar análisis comparativos. Este tratamiento de base normalmente es el trabajado por el agricultor. Se puede comparar uno o más programas nutricionales con diferentes dosis. En este caso, se suele comparar el testigo, 100% Yara, 50-75% Yara y 150% Yara; a fin de determinar una curva de respuesta nutricional y determinar la dosis ideal de nutrientes en la localidad.

Se deben considerar las prácticas culturales y momentos de aplicación manejados por el productor, para que su implementación y adaptación sean más sencillas.

No siempre es necesario igualar las mismas unidades de nutrientes. Estas unidades se pueden reducir y/o mejorar el balance entre estos, así como incorporar nutrientes que no se apliquen en la parcela testigo, como, por ejemplo, el zinc.

4.2.4 Selección de lugar

En este punto, se define la zona, ubicación y tamaño final de parcela demostrativa, teniendo las siguientes consideraciones (Yara, 2018):

La zona en cuestión debe tener un buen potencial de ventas.

El lugar de la parcela debe tener características representativas de la zona, tanto de clima, suelo y/o prácticas agrícolas.

El lugar de la parcela debe de ser de fácil acceso para las evaluaciones periódicas y el posterior día de campo.

Los tratamientos (Testigo vs Yara) han de estar contiguos y en las mismas condiciones de manejo (variedad, fecha de siembra, riego, programa fitosanitario, etc.).

El tamaño de la parcela debe ser suficientemente grande y representativo para que los resultados sean relevantes y comparables. Normalmente se trabajan parcelas de 0.25 hasta 1 ha, dependiendo del cultivo y el costo de implementación del programa.

4.2.5 Presentación de los resultados

Para un correcto reporte y posterior difusión de los resultados obtenidos, se debe reportar los siguientes datos (Yara, 2018):

Lugar del ensayo (localidad, distrito, provincia, departamento)

Nombre del agricultor líder.

Responsable del ensayo de Yara

Datos históricos relevantes (rendimiento histórico, cultivo anterior, etc.)

Datos del suelo (textura, pH, CE)

Cultivo y variedad.

Descripción de los tratamientos

- Productos y/o programas empleados.
- Dosis utilizadas
- Métodos de aplicación
- Momentos de aplicación

Resultados obtenidos (rendimiento, componentes del rendimiento, calidad)

Asimismo, se debe presentar un análisis de rentabilidad de los tratamientos, donde se contemple:

Inversión en fertilizantes (testigo vs Yara)

Rendimiento

Ingresos brutos del agricultor

Incremento de ingresos por el uso del programa Yara.

En la Figura 35 se presenta un ejemplo de la rentabilidad para el caso de arroz. Así mismo, en la sección de anexo se plantean más casos semejantes de éxito.

Precio del arroz blanco S/.870 x Tn.

	Convencional	Programa Nutricional Yara	
Inversión en fertilizantes / Ha	S/. 928.00	S/. 1,205.00	+ S/. 277 /ha
Rendimiento (tn/ha)	9.2	10.8	+ 1.6 tn/ha
Ingresos del agricultor (Ha)	S/. 8,004.00	S/. 9,396.00	+ S/. 1392 /ha
Ganancia del agricultor (Ha)	S/. 7,076.00	S/. 8,191.00	+ S/. 1115 /ha

Incremento de rentabilidad

 **+ S/. 1,115 /ha** 

Figura 35: Incremento de rentabilidad de la parcela demostrativa

4.3 ORGANIZACIÓN DE EVENTOS DE MARKETING

En conjunto con el área de marketing de la empresa, se desarrolló diversos eventos a fin de impulsar e incrementar la venta de los productos premium. Estos se realizan mediante el proceso de *Planificación – Organización – Ejecución – Evaluación y Monitoreo*, pasos sugeridos también por la Agencia de Desarrollo Rural [ADR] (2018).

Planificación. En esta fase se definen el propósito y las métricas claves del evento, así como sondear las principales necesidades e intereses de los clientes objetivos.

Organización. Se definen las responsabilidades y el cronograma de entregables para el área comercial, técnica y de marketing. Normalmente, estas responsabilidades son los siguientes:

Área Comercial: Definir los intereses de los clientes objetivos, así como hacer la publicidad y promoción en campo.

Área Técnica: Desarrollo de los materiales técnicos, tales como boletines de resultados, notas cortas para revistas y las presentaciones para las conferencias y simposios.

Área de marketing: Desarrollo de materiales como trípticos, afiches, banners, así como spots radiales y propaganda para la asistencia al evento.

Ejecución. Llegando la fecha planificada, se realiza el evento en el lugar y formatos previstos. Se monitorea con minuciosidad cada uno de los detalles del mismo lugar, iluminación, ventilación y otros.

Evaluación y Monitoreo. Terminando el evento, se realiza la evaluación del impacto; considerando la asistencia de los participantes y las variaciones en las ventas de ese periodo con el anterior.

Según Cumpa y Tipacti (2017), los eventos se pueden clasificar en de la siguiente manera:

Por su carácter: congreso, jornada, foro, conferencia, panel, simposio, mesa redonda, talleres, seminario, asamblea, convención y encuentros.

Por su naturaleza: internacional, nacional y regional.

Por su tamaño: mini eventos, pequeños, medianos, grandes y mega eventos

4.4 DESARROLLO DE ALIANZAS CON GRUPOS DE INTERÉS

Otra de las actividades claves es el desarrollo de alianzas técnico-comerciales con algunos grupos de interés del mercado y la cadena de alimentos. En este sentido, se resumirá el trabajo que se realiza con los principales socios estratégicos de la empresa.

4.4.1 Volcafe

Es uno de los principales comercializadores de café del mundo y, en el Perú, es el 3er exportador nacional de café. Así mismo, a la fecha trabaja con más de 2500 agricultores en cuatro regiones del país: Cajamarca, San Martín, Junín y Pasco (Volcafe, 2018)

Con ellos, los trabajos desarrollados se han centrados en la instalación y monitoreo de parcelas modelo, capacitaciones técnicas constantes al su equipo de campo y charlas y días de campo con sus agricultores socios.

4.4.2 Alianza Cacao Perú

“Alianza Cacao Perú es una iniciativa público-privada apoyada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y ejecutada por Palladium. La Alianza tiene como objetivo mejorar los ingresos de 24 mil familias productoras de las regiones de San Martín, Huánuco, Ucayali y Pasco, a través del incremento de la productividad, la mejora de la calidad del cacao, el acceso oportuno a financiamiento y a mercados de mayor valor, así como promover la inversión privada en dichas regiones”. (Alianza Cacao Perú [ACP], 2021)

Con ellos, los trabajos desarrollados se han centrados en: la instalación y monitoreo de parcelas modelo, capacitaciones técnicas constantes al su equipo de campo y charlas y días de campo con sus agricultores socios.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El mercado de fertilizantes es muy amplio y está dominado principalmente por la compra y venta de productos genéricos, que aportan poco valor y tienen algunos problemas inherentes a su aplicación. Estos problemas pueden solucionarse mediante el uso de fertilizantes complejos, los cuales, inicialmente tienen un costo mayor, brindan otros beneficios como ahorro de tiempo y jornales en aplicación, mayor rendimiento, calidad y rentabilidad al productor; además de tener un menor impacto en la huella de carbono y el ciclo de vida del producto.

La instalación de parcelas modelo es una herramienta muy efectiva para mostrar los beneficios de fertilizantes de especialidad y una nutrición balanceada. En estas parcelas, los productores pueden constatar las diferencias entre los paquetes de fertilización tradicionales vs el paquete nutricional de Yara y así, estar más dispuestos a probar nuestros productos.

La capacitación a técnicos de campo de diversas instituciones estatales y privadas es también una acción estratégica para poder impactar a más agricultores. Esto se debe a que, para uno como individuo, es muy difícil llegar a todo el universo de agricultores de los distintos cultivos. Por ello, la capacitación a técnicos de campo multiplica el mensaje y podemos alcanzar a un público mayor de agricultores.

La formación de alianzas con agentes de la cadena de valor es otra acción estratégica, ya que nos permite por un lado cerrar volúmenes comerciales significativos, y alcanzar a una población de agricultores más especializada, los cuales tienen un efecto multiplicador en sus comunidades.

Finalmente, el uso de fertilizantes es fundamental para asegurar buenos rendimientos e incrementar la productividad y sostenibilidad agrícola, más aún en regiones tropicales. El desarrollo de programas de fertilización balanceados a los requerimientos de cada cultivo, en conjunto con las actividades de capacitación y fortalecimiento de capacidades de técnicos y agricultores; son acciones estratégicas para incrementar los rendimientos de los cultivos y así, la calidad de vida de los productores agrícolas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Desarrollo Rural [ADR] (2018). Desarrollo de Agroferias Comerciales Regionales. Bogotá, Colombia.
- Alianza Cacao Perú, (2021). SOBRE ALIANZA CACAO PERÚ. Disponible en la web: <http://www.alianzacacaoperu.org/sobre-alianza-cacao-peru/>. Consultado el 14 de febrero del 2021.
- Berendse F y Aerts R. (1987). Nitrogen-use-efficiency: a biologically meaningful definition? *Funct Ecol* 1:293–296
- Bouwman A.F., Boumans L.J.M. y Batjes N.H. (2002) Estimation of global NH₃ volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grasslands. *Global Biogeochemical Cycle* Vol. 16 (2) pag. 8-14. Doi: **10.1029/2000GB001389**
- Cassman K. y Liska A. (2007). Food and fuel for all: realistic or foolish? *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 1:18–23. DOI: 10.1002/bbb.3
- Cumpa, A. y Tipacti, M. (2017). Modelo de organización de eventos científicos en UDEP bajo la metodología de Dirección de Proyectos (Tesis de Máster en Dirección de Proyectos). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.
- Fageria, N. K., V. C. Baligar, y Y. C. Li (2008). The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. *J. Plant Nutr.* 31:1121–1157.
- Fageria, N.K (2014); Nitrogen Management in Crop Production. 398 pag.
- FAO (2006). Plant nutrition for food security – A guide for integrated nutrient management.
- FAO (2008). An Introduction to the Basic Concepts of Food Security. Disponible en la web <http://www.fao.org/3/al936e/al936e.pdf>. Consultado el 26 de Febrero de 2021.

- FAO (2009). How to feed the world: 2050. High Expert Forum, 12-13 Oct. 2009 Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf.
- Fundación Suiza para la Cooperación del Desarrollo Técnico [Swisscontact] (2012). Guía metodológica de Escuelas de Campo para Agricultores de Cacao. Modulo I – La planificación en las Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs). Piura, Perú.
- Hakkem K.R., Chandna R., Ahmad A. y Iqbal M. (2012). Reactive Nitrogen Inflows and Nitrogen Use Efficiency in Agriculture: An Environmental Perspective. En: Parvaiz Ahmad y M.N.V. Prasad (Eds.), Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change: 217 – 232
- Havlin J., Tisdale S., Nelson W. y Beaton J. (2017) Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. 8va Ed. Pearson India.
- Hawkesford M., Horst W., Kichey T., Lambers H., Schjoerring J., Møller I. y White P. (2012). Functions of Macronutrients. En: Marshner, P. (Ed) Marshner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd Ed. 135 – 189.
- Hodge A., Robinson D y Fitter A. (2000). Are microorganism more effective than plant at competing for nitrogen? Trends in Plant Science 5: 304 – 308
- ICEX (2019). Ficha Sector, Fertilizantes en el Perú. Lima, Perú.
- IPNI – International Plant Nutrition Institute (2012). 4R Plant Nutrition: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition.
- Khairudin, (2017). Modelling of ammonia volatilisation in fertilised and flooded rice systems, 209 pages. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
- Kumar, R, Parmar B.P., Walia S. y Saha S. (2015); Nitrification Inhibitors: Classes and Its Use in Nitrification Management. En: Rakshit A., Singh, H.B. y Sen, A. (Eds) Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances. 103 – 122.

- Ladha, J.K., Pathak H., Krupnik, T.J., Six, J. y van Kessel, C. (2005). Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Cereal Production – Retrospect and Prospects. *Advances in Agronomy*, Volume 87. 85 – 156.
- Li, Y.; Huang, L.; Zhang, H.; Wang, M.; Liang, Z.; (2017). Assessment of Ammonia Volatilization Losses and Nitrogen Utilization during the Rice Growing Season in Alkaline Salt-Affected Soils. *Sustainability*, 9, 132. <https://doi.org/10.3390/su9010132>
- Moll, R. H., E. J. Kamprath, y W. A. Jackson. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. J.* 74:562–564
- Reich M., Aghajanzadeh T. y De Kok, L. (2014). Physiological Basis of Plant Nutrient Use Efficiency – Concepts, Opportunities and Challenges for Its Improvement. En: Hawkesford M., Kopriva S. y De Kok, L. (Eds) *Nutrient Use Efficiency in Plants: Concepts and Approaches*. 1 – 28.
- Roberts, T.L. (2009). The Role of Fertilizer in Growing the World’s Food. *Better Crops/Vol.* 93 (2009, No. 2) pag. 12 – 15.
- Roy, A. (2007). Fertilizers and Food Production. In: Kent J.A. (eds) *Kent and Riegel’s Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-27843-8_24
- San Francisco, S.; Urrutia, O.; Martin, V.; Peristeropoulos, A. y Garcia-Mina, J.M (2011); Efficiency of urease and nitrification inhibitors in reducing ammonia volatilization from diverse nitrogen fertilizers applied to different soil types and wheat straw mulching. *J. Sci. Food. Agr.* 91, 1569-1575.
- Sato, S., K. T. Morgan, M. Ozores-Hampton, K. Mahmoud, y E. H. Simonne (2012). Nutrient balance and use efficiency in sandy soils cropped with tomato under seepage irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76:1867–1876
- Singh, U., J. Sanabria, E. R. Austin, y S. Agyin-Birikorang (2012). Nitrogen transformation, ammonia volatilization loss, and nitrate leaching in organically enhanced nitrogen fertilizers relative to urea. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76:1842–1854.
- Stevenson, F. J. (1986). *Cycles of Soil*. New York: Wiley Interscience

- Stewart W.M., Dibb D.W., Johnston A.E. y Smith T.J. (2005). The Contribution of Commercial Fertilizer Nutrients to Food Production. *Agron. J.* Vol 97: Pag 1–6.
- TradeMap (s.f). Trade statistics for international business development. Monthly, quarterly and yearly trade data. Import & export values, volumes, growth rates, market shares, etc. Recuperado el 04 de marzo de 2021 de <https://www.trademap.org/>
- Volcafe (2018). Facts About Peru. Disponible en la web: <https://volcafespecialty.com/peru/>. Consultado el 14 de febrero del 2021.
- Xing, G. X. y Z. L. Zhu. (2000). An assessment of N loss from agricultural fields to the environment in China. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 57:67–73.
- Xu G., Fan X. y J. Miller A. (2012) - Plant Nitrogen Assimilation and Use Efficiency. *Annual Review in Plant Biology* 63: 5.1 – 5.30.
- Yara (2012). Carbon Footprint. Climate impact and mitigation potential of plant nutrition. Oslo, Noruega.
- Yara (2018a). Fertilizer Industry Handbook. Archivo disponible en pdf.
- Yara (2018b). Melhores Práticas para Lavouras Demonstrativas. Porto Alegre, Brasil.

VII. ANEXOS

Anexo 1: Relación de fotos de las principales actividades de fortalecimiento de capacidades desarrolladas en la experiencia profesional



Figura 36: Capacitación a agricultores en día de campo, en Santa Ana - San Martín



Figura 37: Capacitación a agricultores en campo de café, Rio Negro – Junín.

 **YARA**

Knowledge grows

nuestrocafé TM
by Yara

Juntos por la **VICTORIA** en esta
Pre-Floración de **CAFÉ**

El éxito del agricultor cafetalero está en sus flores, ayudémosle a obtener mayor número, amarre de flores, protegerse de enfermedades y plagas teniendo como herramienta la siguiente información:

1. Presentación Comercial en Café para Pre-Floración.
2. Presentación Agronómica en Café para Pre-Floración.
3. Boletines de Resultado.
4. Material digital para redes sociales.
5. Videos testimoniales.

[Clic aquí para descargar](#) 

Figura 38: Desarrollo de material de marketing para inicio de campaña de café



Figura 39: Capacitación en campo a técnicos en formación de la cooperativa Cenfrocafé

Anexo 2: Principales empresas de fertilizantes del sector

- Molinos & Cía. S.A.
- Yara Perú S.R.L.
- Gavilon Perú S.R.L.
- Orica Mining Services Peru S.A.
- Inkafert S.A.C.
- SQM VITAS Perú S.A.C.
- Equilibra Perú S.A.
- Ceres Perú S.A.
- Soluciones Técnicas del Agro S.A.C.
- Agro Micro Biotech S.A.C.

Anexo 3: Capacitación y pasantía en el cultivo de café, Minas Gerais – Brasil.

Figura 41

Cronograma de capacitación y pasantía en el cultivo de café, Minas Gerais – Brasil.

<p>Sábado 11/09 Llegada en São Paulo – GRU a las 4:20 pm* Motorista Paulo Roberto traje <u>Andres Zapata</u> a Espirito Santo do Pinhal – SP (~2:30 horas de viaje)</p> <p>Domingo 12/09 Recepción João Moraes, Espirito Santo do Pinhal-MG</p> <p>Lunes 13/09 Espírito Santo do Pinhal-SP Finca Santana, giro por <u>la propiedad</u> Visita al consultor Eng. Agr. Flávio Melo</p> <p>Martes 14/09 Guaxupé-MG Visita al <u>complejo Japy/Cooxupé</u> Visitación a la finca <u>Palmital</u> y otra <u>propiedad</u> (conocimiento a <u>distintas realidades</u> de cafetaleros)</p> <p>Miércoles 15/09 Visita al Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho Visita la feria de negocios de la cooperativa de Machado (stand de Yara con negociación y <u>approach</u> con cafetaleros)</p> <p>Jueves 16/09 Visita a investigadores <u>del</u> Grupo Terras Gerais Visita a Casa Branco, cliente importante em Boa <u>Esperanza</u>.</p> <p>Viernes 17/09 Visitación a la <u>Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG</u> Desplazamiento para São Paulo-SP Recepción/Cena en São Paulo – Thiago Moura Hospedaje en hotel en la zona de Avenida Paulista</p> <p>Sábado 18/09 Dia livre <u>con sugestion</u> de programado para cidade de São Paulo</p> <p>Domingo 19/09 Regreso</p>
--

Nota: Gracias a esta experiencia, se obtuvieron conocimientos teórico prácticos que sirvieron de ayuda-en mi desarrollo profesional; para beneficio mío y de la empresa

Anexo 4: Boletín de resultados de parcela demostrativa de papa, en Concepción – Huancayo



Ensayo Demostrativo

Fundo / Agricultor:
Departamento:
Provincia:
Zona:
Cultivo:
Variedad/cultivar:

Javier Jauregui
Huancayo
Concepción
Huanchar
Papa
Capiro

Distanciamiento:
Densidad:
Sistema de Riego:
Tipo de Suelo:
Fecha de Cosecha:

0.3 * 0.9 m
37,037 Plantas/ha
Gravedad
Franco Arenoso
Mayo 2018



Programa Convencional

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	N	P2O5	K2O	MgO	CaO	S	B
Siembra	Fosfato de amonio	500	90	230	-	-	-	-	-
	Sulfato de potasio	300	-	-	150	-	-	54	-
	Sulfato de amonio	200	42	-	-	-	-	48	-
Aporque	Urea	300	138	-	-	-	-	-	-
Total		1300	270	230	150	-	-	102	-

Programa -Yara

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	N	P2O5	K2O	MgO	CaO	S	B
Siembra	YaraMila KABAL PLUS	1000	110	300	100	-	-	-	-
Aporque	YaraLiva NKALCIOB	500	60	-	60	-	100	-	1
Total		1300	170	300	160	-	100	-	1

Imágenes del desarrollo del ensayo



Programa del Agricultor

Programa nutricional de Yara



03

Análisis Económico

Precio de Papa Industria: s/. 1.10

	Convencional	Programa Nutricional Yara	
Inversión en fertilizantes / Ha	S/. 2,490.00	S/. 2,750.00	+ S/. 260 /ha
Rendimiento Industria (tn/ha)	12.6	14.74	+ 2.14 tn/ha
Ingresos del agricultor (Ha)	S/. 13,860.00	S/. 16,214.00	+ S/. 2354 /ha
Ganancia del agricultor (Ha)	S/. 11,370.00	S/. 13,464.00	+ S/. 2094 /ha

Incremento de rentabilidad

➤ + S/. 2,094 /ha ➤



03



Anexo 5: Boletín de resultados de parcela demostrativa de arroz, en Jaén – Cajamarca



Parcela Demostrativa

Fundo / Agricultor:	Omar Cortez.	Fecha de Inicio:	21/02/2018
Departamento:	Cajamarca	Edad de cultivo:	2 días ddt
Provincia:	Jaén	Rendimiento P. H:	8.5 TM
Zona:	San Lorenzo	Distanciamiento:	0.2*0.2 m
Cultivo:	Arroz – Trasplante.	Densidad:	250,000 golpes.
Variedad/cultivar:	Esperanza.	Sistema de Riego:	Inundación
		Tipo de Suelo:	Franco arcilloso



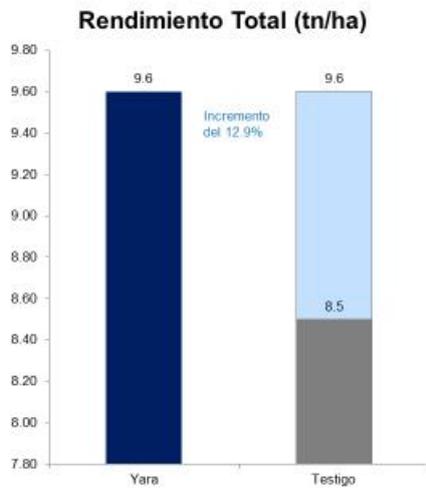
Programa Convencional

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Transplante	Fosfato de amonio	100	18	46	-	-
	Sulfato potasio	50	-	-	25	9
Macollamiento	Nitro S	200	66	6	6	16
Desmanche	Nitro S	200	66	6	6	16
Punto Algodón	Sulfato de amonio	200	42	-	-	44
	Total	750	192	58	37	85

Programa -Yara

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Transplante	YaraMila Kabal Plus	200	22	60	20	-
	Sulfato de potasio	50	-	-	25	9
Macollamiento	YaraVera AMIDAS	200	80	-	-	12
Desmanche	YaraVera AMIDAS	200	80	-	-	12
Punto Algodón	YaraVera AMIDAS	100	40	-	-	6
	Total	750	226	60	45	39

Resultados (en términos de Producción)



3

Análisis Económico

Precio del arroz blanco S/.870 x Tn.

	Convencional	Programa Nutricional Yara	
Inversión en fertilizantes / Ha	S/. 1,046.00	S/. 1,205.00	+ S/. 159 /ha
Rendimiento (tn/ha)	8.5	9.6	+ 1.1 tn/ha
Ingresos del agricultor (Ha)	S/. 7,395.00	S/. 8,352.00	+ S/. 957 /ha
Ganancia del agricultor (Ha)	S/. 6,349.00	S/. 7,147.00	+ S/. 798 /ha

Incremento de rentabilidad

➤ **+ S/. 798 /ha** ◀



4

Anexo 6: Boletín de resultados de parcela demostrativa de café, en Jaén – Cajamarca



Parcela Demostrativa 01

Fundo / Agricultor: Jose Llamo
 Departamento: Cajamarca
 Provincia: Jaén
 Zona: La Capilla
 Cultivo: Café
 Variedad/cultivar: Catimor

Edad de cultivo: 5 años
 Distanciamiento: 2.8*0.7m
 Densidad: 5,000
 Sistema de Riego: Secano
 Tipo de Suelo: Franco



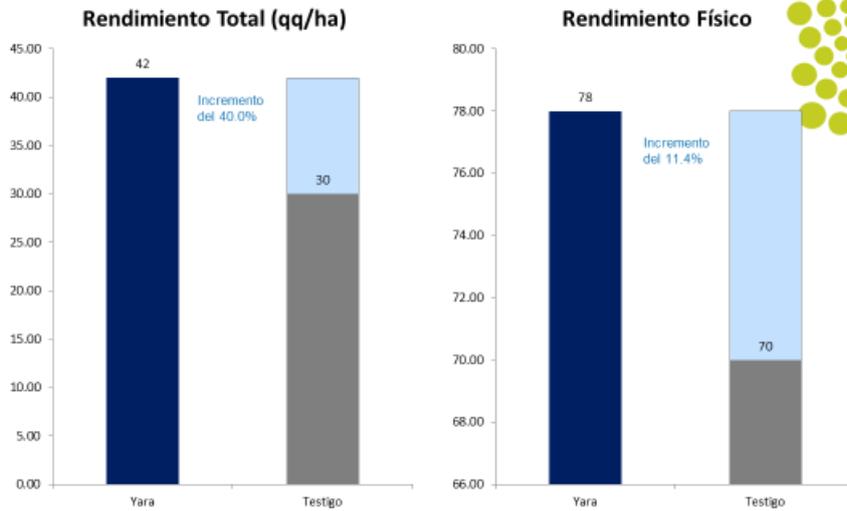
Programa Convencional

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	Sacos	N	P2O5	K2O	MgO	S	CaO	B
Pre - Floración	Blend (22-4-21-3-4)	400	8	88	16	84	12	16		
Llenado de Grano	Blend (22-4-21-3-4)	400	8	88	16	84	12	16		
Antes de Cosecha	Blend (22-4-21-3-4)	400	8	88	16	84	12	16		
Total		1,200	24	264	48	252	36	48		

Programa -Yara

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	Sacos	N	P2O5	K2O	MgO	S	CaO	B	Zn
Pre - Floración	NITRABOR	300	6	47	-	-	-	-	78	0.9	-
Llenado de Grano	HYDRAN	400	8	76	16	76	12	7	-	0.40	0.40
Antes de Cosecha	HYDRAN	400	8	76	16	76	12	7	-	0.40	0.40
Total		1,100	22	199	32	152	24	14	78	1.7	0.80

Resultados (en términos de Producción y Calidad)



Nota : CPS es café pergamino seco



3

Análisis Económico – 2018.

Precio de qq de Café = S/ 330

	Convencional	Programa Nutricional Yara	
Inversión en fertilizantes / Ha	S/. 2,040.00	S/. 2,180.00	+ S/. 140/ha
Rendimiento (qq/ha)	30	42	+ 12 qq/ha
Ingresos del agricultor (Ha)	S/. 9,900.00	S/. 13,860.00	+ S/. 3960/ha
Ganancia del agricultor (Ha)	S/. 7,860.00	S/. 11,680.00	+ S/. 3820/ha
Calidad de Tasa	Limpia	Exc / Super Exc	

Incremento de rentabilidad

➤ **+ S/. 3,820 /ha** ◀



4

Parcela Demostrativa 02

Fundo / Agricultor: Omar Banda Delgado
 Departamento: Cajamarca
 Provincia: Jaén
 Zona: Colasay
 Cultivo: Café
 Variedad/cultivar: Tipica

Edad de cultivo: 5 años
 Distanciamiento: 2.8*0.7m
 Densidad: 5,000
 Sistema de Riego: Secano
 Tipo de Suelo: Franco



Programa Convencional

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	Sacos	N	P2O5	K2O	MgO	S	CaO	B
Pre - Floración	Blend (22-4-21-3-4)	400	8	88	16	84	12	16		
Llenado de Grano	Blend (22-4-21-3-4)	400	8	88	16	84	12	16		
Antes de Cosecha	Blend (22-4-21-3-4)	400	8	88	16	84	12	16		
Total		1,200	24	264	48	252	36	48		

Programa -Yara

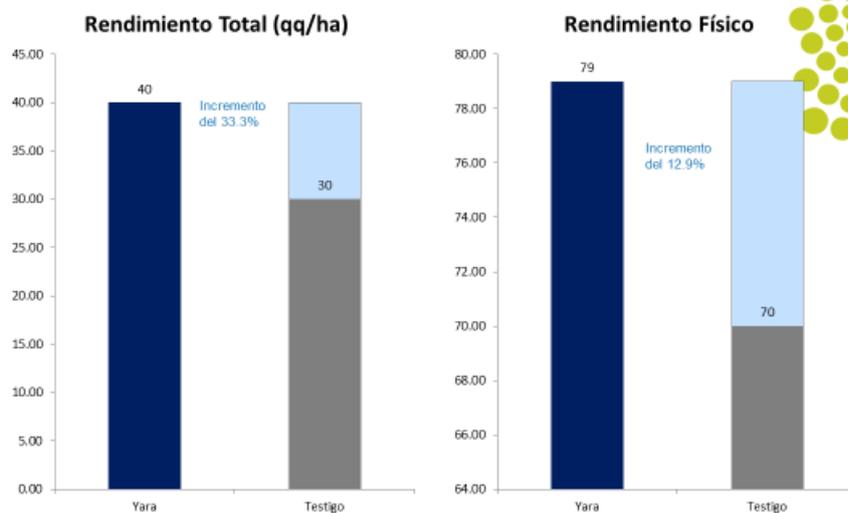
Momento	Fertilizantes	Kg/ha	Sacos	N	P2O5	K2O	MgO	S	CaO	B	Zn
Pre - Floración	NTRABOR	300	6	47	-	-	-	-	78	0.9	-
Llenado de Grano	HYDRAN	400	8	76	16	76	12	7	-	0.40	0.40
Antes de Cosecha	HYDRAN	400	8	76	16	76	12	7	-	0.40	0.40
Total		1,100	22	199	32	152	24	14	78	1.7	0.80



5

Resultados

(en términos de Producción y Calidad)



Nota : CPS es café pergamino seco



6

Análisis Económico – 2018.

Precio de qq de Café = S/ 330

	Convencional	Programa Nutricional Yara	
Inversión en fertilizantes / Ha	S/. 2,040.00	S/. 2,180.00	+ S/. 140 /ha
Rendimiento (qq/ha)	30	40	+ 10 qq/ha
Ingresos del agricultor (Ha)	S/. 9,900.00	S/. 13,200.00	+ S/. 3300 /ha
Ganancia del agricultor (Ha)	S/. 7,860.00	S/. 11,020.00	+ S/. 3160 /ha
Calidad de Tasa	Limpia	Super Exc	



Incremento de rentabilidad

➤➤ **+ S/. 3,160 /ha** ◀◀



7

Parcela Demostrativa 03

Fundo / Agricultor:	Segundo More	Edad de cultivo:	4 años
Departamento:	Cajamarca	Distanciamiento:	2.8*0.7m
Provincia:	Jaén	Densidad:	5,000
Zona:	San Jose del Alto	Sistema de Riego:	Secano
Cultivo:	Café	Tipo de Suelo:	Franco
Variedad/cultivar:	Catimor / Caturra		



Programa Convencional

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	Sacos	N	P2O5	K2O	MgO	S	CaO	B
Pre - Floración	Fosfato de Amonio	200	4	36	92	-	-	-		
Pre - Floración	Sulfato de Potasio	200	4	-	-	100	-	36		
Llenado de Grano	Blend (22-4-21-3-4)	400	8	88	16	84	12	16		
	Total	800	16	124	108	184	12	52		

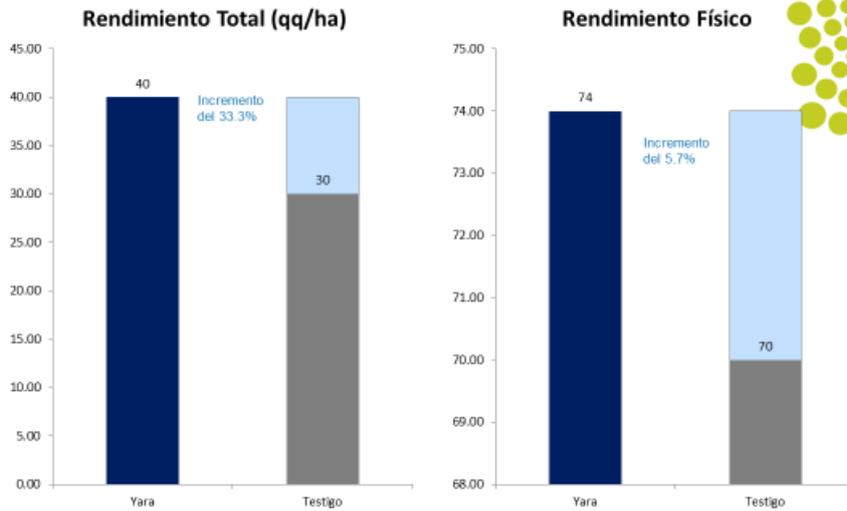
Programa -Yara

Momento	Fertilizantes	Kg/ha	Sacos	N	P2O5	K2O	MgO	S	CaO	B	Zn
Pre - Floración	NITRABOR	300	6	47	-	-	-	-	78	0.9	-
Llenado de Grano	HYDRAN	400	8	76	16	76	12	7	-	0.40	0.40
Antes de Cosecha	HYDRAN	400	8	76	16	76	12	7	-	0.40	0.40
	Total	1,100	22	199	32	152	24	14	78	1.7	0.80



8

Resultados (en términos de Producción y Calidad)



Nota : CPS es café pergamino seco



9

Análisis Económico – 2018.

Precio de qq de Café = S/ 330

	Convencional	Programa Nutricional Yara	
Inversión en fertilizantes / Ha	S/. 1,560.00	S/. 2,180.00	+ S/. 620 /ha
Rendimiento (qq/ha)	30	40	+ 10 qq/ha
Ingresos del agricultor (Ha)	S/. 9,900.00	S/. 13,200.00	+ S/. 3300 /ha
Ganancia del agricultor (Ha)	S/. 8,340.00	S/. 11,020.00	+ S/. 2680 /ha
Calidad de Tasa	Limpia	Exc	

Incremento de rentabilidad

➤ **+ S/. 2,680 /ha** ◀



10