



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola**

**Juan Pablo Pérez Vélez**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias, Departamento de Biociencias  
Medellín, Colombia

2014



# **Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola**

**Juan Pablo Pérez Vélez**

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ciencias – Geomorfología y Suelos**

Director:  
Ph.D. Raúl Darío Zapata

Línea de Investigación:  
Nutrición Vegetal

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias, Departamento de Biociencias  
Medellín, Colombia  
2014



(Dedicatoria)

*Dedico este trabajo a Dios por guiar mis pasos, a mi esposa Inés por estar a mi lado construyendo felicidad, a mi hijo quien es la inspiración para trabajar por un mundo mejor, a mis padres María Cecilia y Orlando por enseñarme a actuar con paciencia e inteligencia, a mí hermano menor Daniel quien me promovió a ser un buen ejemplo y por ultimo pero no menos importante, a mis amigos, maestros y compañeros quien constantemente me regalan ese vasto conocimiento que nunca sobra y mucho aporta.*



## Resumen

Un adecuado suministro de nutrientes es un factor indispensable en la búsqueda de una alta productividad en cualquier explotación agropecuaria, más aun si estos cultivos están ubicados en suelos que no posean una capacidad natural para suministrarlos. Por excelencia, los fertilizantes son utilizados para entregar a la planta los elementos esenciales que el sustrato no provee. Colombia como importador de fertilizantes está sujeto al vaivén de los precios internacionales, lo que obliga a tener información certera, detallada y oportuna que promueva el uso eficiente del recurso en todas las explotaciones agrícolas, pecuarias, forestales e industriales. Mediante la relación de las estadísticas estatales sobre producción agropecuaria, necesidades nutricionales de los diferentes cultivos reportados y ventas de fertilizantes entre los años 2002 a 2009, se determinó que Colombia puede tener una necesidad estimada de 2.2 millones de toneladas entre Urea, DAP y KCl para cubrir los niveles de producción reportados en la bibliografía para cada cultivo. La información disponible no es suficiente para determinar las cantidades de nitrógeno, fosforo y potasio que se consumen en el país, además hace imposible determinar cuánto se consume por departamento y más aún por cultivo. Así las cosas, al analizar los datos, los años de mayores ventas de fertilizantes no coinciden con mayores producciones en los cultivos a nivel nacional, aunque es de anotar que en este aspecto son múltiples los factores que inciden, tal como el clima o el manejo fitosanitario de los cultivos. Se estima que entre los años 2002 a 2009 el consumo de fertilizante en las áreas cultivadas varió entre los 332 a 445 kg / ha.

**Palabras clave:** Cultivos, producción, rendimiento, requerimientos nutricionales, demanda.

## Abstract

A suitable supply of nutrients is a guarantee for high productivity in any agricultural project, even more in if these cultures are located in soils that do not possess a natural aptitude to supply them. The fertilizers are used to deliver to the plant the essential elements that the soil does not provide. Colombia like importer of fertilizer is subject to the sway of the international prices, which forces to have accurate, detailed and opportune information that promotes the efficient use of the resource where it wants that it is in use. By means of the relation of the state statistics on agricultural production, nutritional needs of the different brought cultivation and sales of fertilizers between the year 2002 to 2009, one determined that Colombia can have a need estimated of 2.2 million tons between Urea, DAP and KCl to cover the levels of production brought in the bibliography for every cultivating. The available information is not sufficient to determine the quantities of nitrogen, phosphorus and potassium that is consumed in the country, in addition it does impossibility to determine how much is consumed by department and even more by crop. This way the things, on having analyzed the information, the years of major sales of fertilizers do not coincide with major productions of the national farming. It thinks that between the year 2002 to 2009 the consumption of fertilizer in the cultivated areas changed between the 332 and 445 kg / ha.

**Keywords:** Crops, production, yield, nutritional requirements, demands.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>XII</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Productividad agrícola en Colombia.....</b>	<b>5</b>
1.1 Bases políticas .....	5
1.2 Producción Nacional.....	6
1.3 Áreas cultivadas .....	8
1.4 Rendimiento de los cultivos .....	11
1.5 La fertilidad del suelo como factor determinante en el índice de productividad.....	13
<b>2 Necesidades nutricionales de los cultivos y uso de los fertilizantes en Colombia.....</b>	<b>17</b>
2.1 Función de los elementos esenciales en las plantas.....	19
2.1.1 Nitrógeno .....	19
2.1.2 Fosforo.....	19
2.1.3 Potasio.....	19
2.1.4 Calcio.....	20
2.1.5 Magnesio .....	20
2.1.6 Azufre .....	20
2.1.7 Boro .....	21
2.1.8 Zinc.....	21
2.1.9 Cobre .....	21
2.1.10 Hierro .....	22
2.1.11 Manganeso .....	22
2.1.12 Molibdeno .....	22
2.1.13 Cobalto .....	23
2.1.14 Cloro .....	23
2.2 Concepto y origen de los fertilizantes .....	23
2.2.1 Nitrógeno .....	24
2.2.2 Fosforo.....	25
2.2.3 Potasio.....	26
2.2.4 Otros Nutrientes .....	28
2.3 El Mercado .....	28
2.4 Costos de producción .....	37

---

2.4.1	Costos de producción: Eficiencia de la fertilización.....	41
2.4.2	Costos de producción: Industria como proveedor .....	45
2.5	Regulaciones del ICA.....	48
<b>3</b>	<b>Ventas de fertilizantes y su relación con la producción agrícola nacional.....</b>	<b>51</b>
3.1	Ventas.....	51
3.2	Áreas fertilizadas.....	55
3.3	Relación entre ventas de fertilizantes y producción .....	58
3.3.1	Fertilizantes sólidos .....	59
3.3.2	Fertilizantes líquidos .....	66
3.3.3	Requerimientos según las necesidades.....	71
<b>4</b>	<b>Discusión General .....</b>	<b>79</b>
<b>5</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>83</b>
5.1	Conclusiones.....	83
5.2	Recomendaciones.....	85
<b>A.</b>	<b>Anexo: Ventas de fertilizantes y su relación con la producción agrícola nacional.....</b>	<b>87</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>105</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Distribución del uso de la superficie del suelo. Tomado de ENA (MADR, DANE, CCI, 2010).....	10
Figura 2. Estructura esquemática del proceso de producción de los fertilizantes en Colombia. Adaptado de Tovar (2007).....	30
Figura 3. Participación de los fertilizantes en el costo total de producción por cultivo para el año 2004. ....	38
Figura 4. Fuentes de reducción en la eficiencia de los fertilizantes.....	43
Figura 5. Eficiencias de los fertilizantes con contenidos de N, P y K en la fertilización. ..	44
Figura 6. Cantidad de hectáreas destinadas a explotaciones agrícolas por Departamento y ubicación de los principales puertos en Colombia. ....	47
Figura 7. Porcentaje de participación de las unidades comercializadas de fertilizantes sólidos y líquidos en el total comercializado en entre el año 2002 a 2009 en Colombia. Elaborado a partir de los datos de la tabla 10.....	53
Figura 8. Porcentaje de participación de cada clase de fertilizantes sólidos en el total comercializado en entre el año 2002 a 2009 en Colombia. Elaborado a partir de los datos de la tabla 10.....	54
Figura 9. Porcentaje de participación de cada clase de fertilizantes líquidos en el total comercializado en entre el año 2002 a 2009 en Colombia. Elaborado a partir de los datos de la tabla 10.....	54
Figura 10. Porcentaje de Participación por cultivo en el área total de todos los cultivos reportados en la ENA. Elaborado a partir de los datos de la tabla 11. ....	56
Figura 11. Porcentaje de Participación de los cultivos que tienen practica de fertilización. Adaptado por el autor a partir de la Tabla 12. Elaborado a partir de los datos de la tabla 12. ....	57

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Producción total de los cultivos establecidos en Colombia durante los años 2002 a 2009. Unidad de medida dada en toneladas métricas (t).....	6
Tabla 2. Áreas de los cultivos establecidos en Colombia entre los años 2002 y 2009.....	8
Tabla 3. Rendimiento de los cultivos establecidos en Colombia entre los años 2002 a 2009.....	11
Tabla 4. Requerimientos nutricionales de los cultivos sembrados o establecidos en Colombia entre los años 2002 a 2009.....	17
Tabla 5. Clasificación de ventas de fertilizantes en kilogramos y litros de las 19 empresas con mayor porcentaje de ventas durante el año 2009.....	32
Tabla 6. Toneladas de fertilizantes simples importados por Colombia entre los años 2000 a 2008.....	34
Tabla 7. Consumo de fertilizantes en Colombia clasificados como complejos granulados, mezclas físicas y simples. Tomado de Jiménez (2008).....	35
Tabla 8. Consumo de fertilizantes por región en Colombia. Unidades en miles de toneladas (t). Tomado de Tovar (2007).....	36
Tabla 9. Participación de los fertilizantes en el costo total de producción por cultivo para el año 2008.....	39
Tabla 10. Ventas de Fertilizantes en Colombia entre los años 2002 a 2009.....	51
Tabla 11. Área promedio (ha) entre los años 2002 a 2009 de todos los cultivos reportados en el anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero de 2009 y su área total ocupada. Fuente (MADR, 2009). .....	56
Tabla 12. Área promedio (ha) entre los años 2002 a 2009 de los cultivos que tienen practica de fertilización y su área total ocupada.....	57
Tabla 13. Relación de las ventas de todos los fertilizantes sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	59

Tabla 14. Relación de las ventas de fertilizantes NPK sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	59
Tabla 15. Relación de las ventas de fuentes solidas de nitrógeno + fosforo + potasio y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	60
Tabla 16. Relación de las ventas de fuentes de nitrógeno sólidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	61
Tabla 17. Relación de las ventas fuentes de potasio sólidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	62
Tabla 18. Relación de las ventas de fuentes de fósforo sólidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	63
Tabla 19. Relación de las ventas de fertilizantes compuestos NP sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	64
Tabla 20. Relación de las ventas de fertilizantes compuestos NK sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	64
Tabla 21. Relación de las ventas de fertilizantes de fertirriego e hidroponía sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	65
Tabla 22. Relación de las ventas de fertilizantes PK sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	65
Tabla 23. Relación de las ventas de todas las fuentes de fertilizantes liquidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	67
Tabla 24. Relación de las ventas de fertilizantes de las fuentes de nitrógeno liquidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	67
Tabla 25. Relación de las ventas de fuentes de potasio liquidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	68
Tabla 26. Relación de las ventas de fertilizantes NPK líquidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	69
Tabla 27. Relación de las ventas de fuentes de fósforo liquidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	69
Tabla 28. Relación de las ventas de fertilizantes de fertirriego e hidroponía líquidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	70
Tabla 29. Relación de las ventas de fertilizantes NK líquidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	70

Tabla 30. Relación de las ventas de fertilizantes NP líquidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	71
Tabla 31. Necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	72
Tabla 32. Cantidad de Urea, DAP y KCl necesarios para cubrir las necesidades de N, P, K de los cultivos en Colombia sin contar con la eficiencia del fertilizante. ....	72
Tabla 33. Cantidad de Urea, DAP y KCl necesarios para cubrir las necesidades de N, P y K de los cultivos en Colombia, contando con la eficiencia de cada fertilizante. (Datos generados por el autor).....	73
Tabla 34. Consumo de fertilizante por ha de tierra utilizada en cultivos anuales y perenes en Colombia durante los años 2002 a 2009. ....	74
Tabla 35. Consumo de fertilizante en varios países, 2000 - 2002. ....	76
Tabla 36. Consumo de fertilizante por persona en Colombia durante los años 2002 a 2009.....	77

## Introducción

Una correcta y adecuada disponibilidad de nutrientes es un factor indispensable para asegurar un buen rendimiento económico en cualquier producción agrícola. La mayoría de los suelos en donde se desarrolla la agricultura Colombiana no suplen las demandas nutricionales que exige una producción agrícola económica y ambientalmente viable. Es por ello que los productores agrícolas, y en algunos casos los pecuarios, deben aplicar fertilizantes como un insumo para asegurar una producción aceptable, lo que implica que este se constituya en un rubro muy importante dentro del costo de producción. A pesar de esto, existe un gran desconocimiento del uso de este insumo por parte de los agricultores como de los técnicos responsables de la fertilidad del cultivo.

Es bien sabido que el agricultor tradicional es consciente de la importancia de la práctica de la fertilización, pero la falta de comprensión acerca del insumo en sí, acompañado de una pobre asesoría técnica, lleva a que se suministren fertilizantes inadecuados o que simplemente no se cumplan con las necesidades para una buena producción.

El aumento del costo internacional de estos insumos observado con mayor relevancia en el año 2008 y la constante volatilidad en los precios en los años subsecuentes ha llamado la atención de los sectores estatal, industrial y académico. Es importante anotar que la gran mayoría de estos insumos son importados, por lo cual el país está sujeto al mercado internacional de la comercialización de fertilizantes que depende a su vez de los

precios volátiles de petróleo y gas que están directamente ligados a la fabricación de productos nitrogenados, y la demanda internacional. Un alza en los precios de fertilizantes se traduciría en un aumento de los costos de la producción agropecuaria nacional, lo que en muchas ocasiones no se traduce en un mayor valor de compra para el agricultor, y si ello ocurre, el consiguiente riesgo de que éste se transfiera hacia la canasta familiar. Así mismo, este aumento de costo implica menos utilidades para el productor. A su vez, hay preocupación en el sector industrial que participa en la comercialización de fertilizantes, ya que el aumento del costo de los productos afecta directamente el consumo. El conocimiento de este problema, ha llevado a que el estado busque mayor información con respecto al tema, y la industria y la academia se pregunten si existen alternativas sostenibles para la producción agrícola nacional.

Como consecuencia de esto, en el año 2009 el Departamento Nacional de Planeación publicó el documento Conpes 3577 (MADR, 2009). En este documento se establece que el gobierno tiene como objetivo primordial hacer más eficiente la actividad agropecuaria nacional mediante el aumento de la competitividad e ingreso del agricultor, enfocando su atención en los fertilizantes por ser un componente fundamental para el desarrollo de la actividad dada a su relación directa frente a la productividad y su importante participación en los costos de producción. Debido a que el país produce muy pocas materias primas para la elaboración y comercialización de fertilizantes, en última instancia los precios deben ser asumidos por los productores agropecuarios. El documento Conpes 3577 (MADR, 2009) pretende formular estrategias para proteger a los productores agropecuarios frente al costo de estos insumos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Recolectar información oficial (ICA, DANE, MADR) en Colombia sobre las ventas de fertilizantes, producción agrícola y necesidades nutricionales de los cultivos entre los años 2002 y 2009; a partir de esa información analizar la relación entre estos factores para así determinar si en realidad los datos generados son suficientes para identificar problemas y plantear soluciones.

### **Objetivos específicos**

- Revisar información referente a algunas políticas que garantizan la producción agrícola, datos de producción, áreas y rendimientos de los cultivos reportados por los organismos del estado Colombiano.
- Analizar la relación de la productividad con la fertilidad de suelo, y estos con los factores culturales del agricultor Colombiano.
- Reportar las necesidades nutricionales de los cultivos referidos en las estadísticas de estado Colombiano.

- Describir conceptos básicos acerca de los fertilizantes tales como su definición, funciones, origen, estado de la industria Colombiana, comportamiento del mercado, relación en los costos de producción de las empresas agrícolas y factores que afectan su eficiencia.
- Consolidar las ventas de fertilizantes reportadas por el ICA entre los años 2002 a 2009, determinando la participación en el mercado de cada categoría de fertilizante.
- Determinar si existe una relación entre las ventas de fertilizantes y la productividad de los cultivos a partir de las estadísticas oficiales para el periodo 2002-2009.

# **1 Productividad agrícola en Colombia**

## **1.1 Bases políticas**

De acuerdo con Correa (2004), los cimientos sobre los que se edifica una nación son variables, pero existen unos mínimos que deben garantizar el bienestar y avance del mismo, dentro de los cuales se encuentran la educación, la salud, el trabajo y la producción de alimentos.

En concordancia con lo anterior, el estado Colombiano promulga en el Artículo 65 de su Constitución: “La producción de alimentos gozará de la especial protección del estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, forestales y agroindustriales, así como también la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras. De igual manera, el Estado promoverá la investigación y la transferencia de tecnología para la producción de alimentos y materias primas de origen agropecuario, con el propósito de incentivar la productividad” (Constitución Política de Colombia, 1991. Artículo 65).

De igual manera, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Colombiano (MADR) tiene como objetivo primordial la formulación, coordinación y adopción de políticas, planes, programas y proyectos del sector agropecuario. En correspondencia a ello, en el año 2009 se entrega el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero, y en

2010 la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), la cual se realiza en conjunto con el DANE y la CCI, los cuales pretenden entregar información que pueda describir el comportamiento del sector, tal como las principales variables agrícolas como lo son áreas, producciones y rendimientos de los diferentes cultivos.

## 1.2 Producción Nacional

Según el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero (MADR, 2009), la producción agrícola del país ha tenido entre los años 2002 a 2009 los índices de productividad que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1. Producción total de los cultivos establecidos en Colombia durante los años 2002 a 2009. Unidad de medida dada en toneladas métricas (t).**

Cultivos	Producción Nacional (t)							
	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009
Transitorios	3.096	2.723	3.008	2.700	3.580	2.947	2.035	2.180
Ajonjolí	3.096	2.723	3.008	2.700	3.580	2.947	2.035	2.180
Algodón fibra	32.172	32.799	51.466	52.635	42.127	40.419	34.587	29.829
Algodón semilla	48.406	49.559	78.023	79.377	63.185	59.800	49.432	42.330
Mermas Algodón	7.041	7.209	11.349	11.546	9.191	8.698	6.492	6.275
Algodón	87.618	89.567	140.837	143.558	114.502	108.917	90.511	78.434
Arroz Riego	1.618.021	1.644.764	1.739.658	1.631.107	1.638.997	1.721.961	1.825.039	1.922.443
Arroz Sec. Mec.	793.586	948.645	1.083.678	803.112	691.677	660.766	843.045	1.008.412
Arroz Sec. Manual	83.590	91.956	91.927	79.480	80.152	74.523	85.081	96.794
Arroz Total	2.495.196	2.685.365	2.915.263	2.513.698	2.410.826	2.457.250	2.753.165	3.027.649
Papa	2.811.528	2.874.388	2.869.498	2.681.759	2.885.482	2.832.761	2.806.922	2.995.188
Tabaco Rubio	13.415	16.421	20.069	20.925	17.773	17.105	14.470	8.844
Cebada	6.737	5.049	3.598	3.282	3.121	3.944	3.887	5.085
Frijol	116.579	124.928	125.767	140.329	135.130	154.799	145.590	149.122
Maíz Tecnificado	519.849	547.813	651.131	620.480	365.796	625.106	637.127	617.282
Maíz Tradicional	612.298	641.194	711.325	682.004	710.536	705.055	658.262	639.024
Maíz Total	1.132.146	1.189.008	1.362.456	1.302.484	1.346.332	1.330.161	1.295.419	1.256.306
Sorgo	22.601	246.447	248.115	219.683	168.425	130.593	32.423	61.888
Soya	60.921	57.331	68.046	57.824	48.000	55.642	55.724	63.795

Tabla 1. Continuación.

Trigo	36.428	41.400	43.118	49.956	39.590	43.929	26.412	19.888
Maní	1.994	2.065	1.835	2.850	3.414	2.586	3.585	3.147
Hortalizas	1.360.086	1.379.823	1.371.991	1.428.963	1.642.747	17.275.878	1.777.146	1.795.847
<b>TOTAL</b>	<b>8.348.346</b>	<b>8.714.516</b>	<b>9.173.602</b>	<b>8.568.012</b>	<b>8.818.922</b>	<b>8.868.211</b>	<b>9.037.559</b>	<b>9.467.373</b>
<b>Anuales</b>								
Banano exportación	1.424.314	1.399.623	1.395.696	1.503.103	1.519.388	1.550.373	1.722.877	1.724.707
Cacao	47.755	49.632	49.654	49.676	53.667	57.588	58.971	60.320
Caña de Azúcar	20.505.446	21.669.400	22.165.278	21.784.805	22.019.933	21.090.203	19.207.728	23.588.646
Caña de Azúcar 1/	2.528.756	2.649.996	2.741.363	2.683.215	2.415.145	2.277.120	2.036.134	2.598.135
Plátano Exportación	125.415	127.761	119.531	130.976	126.089	112.014	115.970	114.820
Tabaco Negro C.I.	5.917	7.277	7.002	9.316	9.858	6.906	4.744	4.658
Tabaco Negro Exportación	7.068	8.895	4.938	4.475	3.665	3.577	1.916	1.713
Palma Africana 2/	528.400	526.634	630.388	672.597	715.687	733.115	777.509	802.310
Arracacha	94.424	65.329	95.750	94.515	86.575	77.169	77.047	49.567
Caña Miel 3/	21.365	24.476	22.508	25.038	27.439	23.899	22.159	22.955
Caña Panela	13.913.134	14.343.134	14.443.870	13.587.720	12.419.040	12.765.736	12.203.400	12.273.130
Caña Panela 4/	1.391.378	1.434.313	1.444.387	1.358.772	1.241.904	1.276.574	1.220.340	1.227.313
Cocotero	98.333	107.622	126.987	124.546	113.412	115.593	112.169	102.921
Fique	19.608	21.234	20.656	20.961	21.193	22.142	21.667	23.101
Ñame	251.782	288.318	312.307	284.865	268.787	269.985	314.173	379.927
Plátano	2.755.690	2.788.740	2.931.106	2.883.218	2.915.171	2.891.943	2.633.248	2.616.717
Yuca	1.743.329	1.852.264	1.869.795	1.856.327	1.977.314	2.031.635	1.984.374	1.984.427
Frutales	2.574.996	2.786.844	2.867.612	2.930.673	3.163.185	3.244.740	3.088.712	3.143.602
Flores	189.000	197.618	209.408	222.652	232.512	257.538	258.182	258.827
Café	696.840	694.080	674.400	667.140	724.740	757.080	688.680	468.000
<b>TOTAL</b>	<b>14.504.339</b>	<b>15.060.625</b>	<b>15.523.487</b>	<b>15.522.064</b>	<b>15.615.731</b>	<b>15.708.990</b>	<b>15.138.872</b>	<b>15.584.020</b>
<b>TOTAL CULTIVOS</b>	<b>22.852.685</b>	<b>23.775.141</b>	<b>24.697.089</b>	<b>24.090.076</b>	<b>24.434.653</b>	<b>24.577.201</b>	<b>24.176.431</b>	<b>25.051.393</b>

Producción en términos de: 1/ Azúcar, 2/ Aceite, 3/ Miel, 4/ Panela. Los datos de arroz riego y seco mecanizado están en paddy verde. Anuario Estadístico del sector Agropecuario y Pesquero, 2009 (MADR, 2009).

Según la información anterior los cultivos que aumentaron sus rendimientos en estos años fueron arroz riego, hortalizas, frijol, papa, banano exportación, cacao, palma africana, fique, ñame, yuca, frutales y flores. El resto de cultivos presenta producciones variables o a la baja en el transcurso de los años mencionados.

Los cultivos que representan las mayores toneladas producidas a través de los años a nivel nacional son la caña de azúcar, la caña de panela, la papa, el plátano tradicional, arroz, frutales, maíz, hortalizas, banano exportación y Yuca.

### 1.3 Áreas cultivadas

En la Tabla 2 se reportan las áreas cultivadas en el país entre los años 2002 a 2009 según el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero (MADR, 2009).

**Tabla 2. Áreas de los cultivos establecidos en Colombia entre los años 2002 y 2009.**

Cultivos	Superficie (ha)							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Transitorios</b>								
Ajonjolí	4.724	4.161	4.051	3.517	4.315	3.426	3.059	2.926
Algodón	43.886	45.251	67.190	73.964	56.333	46.694	39.303	38.580
Arroz Riego	260.285	259.467	267.870	247.442	246.406	256.550	269.909	297.757
Arroz Sec. Mec.	163.361	192.951	214.740	167.619	138.568	134.625	167.074	214.932
Arroz Sec. Manual	40.434	47.376	46.525	47.058	49.099	47.901	51.314	58.917
Arroz Total	464.080	499.764	529.135	462.118	434.073	439.297	488.297	571.606
Papa	162.823	164.465	162.124	152.000	162.144	157.695	157.105	156.568
Tabaco Rubio	6.428	7.634	10.012	10.892	9.131	9.073	7.935	4.599
Cebada	3.779	2.718	1.928	1.873	1.810	2.305	2.474	3.107
Fríjol	109.296	115.202	112.960	123.790	116.670	131.256	122.687	122.963
Maíz Tecnificado	141.128	150.098	164.447	158.412	159.419	148.727	155.828	153.673
Maíz Tradicional	411.235	417.541	445.998	429.644	448.717	456.483	430.365	412.076
Maíz Total	552.363	567.638	610.445	588.056	608.136	605.210	586.193	565.749
Sorgo	69.509	74.318	77.648	67.877	52.539	43.097	21.886	23.071
Soya	26.572	27.323	34.328	38.105	28.897	29.035	26.359	31.575
Trigo	17.853	19.770	19.985	20.894	17.534	18.309	14.142	11.837
Maní	1.314	1.546	1.573	2.102	2.462	2.278	2.435	2.849

Tabla 2. Continuación.

Hortalizas	86.613	88.333	88.675	92.067	101.636	104.489	114.217	105.019
<b>TOTAL</b>	<b>1.549.221</b>	<b>1.618.151</b>	<b>1.720.054</b>	<b>1.637.254</b>	<b>1.595.679</b>	<b>1.591.942</b>	<b>1.586.092</b>	<b>1.640.448</b>
<b>Anuales</b>								
Banano Exportación	42.267	42.760	43.595	43.552	43.654	42.287	44.500	42.655
Cacao	99.059	100.825	104.872	107.176	109.843	106.214	108.109	109.528
Caña de Azúcar	163.542	168.633	172.241	176.367	181.336	184.866	157.495	172.457
Plátano Exportación	16.849	16.915	15.733	17.304	16.612	14.785	15.598	15.156
Tabaco Negro C.I.	3.165	3.823	3.709	5.322	6.126	3.960	2.749	2.591
Tabaco Negro Exportación	3.868	4.696	2.498	2.347	2.020	1.894	919	891
Palma Africana	141.778	146.790	153.216	163.770	117.852	199.427	221.226	235.914
Arracacha	8.087	8.037	8.258	8.107	7.659	7.103	6.487	5.018
Caña Miel	4.930	6.089	5.399	6.022	6.752	6.211	5.482	5.588
Caña Panela	210.523	213.030	215.591	209.902	202.008	198.251	197.464	194.221
Cocotero	12.413	12.949	14.815	14.030	13.980	15.187	15.077	13.674
Fique	17.391	19.006	18.034	18.593	18.124	19.356	18.480	19.813
Ñame	21.721	24.070	26.189	24.532	25.595	25.641	28.729	35.850
Plátano	366.961	368.006	374.462	366.630	362.655	362.043	343.635	335.226
Yuca	170.646	174.923	175.716	175.091	189.612	189.862	183.215	182.313
Frutales	183.973	196.082	202.863	210.986	220.522	227.463	225.766	226.083
Café	710.510	721.362	771.219	806.884	785.535	797.660	732.656	730.168
<b>TOTAL</b>	<b>2.177.683</b>	<b>2.227.996</b>	<b>2.308.410</b>	<b>2.356.615</b>	<b>2.309.885</b>	<b>2.402.210</b>	<b>2.307.587</b>	<b>2.327.146</b>
<b>TOTAL CULTIVOS</b>	<b>3.726.904</b>	<b>3.846.147</b>	<b>4.028.464</b>	<b>3.993.869</b>	<b>3.905.564</b>	<b>3.994.152</b>	<b>3.893.679</b>	<b>3.967.594</b>

Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero 2009 (MADR, 2009).

Con respecto a las estadísticas consultadas, podría inferirse que es un error agrupar en un solo ítem todas las hortalizas y los frutales, ya que los requerimientos nutricionales, prácticas de fertilización, producciones y áreas de siembra son muy variables dentro de los dos grupos, lo cual no permite hacer un correcto análisis del tema.

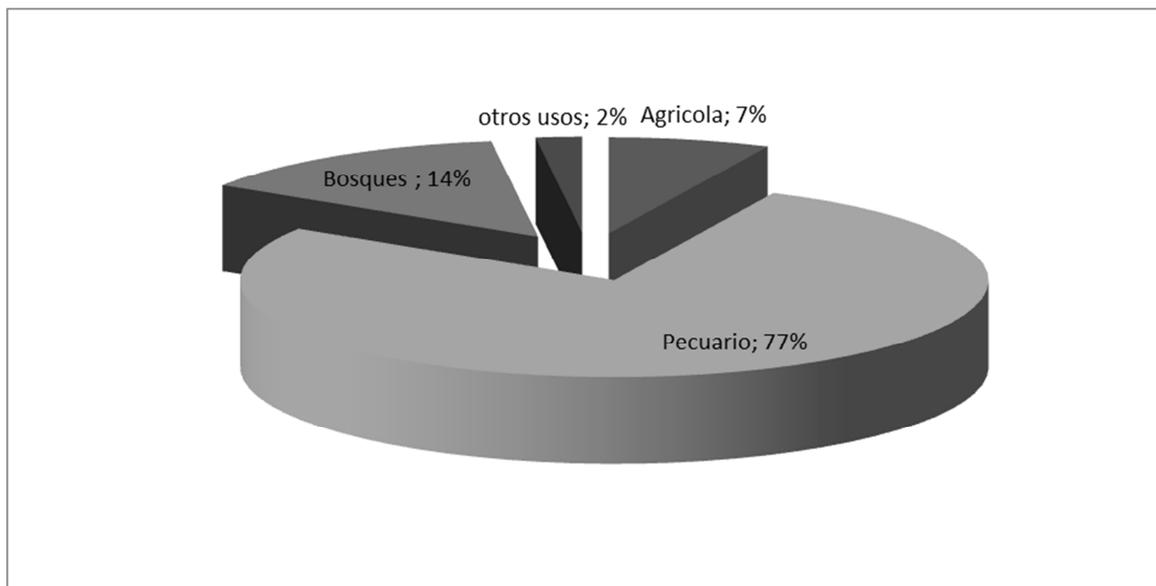
Es importante anotar que en las estadísticas la producción y el área con pasturas no son consideradas como un cultivo. En la zona productora de leche del trópico alto del norte

Antioqueño el pasto se maneja como un cultivo, presentando un consumo importante de fertilizantes, enmiendas y agroquímicos.

Según el reporte presentado en la Tabla 3, el área que han cubierto los cultivos transitorios disminuyó entre los años 2006 a 2009 y para el último año tuvo un aumento. El área de los cultivos anuales se ha mantenido relativamente estable. Las variaciones en la zona cubierta por los cultivos transitorios dependen, además del clima y factores fitosanitarios, de los precios mensuales de los productos agrícolas, los cuales tienen un comportamiento altamente variable.

Según la ENA (MADR, DANE, CCI, 2010) un 44% del territorio Colombiano (50707627 ha) se destinan a uso pecuario, agrícola o forestal, siendo el agrícola solo el 7% (Figura 1).

**Figura 1. Distribución del uso de la superficie del suelo. Tomado de ENA (MADR, DANE, CCI, 2010).**



Según el ENA (MADR, DANE, CCI, 2010) las hectáreas destinadas a producciones agrícolas en Colombia tienen la siguiente división: 60% cultivos permanentes, 37% transitorios o barbecho cultivable y 3% en reposo. Los Departamentos que mayor participación tienen en este segmento son Antioquia y Valle del Cauca.

## 1.4 Rendimiento de los cultivos

A continuación se muestra en la Tabla 3 el rendimiento de los cultivos identificados en el Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero del año 2009.

**Tabla 3. Rendimiento de los cultivos establecidos en Colombia entre los años 2002 a 2009.**

Cultivos	kg/ha							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Transitorios</b>								
Ajonjolí	655	654	743	768	830	860	754	745
Algodón Fibra	762	757	802	741	775	866	875	745
Algodón Semilla	1.103	1.095	1.161	1.073	1.122	1.281	1.259	1.070
Algodón Total	2.006	1.991	2.111	1.951	2.039	2.229	2.290	1.945
Arroz Riego	6.216	6.339	6.494	6.592	6.652	6.712	6.762	6.456
Arroz Sec. Mec.	4.858	4.917	5.046	4.791	4.992	4.908	5.046	4.692
Arroz Sec. Manual	2.067	1.941	1.976	1.689	1.632	1.556	1.658	1.643
Arroz Total	5.377	5.373	5.509	5.440	5.554	5.596	5.638	5.297
Papa	17.267	17.477	17.699	17.643	17.796	17.964	17.867	19.130
Tabaco Rubio	2.087	2.151	2.005	1.921	1.946	1.885	1.824	1.923
Cebada	1.783	1.858	1.866	1.752	1.724	1.711	1.571	1.637
Fríjol	1.067	1.084	1.113	1.134	1.158	1.179	1.187	1.213
Maíz Tecnificado	3.684	3.650	3.960	3.917	3.988	4.203	4.089	4.017
Maíz Tradicional	1.489	1.536	1.595	1.587	1.583	1.545	1.530	1.551
Maíz Total	2.050	2.095	2.232	2.215	2.214	2.198	2.210	2.221
Sorgo	3.202	3.316	3.195	3.236	3.206	3.030	2.852	2.683
Soya	2.293	2.098	1.982	1.518	1.661	1.916	2.114	2.020
Trigo	2.040	2.094	2.158	2.391	2.258	2.399	1.868	1.680
Maní	1.517	1.336	1.166	1.356	1.387	1.135	1.472	1.105

Tabla 3. Continuación.

Hortalizas	15.703	15.621	15.472	15.521	16.163	16.534	15.559	17.100
<b>Anuales</b>								
Banano Exportación	33.708	32.732	32.015	34.513	34.805	36.663	38.716	40.434
Cacao	482	492	473	464	489	542	545	551
Caña de Azúcar 1/	15.462	15.714	15.916	15.214	13.319	12.318	12.928	15.065
Plátano Exportación	7.443	7.553	7.597	7.569	7.569	7.576	7.435	7.576
Tabaco Negro C.I.	1.870	1.904	1.888	1.750	1.609	1.744	1.726	1.798
Tabaco Negro Exportación	1.827	1.894	1.977	1.907	1.814	1.889	2.085	1.923
Palma Africana 2/	3.727	3.588	4.114	4.107	4.024	3.676	3.515	3.401
Arracacha	11.676	11.862	11.595	11.659	11.304	10.865	11.877	9.878
Caña Miel 3/	4.334	4.020	4.169	4.158	4.064	3.848	4.042	4.108
Caña Panela 4/	6.609	6.733	6.700	6.473	6.148	6.439	6.180	6.319
Cocotero	7.922	8.311	8.572	8.877	8.112	7.611	7.440	7.527
Fique	1.127	1.117	1.145	1.127	1.169	1.144	1.172	1.166
Ñame	11.592	11.978	11.925	11.612	10.502	10.529	10.936	10.598
Plátano	7.509	7.578	7.828	7.864	8.038	7.988	7.663	7.806
Yuca	10.216	10.589	10.641	10.602	10.428	10.701	10.831	10.885
Frutales	13.996	14.213	14.136	13.890	14.344	14.265	13.681	13.905
Café	981	962	874	827	923	949	940	641

Rendimiento en términos de producto procesado: 1/ Azúcar. 2/ Aceite crudo. 3/ Miel. 4/ Panela. Los rendimientos de arroz riego y secano mecanizado se encuentran en paddy verde (MADR, 2009).

Según los datos reportados por el Ministerio de Agricultura en la Tabla 3, en la mayoría de los casos el rendimiento de los cultivos transitorios ha disminuido o se ha mantenido igual. En muy pocos casos se presentan aumentos en las unidades por área. Caso contrario se visualiza para los cultivos anuales, en donde las productividades se han mantenido o aumentado. Pueden ser varios los factores económicos y técnicos que puedan dar explicación de lo anterior, pero desde el punto de vista de manejo de suelos los cultivos semestrales tienen una mayor intensidad de laboreo mecanizado del suelo, lo cual, sin el rigor técnico adecuado, puede llevar a la degradación de las condiciones físicas de los suelos cultivados.

## **1.5 La fertilidad del suelo como factor determinante en el índice de productividad**

De los cultivos reportados en la Tabla 1, aquellos en los que se práctica regularmente la fertilización en un gran porcentaje de sus productores son: café, arroz, frutales, palma de aceite, caña de azúcar, papa, maíz tecnificado, frijol, hortalizas, sorgo, algodón, banano de exportación, soya, plátano de exportación, cebada, tabaco, flores, y en un menor porcentaje plátano tradicional, caña panelera, trigo, caña miel y ajonjolí.

Parte de los cultivos que se reportan en el Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero (MADR, 2009), tales como fique, cocotero, yuca y ñame no tienen prácticas de fertilización conocidas o masificadas. La única practica que se acerca a una adición externa de nutrientes, en algunos casos, es la incorporación de gallinazas, las cuales se dosifican a razón del conocimiento empírico del productor o de la cantidad de dinero que se posea para adquirirlo.

De acuerdo con la FAO (1989), se debe procurar entregar una nutrición balanceada a los cultivos mediante la utilización de los residuos de cosecha, desechos animales, fijación biológica de nitrógeno y fertilizantes naturales o sintéticos. Cuando no se dispone de una gran cantidad de terreno que produzca suficientes materiales orgánicos a partir de residuos vegetales o animales, o no se cuenta con suficiente mano de obra para transformarlo o aplicarlo es necesario utilizar fertilizantes minerales para suplir los requerimientos del cultivo, haciendo un uso acompañado de análisis de suelos.

Tal como lo cita la FAO (1989), tener en cuenta el nivel de fertilidad de un suelo es fundamental ya que son escasas las tierras con niveles de fertilidad natural adecuadas que permiten obtener rendimientos moderados durante largos periodos de tiempo.

La constante explotación de los suelos en los que se ubican los cultivos Colombianos posiblemente ha llevado a un agotamiento de la fertilidad natural del mismo, lo que a su vez lleva a un detrimento en la producción de los diferentes cultivos. Según FAO (1989), los fertilizantes naturales o sintéticos se convierten en materiales esenciales cuando la reincorporación de los desechos del cultivo no supe las necesidades para alcanzar los rendimientos necesarios.

Por ejemplo, en el caso del cultivo del café (López Ruiz , 2009) al estudiar la eficiencia del suelo para suministrar N a las plantas cultivadas concluye que las formas provenientes de la mineralización de la materia orgánica no fueron suficientes para satisfacer la demanda de la planta.

Sin embargo, en muchos casos la práctica de la fertilización es observada por el agricultor promedio como costosa y suntuaria. Esta idea es en la mayoría de los casos desmentida cuando se realizan los estudios necesarios para determinar las necesidades nutricionales del cultivo y ajustarlas a las cantidades de fertilizantes para alcanzar los óptimos económicos de la producción (FAO, 2006).

Varios gobiernos a nivel mundial son conscientes de este problema, y por ello la FAO (1989) afirma que en muchos países en desarrollo el uso de fertilizantes se ha incentivado mediante subsidios.

Por ejemplo, en el cultivo de café está bien estudiado que con una adecuada fertilización se puede obtener una buena producción, pero al observar los datos la Tabla 4 se observa una disminución del rendimiento de 300 kg/ha entre los años 2008 y 2009, lo cual coincide con un aumento drástico en el precio de los fertilizantes en el año 2008 (ICA, 2009). Durante este periodo muchos cafeteros consideraron que no se justificaba comprar el fertilizante, decisión que al parecer no se tomó evaluando el costo-beneficio.

La FAO (1989) declara que se observa a nivel mundial que los productores agrícolas no son indiferentes frente a las variaciones de la relación entre los costos de producción y los beneficios obtenidos, siendo el fertilizante el principal insumo evaluado por la mayoría de los pequeños agricultores en los países en desarrollo.

Al respecto la Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) auguró incrementos del consumo mundial del 13%, lo cual equivale a 20 millones de toneladas, entre los años de 2006 a 2008. Este fue un hecho grave, ya que el sector no estaba preparado para abastecer tal incremento, y como consecuencia de esto el costo, de estas materias primas (Hylton, 2008).

Es conocido y documentado que además de la fertilización existen otros factores que afectan el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, estudios de la FAO (2006) afirman que en Cuba, a pesar de la limitada fertilización, el nivel de producción del cultivo del banano se ha mantenido o ha venido incrementándose. Esto ha sido debido a factores como:

- Nuevos manejos de tecnologías.
- Mejoramiento de la infraestructura.

- Mejor semilla obtenida de cultivos de tejidos.
- Uso de materiales orgánicos como parte del manejo nutricional.
- Mejoramiento de los ingresos a los productores.
- Mejor precio por las cosechas.

Lo interesante del ítem anterior, es que culturalmente en muchos casos el éxito o fracaso de las producciones tradicionales solo se le adjudica a los materiales utilizados en la producción *in situ*, tales como el fertilizante, los agroquímicos o la semilla y no a otros factores menos tangibles. Por ejemplo, el uso o no de materiales orgánicos (externos o reciclados), mejoramiento de ingresos, altos precios (o al menos justos), y el manejo de las tecnologías, no son factores que comúnmente se identifiquen para determinar el éxito o fracaso en una cosecha por los muchos de los agricultores minifundistas y en algunos casos los industrializados.

## 2 Necesidades nutricionales de los cultivos y uso de los fertilizantes en Colombia

Para asegurar un determinado nivel de rendimiento de una cosecha, es necesario que las plantas que la producen extraigan del suelo o sustrato en donde estén establecidos cierta cantidad de nutrientes. A continuación se cita la cantidad de elementos para un determinado rendimiento (Tabla 4).

**Tabla 4. Requerimientos nutricionales de los cultivos sembrados o establecidos en Colombia entre los años 2002 a 2009.**

Cultivo	Rendimiento (kg/ha)	Requerimiento de Nutrientes (kg/ha)					Fuente Bibliográfica
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S	
Ajonjolí	1.000	50	14	60			(Asociación Naturland, 2000)
Algodón	1.000	55	35	60	15	10	(Frye, Algodonero, 1991)
Arroz	1.000	27	11	30	4	3	(Frye, 1991)
Papa	40.000	210	70	430	40	20	(García, B. & Pantoja, C., 1991)
Tabaco Rubio	1.000	65	9	100			(Campitti, I. & García, F., 2009)
Cebada	2.270	70	28	56	0	0	(Amézquita, 1991)
Frijol	1.000	32,3	2,8	19,7	3	4,8	(Howeler, R. & Medina, C., 1977)
Maíz	6.000	120	50	120	40	25	(Guerrero Riascos, 1991)
Sorgo	6.000	210	80	170	37	32	(Guerrero, 1991)
Soya	3.000	275	65	150	25	20	(Frye, 1991),
Trigo	6.000	170	75	175	30	30	(Pantoja, C. & García, B., 1998)
Maní	1.000	69	7	35	8	10	(Campitti, I. & García, F., 2009)
Hortalizas*	25.000	90	200	180	19	10	(Castro, 1998)
Banano Exportación	66.500	322	67	594	48	44	(AUGURA, 2013)
Cacao	1.200	35	10	50	150		(Zabala, 2008)
Caña de Azúcar	100.000	75	46	150	16	86	(García Ocampo, 1991)

**Tabla 4. Continuación.**

Plátano Exportación	19.000	104	52	668			(Espinosa, 2000)
Tabaco Negro C.I.	2.000	150	40	240	25	10	(Chouteau, 1988)
Tabaco Negro Exportación	2.000	150	40	240	25	10	(Chouteau, 1988)
Palma Africana	15.000	90	15	90	20		(Owen, 1991)
Arracacha	120.000	434	405	498			(Celis, A.& Arbeláez, M., 1988)
Caña Miel	120.000	150	100	220			(Muñoz, 1995)
Caña Panela	120.000	150	100	220			(Muñoz, 1995)
Cocotero	140.000	56	27	85			(Coste R., Fremond Y., Ziller R., 1969)
Fique	1.000	13	11	10	7		(Coilados del Fonce S.A., 2005),
Ñame	9.000	19	10	77	2		(Yépez, 2008)
Plátano	40.000	150	40	280	50	40	(Muñoz, Plátano, 1995)
Yuca	50.000	260	135	210	85	90	(Gómez, J.& Upegui, G., 1995)
Frutales*	33.000	148	45	189	29	21	(Anaya, 1998)
Café	5.000	300	50	260	50	50	(Sadeghian S. , 2012)

\* Todas las hortalizas y frutales se manejan como un solo dato por su gran variedad. Se mezclan rendimientos por cada tonelada y rendimientos totales.

Por su nivel de necesidad para la planta, la aplicación de dosis adecuadas de N, P y K es requisito indiscutible para lograr rendimientos óptimos. A partir de mediados del siglo XX, en donde el consumo de estos tres nutrientes se encontraba en niveles equivalentes, el N y P han mostrado un mayor aumento en el consumo hasta la actualidad. Para 1955 se opinaba que para alcanzar una mayor producción agrícola era necesario aumentar el consumo de P y K (FAO, 1989).

Con respecto a las extracciones anteriores, en el capítulo tres se analizara más detalladamente si el consumo de fertilizantes a nivel nacional compensa la extracción de N, P y K del total de cultivos, o si por el contrario hay un déficit.

En cuanto a los consumos de elementos secundarios y menores, no se relacionaran, ya que la bibliografía encontrada no reporta para todos los cultivos las extracciones o necesidades de estos.

## **2.1 Función de los elementos esenciales en las plantas**

### **2.1.1 Nitrógeno**

Después del carbono, el oxígeno y el hidrogeno es el cuarto elemento más abundante en las plantas. Es parte fundamental en la formación de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y hormonas (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992). Las clorofilas a y b tienen en su núcleo cuatro moléculas de nitrógeno. Las vitaminas del complejo B, las lectinas, glucosios y los alcaloides igualmente contienen el elemento (Hanke, 2008). Al incrementar el contenido de nitrógeno en la planta se favorece la formación de compuestos proteicos, lo que a su vez estimula el desarrollo foliar de la planta y la fotosíntesis (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992).

### **2.1.2 Fosforo**

Hace parte de todo el metabolismo energético, todas la células contienen este elemento en las proteínas del núcleo, fundamental en el proceso de mitosis celular, componente importante en los fermentos de la planta y es el principal compuesto de reserva en las semillas de las plantas (Hanke, 2008).

### **2.1.3 Potasio**

La principal función de este elemento es el mantenimiento de la turgencia de la planta, y a su vez todo lo que ello conlleva (Hanke, 2008). Su nivel de concentración en las plantas es muy similar a la del nitrógeno. Este elemento media en varios procesos bioquímicos y fisiológicos, entre los que se encuentra la síntesis de proteínas, neutralización de aniones y grupos ácidos de macromoléculas orgánicas, activación de enzimas y en la regulación de la presión osmótica de la planta trabajando en la apertura y cierre de estomas. Está

vinculado en el transporte de los fotoasimilados desde las hojas al resto de la planta (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992). Interviene en la absorción y reducción de nitratos, favorece la formación de fibras en la planta, evitando el volcamiento en los cereales y dando protección contra el ataque de plagas y enfermedades, y su consumo estimula la producción de azúcares, almidones y aceites en los diferentes cultivos (Hanke, 2008).

#### **2.1.4 Calcio**

Indispensable en la deshidratación del plasma produciendo una contracción del mismo, fomentando así la evapotranspiración. Por esta razón este elemento juega un papel antagónico al potasio en los cultivos (Hanke, 2008). Adicionalmente, en la membrana celular sirve como enlace de los fosfolípidos o de proteínas de la misma membrana (Salisbury, F. & Ross, C., 1994), desarrollando paredes y membranas celulares fuertes (Norton, 2013).

#### **2.1.5 Magnesio**

Es un componente definido de la molécula de clorofila. Juega un importante papel en la transferencia de energía participando como cofactor de la mayoría de las enzimas que actúan en la fosforilación. Es activador de enzimas carboxilasas y algunas deshidrogenasas (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992). Al igual que el calcio interviene en la deshidratación del plasma (Hanke, 2008).

#### **2.1.6 Azufre**

Forma parte de proteínas de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, que a su vez hacen parte de proteínas, de las vitaminas biotina, tiamina, la coenzima A y las ferroxinas que intervienen en la transferencia de electrones y procesos fotosintéticos (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992). Las vitaminas B1 y H, los citocromos, la ureasa, la papaína,

redoxasas y enzimas como la pirimidina, flavina, y piridoxal contienen el elemento (Hanke, 2008).

### **2.1.7 Boro**

Evita el enanismo fomentando el desarrollo de meristemas de raíces y hojas, promueve la fructificación ya que interviene en la formación del tubo polínico, tiene influencia directa en la fotosíntesis y metabolismo proteico, en la absorción y transporte de asimilados, hidratación del protoplasma, la síntesis de proteínas y formación de la pared celular (Hanke, 2008).

### **2.1.8 Zinc**

Hace parte de las tres enzimas fundamentales: carbónico anhidrasas, alcohol deshidrogenasas y peróxido dismutasa, deshidrogenasas, nucleótido transferasas, péptidas y proteinasas. Importante en la producción de auxinas. Las funciones del RNA están reguladas por este micronutriente (Russel et al, 1992). Influye en los procesos de mitosis, evita la acumulación de nitratos en las hojas (Hanke, 2008).

### **2.1.9 Cobre**

Forma parte de grupos proteicos de varias oxidasas, influye en la formación de glucósidos, prótidos, de la vitamina C, en la formación de lignina y del xilema. Interviene en los procesos de respiración y asimilación. Impide la descomposición de la clorofila (Hanke, 2008).

### **2.1.10 Hierro**

Su papel en la fotosíntesis está ligado a la formación de: 1. fosfoproteínas férricas y fitoferrica, que a su vez forman plastos. 2. Los citocromos, los cuales también actúan en procesos de transferencia de electrones. Igualmente está vinculado en enzimas y grupos proteicos, de la cuales las más conocidas son las porfirinas, que ligadas a algunas proteínas se conocen como hemoproteínas tales como catalasas, peroxidasas, y deshidrogenasas. Participa en la reducción de  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NH}_4^+$ . Necesario para la fijación del nitrógeno atmosférico por las leguminosas (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992).

### **2.1.11 Manganeso**

Es cofactor de enzimas que actúan sobre materiales fosforilados y activa reacciones enzimáticas del ciclo tricarboxílico. Al estar presente en los cloroplastos oxidando el agua para dejar libre los hidrógenos, el oxígeno y electrones, es fundamental en producción de oxígeno durante la fotosíntesis de la planta. Igualmente juega un papel fundamental en la producción de auxinas por parte de la planta (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992). Indispensable para la respiración. Hace parte de algunos compuestos redox como la arginasa, interviene en la formación de las vitaminas C, A, y E, y es importante en el crecimiento vegetativo (Hanke, 2008).

### **2.1.12 Molibdeno**

Forma parte de dos importantes enzimas: la nitrato reductasa y la nitrogenasa. Importante para fijación biológica de nitrógeno, tanto plantas como microorganismos asociados al fenómeno (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992). Interviene en los procesos de fosforilación, aminación de azúcares, síntesis de péptidos y proteínas (Hanke, 2008).

### **2.1.13 Cobalto**

Forma parte de la vitamina B12, interviene en el metabolismo de las nucleoproteínas, fomenta la producción de almidones en la papa y crecimiento de las paredes celulares en las plantas en general (Hanke, 2008).

### **2.1.14 Cloro**

Puede jugar un papel importante en la regulación osmótica de la planta (Russel, E. Wild, A. & Wild, A., 1992).

## **2.2 Concepto y origen de los fertilizantes**

Según el Manual técnico – Propiedades generales de los fertilizantes (Monómeros, 2004) los fertilizantes de uso agrícola son materiales orgánicos o inorgánicos, de origen natural como yacimientos minerales o manufacturados en procesos químicos, los cuales tienen como objetivo suministrar a las plantas uno o varios de los elementos nutricionales requeridos para su crecimiento. Para que un producto sea considerado como fertilizante es indispensable que sea soluble y químicamente disponible para la planta, ya que de los 18 elementos nutricionales considerados como esenciales para las plantas, 15 de ellos son tomados en solución como iones.

La forma química en la cual la planta absorbe todos los nutrientes necesarios para su correcto desarrollo es la misma independiente del material de origen, es decir, no importa si provienen de procesos de mineralización de rocas, descomposición de materiales orgánicos, o fertilizantes minerales. Por ello la definición correcta es el de “fertilizantes minerales y no químicos o artificiales”. De manera general el P y K proceden de

yacimientos naturales y el N de la síntesis de nitrógeno atmosférico con hidrogeno para formar amoniaco y  $\text{CO}_2$  para formar Urea. El mundo actual exige alimentos y materias primas que cumplan con todos los conceptos de calidad tales como la apariencia, sabor, olor, persistencia, cocción, etc. La función de los diferentes nutrientes sobre todos estos requisitos es la misma sin importar si proceden de la fertilidad natural del suelo, de materiales orgánicos o fertilizantes minerales. No obstante, para obtener la cantidad y calidad de los diferentes productos agrícolas es necesario tener niveles de suficiencia de los 18 elementos esenciales, lo cual se logra más fácilmente con fertilizantes minerales que con materiales orgánicos o contando solamente con la fertilidad natural del suelo (FAO, 1989).

Con respecto a la fuente de origen de los elementos nutricionales utilizados en los fertilizantes y enmiendas se hacen las siguientes anotaciones:

### **2.2.1 Nitrógeno**

El N es el nutriente que presenta deficiencias más generalizadas en la mayoría de cultivos, sin embargo, si los otros elementos nutricionales no se encuentran en niveles de suficiencia la toma de N será limitada (FAO, 1989).

Aunque el N compone el 78% de la atmosfera, la mayoría de las plantas, con excepción de las leguminosas, no lo pueden fijar directamente del aire ya que se encuentra como  $\text{N}_2$ , forma química no asimilable. Por ello es necesario que esta molécula se transforme en las formas químicas absorbibles. En el caso de los fertilizantes el proceso de transformación se inicia con la hidrogenación del N, utilizando metano ( $\text{CH}_4$ ) y agua para la formación final de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ). A partir de esta molécula se forman las sales que

se usan como fertilizantes nitrogenados: urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ), sulfato de amonio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), DAP ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ), MAP ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y agua amoniacal ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) (Suescún, 1986).

Hasta comienzos del siglo XX, el fertilizante nitrogenado más común era el nitrato de Chile, producto natural de origen orgánico que llegó a proveer hasta el 89% de fertilizante de este tipo (Bermejo, 1980). El fertilizante nitrogenado de origen sintético aparece gracias a la búsqueda de materiales explosivos durante la primera guerra mundial, en donde se trabajó en la síntesis de amoníaco. Después de finalizada la disputa, el amoníaco se convierte en el producto principal que dará inicio a la industria de los fertilizantes nitrogenados en Europa (Robles Teigeiro, 1992). En la química se conoce a la reacción de nitrógeno e hidrógeno para producir amoníaco como el proceso de Haber y Bosch (Smil, 2004), constituyéndose el gas natural como la materia prima esencial para la producción (Cabello, 1990).

En el inicio de la década de los años cincuenta, gran parte de los fertilizantes nitrogenados sólidos no contenían más del 21% de N. Veinte años más tarde, el nitrato de amonio, con un 34% de N, se transforma en el fertilizante más usado en muchos países, para ser remplazado finalmente por la Urea con un 46% de N (FAO, 1989).

### **2.2.2 Fosforo**

La industria de los fertilizantes ha tenido un floreciente ascenso desde que Gilbert y Lawes en el año de 1882 usaron ácido sulfúrico para transformar la roca fosfórica, materia prima de todos los fertilizantes fosfóricos, en superfosfato (Bermejo, 1980). La FAO

(1989) reporta que los superfosfatos simples (SFS) con un contenido de  $P_2O_5$  entre el 16 y el 20%, han sido sustituidos en gran parte por el superfosfato triple (46%  $P_2O_5$ ), DAP (46%  $P_2O_5$ ) y MAP (50%  $P_2O_5$ ). Adicionalmente estos dos últimos materiales también son fuente de N (Bermejo, 1980) (FAO, 1989).

Los principales países productores de roca fosfórica son Estados Unidos, China, Marruecos y Rusia (Unión Temporal Gl. Georecursos, 2005).

Las empresas que producen y comercializan fertilizantes en Colombia importan diferentes materiales fosfóricos como roca fosfórica, fosfatos de amonio y ácido sulfúrico, los cuales son comercializados en el mercado interno o utilizados como materia prima para la formación de otros fertilizantes con contenidos nutricionales variados. La parte central de Colombia cuenta con yacimientos de roca fosfórica tales como los de Huila, Sardinata, Pezca e Iza. Aunque la acidulación de estos materiales muestra potencial agronómico, a la fecha ninguno de los depósitos mencionados cuenta con roca que pueda cumplir con las exigencias de calidad que requiere una planta de fertilizante de gran tamaño (Martínez, 1986).

En Latinoamérica las rocas fosfóricas que han mostrado mejor respuesta agronómica son las ubicadas en Feobayovar en Perú, Huila, Pezca y Sardinata en Colombia, y Brasil con los materiales menos reactivos (León, 1986).

### **2.2.3 Potasio**

El potasio constituye el 2,1% del peso de la corteza terrestre, ubicándose como el octavo en orden de abundancia. Aunque muchos minerales de potasio son insolubles, los

depósitos que provienen de antiguos lechos marinos y lagos permiten obtener materiales que se pueden utilizar en la agricultura (Universidad Autónoma de Madrid, 2013).

Los principales minerales de los cuales se obtiene el KCl son la silvina, silvinita y carnalita, teniendo como principal impureza la halita (NaCl) o más comúnmente conocida como sal común. Por su abundancia y profundidad los depósitos de silvina se ubican como los más rentables. A nivel mundial los principales productores son Turingia, Meeklenburd y Hannover en Alemania, Alsacia en Francia, Suria en España, Urales en Rusia, Carlsbad, Lago Searles y Lago Bonneville en Estados Unidos, Whitby en Inglaterra, Saskatchewan en Canadá, Mar Muerto en Israel y Jordania, y la región de Galitzia y Varsovia en Polonia (Bermejo, 1980).

El agua de mar contiene 0,04% de K (Fassbender & Bornernisza, 1994), pero como la cantidad de potasio es mucho menor a la de sodio y magnesio, su extracción es económicamente inviable (Lemus, J. Torres, M. & Frías, M., 2013).

Aunque en Colombia predominan minerales como granitos rosados y sienitas, los cuales son ricos en K, no se explotan ya que la importación de KCl continua siendo más rentable. A la fecha de publicación de este documento, las exploraciones geológicas en Colombia no han ubicado yacimientos de sales de potasio los cuales puedan ser económicamente rentables y evitar la dependencia de los materiales importados (Suescún, 1986).

## 2.2.4 Otros Nutrientes

Como resultado de la acumulación de sedimentos calcáreos marinos a lo largo y ancho de las tres cordilleras, los yacimientos de calcio presentan gran abundancia en Colombia. La caliza es el mineral más representativo, siguiendo en orden de abundancia las calizas dolomíticas las cuales tienen contenidos hasta del 20% (Suescún, 1986).

En Colombia existen depósitos de piritas, crudos de petróleo y lavas volcánicas, siendo el yacimiento de lavas de Puracé el principal abastecedor del mercado nacional de ácido sulfúrico (Suescún, 1986).

## 2.3 El Mercado

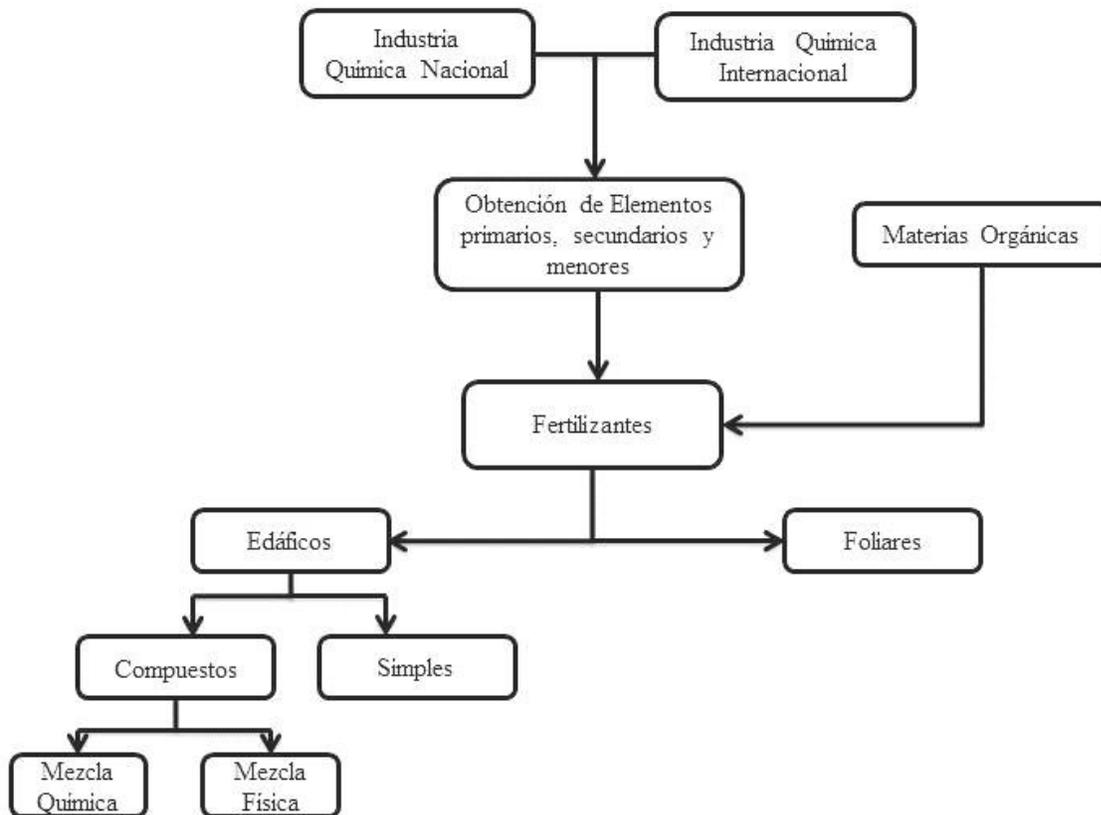
Los fertilizantes comerciales contienen al menos un elemento nutritivo. Los que constituyen el mayor volumen de comercialización son los que contienen uno o más de los tres elementos que la planta requiere en mayores cantidades o primarios, como lo son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Los productos que los contienen en mayor concentración son la Urea (46% de N), el Fosfato Diamónico o DAP (18% de N más 46% de  $P_2O_5$ ), Fosfato Monoamónico o MAP (11% de N más 52% de  $P_2O_5$ ) y el Cloruro de Potasio (60% de  $K_2O$ ). Es importante resaltar que la forma en que viene expresado el contenido nutricional de todos los productos comerciales está dada por convenciones internacionales y no por la naturaleza o forma química del mismo.

En la Ilustración 2 se expone la estructura esquemática del proceso de producción y destino de los diferentes fertilizantes edáficos y foliares. Allí se observa que los diferentes elementos nutricionales pueden tener origen de la industria química nacional o de la

internacional, aunque el 90% de los nutrientes utilizados en Colombia son importados. Mediante procesos de mezclado químico o físicos se elaboran diferentes productos con composiciones variables. Productos orgánicos como gallinazas, ácidos húmicos y fúlvicos son enriquecidos con cualquiera de estas fuentes de fertilizantes, aunque su participación en el mercado no es significativa. En promedio, el 85% de la composición de los materiales finales es conformada por N, P y K, de los cuales el 85% son importados (Tovar, 2007). Finalmente, se obtienen fertilizantes líquidos y sólidos, que dependiendo de su presentación pueden tener uso edáfico o foliar. Los fertilizantes edáficos se clasifican como simples y compuestos. Los fertilizantes simples, se definen como el producto que “contiene solamente uno de los tres elementos esenciales primarios” (Monómeros, 2004), aunque comercial y agronómicamente en esta clasificación también se encuentran productos como los sulfatos de magnesio y borato 48%, que son elementos clasificados como secundarios y menor respectivamente. La definición anterior podría ser más apropiada si se hablara sobre su uso, ya que lo que se busca con estos materiales es hacer un aporte de únicamente un elemento o dos, además el 50% de los fertilizantes que en el mercado que se clasifican como simples contienen al menos un par de elementos nutricionales. El fertilizante compuesto es básicamente una combinación de dos o más elementos nutricionales (Monómeros, 2004), y que en ocasiones también pueden contener elementos secundarios como calcio, magnesio o azufre, o elementos menores, que comúnmente por su importancia en la mayoría de los cultivos comerciales son el Boro y el Zinc. Tovar (2007) los cataloga como materiales de carácter complejo o reacción química y mezcla física o en donde no hay reacción química para su composición. Comercial y agronómicamente su denominación es un complemento de las dos anteriores, o sea, es aquel que ofrece

varios elementos nutricionales, tanto mayores, secundarios y menores en la misma presentación, y que está elaborado con fertilizantes simples.

**Figura 2. Estructura esquemática del proceso de producción de los fertilizantes en Colombia. Adaptado de Tovar (2007).**



A nivel mundial, los fertilizantes más usados en la agricultura son en su orden el nitrógeno, el fósforo y el potasio (SIPSA, 2011). Los países que se encuentran como principales consumidores son por orden de importancia China, India, Estados Unidos, Países de Europa Central, y Brasil (SIPSA, 2011). Según el documento Conpes 3577 (MADR, 2009), en el mundo se producen anualmente unas 400 millones de toneladas de fertilizantes. De esta cantidad producida, Colombia consume solo el 0.375% en los años

en donde se han realizado el máximo de importaciones. Esto hace que el país no tenga poder de presión sobre los precios del mercado internacional, y quede expuesto al devenir de los costos de los productos que son regidos por las leyes de la oferta y la demanda.

Con referencia a los tipos de fertilizantes, un país vecino a Colombia como Brasil tiene inusualmente una alta proporción de nutrientes (del 80%) aplicados en forma de fertilizantes compuestos. Es también uno de los pocos países donde el uso del superfosfato simple se ha ido incrementando en años recientes, en parte por la demanda de fósforo que tiene el cultivo de la soya (FAO, 2006).

En el documento Conpes 3577 (MADR, 2009), se afirma que en Colombia, el 94% del mercadeo de fertilizantes lo realizan las siguientes empresas: Monómeros S.A., Abonos Colombianos - Abocol, Ecofertil S.A., Yara de Colombia Ltda., Nutrición de Plantas S.A., y C.I. de Azúcares y Mielles – CIAMSA. Existen otras empresas las cuales están dedicadas a la producción e importación de elementos menores en productos edáficos y foliares ó a la explotación y comercialización de enmiendas calcáreas o rocas fosfóricas. En el momento, Colombia no satisface al 100% el consumo de materias primas requeridas para compensar la demanda interna, por lo cual, se importan grandes cantidades de materiales que pueden o no transformarse para su comercialización. El 75% de los productos importados se componen principalmente por los productos de mayor consumo como se expuso anteriormente, los cuales son la Urea, DAP, MAP y KCl.

Para el año 2009, en el documento “Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos” (ICA, 2010), se reportan un total de 1066 empresas registradas como importadoras, productoras o empacadoras de todo tipo de fertilizantes. La Tabla 5 presenta las empresas con mayor porcentaje de ventas durante el 2009.

**Tabla 5. Clasificación de ventas de fertilizantes en kilogramos y litros de las 19 empresas con mayor porcentaje de ventas durante el año 2009.**

<b>Empresa</b>	<b>Ventas (Kg)</b>	<b>%</b>	<b>Empresa</b>	<b>Ventas (L)</b>	<b>%</b>
Monomeros S.A.	535.080.463	32	Abocol S.A.	19.468.000	50
Yara Colombia Ltda.	396.721.910	24	Brenntag Colombia S.A.	14.318.224	37
Abocol S.A.	275.101.000	17	Cospacol Ltda	1.629.595	4
Ecofertil S.A.	139.776.630	8	Arista Lifecience S.A.	874.721	2
Abonamos S.A.	43.500.000	3	Colinagro S.A.	339.159	1
Mejisulfatos S.A.	36.480.323	2	Stoller Colombia S.A.	317.144	1
Inferhuila S.A.	21.053.000	1	Bayer Cropscience S.A.	233.033	1
Fosfatos de Boyaca S.A.	18.512.225	1	Multiquimica Ltda.	169.682	0
Promical	17.998.350	1	Microfertifza S.A.	155.572	0
Santiago Puerta y CIA Ltda	16.069.170	1	C.I. Efoltec S.A.	118.938	0
<b>Total</b>	<b>1.500.293.071</b>	<b>91</b>	<b>Total</b>	<b>37.624.068</b>	<b>97</b>

Fuente: ICA, 2009. Comercialización de fertilizantes y bioinsumos (ICA, 2009).

Según los datos del cuadro anterior, las mayores ventas de fertilizantes sólidos estuvieron representas en un 81,7% entre Monómeros, Yara, Abocol y Ecofertil, mientras que las de los fertilizantes líquidos estuvieron representadas en un 87,24% entre las empresas Abocol y Brenntag. Igualmente los datos muestran que el 97,16% del fertilizante comercializado como liquido solo representa el 2,5% de todo el fertilizante comercializado como solidó por las 19 empresas registradas. Esto puede ser corroborado si se analizan los planes de fertilización de la mayoría de los cultivos en Colombia, en donde son muy pocos los casos en donde se usa fertilización liquida como suministro de nutrientes. El cultivo en donde más extendida es esta práctica es en los cultivo de flores

de corte ubicados en la Sabana de Bogotá y el Oriente Antioqueño. Otros cultivos que utilizan sistemas de fertirrigación o utilización de fertilizante líquido en el país son algunas hortalizas como el tomate, el banano en la costa norte, y otros como caña de azúcar en Valle del Cauca en donde se aplica fertilizante líquido por medio de tanques transportados por maquinaria.

El ICA (2010) en sus documentos de reporte de comercialización y venta de fertilizantes no registra empresas como NUTRIPLAN y CIAMSA, las cuales jugaron un papel más preponderante en varias zonas del país que otras reportadas en el documento para ese año.

En Colombia, la producción de fertilizantes está concentrada en la elaboración de compuestos NPK, los cuales para el año 2006 representaron el 52% de la fabricación de las empresas nacionales. En orden de importancia le siguen las fuentes altas en nitrógeno, las cuales para este mismo año representaron un 16% de la elaboración (SIPSA, 2009).

Para el año 2006 los fertilizantes más importados por Colombia fueron los nitrogenados (US\$ 102 millones), compuestos (US\$ 71 millones), potásicos (US\$ 58 millones) y fosfatados (US\$ 6 millones) (Tovar, 2007) (Tabla 6).

**Tabla 6. Toneladas de fertilizantes simples importados por Colombia entre los años 2000 a 2008.**

Producto	Urea	Cloruro de Potasio (KCl)	Fosfato Diamonico (DAP)	Fosfato Monoamonico (MAP)	Otros Productos Fertilizantes	Total
2000	474.176	334.335	113.918	112.604	299.047	1.334.080
2001	430.398	305.822	126.857	116.868	317.332	1.297.277
2002	459.610	343.152	132.225	111.952	293.853	1.340.792
2003	485.365	404.844	115.641	131.013	260.279	1.397.142
2004	448.839	394.946	131.900	122.603	385.012	1.483.300
2005	451.302	366.277	118.649	128.341	348.292	1.412.861
2006	397.722	397.418	147.122	135.416	381.512	1.459.190
2007	411.609	378.807	134.808	136.663	423.464	1.485.351
2008	332.870	361.872	81.972	78.769	580.522	1.436.005
<b>Part. (%) 2000-2008</b>	31	26	9	8	26	100

Tomado de: Conpes 3577, 2009 (MADR, 2009).

De la Tabla 6, se puede concluir que el mayor volumen de importación está compuesto por la Urea, seguido por el Cloruro de potasio. Esto es debido a las altas demandas de nitrógeno y potasio requeridas para la producción agroindustrial. Tal es el caso del cultivo del café, donde el nitrógeno, componente principal de la Urea, es el elemento más limitante (Sadeghian S. , 2008).

En los datos de la Tabla 6 también se nota como para el 2008, las importaciones de Cloruro de Potasio superaron las de Urea. Esto pudo ser debido a los factores de precios que dominaron los mercados internacionales en ese año.

Otra explicación de la alta de demanda de Urea puede estar referenciada por la FAO (2006), quienes mencionan que el nitrógeno es el motor del crecimiento de la planta, mostrando efectos a corto plazo luego de su aplicación, y los agricultores tienden a darle preferencia a este nutriente, especialmente en lugares en donde los recursos financieros son limitados. El documento menciona que un amplio suministro de fertilizante nitrogenado en el mercado internacional y su relativo bajo precio por unidad de nitrógeno,

en el caso de la Urea, también contribuye al desbalance a favor de este elemento. El uso excesivo de N no solo es una sustancial pérdida económica, sino además un detrimento en el medio ambiente.

Jiménez (2008), reporta el siguiente consumo de fertilizantes en Colombia, en donde realiza una clasificación entre fertilizantes complejos granulados, mezclas NPK y simples. Los datos se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7. Consumo de fertilizantes en Colombia clasificados como complejos granulados, mezclas físicas y simples. Tomado de Jiménez (2008).**

<b>Consumos Anuales (t)</b>						
<b>Fertilizantes</b>	<b>1980</b>	<b>1989</b>	<b>1996</b>	<b>1998</b>	<b>2000</b>	<b>2006</b>
<b>Complejos granulados</b>	426.300	518.400	399.340	477.500	463.000	552.477
<b>Mezclas NPK</b>			71.200	105.000	132.000	340.813
<b>Simplees</b>	315.900	759.600	620.600	758.700	856.000	665.840
<b>Total</b>	742.200	1.278.000	1.091.140	1.341.200	1.451.000	1.559.231

La tabla anterior enseña como desde el año 1980 el consumo de fertilizantes ha tenido un aumento constante en las últimas décadas. Jiménez (2008), afirma que esto se explica por el aumento en el uso de fertilizante por unidad de área y la aparición de nuevos como cultivos como la palma de aceite. Los datos muestran un notorio crecimiento de las mezclas NPK durante los años registrados. Esto se explica por el hecho de que son fertilizantes que pueden tener un mayor abanico de opciones en lo que a grados nutricionales se trata. Otra ventaja es que el agricultor no tiene que realizar las mezclas de los materiales en la finca, ahorrando tiempo y dinero en mano en mano obra.

En la Tabla 8, Tovar (2007) reporta el siguiente consumo de fertilizantes por regiones en Colombia para el año 2005:

**Tabla 8. Consumo de fertilizantes por región en Colombia. Unidades en miles de toneladas (t).**

Tomado de Tovar (2007).

Región	Tipo de Fertilizante			Total
	Compuesto	Mezcla	Simple	
Costa Atlántica	16	6	145	167
Antioquia	80	47	58	185
Boyacá, Santander	155	46	72	273
Viejo Caldas	51	26	60	137
Llanos Orientales	17	9	76	102
Valle del Cauca	23	38	82	143
Nariño	39	29	15	83
Cundinamarca	58	21	72	151
Tolima, Huila	67	52	115	234
<b>Total</b>	<b>506</b>	<b>274</b>	<b>695</b>	<b>1.475</b>

Tovar (2007) continúa relatando que para el año 2005 el mercado de los fertilizantes se componía así: 46.5% para los fertilizantes simples, 34.3% para los complejos granulados y 19.3% para las mezclas físicas.

Para el caso de Suramérica luego de Brasil y Argentina, Colombia ocupa el tercer lugar en consumo de fertilizantes (Tovar, 2007).

Según Cabello (1990), el proceso de fertilización de un país se realiza, por lo general, en tres etapas: uso intensivo de nitrogenados, seguido por aplicación de grados fosfatados, y por último el uso de fertilizantes potásicos.

En un contexto global, las estadísticas en el consumo de fertilizantes de los pasados 100 años han sido reflejos de eventos mundiales, y los últimos 20 años no han sido la excepción. El consumo mundial de fertilizantes se ha incrementado sustancialmente, aunque no consistentemente en países que han tenido un rápido crecimiento en las exportaciones de productos agrícolas básicos, tales como Argentina y Brasil. Los programas de ajuste estructural implementados en ciertos países en desarrollo entre 1980 y 1990, orientados a corregir sus desbalances financieros, han tenido un impacto negativo en el uso de fertilizantes en la agricultura de pequeña escala. A mediados de 1990, países donde el sistema central de planeación actuaba como soporte de la agricultura y del suministro de fertilizantes, y el sistema fue remplazado por el sistema de orientación del mercado, el consumo de fertilizantes cayó abruptamente. En pocos países en donde el consumo de fertilizantes es subsidiado por el gobierno, a pesar de las presiones, el empleo de fertilizantes continúa creciendo (FAO, 2006).

## **2.4 Costos de producción**

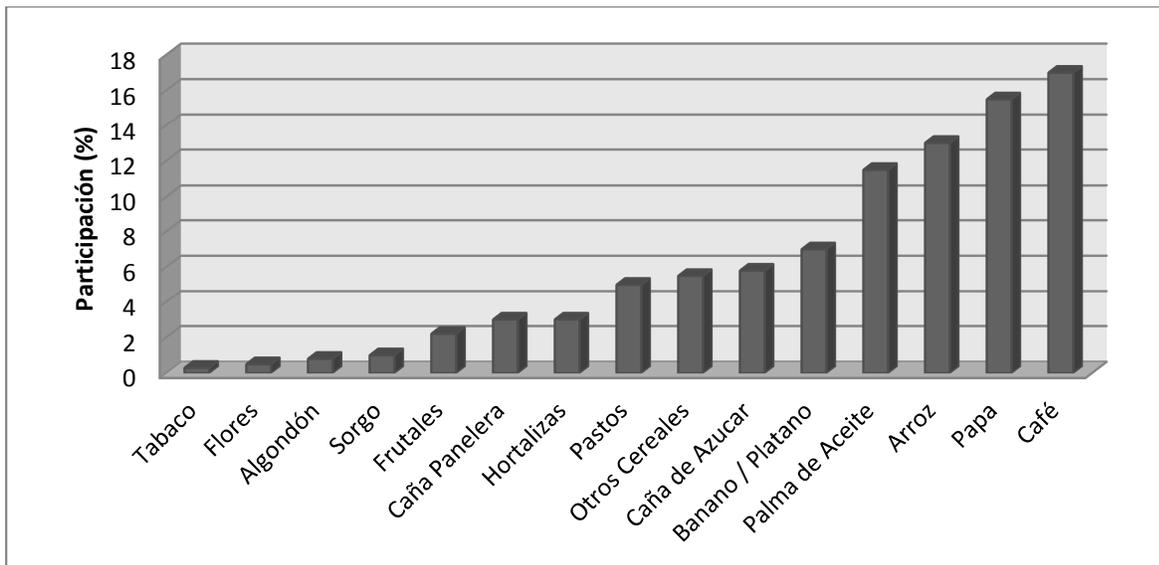
Según el documento Conpes 3577 de 2009 (MADR, 2009) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP) aceptan que los fertilizantes son un componente importante en los costos de producción de la actividad agropecuaria, afectando directamente el precio de comercialización de los productos y el margen del agricultor. Su importancia en la economía se relaciona con el desarrollo de la agricultura y la seguridad alimentaria del país (Cabello, 1990).

En estudios realizados por Tovar (2007) se determinó que en Colombia el costo del fertilizante toma un incremento entre el 16% y el 30% desde la planta de producción hasta el usuario final, en donde el costo del transporte representa entre un 11 - 17%.

En la canasta de insumos que el agricultor utiliza para su producción, el costo de los fertilizantes representa en promedio un 20% (Tovar, 2007).

En la Tabla 9 y Figura 3, se muestra, según documento Compes 3377 (MADR, 2009) y Tovar (2007) respectivamente, información más aproximada sobre el porcentaje que tienen los fertilizantes en el costo de producción de diferentes cultivos en Colombia:

**Figura 3. Participación de los fertilizantes en el costo total de producción por cultivo para el año 2004.**



Adaptado de: Estructura y poder del mercado en sector de agroquímicos en Colombia (Tovar, 2007).

**Tabla 9. Participación de los fertilizantes en el costo total de producción por cultivo para el año 2008.**

<b>Cultivo</b>	<b>Participación (%)</b>
Plátano tradicional	51 – 61
Maíz Blanco Mecanizado	21 – 28
Algodón	21 – 28
Arroz Riego	21 – 23
Arroz secoano	19 – 21
Cebolla bulbo	18 – 19
Papa	17 – 20
Café tradicional	17 – 33
Café tecnificado	16 – 39
Cacao	15 – 25
Uchuva	14 – 21
Maíz Amarillo mecanizado	13 – 18
Palma de aceite	11 – 29
Caña de azúcar	12 – 22
Plátano exportación	12 – 16
Caucho	10 – 33
Sorgo	28
Pastos	4 – 7

Fuente: Conpes 3577, 2009: CCI – Servicio de Información Agropecuaria. Banco Agrario (MADR, 2009).

En la Figura 3 se observa que para la mayoría de los cultivos en el año 2004 el peso del costo del fertilizante en la producción no superó el 10%, mientras que para el año 2008 esta medida redondeaba el 20%. Para el grupo de cultivos analizados en el año 2004 el café tuvo el mayor valor, el cual fue menor al 18%. Otro cultivo que muestra cambios en

los costos de producción entre los dos años analizados es el de Banano y Plátano de exportación, en donde el índice sube más de 8 unidades en esos cuatro años. Se anota que para el 2008 los fertilizantes tuvieron incrementos del 100% en promedio con respecto a los años inmediatamente anteriores, lo que obviamente afectó los índices. Por otra parte en la Tabla 9, observando un cultivo como el plátano tradicional, el costo de los fertilizantes puede llegar hasta el 61% en la inversión para su producción. Sin embargo se precisa que este cultivo no lleva uso intensivo de agroquímicos, incluyendo fertilizante, por lo que cualquier gasto que se realice, por ínfimo que sea, significara un costo elevado en el total de la inversión. Continuado con la Tabla 9, el café, tanto tecnificado como tradicional, se observa como tiene una variación de más de 10 puntos entre el punto bajo y alto. Ello puede ser evidencia que un uso eficiente del fertilizante es el factor clave para hacer que su costo sea mínimo. Este mismo caso se observa para el caucho y la palma de aceite.

Dentro de las estrategias que se proponen en el Documento Conpes 3577 de 2009 (MADR, 2009) para que los productores Colombianos tengan una baja vulnerabilidad a los precios internacionales de los fertilizantes, plantea la necesidad de incentivar la búsqueda de fuentes minerales que se puedan utilizar para uso agrícola. En Colombia, existen vetas minerales de donde se extrae roca fosfórica, pero el porcentaje de fósforo que contienen es muy bajo para la transformación de fertilizantes fosfóricos de alto grado de concentración. También existen minas de materiales como carbonatos de calcio y magnesio, así como yesos (sulfato de Calcio). No se conocen minas en donde se extraigan materiales potasios. Al respecto, en el mes de agosto de 2008 en entrevista realizada por el Diario el Espectador al Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural de la Época, Andrés Felipe Arias, se menciona que el Gobierno busca incentivar la explotación del potasio, fosforo, roca fosfórica, y otros minerales que se usan en los fertilizantes, y

que posiblemente hay yacimientos en la zona de Boyacá y Eje Cafetero (Elespectador.com, 2008).

Por otro lado, el Documento Conpes 3577 (MADR, 2009) dice que se debe estimular el uso eficiente de estos insumos. En este último aspecto falta mucho trabajo por parte de los entes gubernamentales encargados de dar capacitación como lo son las UMATAS y Secretarías de Agricultura, ya que el agricultor tradicional basa su fertilización en aprendizajes heredados de sus padres y abuelos, o simplemente en conocimientos adquiridos empíricamente.

En ocasiones, los profesionales involucrados con el manejo de agricultura tradicional son conocedores del uso ineficiente del fertilizante, pero su injerencia no llega siempre a la mayoría de agricultores. En la práctica, el agricultor promedio adiciona más del fertilizante necesario, o no aplican las cantidades adecuadas de cada elemento, o no introduce un elemento nutricional que está limitando la producción del cultivo. Como consecuencia de ello, el potencial de producción se ubica en niveles medios a bajos, y parte de la cosecha no es pagada al precio correcto ya que la calidad es deficiente.

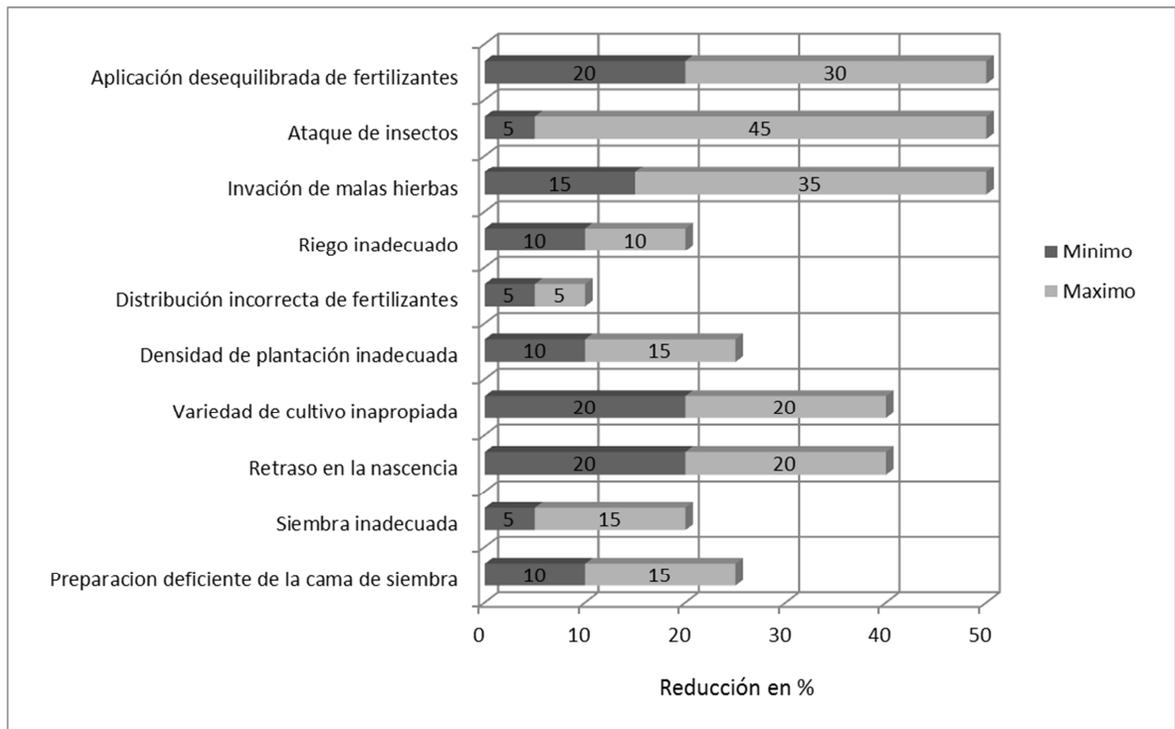
#### **2.4.1 Costos de producción: Eficiencia de la fertilización**

Los parámetros para medir la eficiencia de un fertilizante pueden ser varios: 1. Lo absorbido por la planta sobre lo aplicado al sustrato. Estos estudios comúnmente examinan el tipo de fuente del nutriente, lapsos de aplicación, sitio de ubicación y cantidades. El objetivo de estas investigaciones es el analizar las diferentes formas de manejo del fertilizante, mas no la de determinar variaciones en los rendimientos del

cultivo. 2. Relacionando las entradas con las salidas. Por ejemplo, kg cosechados/kg de insumo aplicado. Esta determinación es la que más le interesa al productor, ya que es muy útil para tomar decisiones acerca de la fuente a utilizar (Ludwick, 1986).

Las prácticas que puedan aumentar o disminuir la eficiencia del fertilizante son un factor crítico. Al respecto, en el documento Estrategias en Materia de Fertilizantes (FAO, 1989) se exponen varias fuentes que influyen la reducción en la eficiencia de los fertilizantes, en donde entre otras; las aplicaciones desequilibradas del insumo, la invasión de arvenses y el ataque de insectos pueden disminuir la eficiencia de fertilizante hasta en un 50% según lo expuesto en la Ilustración 4. Este hecho se ve respaldado por varios autores en donde, por ejemplo, en cuanto al manejo de niveles adecuados de nutrientes, Ciampitti et al. (2010) argumentan que para el caso del cultivo del maíz un programa de fertilización balanceada mejora la eficiencia en el uso de los nutrientes. Por otra parte, en el cultivo de la Yuca, Ospina y Ceballos (2002) reportan que el ataque de un amplio grupo de artrópodos ha causado pérdidas en el rendimiento de este cultivo. Por último, García et al. (2000) reportan que en el cultivo de café la presencia de arvenses en la fase de llenado afecto la producción.

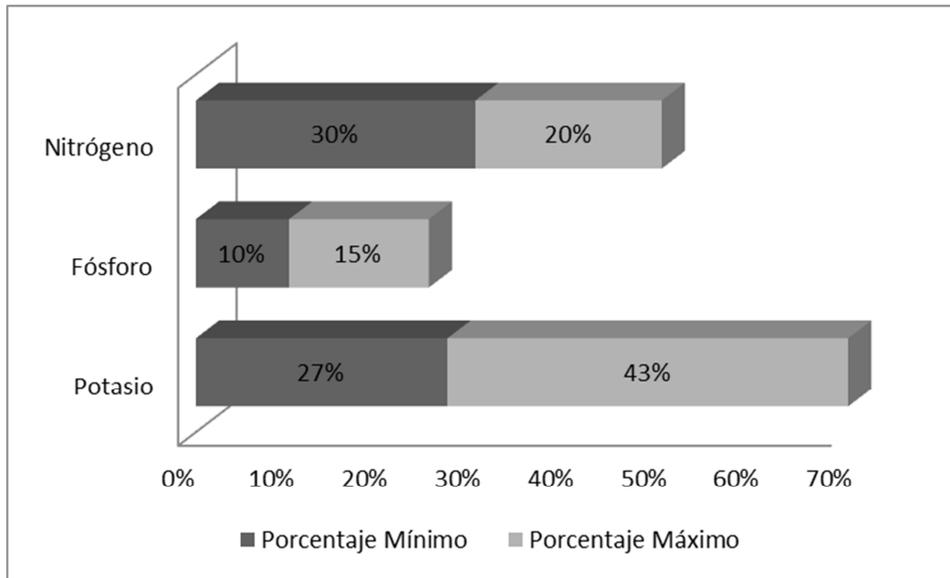
**Figura 4. Fuentes de reducción en la eficiencia de los fertilizantes.**



Adaptado de: Estrategias en Materia de Fertilizantes (FAO, 1989).

En la práctica, la respuesta a la fertilización y la producción final de la cosecha dependen de un gran número de factores. Algunos de ellos, tal como el clima, el suelo, y el potencial de producción de la planta, generalmente no pueden ser controlados por el productor (FAO, 1989).

Por otro lado Prasad y Datta (1979), González (1973), Bermejo (1980) y Chirinos (1999) reportan de manera general la eficiencia de los fertilizantes según el contenido de N, P y K (Figura 5).

**Figura 5. Eficiencias de los fertilizantes con contenidos de N, P y K en la fertilización.**

Como se observa en la Figura 5, los valores de las eficiencias son muy variables para los elementos de mayor consumo en las producciones agrícolas, siendo en el mejor de los casos de un 50% para el nitrógeno, 25% para el fósforo y 70% para el potasio. Los factores que hacen que esta eficiencia sea máxima son comúnmente desconocidos por los agricultores y en ocasiones por los técnicos que asesoran los cultivos. Estas causas son las que realmente convierten el fertilizante en un insumo costoso y no el valor del producto en sí, o los márgenes de la empresa que lo comercializa o la fluctuación de los precios internacionales. Para garantizar el máximo provecho del fertilizante, las recomendaciones deben de estar basadas en análisis de suelos, en un correcto, adecuado y oportuno uso de enmiendas, en técnicas adecuadas de aplicación y en momentos fisiológicos donde la planta tenga la mayor necesidad de los nutrientes. Las recomendaciones de fertilización deben de ir más allá de la recomendación de productos, teniendo en cuenta todos los factores que intervienen en el beneficio del mismo.

Una inadecuada o ineficiente fertilización es a menudo una limitación para lograr un cultivo productivo y es la mayor contribución para la degradación del suelo. En varios países, el balance entre los planes nutricionales es insatisfactorio (FAO, 2006).

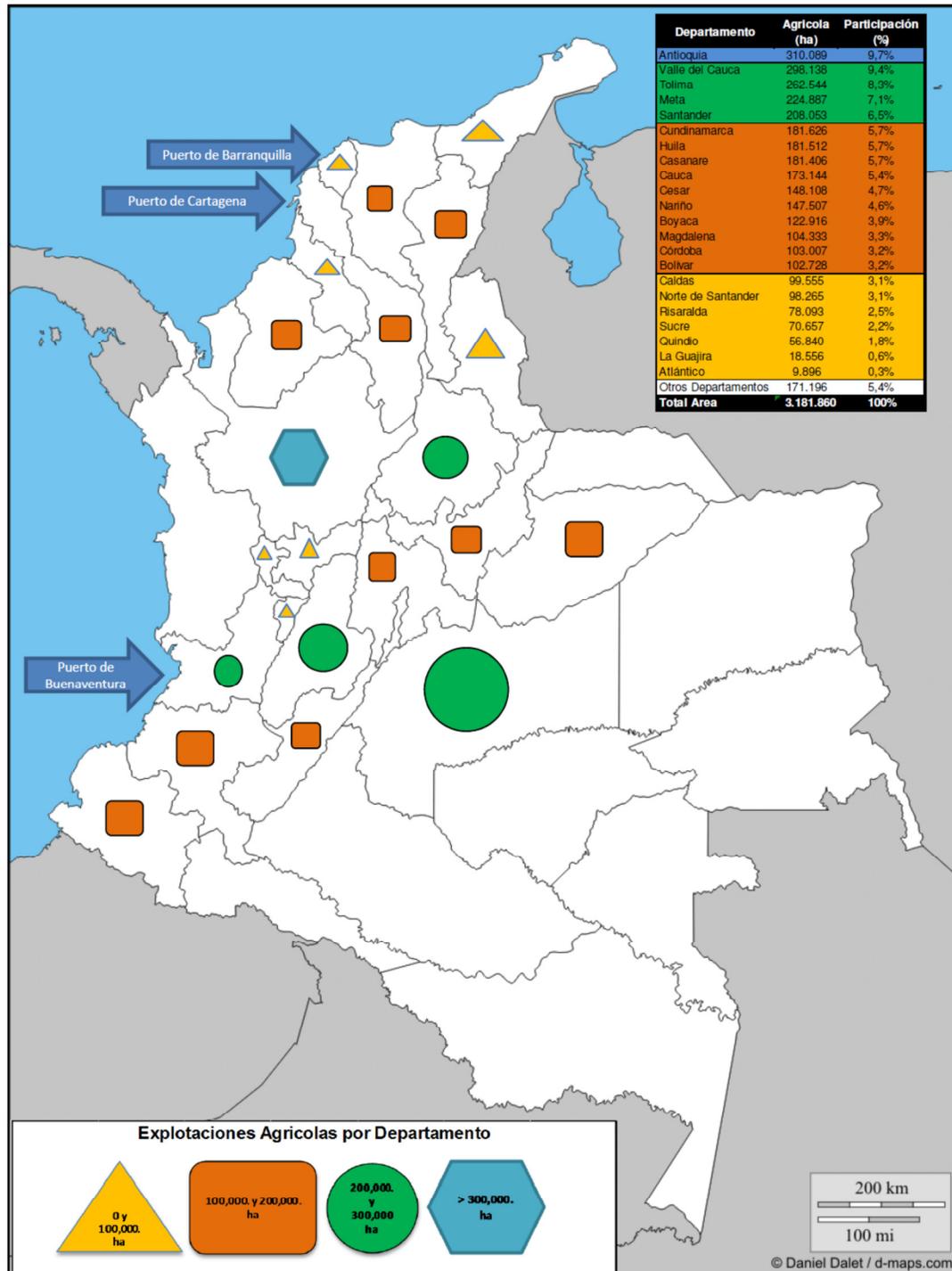
Merril et al. (2002), afirman que las plantas con raíces extensas pueden explorar grandes volúmenes de suelo y absorber más nutrientes, condición que favorece un aumento en la eficiencia en el uso del fertilizante.

### **2.4.2 Costos de producción: Industria como proveedor**

En los países en desarrollo, la tendencia hacia el uso de fertilizantes con alta concentración y el desequilibrio en el uso de NPK presenta dos corrientes que afectan las políticas de producción y el consumo de los mismos fertilizantes. La ventaja del uso de fertilizantes con alto grado de concentración de un nutriente es la economía que se puede realizar en su transporte y almacenamiento, pero su uso se debe hacer con el mayor conocimiento técnico posible, ya que es muy fácil incurrir en deficiencias de elementos secundarios y menores. Igualmente, su uso eficiente tiene implicaciones económicas y ambientales, y ello solamente se logra con el uso de los recursos científicos, tratando de evitar su desperdicio. Esto tiene mayor relevancia cuando se usan altas dosis. Si se compara el uso de los fertilizantes con la aplicación de estiércoles y otros materiales orgánicos, un correcto uso del fertilizante permite controlar mejor las pérdidas por lixiviación, ya que es más fácil aplicar las dosis exactas en los momentos de mayor demanda del cultivo. La materia orgánica debe ser vista más como un material que acondiciona físicamente, química y biológicamente el suelo, optimizando y potenciando los nutrientes incorporados con el fertilizante mineral (FAO, 1989).

Algunos problemas relacionados con la distribución y comercialización de fertilizantes son, entre otros: 1. Las plantas de las casas matrices, lugar en donde fuera de fabricar algunos grados, se recibe y almacenan los materiales que se reciben del exterior, en algunos casos se encuentran muy lejanas de los centros de mayor consumo, lo cual pone un costo adicional por el transporte del fertilizante (Cabello, 1990). Como se observa en la Figura 6, gran parte de la agricultura Colombiana se encuentra en concentrada en la zona andina, y en los últimos años, los llanos orientales han tenido un gran crecimiento en cultivos como maíz y palma. Por el contrario las empresas de fertilizantes se encuentran ubicadas en las zonas costeras del Caribe y Pacífico, ya que allí son los lugares en donde se reciben las materias primas para la fabricación de los insumos. Esto último trae otro inconveniente, y es la total dependencia del exterior para el abastecimiento de la gran mayoría de las fuentes. Todas las fuentes potásicas, DAP, MAP, y gran parte del amoníaco y Urea son producidas e importadas del exterior. Otros factores que afectan esta industria son el clima, con sus excesos o deficiencias de agua, el nivel de ingresos de los agricultores, los diferentes tipos de suelos y el manejo agronómico de los cultivos.

Figura 6. Cantidad de hectáreas destinadas a explotaciones agrícolas por Departamento y ubicación de los principales puertos en Colombia.



Mapa: Dalet, D. (Dalet, 2013) Información de áreas: Encuesta Nacional Agropecuaria (MADR, DANE, CCI, 2010).

Según la FAO (1989), dentro de los elementos que intervienen en la eficacia y los costos de la producción de los fertilizantes pueden mencionarse los siguientes:

- Construcción de fábricas
- Escala
- Utilización de la capacidad
- Gestión
- Disponibilidad de personal capacitado
- Garantía de suministros de materias primas y su costo
- Infraestructura general
- Ubicación de la fábrica
- Suministro de Energía
- Medios de mantenimiento

## **2.5 Regulaciones del ICA**

Para que un fertilizante realice su función, es condición sin ecuánime que este se disuelva en las formas químicas absorbibles por las plantas, además de cumplir otros requerimientos mínimos. Al respecto Neira (1986), en el documento de Control de Calidad de los Fertilizantes en Colombia certifica que las industrias de fertilizantes colombianas tienen el compromiso de suministrar las materias primas requeridas por los agricultores, garantizando su calidad y entregando toda información necesaria para su uso óptimo. El ICA es el estamento del estado encargado de controlar la calidad de los diferentes insumos agrícolas, evaluando los contenidos nutricionales. Los métodos

analíticos utilizados por este estamento son determinados por las normas ICONTEC, en las cuales para los diferentes nutrientes se determina lo siguiente:

1. Nitrógeno: Total orgánico e inorgánico, amoniacal, nítrico, amoniacal y nítrico.
2. Fosforo: Total y asimilable.
3. Potasio: Soluble.
4. Elementos secundarios y menores.
5. Biuret para el caso de la Urea.
6. Granulometría.
7. Humedad.

Entre los productos sujetos al análisis se encuentran los fertilizantes edáficos, foliares, orgánicos, enmiendas y rocas fosfóricas. Dentro de los logros obtenidos por el ICA con esta labor de control se encuentran la unificación de criterios con respecto al control de calidad, el intercambio y unificación de las técnicas de análisis, realización de muestras en varios laboratorios con el fin de eliminar discrepancias en la metodologías, la obligación de los proveedores de controlar sus materias primas, garantías de calidad por parte de los productores, elaboración, renovación y cumplimiento de los contratos de los laboratorios inscritos ante el ICA, y por último la formación de criterios amplios y reales en los técnicos del ICA (Neira, 1986).



## 3 Ventas de fertilizantes y su relación con la producción agrícola nacional

### 3.1 Ventas

Los documentos “Comercialización de fertilizantes y Bioinsumos” del ICA de los años 2002 (ICA, 2005), 2003, 2004 (ICA, 2006), 2005 (Hurtado, 2012), 2006 (ICA, 2012), 2007 (ICA, 2012), 2008 (ICA, 2009) y 2009 (ICA, 2010), reportan las ventas de fertilizantes en Colombia, las cuales son descritas en la Tabla 10.

**Tabla 10. Ventas de Fertilizantes en Colombia entre los años 2002 a 2009.**

Clase	Ventas (kg)							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Compuestos NK					5.897.900	10.495.175	12.496.184	14.619.213
Compuestos NP	3.672.750	3.367.967	17.037.462		3.002.431	623.370	38.894.799	63.914.184
Compuestos NPK	444.903.840	738.829.188	704.154.849		848.988.121	828.805.850	672.735.038	804.814.901
Compuestos PK		397.441	3.320.277		6.027.400	452.875	316.544	236.843
Fertirriego e Hidroponía		8.236.950	12.775.856		15.566.709	362.272	143.574	2.445.192
Fuentes de Fosforo	108.058.581	150.094.591	139.116.628		128.315.284	136.910.177	51.085.947	50.405.517
Fuentes de Nitrógeno	521.932.343	520.997.950	448.470.544		369.390.269	371.377.815	313.094.490	391.087.235
Fuentes de Potasio	160.002.028	176.686.016	157.367.576		143.805.885	371.377.815	131.961.806	92.280.605
<b>Total sólidos</b>	<b>1.238.569.541</b>	<b>1.598.610.103</b>	<b>1.482.243.192</b>	<b>1.777.116.466</b>	<b>1.520.993.999</b>	<b>1.720.405.349</b>	<b>1.220.728.382</b>	<b>1.419.803.690</b>
	Ventas (l)							
Compuestos NK						41.112	1.015	1.221
Compuestos NP								10.035
Compuestos NPK	5.153	72.567	81.423		65.246	1.792.312	12.904	64.257
Compuestos PK		11.377	13.182			35.460		
Fertirriego e Hidroponía		19.471	17.572		56.519	2.712		13.482
Fuentes de Fosforo	2.853	8.205	2.304		10.006	14.079	30.282	162.831
Fuentes de Nitrógeno	40.928	29.973	51.226		502.033	4.844.699	1.271.544	21.136.067
Fuentes de Potasio	842.763	58.143	1.420.873		742.010	35.643	4.917	34.387
<b>Total líquidos</b>	<b>891.697</b>	<b>199.736</b>	<b>1.586.580</b>	<b>8.782.613</b>	<b>1.375.814</b>	<b>6.766.017</b>	<b>1.320.662</b>	<b>21.422.280</b>

Fuentes: ICA, 2005, Comercialización de fertilizantes 2002; ICA, 2006. Comercialización de fertilizantes 2003 / 2004; ICA, 2009. Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2008; ICA, 2010.

Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2009; ICA. 2012. Tabla No. 3 Producción y venta de fertilizantes y acondicionadores de suelos en Colombia por clase y fuente Año 2006; ICA. 2012. Tabla No. 3 Producción y venta de fertilizantes y acondicionadores de suelos en Colombia por clase y fuente Año 2007; Hurtado, 2012, Resumen estadísticas de fertilizantes años 2000 a 2010.

\* El dato de Total Sólidos para el año 2005 fue suministrado por la Dra. Sara Patricia Hurtado del ICA. Dirección de Proyectos. ICA.

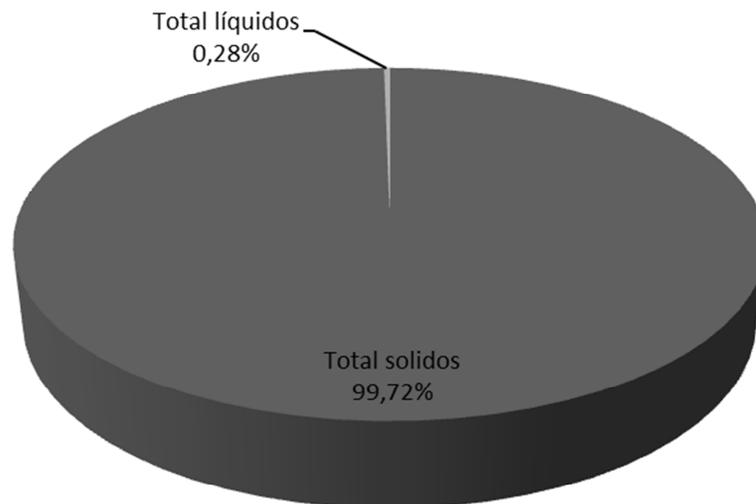
\* Espacios en blanco: información no disponible.

Al realizar un análisis de los datos en la Tabla 10, se puede concluir que no hay un consumo consistente a través de los años para las clases de compuestos NK, NP, PK y fertirriego e hidroponía a través de los años suministrados. Tras no encontrar datos reportados para compuestos NK del año 2002 al 2005, se tiene un consumo de 5.897 T.M. para el año 2006, aumentando su venta a 10.295 T.M. para el 2007, y terminando el 2009 con 14619 T.M., lo que significa una variación de 175% y 240% respectivamente. En el ítem siguiente, grados NP, se tiene un mínimo de 623 T.M. para el 2007 y para el año 2009 se reportan 63914 T.M. vendidas, lo que entrega una variación de 10259%. Los PK reportan un consumo de 397 T.M. en el año 2003, continuando el siguiente año a ventas de 3320 T.M., y prosiguiendo un 2006 con 6027 T.M., lo cual da oscilaciones del 836% y 1518% respectivamente, para sorprendentemente caer en el 2007 a 453 T.M.; lo que significa una reducción de 71.6% de lo comercializado. Fertirriego e hidroponía tiene su pico máximo en el año 2006 con 15567 T.M. y para el año siguiente 362 T.M., bajando un 97,7%. Dentro del grupo de los compuestos, la única referencia que no presenta variaciones abruptas son los NPK, los cuales tienen un aumento creciente entre el 2002 al 2007, cayendo en el 2008 y llegando a las 804815 T.M. para el año 2009, lo cual se presume es un comportamiento lógico.

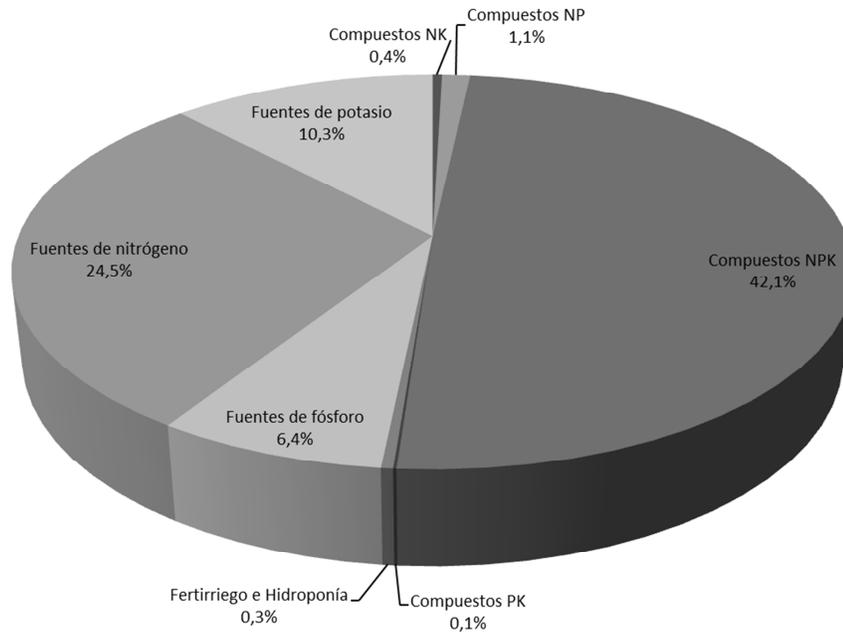
En el proceso de tabulación de los datos para obtener los totales de la tabla anterior, se encontró que en muchas de las categorías se repiten clases de fertilizantes como el DAP,

el cual, por ejemplo para los datos reportados para el año 2009 aparece en el ítem de los compuestos NP una vez y en las fuentes de fósforo dos veces seguidas. De la misma manera, es más confuso el hecho de tener tres datos totalmente diferentes del mismo grado de fertilizante para el mismo año, en el mismo reporte y en la misma tabla. En esta misma referencia, para el caso de las fuentes de nitrógeno, se reporta “N”, con dato en los fertilizantes sólidos y dos seguidas de “Nitrógeno” (a secas), en los fertilizantes líquidos. No se entiende el porqué de este hecho, más aun cuando no se varía por composición química del nitrógeno, o sea ureico o nitrato de amonio.

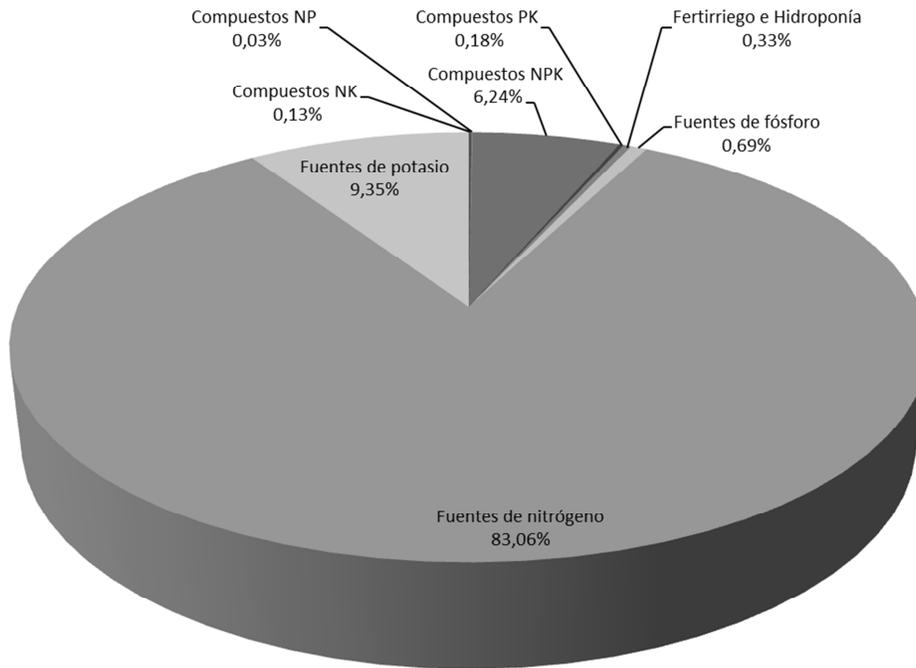
**Figura 7. Porcentaje de participación de las unidades comercializadas de fertilizantes sólidos y líquidos en el total comercializado en entre el año 2002 a 2009 en Colombia. Elaborado a partir de los datos de la tabla 10.**



**Figura 8. Porcentaje de participación de cada clase de fertilizantes sólidos en el total comercializado en entre el año 2002 a 2009 en Colombia. Elaborado a partir de los datos de la tabla 10.**



**Figura 9. Porcentaje de participación de cada clase de fertilizantes líquidos en el total comercializado en entre el año 2002 a 2009 en Colombia. Elaborado a partir de los datos de la tabla 10.**



En la Figura 7 se observa al comparar las unidades comercializadas de fertilizantes sólidos y líquidos, que más del 99% comercializado corresponde al primer grupo. Al cotejar las clases de fertilizantes sólidos, la Figura 8 muestra que la mayor participación corresponde a los fertilizantes NPK con un 42%, los cuales están manufacturados mediante mezclas químicas o físicas de materias primas de nitrógeno, fósforo y potasio. Los otros porcentajes de más peso son respectivamente las fuentes de N, K y P que juntas tienen una representación del 41,2%, aunque de estas el 60% representa las fuentes de nitrógeno. Los datos anteriores indican una fuerte tendencia por los agricultores a utilizar fertilizantes compuestos y fuentes de nitrógeno. La diferencia entre las fuentes de nitrógeno comercializadas contra las de potasio y fósforo, no indica una predilección por el agricultor a utilizar fuentes simples para la preparación de mezclas físicas en las fincas. En la Figura 9, la gran participación de las fuentes nitrogenadas puede estar explicada por la misma preferencia que tienen los agricultores por las fuentes nitrogenadas sólidas; tema discutido en el Capítulo 2.

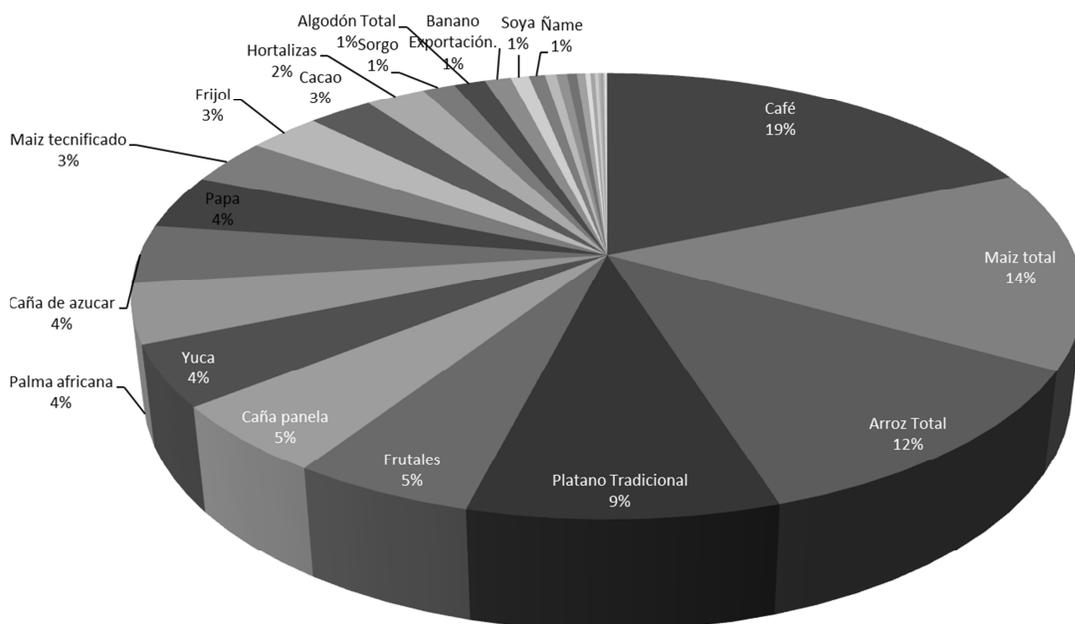
### **3.2 Áreas fertilizadas**

Con el fin de analizar qué porcentaje de área total puede estar explicando una mayor respuesta en el consumo de fertilizantes de los cultivos que se encuentran en las estadísticas, se realizó un promedio de las áreas reportadas por el Anuario del sector agropecuario y pesquero (MADR, 2009) entre los años 2002 a 2009, los cuales se muestran en las Tablas 11 y 12, y Figuras 10 y 11.

Tabla 11. Área promedio (ha) entre los años 2002 a 2009 de todos los cultivos reportados en el anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero de 2009 y su área total ocupada. Fuente (MADR, 2009).

Cultivo	Área promedio	Cultivo	Área promedio
Café	865.142	Banano Exportación	49.324
Maíz Total	669.113	Soya	34.599
Arroz Total	555.481	Ñame	30.332
Plátano Total	411.374	Fique	21.257
Frutales	241.963	Trigo	20.046
Caña Panela	234.427	Plátano Exportación	18.422
Yuca	205.911	Cocotero	16.018
Palma Africana	197.139	Tabaco Rubio	9.386
Caña de Azúcar	196.705	Arracacha	8.394
Papa	182.132	Caña Miel	6.639
Maíz Tecnificado	154.008	Tabaco Negro C.I.	4.492
Frijol	136.403	Ajonjolí	4.311
Cacao	120.804	Cebada	2.856
Hortalizas	111.578	Tabaco Negro Exportación	2.733
Sorgo	61.421	Maní	2.366
<b>Algodón total</b>	<b>58.743</b>	<b>Área total</b>	<b>4.633.519</b>

Figura 10. Porcentaje de Participación por cultivo en el área total de todos los cultivos reportados en la ENA. Elaborado a partir de los datos de la tabla 11.



Nota: Los cultivos que tienen una participación inferior al 1% no aparecen en la gráfica.

Tabla 12. Área promedio (ha) entre los años 2002 a 2009 de los cultivos que tienen practica de fertilización y su área total ocupada.

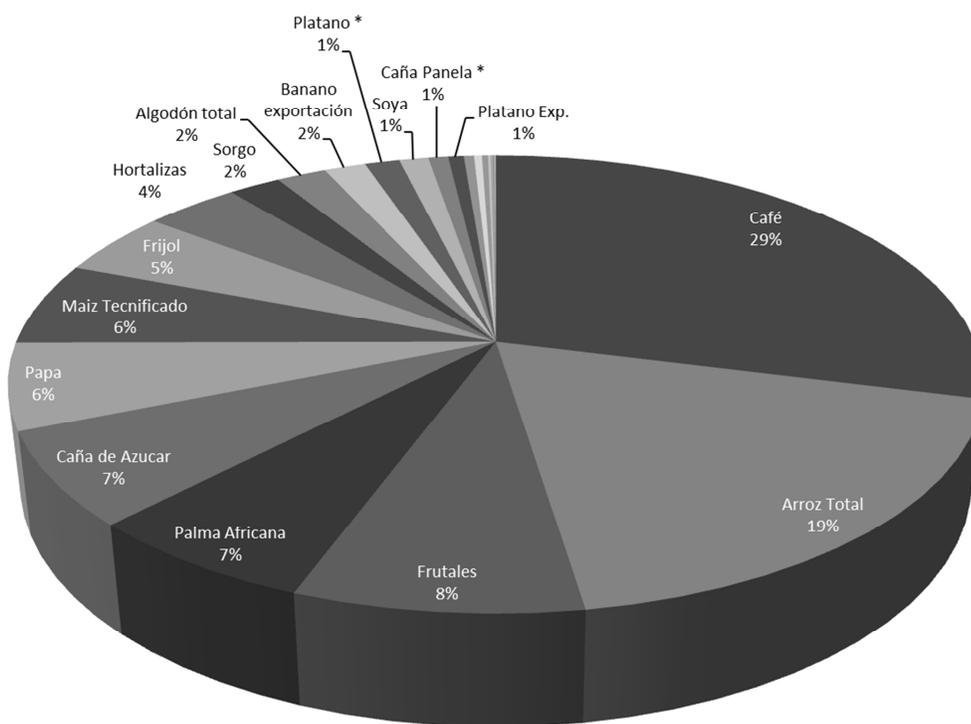
Cultivo	Área promedio	Cultivo	Área promedio
Algodón total	58.743	Ajonjolí *	431
Arroz Total	555.481	Cacao	12.080
Banano Exportación	49.324	Caña Miel *	664
Café	865.142	Caña Panela *	23.443
Caña de Azúcar	196.705	Cebada	2.856
Frijol	136.403	Flores **	7.200
Frutales	241.963	Plátano exportación	18.422
Hortalizas	111.578	Soya	34.599
Maíz Tecnificado	175.962	Tabaco negro C.I.	449
Palma Africana	197.139	Tabaco Negro Exportación.	2.733
Papa	182.132	Tabaco Rubio	9.386
Plátano *	41.137	Trigo *	2.005
Sorgo	61.421	<b>Suma</b>	<b>2.987.400</b>

Fuente: Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero de 2009 (MADR, 2009) y Metodología del censo de fincas productoras de flores bajo invernadero y a cielo abierto (DANE, 2011).

\* Se estima que el área fertilizada para este cultivo en Colombia es del 10%. (Datos del Autor).

\*\* Área de flores reportada por el DANE para los años 2004 y 2005.

Figura 11. Porcentaje de Participación de los cultivos que tienen practica de fertilización. Adaptado por el autor a partir de la Tabla 12. Elaborado a partir de los datos de la tabla 12.



Nota: Los cultivos que tienen una participación inferior al 1% no aparecen en la gráfica.

De la información anterior, se puede deducir que el área cultivada que podría tener practica de fertilización en Colombia se encuentra alrededor de las 2.974.870 ha, las cuales representan un 64 % del total cultivado en el territorio nacional. Igualmente es de anotar que los cultivos de café y arroz representan casi el 50% del área fertilizada para los años analizados.

### **3.3 Relación entre ventas de fertilizantes y producción**

Con el fin de buscar qué relación existe entre los rendimientos de los diferentes cultivos y las cantidades de fertilizante comercializado en todo el territorio Colombiano entre los años 2002 a 2009, se realizó con la ayuda del Progama R Core Team (2012), el ejercicio de comparar los aumentos de los rendimientos contra las ventas de cada clase de fertilizante para los mismos años en ambos datos. Es de suma importancia anotar que no hay manera de saber qué cantidad o clase de fertilizante se consumió por cada cultivo, ya que la información recolectada no tiene el nivel de detalle que se necesita para este análisis. Las Tablas 13 a 31 se encuentran organizadas de acuerdo a la participación en las ventas que tuvo cada clase de fertilizantes en el total comercializado de productos sólidos y líquidos. Es reconocido que algunos cultivos tienen un uso frecuente de algunos de estos tipos de fuentes, mientras que en otros es casi nulo. En cada clase se realizan los comentarios pertinentes a los resultados obtenidos en cada tabla. Los resultados se muestran a continuación.

### 3.3.1 Fertilizantes sólidos

**Tabla 13. Relación de las ventas de todos los fertilizantes sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Cebada, Palma Africana, Sorgo, Ajonjolí, Trigo.	9%
Nula	Algodón, Arroz, Caña de Azúcar, Frijol, Frutales, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa, Plátano Exportación, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Tabaco Rubio, Caña Panela, Plátano Tradicional.	59%
Inversa	Banano Exportación, Cacao, Café, Soya, Caña Miel.	32%

Dentro de los cultivos que marcan una relación positiva entre el aumento de su producción y unas mayores ventas del total de fertilizantes sólidos, el que más área aporta es la Palma de Aceite con un 7%. Las fuentes que más representatividad tienen en el consumo de este cultivo son las altas en Potasio, seguidas por las de nitrógeno y fósforo. El 59% del área que se cultiva en Colombia no presenta relación entre una mayor producción y mayores ventas de fertilizantes en donde por el contrario a iguales volúmenes de fertilizantes se reportan mayores rendimientos. Es notorio como café, que es el cultivo con mayor área fertilizada se encuentra dentro del grupo de cultivos en donde unas mayores producciones están relacionadas con menores ventas de fertilizantes.

**Tabla 14. Relación de las ventas de fertilizantes NPK sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Banano Exportación, Cacao, Frijol, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa, Ajonjolí, Plátano Tradicional, Trigo.	24%
Nula	Algodón, Arroz, Cebada, Frutales, Palma Africana, Plátano Exportación, Tabaco Negro Exportación.	36%

**Tabla 14. Continuación**

Inversa	Café, Caña de Azúcar, Sorgo, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Rubio, Caña Miel, Caña Panela,	40%
---------	--	-----

Los fertilizantes NPK, los cuales representan la clasificación de fertilizante sólido que más se comercializa en Colombia con una participación del 42%, tienen una relación positiva entre mayores productividades y mayores ventas en con el 24% del área cultivada en Colombia (Tabla 14). Los cultivos más representativos en esta clase de fertilizantes son papa, maíz tecnificado, frijol y banano de exportación, los cuales representan un área conjunta del 19% y en donde es de uso frecuente los fertilizantes de esta clase. Nuevamente café y adicionalmente caña de azúcar, que conjuntamente representan un 36% del área fertilizada muestran una relación negativa. El cultivo de café tiene un uso intensivo de fertilizantes compuestos NPK, tanto de manufactura por mezclas químicas como físicas.

**Tabla 15. Relación de las ventas de fuentes sólidas de nitrógeno + fósforo + potasio y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Algodón, Cacao, Café, Soya, Tabaco Rubio.	33%
Nula	Arroz, Banano Exportación, Cebada, Frijol, Frutales, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa, Plátano Exportación, Sorgo, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Ajonjolí, Caña Panela, Plátano Tradicional, Trigo.	54%
Inversa	Caña de Azúcar, Palma Africana, Caña Miel.	13%

Este estimado se realizó bajo la premisa de que las fuentes nitrogenadas, fosfóricas y potásicas se utilizan como fertilizantes simples, los cuales son comprados para ser utilizados en la preparación de mezclas físicas en los mismos predios de los agricultores.

En conjunto estas fuentes representan el 41% de las ventas. Para la combinación de estas tres fuentes se marca una tendencia a una mayor producción para el 33% del área, en donde el café aparece como mayor aportante en el porcentaje, aunque no es de uso frecuente por parte de estos agricultores la preparación de sus fertilizantes en finca. El 54% del área fertilizada muestra que los rendimientos aumentaron con iguales cantidades de fertilizantes puestas es el mercado. La caña de azúcar, cultivo que tiene un uso frecuente de fuentes simples, se encuentra dentro del grupo que muestra que a mayores producciones hubo menores ventas de productos.

**Tabla 16. Relación de las ventas de fuentes de nitrógeno sólidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Café, Caña de Azúcar, Cebada, Sorgo, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Rubio, Caña Panela, Trigo.	40%
Nula	Arroz, Frutales, Hortalizas, Palma Africana, Papa, Plátano Exportación, Caña Miel, Plátano Tradicional.	45%
Inversa	Algodón, Banano Exportación, Cacao, Fríjol, Maíz Tecnificado, Tabaco negro Exportación, Ajonjolí.	15%

Aunque el 45% del área muestra que los rendimientos aumentaron sin tener variación en las ventas de fertilizantes, es notorio como el 40% del área tuvo relación positiva entre los rendimientos y unas mayores unidades de fertilizantes puestas en el mercado para esta clase de fertilizante que muestra una participación del 24,5% en las ventas. Los cultivos que más aportan a esta relación de tendencia al alza son el café, la caña de azúcar y sorgo. En ambos cultivos es de uso frecuente la urea o el sulfato de amonio, fertilizantes que se encuentra en el grupo descrito. Cultivos como el arroz y la palma africana usan con frecuencia esta clase de fertilizantes, pero no muestran un mayor

rendimiento. Otros como algodón, banano de exportación y maíz tecnificado muestran una relación de disminución en las ventas de estos fertilizantes contra mayores rendimientos en los cultivos.

**Tabla 17. Relación de las ventas fuentes de potasio sólidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Algodón, Café, Frutales, Maíz Tecnificado, Sorgo, Ajonjolí, Trigo.	47%
Nula	Arroz, Banano Exportación, Cacao, Cebada, Frijol, Hortalizas, Palma Africana, Papa, Plátano Exportación, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Tabaco Rubio, Caña Panela, Plátano Tradicional.	46%
Inversa	Caña de Azúcar, Caña Miel.	7%

En este caso la relación al alza lleva la mayor área para estos fertilizantes que contribuyen al 10,3% de las ventas (Ilustración 8). Los cultivos que más aportan a la sumatoria son café, frutales y maíz tecnificado. Para el caso del café y los frutales no es de uso masivo la compra de fertilizantes como KCl, Sulpomag o Sulfato de Potasio para la preparación de fertilizantes en finca o aplicación directa a campo. Caso contrario del maíz tecnificado, en donde sí se usa la compra de KCl para combinarlo con fertilizantes como Urea o DAP para las fertilizaciones. El grupo de cultivos que muestran mayores producciones a iguales ventas de fertilizantes se encuentran los campos de arroz, banano de exportación, palma africana y plátano de exportación en donde es de uso frecuente esta clase de fertilizantes, ya sea para la aplicación directa a campo o la combinación para la preparación de mezclas físicas en finca. Por último se encuentra la caña de azúcar, que está ubicado en el grupo de cultivos que muestra una relación de

menores ventas de fuentes potásicas a mayores rendimientos de la plantación, aunque este cultivo es un alto consumidor de este tipo de fertilizantes.

**Tabla 18. Relación de las ventas de fuentes de fósforo sólidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

<b>Relación</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Área Ocupada</b>
Directa	Café, Caña de Azúcar, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Tabaco Rubio, Caña Panelera, Trigo.	45%
Nula	Algodón, Arroz, Frutales, Hortalizas, Maíz tecnificado, Plátano Exportación, Tabaco negro C.I., Ajonjolí, Caña Miel, Plátano Tradicional.	40%
Inversa	Banano exportación, Cacao, Fríjol, Papa, Soya, Tabaco Negro Exportación.	15%

Nuevamente la relación al alza representa la mayor área acumulada para este fertilizante que representa el 6,4% de la participación (Ilustración 8). Los cultivos que mayor área aportan son café, caña de azúcar y palma africana, en los cuales hay un consumo importante de DAP para las etapas iniciales, fertilizante que se encuentra en esta clasificación. Arroz, algodón y maíz tecnificado, que tienen un uso frecuente de estas fuentes, no se muestra unas mayores ventas nacionales de estos fertilizantes contra mayores rendimientos de las respectivas plantaciones. Cultivos como papa y fríjol que tradicionalmente tienen un alto consumo de este elemento presentaron tendencias a la baja, aunque no es de uso masivo comprar fuentes simples para aplicación directa o preparación de mezclas físicas en finca.

**Tabla 19. Relación de las ventas de fertilizantes compuestos NP sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Banano Exportación, Cacao, Fríjol, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa, Tabaco Negro Exportación.	22%
Nula	Algodón, Arroz, Caña de Azúcar, Frutales, Plátano Exportación, Soya, Tabaco Negro C.I., Ajonjolí, Caña Miel, Plátano Tradicional.	38%
Inversa	Café, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Tabaco Rubio, Caña Panela, Trigo.	39%

Para esta clase de fertilizantes que representan el 1,1% de las ventas, los cultivos que presentan una relación al alza y que presenta un consumo de DAP o MAP se encontraría el Maíz tecnificado y en menor cantidad banano de exportación. Otros cultivos como el fríjol y la papa, que como se menciona en el grupo anterior es frecuente el uso de fertilizantes fosfóricos, no es frecuente el uso de este tipo de fuentes simples.

**Tabla 20. Relación de las ventas de fertilizantes compuestos NK sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada.
Directa	Banano Exportación, Cacao, Caña de Azúcar, Fríjol, Papa, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación.	21%
Nula	Algodón, Arroz, Frutales, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Plátano de Exportación, Tabaco Rubio, Caña Miel, Caña Panela.	40%
Inversa	Café, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Ajonjolí, Plátano tradicional, Trigo.	39%

Esta clase de fertilizante que participa con el 0,4%, se usa frecuente en cultivos como banano y caña de azúcar los cuales se encuentran en el grupo que muestra una relación al alza. Otros cultivos importantes en este grupo son el frijol y la papa, que podrían tener

un consumo importante de fertilizantes de mezcla química ó física en grados relacionados con contenidos de nitrógeno y potasio. Un tipo de fertilizante que se incluye en esta clasificación es el nitrato de potasio, fuente de uso frecuente en aplicaciones foliares en casi todos los cultivos en mención.

**Tabla 21. Relación de las ventas de fertilizantes de fertirriego e hidroponía sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Café, Caña de Azúcar, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Tabaco Rubio, Trigo.	45%
Nula	Arroz, Frutales, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa, Plátano Exportación, Tabaco negro C.I., Tabaco negro Exportación, Ajonjolí, Caña Miel, Caña Panela, Plátano Tradicional.	45%
Inversa	Algodón, Banano Exportación, Cacao, Fríjol, Soya.	10%

De los cultivos que se citan en la lista, los que tendrían un consumo alto de esta clase de fuentes serian algunas áreas de frutales, hortalizas y banano de exportación. Las dos primeras plantaciones se encuentran en el grupo en donde unos mayores rendimientos se correlacionan con iguales ventas de fertilizantes, y el último se encuentra en el grupo de relación a la baja. Este tipo de fertilizantes representa el 0,3% de la participación.

**Tabla 22. Relación de las ventas de fertilizantes PK sólidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Café, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Ajonjolí, Trigo.	38%
Nula	Algodón, Arroz, Caña de Azúcar, Fríjol, Frutales, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa, Plátano Exportación, Tabaco Rubio, Caña Miel, Caña Panela, Plátano Tradicional.	59%

**Tabla 22. Continuación.**

Inversa	Banano Exportación, Cacao, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación.	3%
---------	--	----

Los fertilizantes que conforman este grupo son materiales que se usan en mayor frecuencia para fertirrigación, tales como los fosfatos di potásico y mono potásico, y ninguno de los cultivos que se encuentra dentro de la relación positiva tienen esta práctica de aplicación de fertilizantes. Cultivos como la palma africana y café que tienen un consumo alto de fuentes potásicas, no clasificarían como cultivos que usen estos fertilizantes, ya que el alto costo de los mismos hace su uso económicamente inviable en las metodologías de aplicación que se usan en estas plantaciones. Cultivos que puedan tener un uso frecuente de estas fuentes serían las áreas de fertirriego de banano de exportación, frutales y hortalizas los cuales se encuentran en los grupos de cultivos que no muestran mayores ventas de fertilizantes a mayores rendimientos reportados.

### 3.3.2 Fertilizantes líquidos

Los fertilizantes líquidos son usados en su gran mayoría como fertilizantes foliares, los cuales tienen uso intensivo generalmente en cultivos que tienen altas aplicaciones de pesticidas, ya que algunos de estos productos no tienen problemas al mezclarlos con estos insumos. Solo algunas excepciones como algunas hortalizas, caña de azúcar y banano de exportación utilizan estas fuentes en aplicación edáfica. Otro cultivo que tiene un uso frecuente de este tipo de fertilizantes en uso edáfico son las flores bajo cobertizo, pero este no se encuentra reportado en la información consultada en las fuentes estatales.

**Tabla 23. Relación de las ventas de todas las fuentes de fertilizantes líquidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Banano Exportación, Cacao, Frijol, Hortalizas, Papa, Ajonjolí.	16%
Nula	Algodón, Arroz, Caña de Azúcar, Frutales, Maíz Tecnificado, Plátano Exportación, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Tabaco Rubio, Caña Miel, Caña Panela, plátano Tradicional.	46%
Inversa	Café, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Trigo.	38%

Al relacionar las ventas de todas las fuentes líquidas con los rendimientos, se encuentra que dentro de los cultivos que tienen un uso frecuente como fertilizante edáfico se encuentran el banano de exportación y las hortalizas. El tercer cultivo que es la caña de azúcar no muestra una relación de mayores ventas de productos contra unos mayores rendimientos del cultivo. La papa, cultivo que se encuentra en el grupo que muestra relación al alza, tiene un uso intensivo de fertilizantes foliares.

**Tabla 24. Relación de las ventas de fertilizantes de las fuentes de nitrógeno líquidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Banano Exportación, Cacao, Fríjol, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa, Ajonjolí.	22%
Nula	Arroz, Caña de Azúcar, Frutales, Plátano Exportación, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Tabaco Rubio, Caña Miel, Caña Panela, Plátano Tradicional.	38%
Inversa	Algodón, Café, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Trigo.	40%

Al analizar el tipo de fertilizante que más se comercializa dentro del grupo de fertilizantes líquidos con un 83% de participación (Ilustración 9), se encuentran de nuevo cultivos

como el banano y las hortalizas. Así mismo, la caña de azúcar se encuentra en el grupo de cultivos que no muestran relación al alza para las ventas de este producto a mayores rendimientos del cultivo. Igual que en el caso de las ventas del total de productos líquidos, repiten para el caso de fertilizantes foliares cultivos como banano de exportación, fríjol y hortalizas.

**Tabla 25. Relación de las ventas de fuentes de potasio líquidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

<b>Relación</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Área Ocupada</b>
Directa	Café, Caña de Azúcar, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Tabaco Rubio, Caña Miel, Trigo.	45%
Nula	Algodón, Arroz, Frutales, Maíz Tecnificado, Papa, Plátano Exportación, Soya, Tabaco Negro C.I., Ajonjolí, Caña Panela, Plátano Tradicional.	45%
Inversa	Banano Exportación, Cacao, Fríjol, Hortalizas, Tabaco Negro Exportación.	10%

Las fuentes de potasio, que serían las segundas en participación en este ítem con un 9% (Figura 9), tienen una tendencia al alza en el cultivo de caña de azúcar para el caso de las aplicaciones edáficas. Para el caso de los foliares, algunos cafeteros usan fuentes potásicas como suplemento a la fertilización edáfica. Se observa como cultivos como banano de exportación, fríjol y hortalizas muestran una relación de menores ventas de estos productos a mayores rendimientos del cultivo.

**Tabla 26. Relación de las ventas de fertilizantes NPK líquidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Algodón, Cacao, Café, Maíz Tecnificado, Ajonjolí, Trigo.	37%
Nula	Arroz, Banano Exportación, Cebada, Fríjol, Frutales, Hortalizas, Palma Africana, Papa, Plátano Exportación, Sorgo, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Caña Panela, Plátano Tradicional.	55%
Inversa	Caña de Azúcar, Soya, Tabaco Rubio, Caña Miel.	8%

El cultivo del algodón, el cual tiene un uso frecuente de pesticidas, presenta relación al alza para esta clase fertilizantes. Otros cultivos como arroz, banano de exportación, fríjol, y hortalizas no mostraron respuesta a mayores rendimientos. Caña de azúcar se encuentra en el grupo de cultivos en donde las ventas disminuyen a mayores rendimientos.

**Tabla 27. Relación de las ventas de fuentes de fósforo líquidas y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Banano Exportación, Cacao, Frijol, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa.	22%
Nula	Arroz, Caña de Azúcar, Frutales, Plátano Exportación, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Ajonjolí, Caña Miel, Caña Panela, Plátano Tradicional.	37%
Inversa	Algodón, Café, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Tabaco Rubio, Trigo.	40%

Banano de exportación, frijol, hortalizas y papa se encuentran en los cultivos que muestran respuesta al alza para esta clase de fertilizante que representa el 0,69% de las

ventas. Como ya se mencionó anteriormente, cultivos como frijol y papa tiene uso frecuente de fertilizantes fosfóricos en su producción.

**Tabla 28. Relación de las ventas de fertilizantes de fertirriego e hidroponía líquidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

<b>Relación</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Área Ocupada</b>
Directa	Café, Caña de Azúcar, Cebada, Palma Africana, Sorgo, Ajonjolí, Trigo.	44%
Nula	Arroz, Frijol, Frutales, Hortalizas, Maíz Tecnificado, Papa, Plátano Exportación, Caña Miel, Caña Panela, Plátano Tradicional,	50%
Inversa	Algodón, Banano Exportación, Cacao, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Tabaco Rubio.	6%

Dentro de los cultivos que muestran una tendencia al alza en la Tabla 28 no se ubican cultivos de los cuales se tenga conocimiento que puedan tener uso frecuente de estas fuentes, las cuales representan el 0,33% de las ventas (Ilustración 9).

**Tabla 29. Relación de las ventas de fertilizantes NK líquidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

<b>Relación</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Área Ocupada</b>
Directa	Algodón, Café, Cebada, Maíz Tecnificado, Sorgo, Ajonjolí, Caña Panela, Trigo.	40%
Nula	Arroz, Cacao, Fríjol, Frutales, Hortalizas, Palma Africana, Papa, Plátano Exportación, Soya, Tabaco Negro C.I., Tabaco Negro Exportación, Tabaco Rubio, Plátano Tradicional.	52%
Inversa	Banano Exportación, Caña de Azúcar, Caña Miel.	8%

El algodón es el único cultivo que se ubica dentro de los que pueden tener uso frecuente de estas fuentes que representan el 0,13% de las ventas (Ilustración 9).

**Tabla 30. Relación de las ventas de fertilizantes NP líquidos y la producción de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Relación	Cultivo	Área Ocupada
Directa	Banano Exportación, Cacao, Caña de Azúcar, Hortalizas, Papa, Soya, Tabaco negro C.I., Ajonjolí, Trigo.	20%
Nula	Cebada, Fríjol, Frutales, Maíz Tecnificado, plátano Exportación, Tabaco Negro Exportación, Tabaco Rubio, Caña Miel, Caña Panela, Plátano.	22%
Inversa	Algodón, Arroz, Café, Palma Africana, Sorgo, Ajonjolí, Trigo.	58%

Banano de exportación, caña de azúcar, hortalizas, y papa son los cultivos que muestran respuesta positiva para esta clase de fertilizante que representa el 0,03% de las ventas totales de fertilizantes líquidos.

### 3.3.3 Requerimientos según las necesidades

Con el fin de estimar cuales son los requerimientos de fertilizantes en Colombia, se calcularon las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio de los cultivos reportados en la Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero de 2009. Dicho cálculo se realizó mediante una regla de tres simple directa, buscando una proporcionalidad entre las extracciones reportadas en la Tabla 4 para cada cultivo a determinadas producciones,

con el rendimiento del mismo cultivo según la Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero de 2009. Luego de tener los datos para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O se sumaron los totales. Es sabido que para tener datos más precisos sobre requerimientos nutricionales de acuerdo a la producción se deben utilizar curvas de extracción de nutrientes para cada cultivo, pero se omite el uso de esta herramienta ya que el objetivo del cálculo es determinar de una manera somera cual es el estimado del requerimiento de la totalidad de cultivos reportados por los entes estatales. La información se encuentra reportada en la Tabla 31.

**Tabla 31. Necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio de los cultivos en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Elemento Nutricional	Año							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	T							
<b>N</b>	212.575	222.260	236.423	223.625	221.404	225.721	224.295	220.870
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	82.047	86.052	92.269	87.303	87.094	88.180	88.699	87.228
<b>K<sub>2</sub>O</b>	252.715	263.837	278.798	265.627	264.308	268.319	268.358	264.390

Con base en los datos anteriores se calcularon las cantidades de Urea, DAP y KCl necesarias para cubrir dichos requerimientos, sin tener en cuenta la eficiencia de dicho fertilizante. Se anota que se usan estas tres fuentes por efectos prácticos para realizar el cálculo, pero se aclara que en Colombia se usan extensivamente otras fuentes para aportar nitrógeno, fósforo y potasio. Los datos se reportan en la Tabla 32.

**Tabla 32. Cantidad de Urea, DAP y KCl necesarios para cubrir las necesidades de N, P, K de los cultivos en Colombia sin contar con la eficiencia del fertilizante.**

Fertilizante	Año							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	T							
<b>Urea</b>	430.014	449.502	477.857	451.979	447.232	456.193	452.889	446.019
<b>DAP</b>	178.362	187.070	200.586	189.789	189.334	191.697	192.825	189.627
<b>KCL</b>	421.192	439.729	464.663	442.712	440.513	447.198	447.263	440.651
<b>TOTAL</b>	<b>1.029.569</b>	<b>1.076.301</b>	<b>1.143.106</b>	<b>1.084.480</b>	<b>1.077.079</b>	<b>1.095.088</b>	<b>1.092.976</b>	<b>1.076.296</b>

En la Tabla 33 se calculó la cantidad de fertilizante teniendo en cuenta la eficiencia de cada elemento nutricional. Se trabajó con los valores de 50% para el nitrógeno, 25% para el fósforo y 70% para el potasio, según lo reportado por Prasad y Datta (1979), González (1973), Bermejo (1980) y Chirinos (1999).

**Tabla 33. Cantidad de Urea, DAP y KCl necesarios para cubrir las necesidades de N, P y K de los cultivos en Colombia, contando con la eficiencia de cada fertilizante. (Datos generados por el autor).**

Fertilizante	Año							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	T							
<b>Urea</b>	860.029	899.004	955.715	903.959	894.465	912.385	905.778	892.037
<b>DAP</b>	713.449	748.279	802.342	759.154	757.335	766.787	771.298	758.508
<b>KCL</b>	601.703	628.184	663.804	632.446	629.304	638.855	638.947	629.501
<b>TOTAL</b>	<b>2.175.182</b>	<b>2.275.468</b>	<b>2.421.861</b>	<b>2.295.559</b>	<b>2.281.104</b>	<b>2.318.027</b>	<b>2.316.023</b>	<b>2.280.047</b>

Como se observa en la tabla anterior, según los cálculos realizados, las necesidades para cubrir los requerimientos de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O de los cultivos en Colombia, podría estar cercano a unos 2.3 millones de toneladas anuales, asumiendo que todo ello solo estuviera compuesto por Urea, DAP y KCl.

Comparando este estimado con las ventas de fertilizantes reportadas por el ICA, se observa que la diferencia sería de alrededor de 500.000 T.M. Se asume que la explicación de esta diferencia está dada por: 1. La práctica de fertilización en Colombia no es extensiva en todos los cultivos reportados, y aquí se hace un estimado como si lo fuera, 2. Como se mencionó en el capítulo anterior, la eficiencia de la fertilización es dependiente de múltiples factores, lo cual hace muy imprecisa la determinación de X requerimientos para obtener X producciones, 3. Las necesidades nutricionales de los

cultivos varían ampliamente de acuerdo a la producción esperada u obtenida, 4. Fertilizantes como la Urea tienen usos industriales, 5. Es conocido que en algunas zonas del país las producciones de ganado de carne y leche, así como plantaciones forestales tienen práctica de fertilización, y estos cultivos no se encuentran reportados en la información del Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero de 2009 como tales.

Desafortunadamente la calidad de la información suministra por los entes estatales no permite tener un examen más detallado, y así poder comparar las unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O requeridas por los cultivos con las comercializadas en el país mediante los fertilizantes.

**Tabla 34. Consumo de fertilizante por ha de tierra utilizada en cultivos anuales y perenes en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Año							
2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009
<b>Total Hectáreas Cultivos</b>							
3.726.904	3.846.147	4.028.464	3.993.869	3.905.564	3.994.152	3.893.679	3.967.594
<b>Total de kilogramos comercializados como fertilizante sólido</b>							
1.238.569.541	1.598.610.103	1.482.243.192	1.777.116.466	1.520.993.999	1.720.405.349	1.220.728.382	1.419.803.690
<b>kg/ha en Colombia</b>							
332	416	368	445	389	431	314	358

Según lo reportado en la Tabla 34, el consumo promedio de fertilizante en entre los años 2002 a 2009 por las producciones agrícolas en Colombia, que en área representan el 7% del territorio Nacional, fue en promedio de 382 kg/ha. Si se calcula el consumo de fertilizante por hectárea (kg/ha) de superficie agrícola en Colombia, sumando las tierras dedicadas a cultivos semestrales, anuales, ganadería y forestales, lo cual representa el 44% del área del país, este mismo uso sería de 29,5 kg/ha.

Si para efectos de comparación, se asume que las unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O o su combinación representan el 50% del peso en los fertilizantes simples que las portan, se tiene que el consumo en Colombia sería de 191 kg/ha, contando con el área de las producciones agrícolas reportadas por el Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero (MADR, 2009), y de 15 kg/ha, refiriéndose al área destinada a toda la producción agropecuaria Nacional reportada en el ENA (MADR, DANE, CCI, 2010).

Si se contrastan los datos anteriores con los consumos reportados en países como Brasil, México, Cuba y Argentina, los cuales fueron respectivamente 106, 59, 37, 24 Kg NPK / ha, entre los años 2000 a 2002 tal como se muestra en la Tabla 35, se observa que cotejando solamente con la producción agrícola, Colombia tendría un promedio muy elevado, pero si totalizamos el área destinada a la producción agropecuaria y forestal se tiene en un valor muy inferior al de Argentina y Cuba, quienes para el primer país, poseen suelos con un nivel alto de fertilidad natural y no necesitan un suministro alto de nutrientes, y para el segundo, un bloqueo económico, por lo cual el suministro de fertilizantes es bastante limitado. El asunto de Colombia no es comparable con ninguna de estas dos naciones ya que no cuenta con ninguno de los dos casos en el territorio. Si se hace esta misma comparación con Brasil, que se puede afirmar tienen unas condiciones ambientales, edáficas, y de acceso a fertilizantes muy parecidas a las de Colombia, se puede concluir que el nivel de consumo de fertilizantes en Colombia es bastante bajo.

Con el fin de tener un referente de comparación para Colombia, a continuación se adjuntan datos de consumo de fertilizante en varios países a nivel mundial (Tabla 35).

Tabla 35. Consumo de fertilizante en varios países, 2000 - 2002.

País	N + P2O5 + K2O	Arable + Cultivos permanentes	NPK/ha	Población	NPK/persona
	(1000)	(millones de ha)	(kg)	(millones)	(kg)
Taiwán	468	0,9	547	30	16
Egipto	1.279	3,3	383	71	18
Malasia	1.183	7,6	156	24	49
Uzbekistán	723	4,8	150	26	28
Pakistán	2.957	22,1	134	150	20
Polonia	1.557	14,3	109	39	40
Brasil	7.029	66,1	106	176	40
República Popular Democrática de Corea	268	2,7	99	23	12
India	16.723	170,0	98	1.050	16
Indonesia	2.768	33,6	82	217	13
República Islámica de Irán	1.337	16,7	80	68	20
República Árabe Siria	329	5,4	61	17	19
México	1.603	27,3	59	102	16
Sudáfrica	823	15,7	52	45	18
Zimbabue	143	3,4	43	13	11
Marruecos	376	9,4	40	30	13
Cuba	153	4,1	37	11	14
Argentina	822	34,9	24	38	22
Ucrania	501	33,5	15	49	10
Algeria	99	8,2	12	31	3
Ghana	25	6,2	4	21	1
Sudán	65	16,7	4	33	2

Tomado de Fertilizer use by crop (FAO, 2006, pág. 43)

Continuando con el paralelo entre Colombia y la información suministrada en la Tabla 35, a continuación se presenta la Tabla 36, donde se calcula el consumo de fertilizante por persona en Colombia entre los años 2002 a 2009. Los datos de población se toman según datos del Banco Mundial (Banco Mundial, 2014).

**Tabla 36. Consumo de fertilizante por persona en Colombia durante los años 2002 a 2009.**

Año							
2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009
<b>Total de kilogramos comercializados como fertilizante sólido</b>							
1.238.569.541	1.598.610.103	1.482.243.192	1.777.116.466	1.520.993.999	1.720.405.349	1.220.728.382	1.419.803.690
<b>Millones de personas en Colombia</b>							
41.078.100	41.731.900	42.385.700	43.040.600	43.696.500	44.352.300	45.005.800	45.654.000
<b>kg / Persona</b>							
30	38	35	41	35	39	27	31

Los datos enseñan que en Colombia tuvo un consumo promedio de 35 Kg de fertilizante por persona entre los años 2002 a 2009. Igual que en el estimado anterior, contando con un 50% de peso en el fertilizante para las unidades de  $N + P_2O_5 + K_2O$ , se tendría un consumo promedio de 17 Kg / Persona, valores parecidos a países como Taiwán, Egipto, India, Siria, México, y Sur África. Según Silva (2010), “el consumo de fertilizantes es un indicador de intensificación y desarrollo agrícola”.



## 4 Discusión General

La información consultada muestra que en los años analizados las áreas de cultivos transitorios tienen una constante disminución. Generalmente los cultivos transitorios son usados por pequeños agricultores, ya que el retorno de la inversión es mucho más rápida que en los cultivos perennes. En las zonas minifundistas, ante las dificultades que puedan tener los agricultores para acceder al crédito ante la banca, el sostenimiento de estas carteras son realizadas por los distribuidores de los insumos, quienes en muchas ocasiones sostienen el crédito hasta llegar a cosecha. Una consecuencia de ello es que el productor queda limitado a la oferta del distribuidor. Otra característica de este tipo de productores es que carecen de asistencia técnica. Generalmente, el agricultor ve el pago de un profesional del agro como algo suntuario, y en los casos en donde existe, es realizada por el servicio técnico del proveedor de los diferentes insumos, en donde la ética profesional es la única garantía que tiene el agricultor de que las recomendaciones dadas por el técnico sean lo que realmente se necesita.

Ante un mundo en constante globalización, un factor indispensable para la sobrevivencia económica es la optimización de recursos y la adaptación de tecnología que garanticen la mayor eficiencia de cualquier proceso. Sin la adaptación por parte del agricultor de asistencia técnica profesional, la única opción para ser sostenible en el futuro sería con subvenciones. Los entes municipales prestan servicios técnicos a través de las

secretarías de agricultura, pero al parecer su radio de acción no alcanza a ser suficiente. Por el contrario, los cultivos perennes industrializados generalmente incluyen en los costos de producción la asesoría o contratación de asesores técnicos, lo cual caracteriza estas producciones por tener un manejo más tecnificado y optimizador de recursos.

Los fertilizantes variaran su costo en la participación de los diferentes cultivos dependiendo del costo del insumo en si o del uso eficiente y técnico del mismo. De esta manera, si una misma unidad de fertilizante puede hacer más productiva la explotación agrícola, el costo del insumo se diluirá.

Otro punto indispensable para hacer eficiente el uso de insumos es la constante investigación en extracciones, fuentes, dosis y épocas de aplicación para cada uno los diferentes cultivos que se encuentran a lo largo y ancho del territorio. A pesar de la diversidad de cultivos que se puedan encontrar en la geografía nacional, es escasa la información actualizada en los ítems mencionados. La información actualizada disponible originada para cultivos en Colombia coincide con el nivel de agremiación que tenga el mismo: café, palma, banano, caña de azúcar, arroz y papa. Los otros cultivos tienen muy escasa información técnica que pueda servir como guía para técnicos y agricultores. Toda la información generada debe ir acompañada de un efectivo plan de extensión el cual convendría hacerse a través de UMATAS, Secretarías de Agricultura y Sector Privado vinculado con los fertilizantes.

Las estadísticas de producciones y áreas se queda corta al reflejar la diversidad de cultivos que se manejan en la gran multiplicidad de zonas de vida del país. Colombia tiene alrededor de 39 millones de hectáreas destinadas a la producción ganadera (MADR, DANE, CCI, 2010) y los forrajes que se emplean a la alimentación del mismo no

aparecen discriminados en ninguna de las estadísticas consultadas. Así mismo existen frutales con producciones tan variables como la fresa hasta arboles como el mango y todos se agrupan en un mismo ítem. Lo mismo ocurre con un tubérculo como la zanahoria y una leguminosa como la arveja.

Con respecto a la producción de fertilizantes, Colombia tiene los recursos para la producción de urea y nitrato de amonio, habiendo una sola empresa productora de nitrato de amonio, pero su capacidad instalada es mínima. Otras industrias han tratado de emprender proyectos de producción de urea sin éxito, esto debido al costo interno del gas metano. En el caso del fósforo, las rocas fosfóricas nacionales se utilizan como enmiendas pero sus características impiden la transformación en materiales más solubles y disponibles en corto plazo. Para el potasio, la transformación de los minerales que se encuentran en el territorio no es económicamente viable para competir con la importación de los insumos comúnmente utilizados.

Aunque el nitrógeno es uno de los tres elementos más limitantes en la producción agropecuaria, técnicamente las unidades comercializadas de este producto no deberían ser tan desproporcionadas con respecto a las de KCl, que es el portador de mayor concentración de otro elemento igual de limitante como lo es el potasio. La urea es preferida por la mayoría de los agricultores no tecnificados gracias a su economía en relación a la unidad de nutriente, además de su efecto cosmético. La desproporción de las unidades que se comercializan de urea en Colombia puede estar dando una idea de la carencia de criterio técnico de muchos de los agricultores al usar los fertilizantes.

Las estadísticas que reportan el consumo de fertilizantes nacionales no permiten realizar un análisis de consumo de al menos los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio, y sin ello es difícil estimar si las necesidades que tienen los diferentes cultivos para cubrir sus requerimientos de producción estándar están siendo realmente satisfechos. Por otra parte, los datos reportados en la información publicada por los entes estatales no son consistentes a través de los años, lo cual le resta confiabilidad.

Siendo el fertilizante uno de los principales insumos que garantiza la productividad de los diferentes cultivos, según el análisis de la información solo apenas un poco más de la mitad de los diferentes plantaciones realiza realmente la práctica.

Aunque la comparación realizada mediante el programa R Core Team (2012) muestra en mayor porcentaje que los años de mayores ventas de fertilizantes no significaron mayores índices de producción, si se deduce que han servido para mantener la productividad de los diferentes cultivos en cuestión.

Queda claro que según los requerimientos de los cultivos encontrados en la literatura, las unidades de fertilizante que se ponen en el país no son suficientes para garantizar los mínimos de producción, lo que significa que algunos cultivos están produciendo lo mínimo con el subsecuente agotamiento del suelo en donde se encuentran.

Para el año 2014 se contara con los resultados del censo nacional agropecuario, el cual no se realiza hace 40 años. Estos resultados serán de gran utilidad para determinar políticas agrarias y entregar información actualizada.

## 5 Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- De los 32 cultivos reportados, solo 12 aumentaron sus rendimientos en los años evaluados. Las áreas de los cultivos transitorios disminuyeron entre 2002 y 2008, presentando una leve recuperación en el rendimiento para 2009. Es posible que estos últimos cultivos sean más propensos al constante deterioro de las condiciones físicas de los suelos y a una incertidumbre de precios de compra de cosecha, lo cual los hace más susceptibles a reducir sus áreas de siembra. Del total de cultivos se estima que 17 tienen como práctica la adición de fertilizantes, 5 de ellos en algunos casos y 10 es desconocida. En el caso de los cultivos fertilizados, los agricultores de Colombia siguen prefiriendo usar la urea y los fertilizantes compuestos (NPK) frente a los simples que vienen solo con uno o dos nutrientes. Para los cultivos en donde la fertilización es escasa o nula, es posible que no se estén garantizando dosis suficientes de NPK asegurar un buen nivel de productividad. Se estima que en entre el 2002 y el 2009 el área fertilizada estuvo alrededor de unas 2.987.400 hectáreas. Aunque en Colombia se comercializaron entre 1.2 y 1.7 millones de toneladas de fertilizantes entre los años 2002 a 2009, el requerimiento para cubrir los mínimos de producción sería de unas 2,2 millones de toneladas. Del mismo modo, las bajas eficiencias de los fertilizantes hacen

necesario el uso de una asistencia técnica de calidad para cualquier agricultor, lo cual es la única garantía para maximizar el potencial de este insumo.

- Los centros de abastecimiento de fertilizantes en Colombia (Buenaventura, Cartagena y Barranquilla) se encuentran alejados de las zonas en donde se encuentran las mayores áreas cultivadas como lo son Antioquia, Tolima, Meta, Santander y Cundinamarca, lo significa un costo adicional importante en el transporte del producto.
- Las estadísticas oficiales agrupan cultivos tan diversos como las hortalizas y frutales en un mismo ítem, lo que imposibilita un análisis más preciso. Adicionalmente, las pasturas utilizadas para alimentar ganado no son consideradas como cultivo aunque en algunas zonas del país consumen agroinsumos como las otras especies agrupadas en agricultura. Los datos reportados por el ICA sobre las ventas de las diferentes clases de fertilizantes en Colombia no tienen variaciones lógicas en el transcurso de los años analizados. Adicionalmente se encontró que hay un mismo fertilizante catalogado en más de una clase. Al relacionar los datos de producción y las ventas nacionales de fertilizantes no se detectó que una relación entre el aumento de la productividad nacional con un mayor consumo de fertilizantes. Sin embargo se deja claro que para llegar a conclusiones más contundentes es necesario trabajar con datos más específicos de consumo de fertilizante por cultivo.

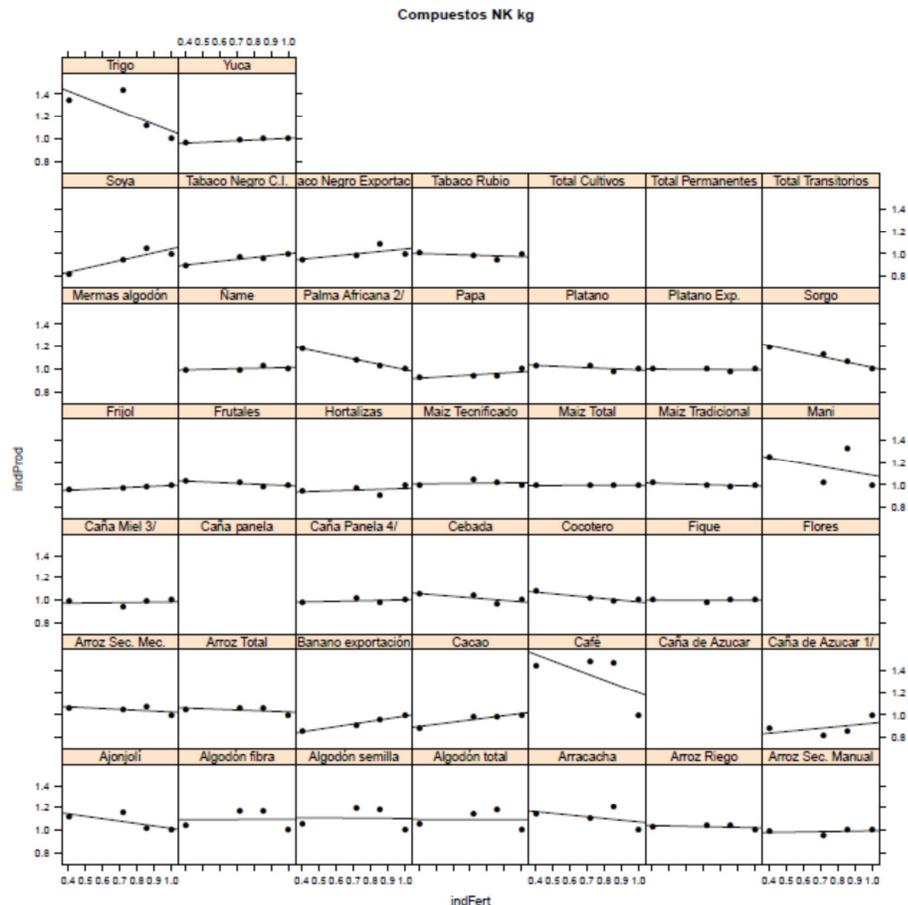
## **5.2 Recomendaciones**

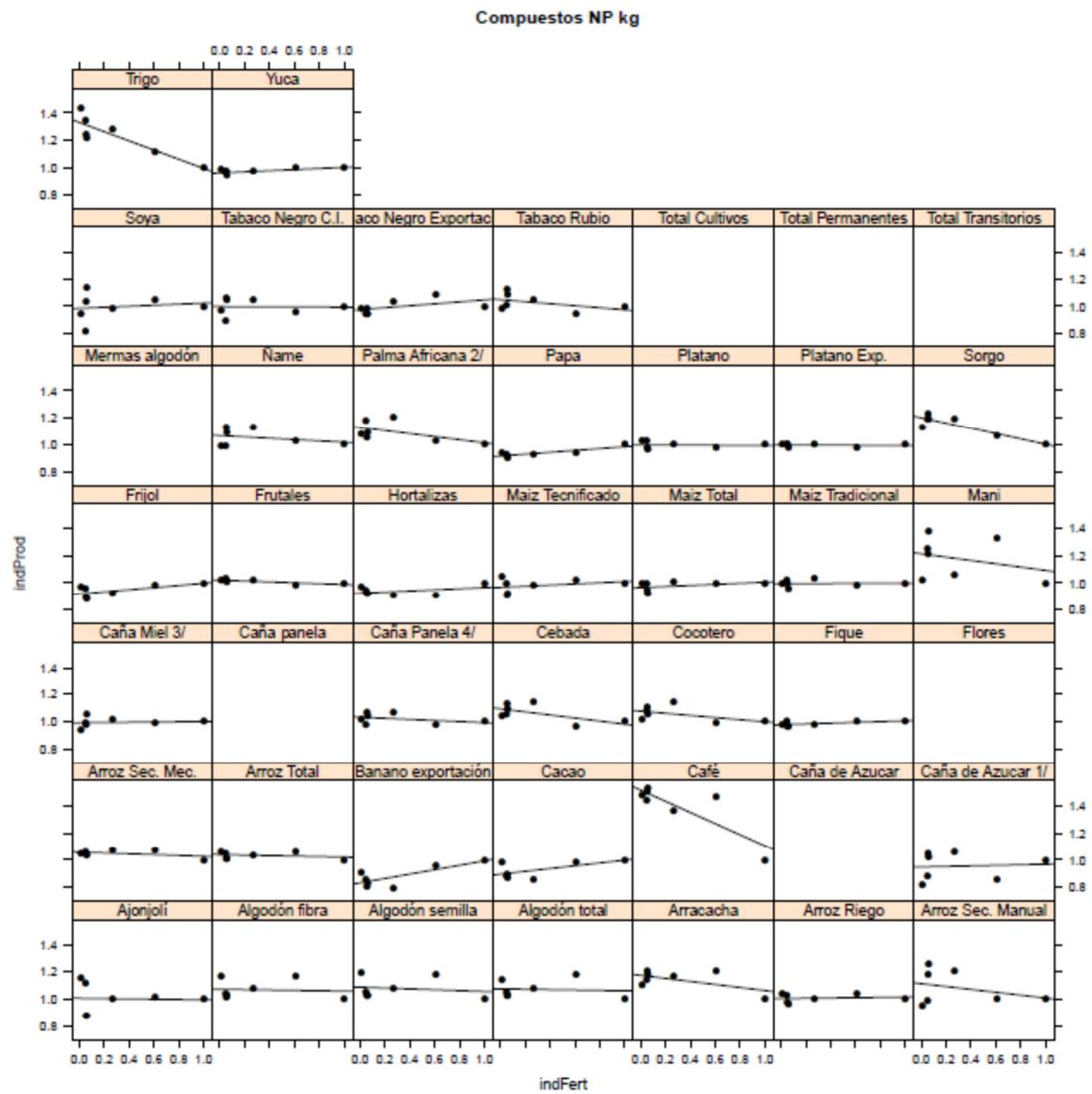
Se requiere realizar trabajos que generen información que pueda ser útil para el estado, productores agrícolas y empresas proveedoras. Con esto se podría visualizar la efectividad del uso de fertilizantes en Colombia para cada nutriente, cultivo específico, zona productora. Sin esta información es difícil realizar una correcta formulación de políticas que promuevan la fertilización de cultivos como una estrategia que pueda mejorar la productividad agropecuaria en Colombia.

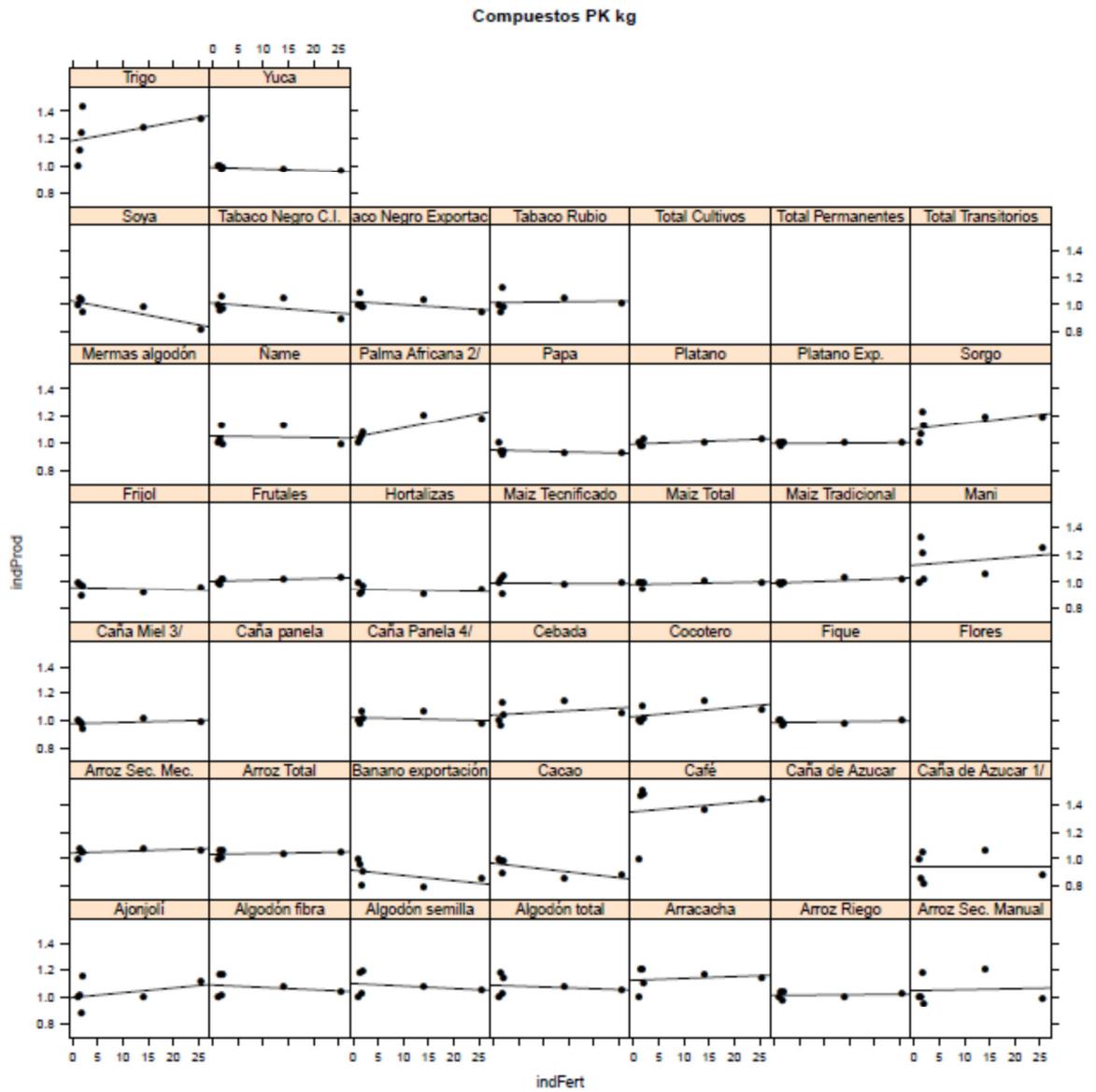


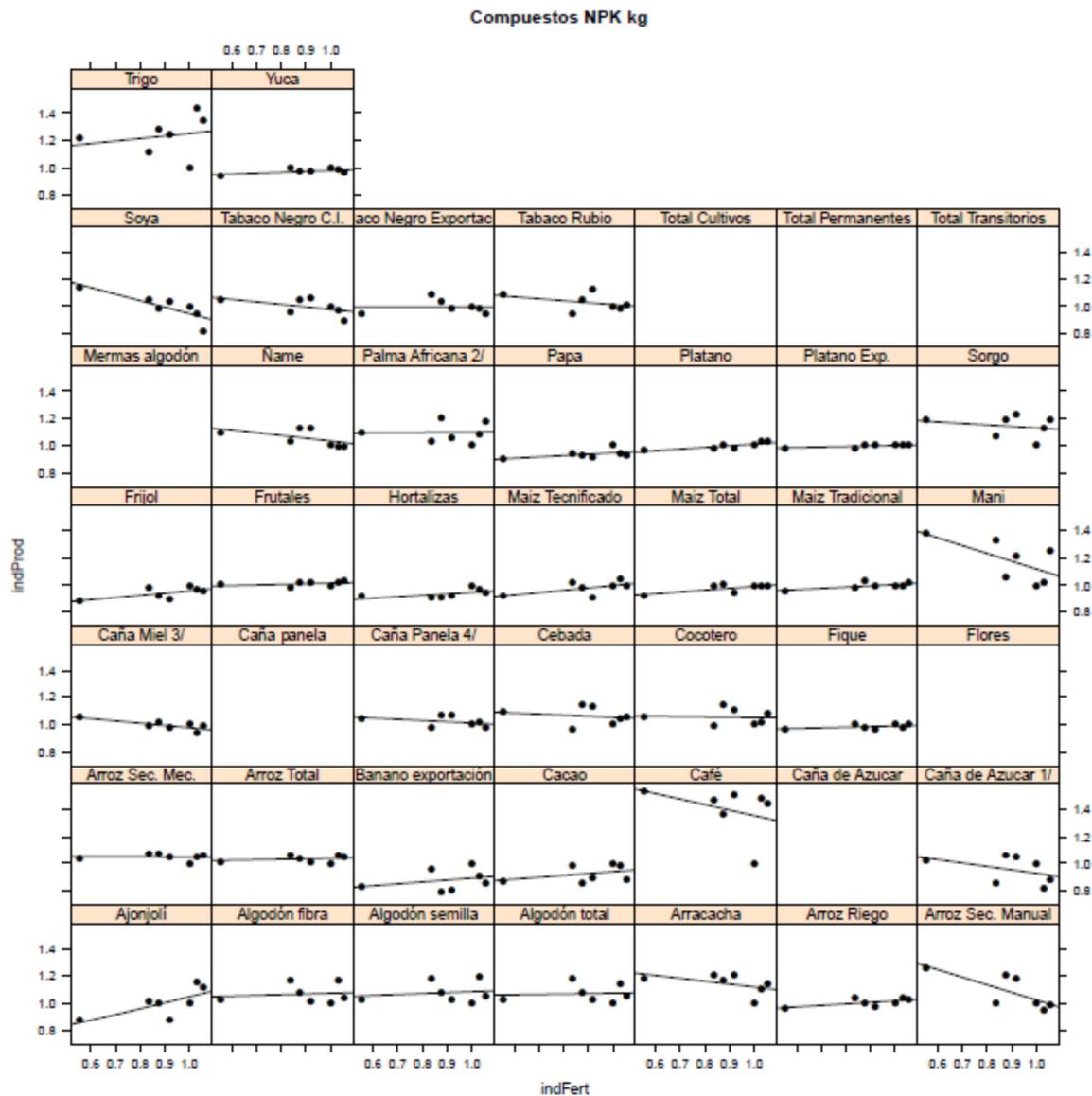
# A. Anexo: Ventas de fertilizantes y su relación con la producción agrícola nacional

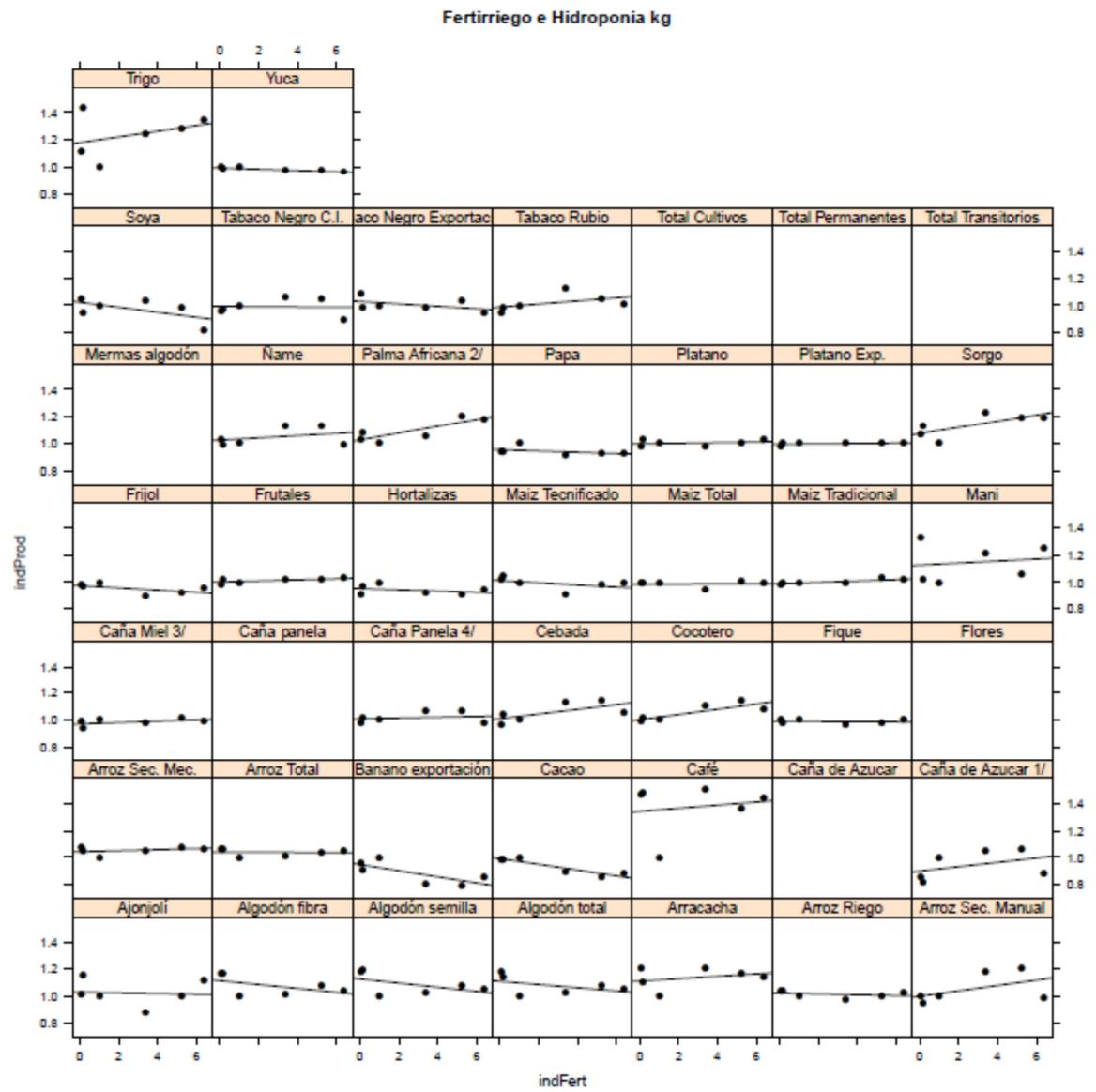
A continuación se exponen los resultados entregados por el programa R Core Team (2012), el cual se utilizó para comparar los años de mayores ventas de cada clase de fertilizante contra los años de mayor producción por cultivo. Las líneas que crecen de izquierda a derecha significan que en años de mayor venta de la clase de fertilizante indicada hubo mayor producción del cultivo; en las líneas horizontales no hay relación; en las líneas decrecientes de izquierda a derecha a mayor venta de la clase de fertilizante menor producción del cultivo.

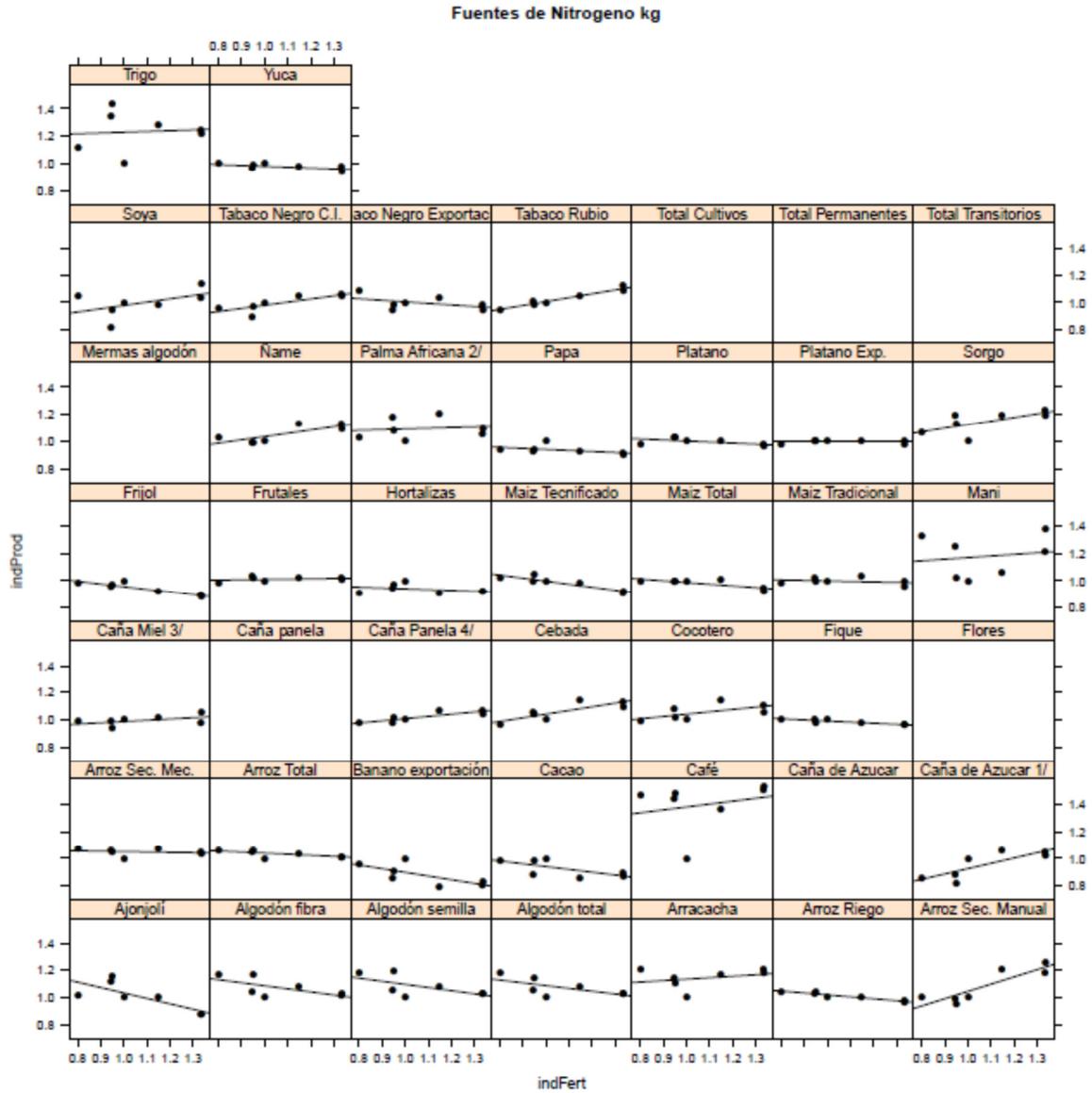


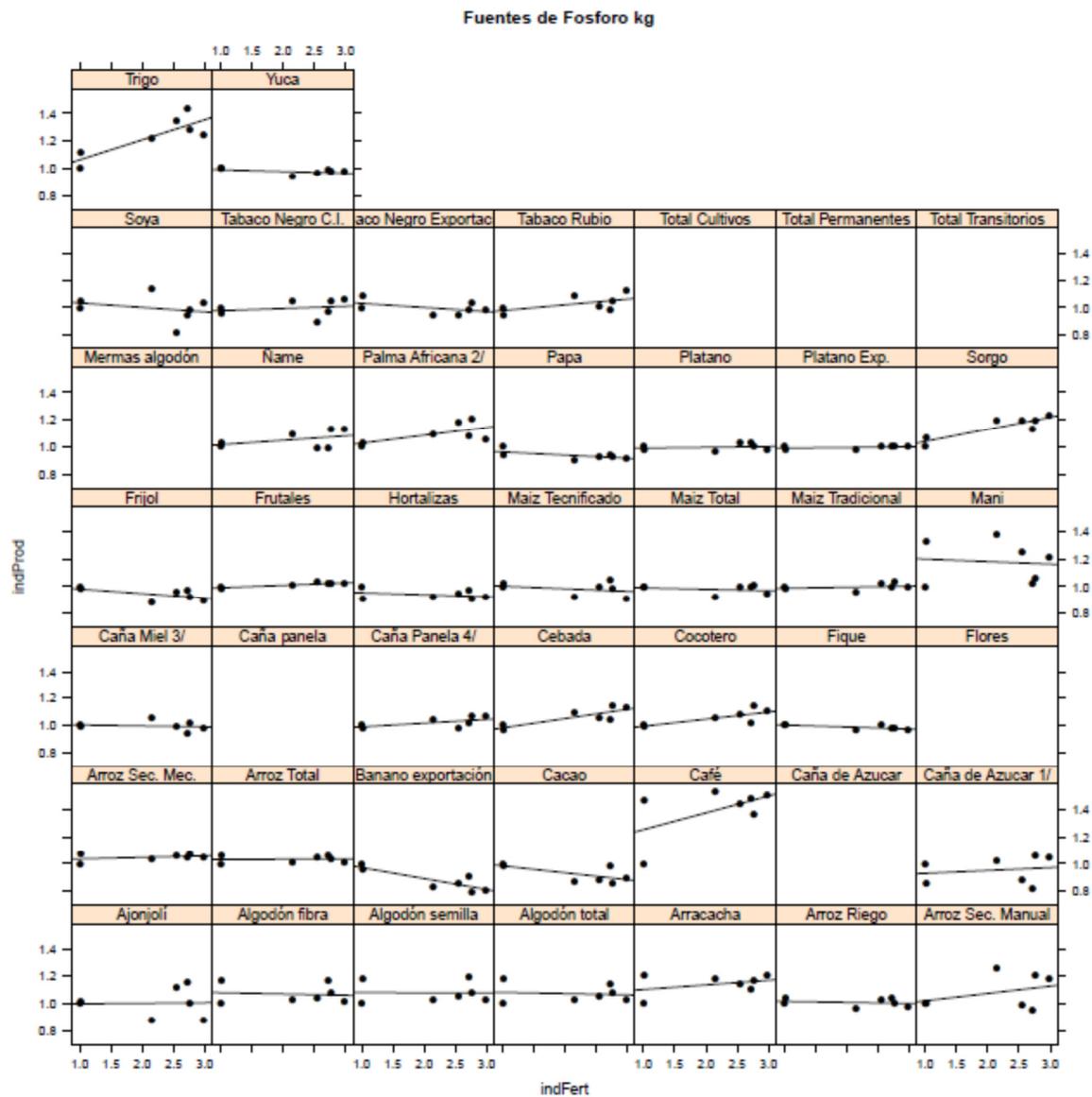


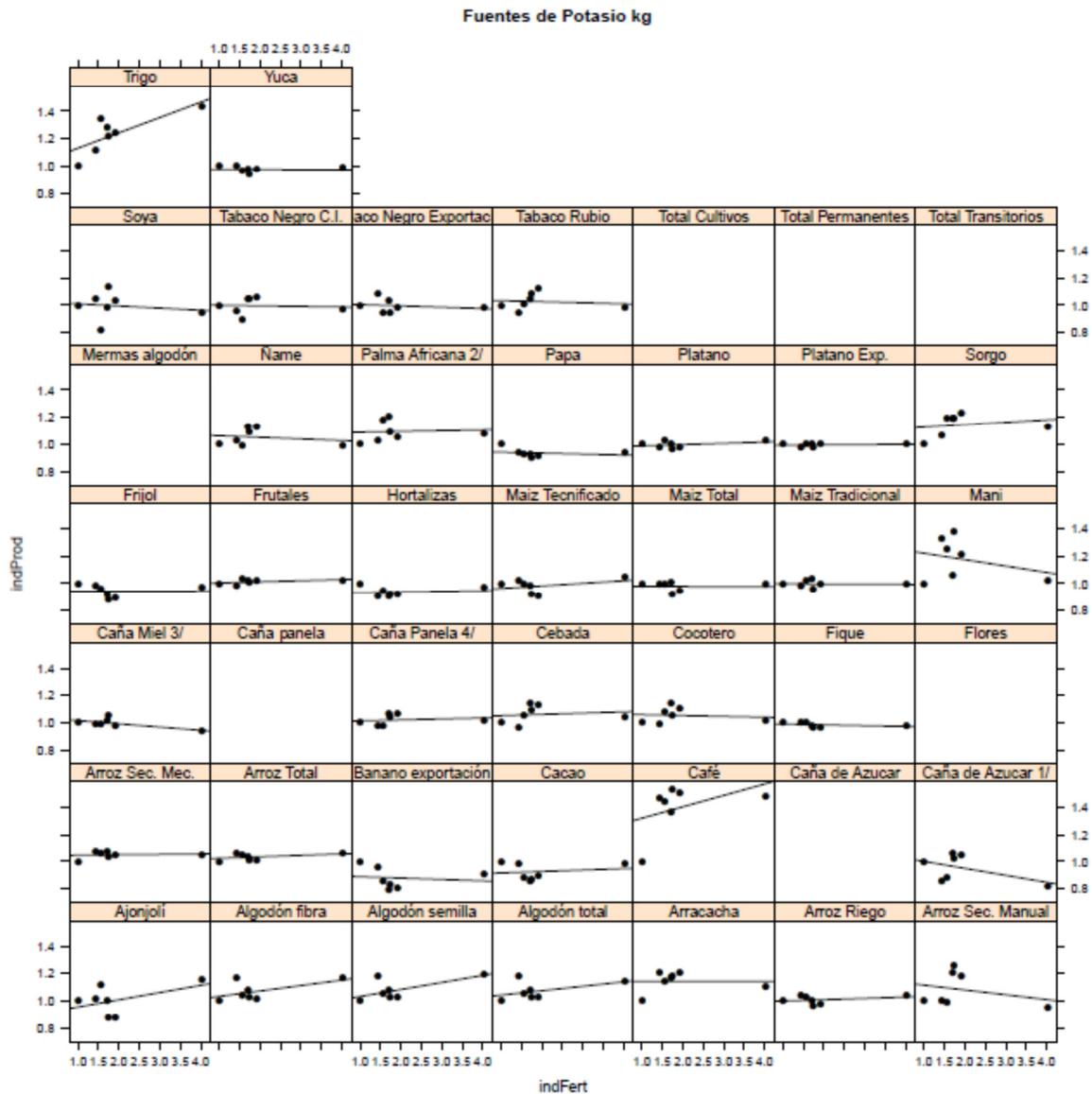


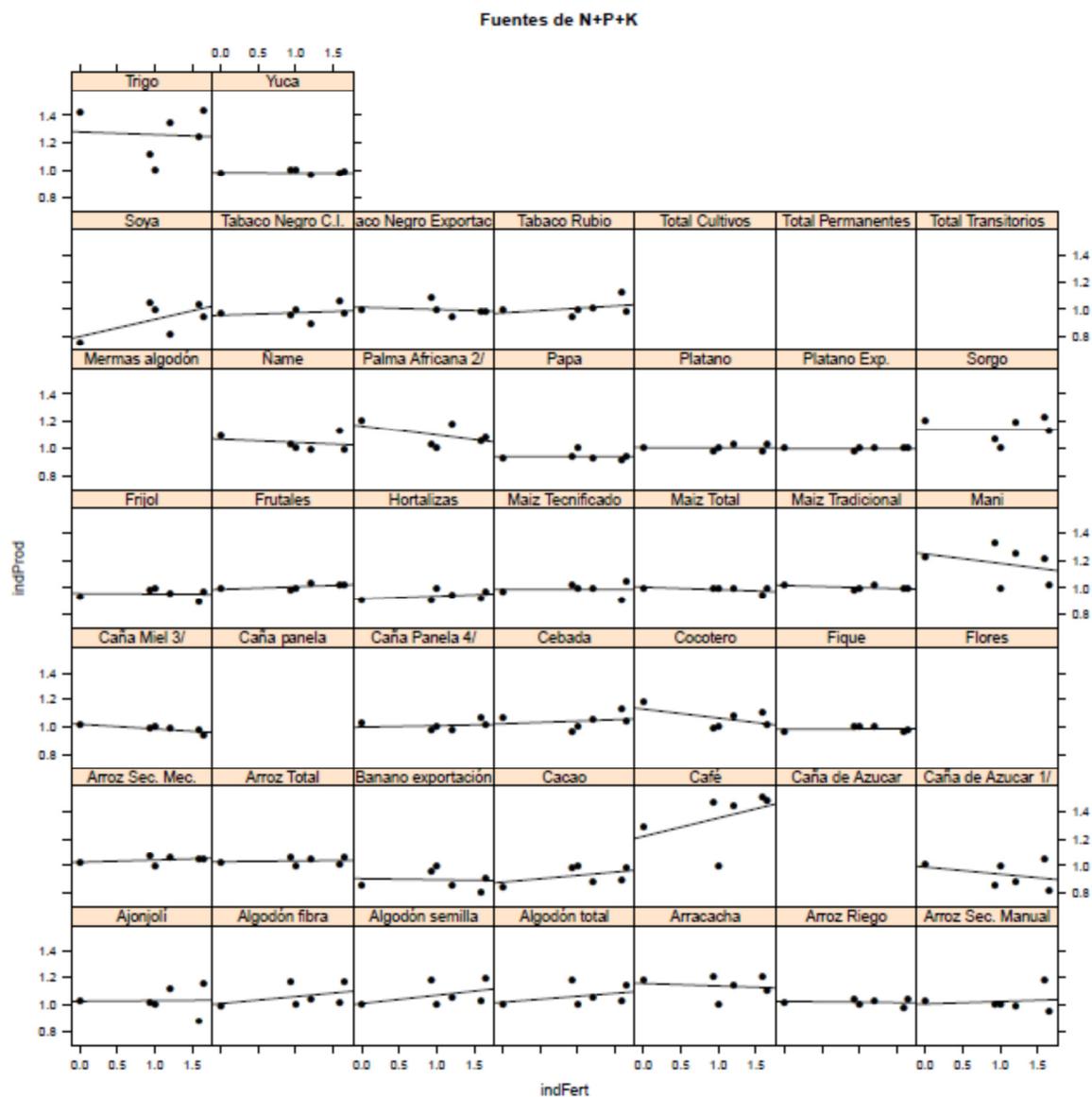


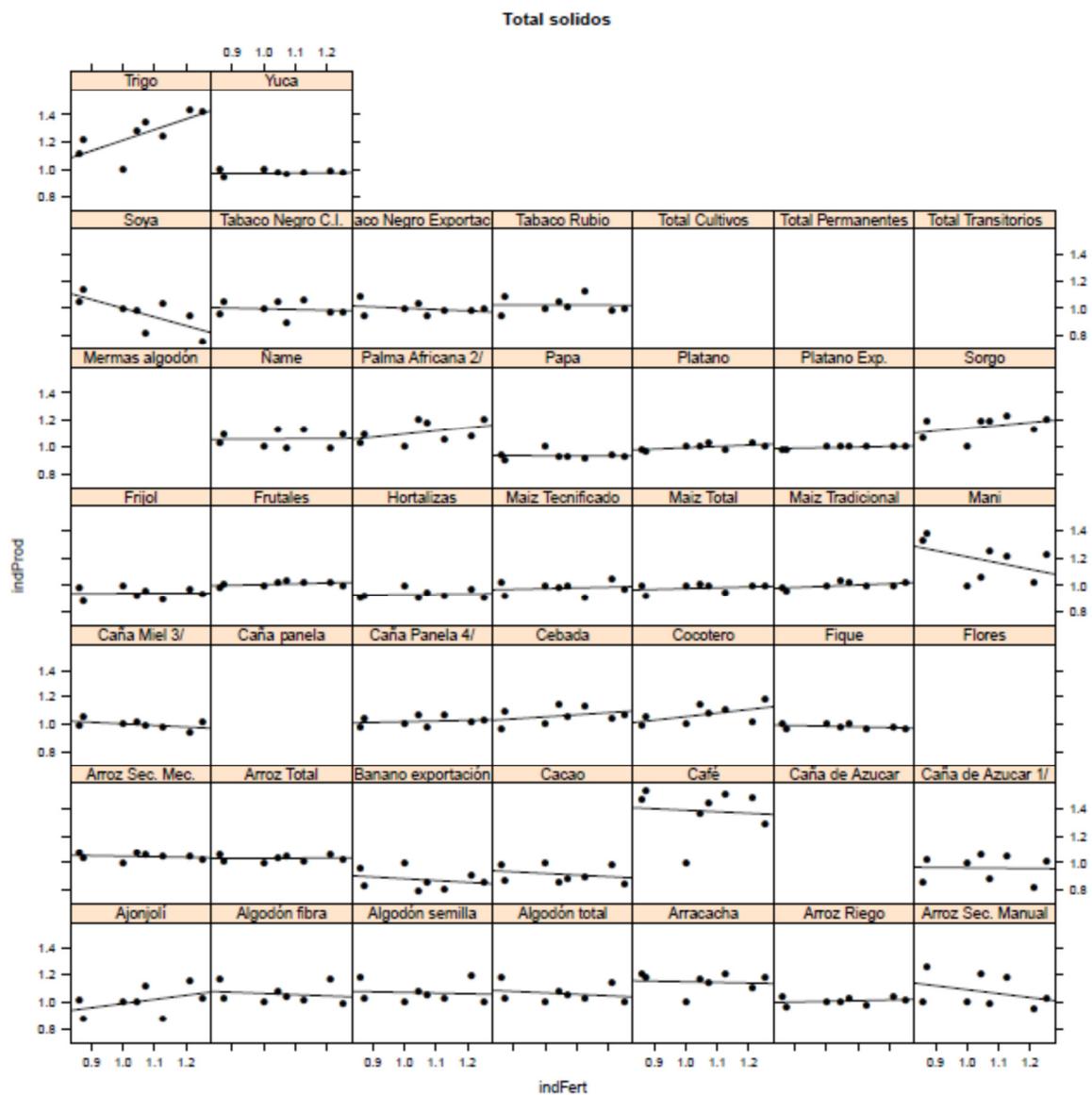


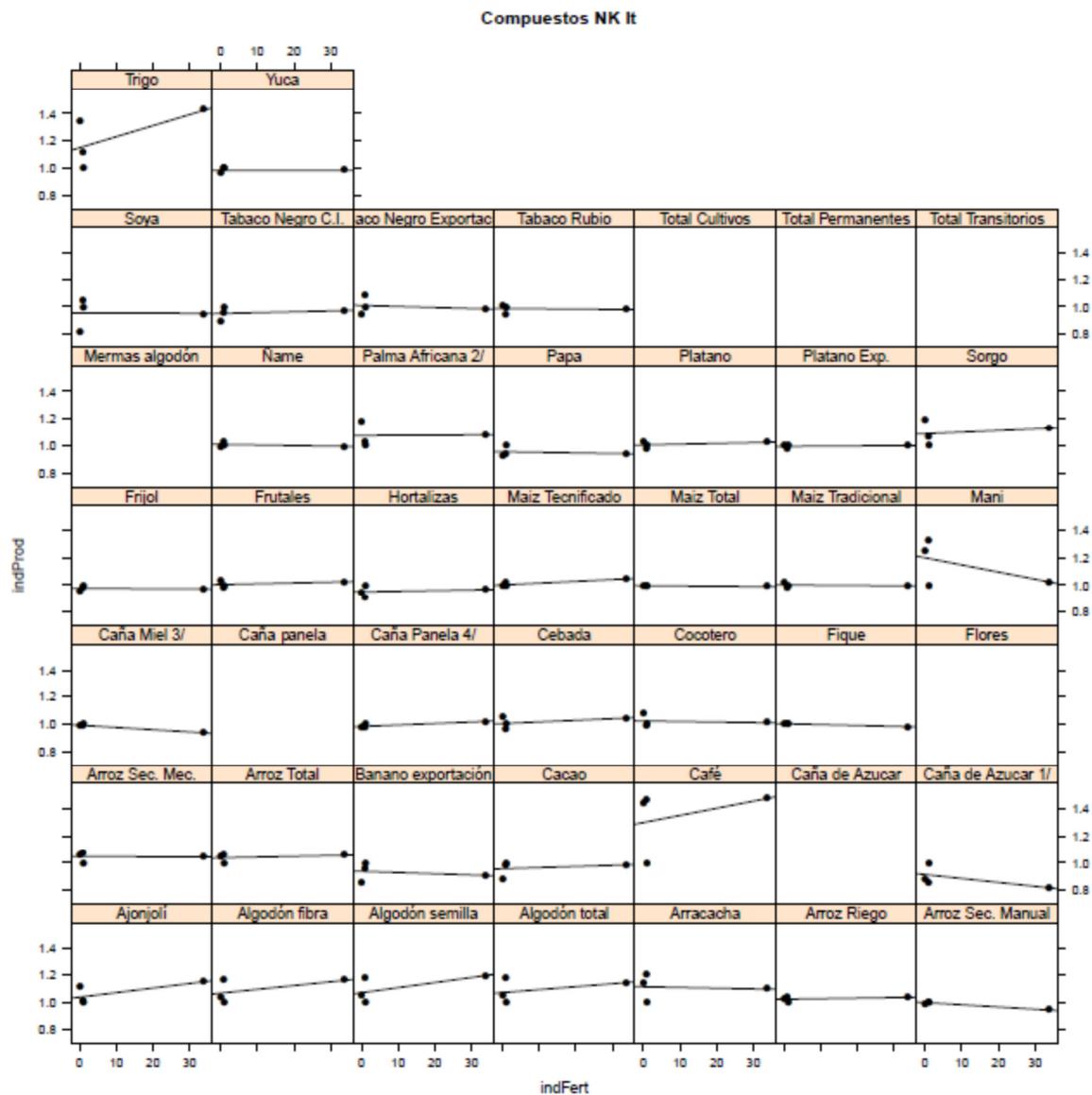


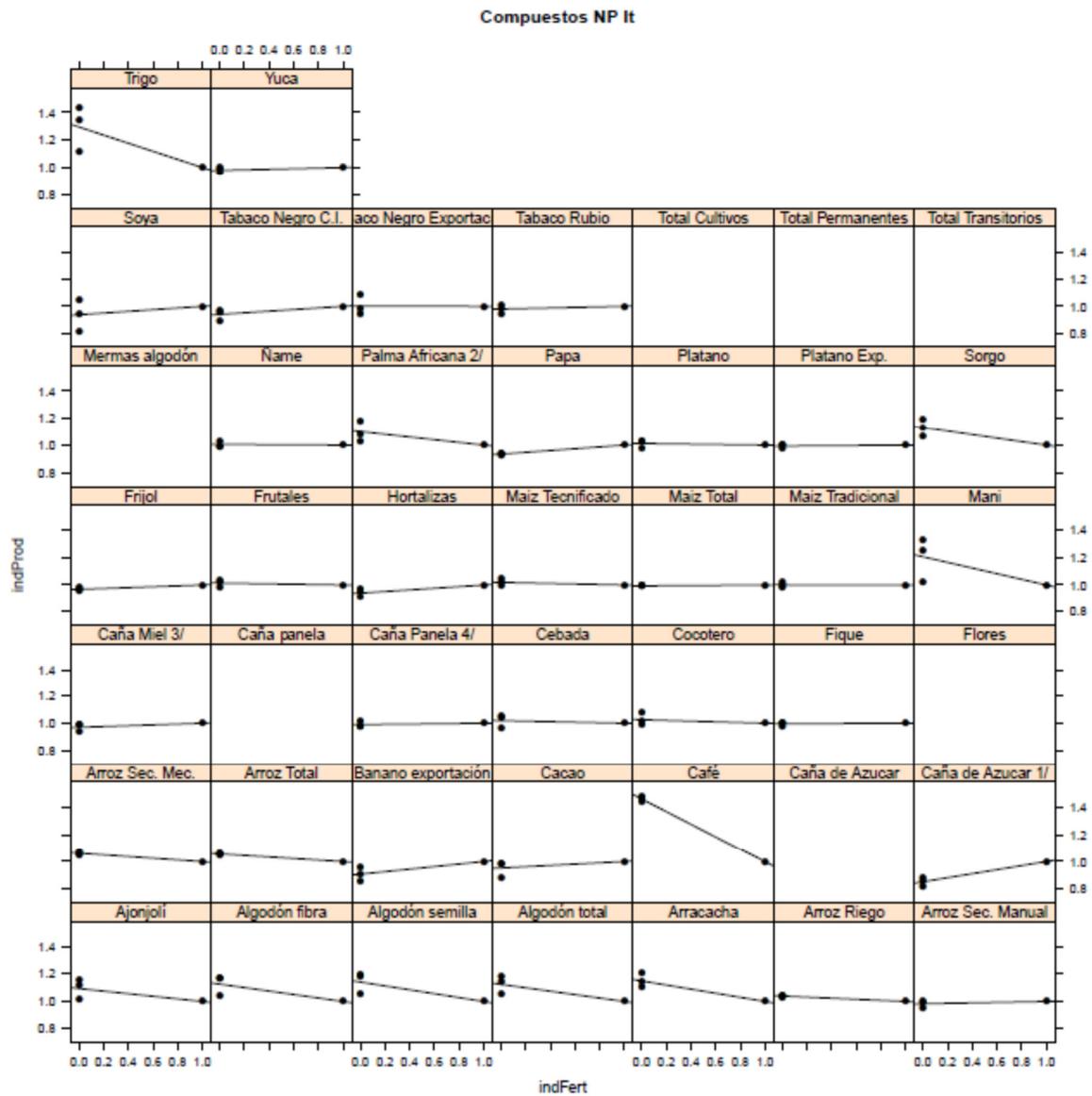


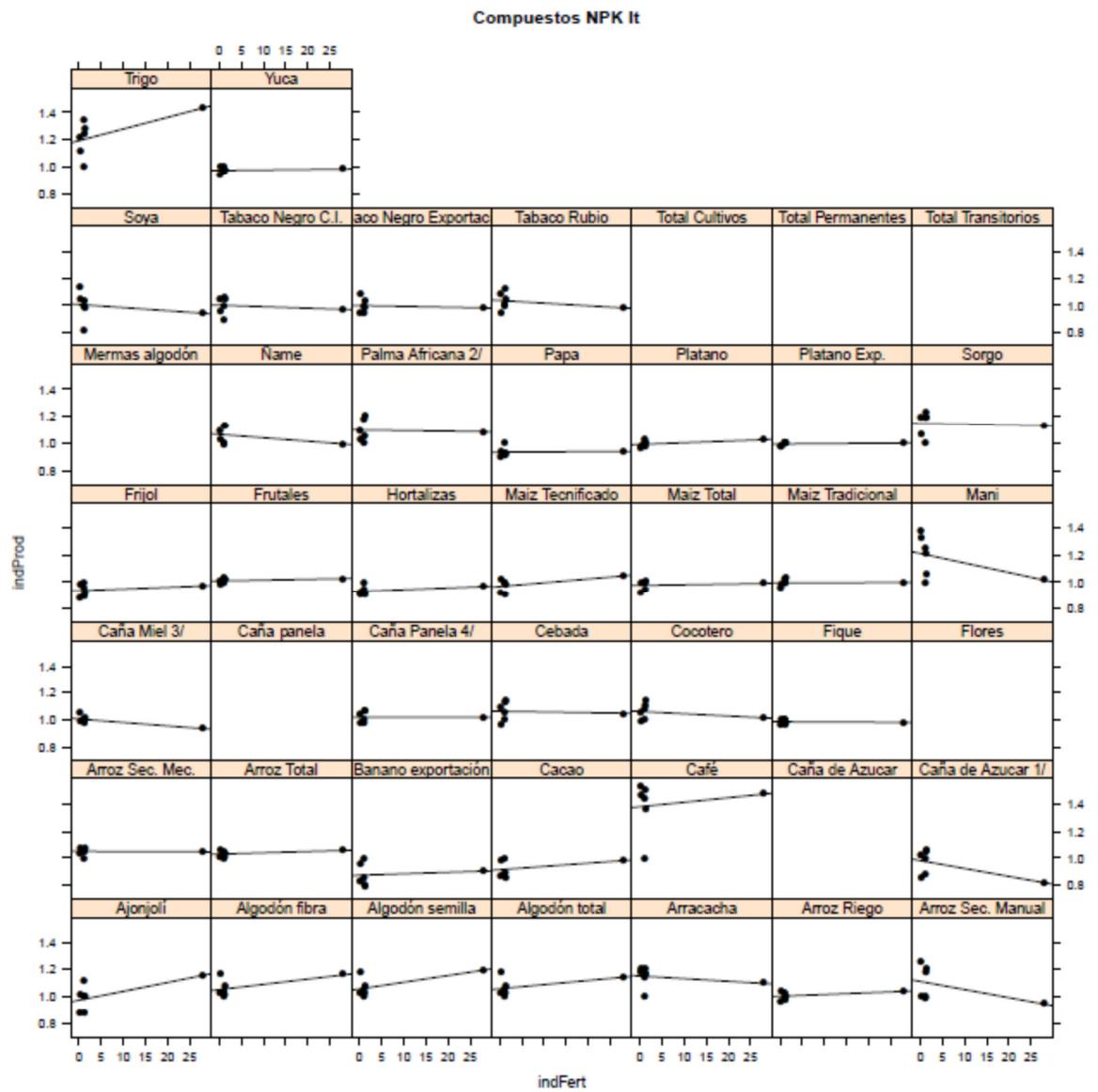




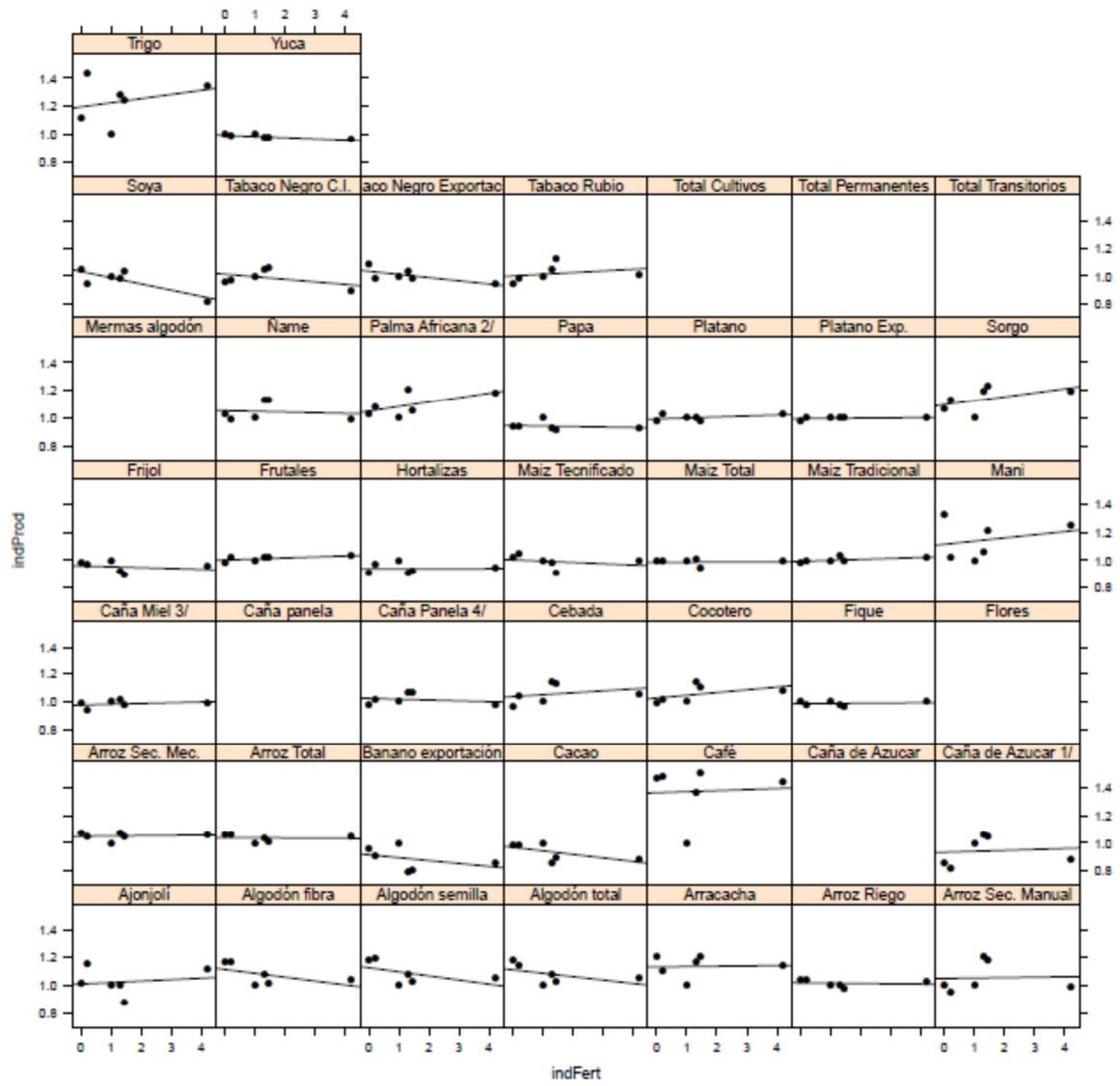


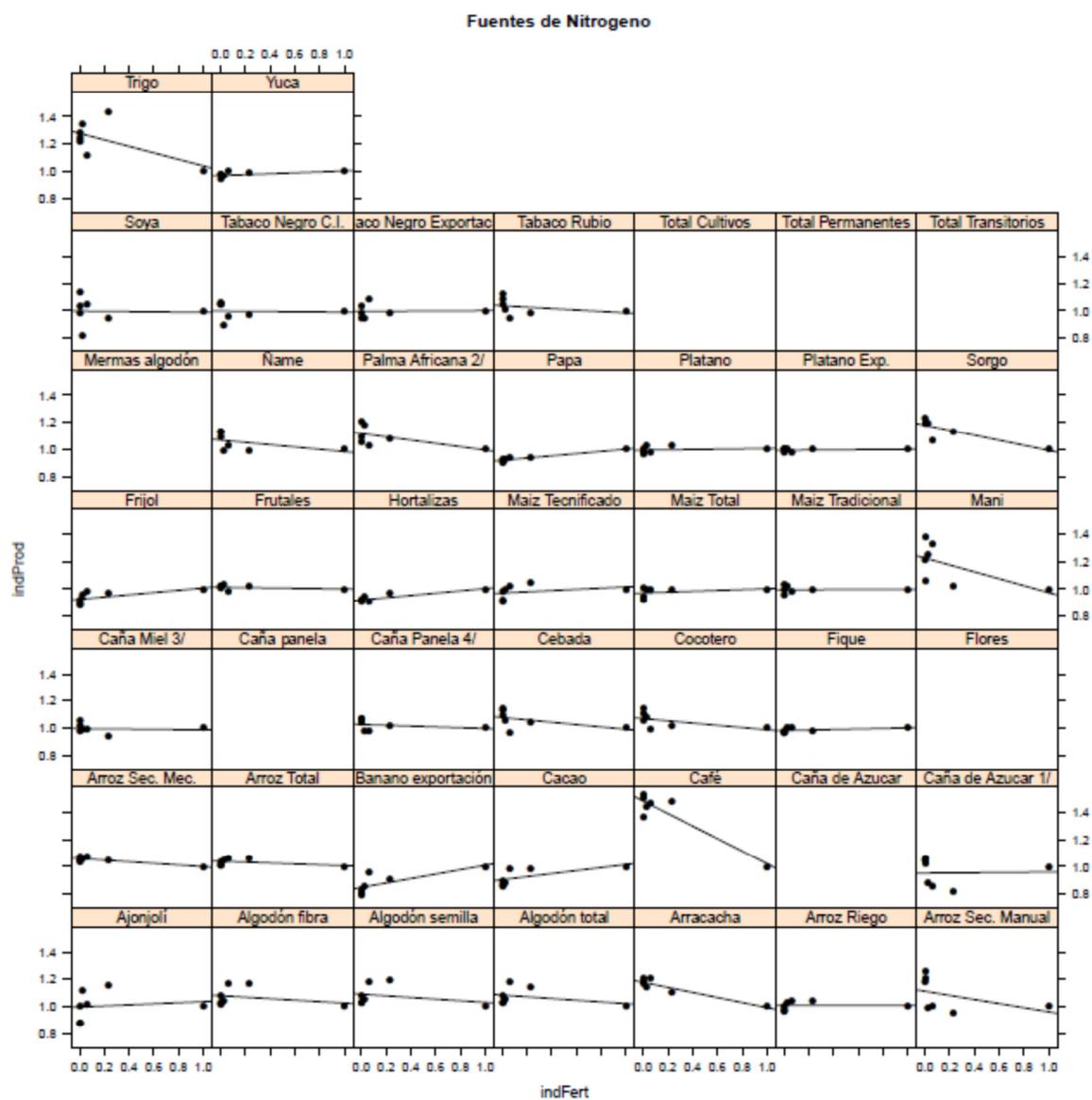


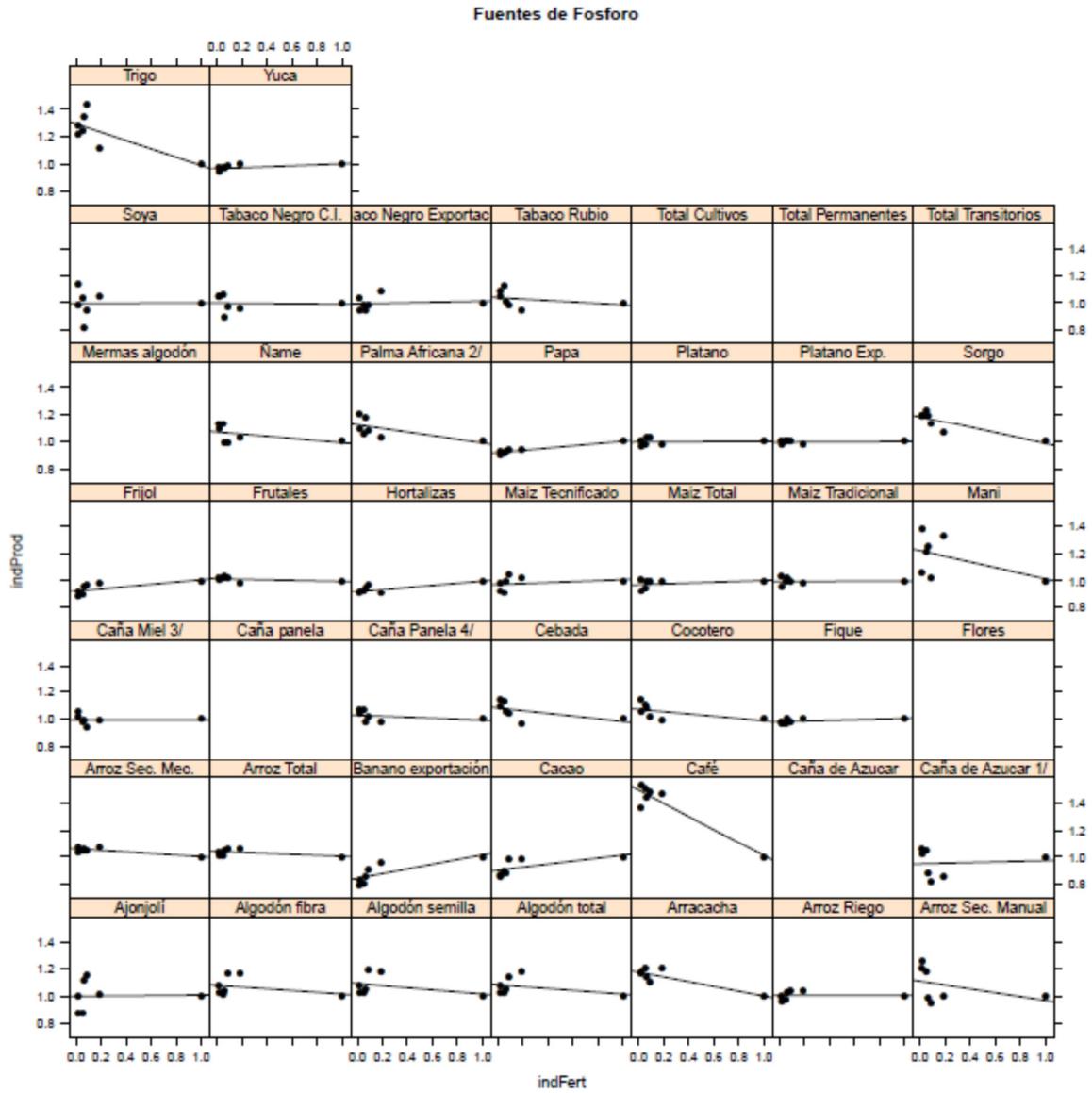


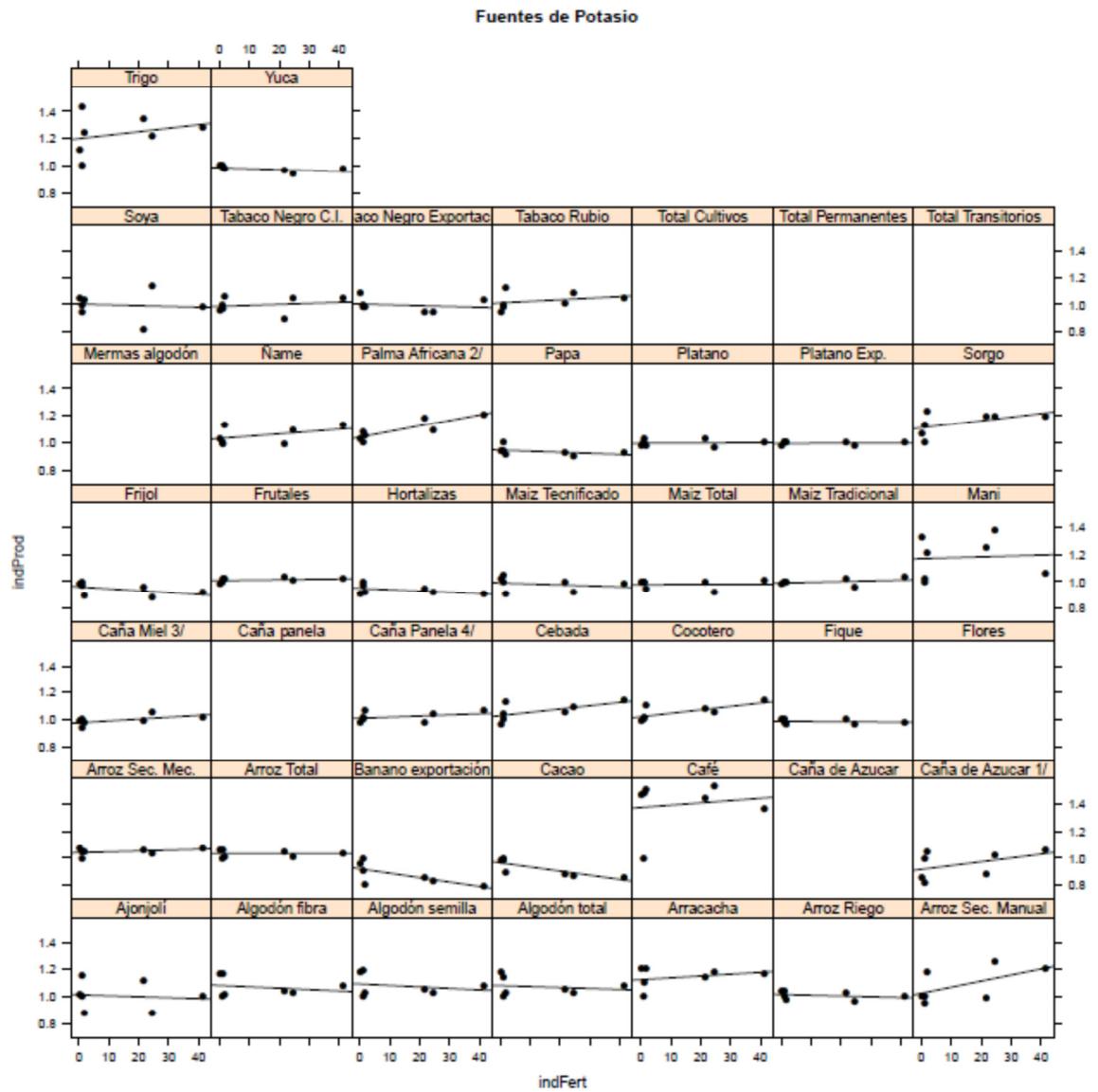


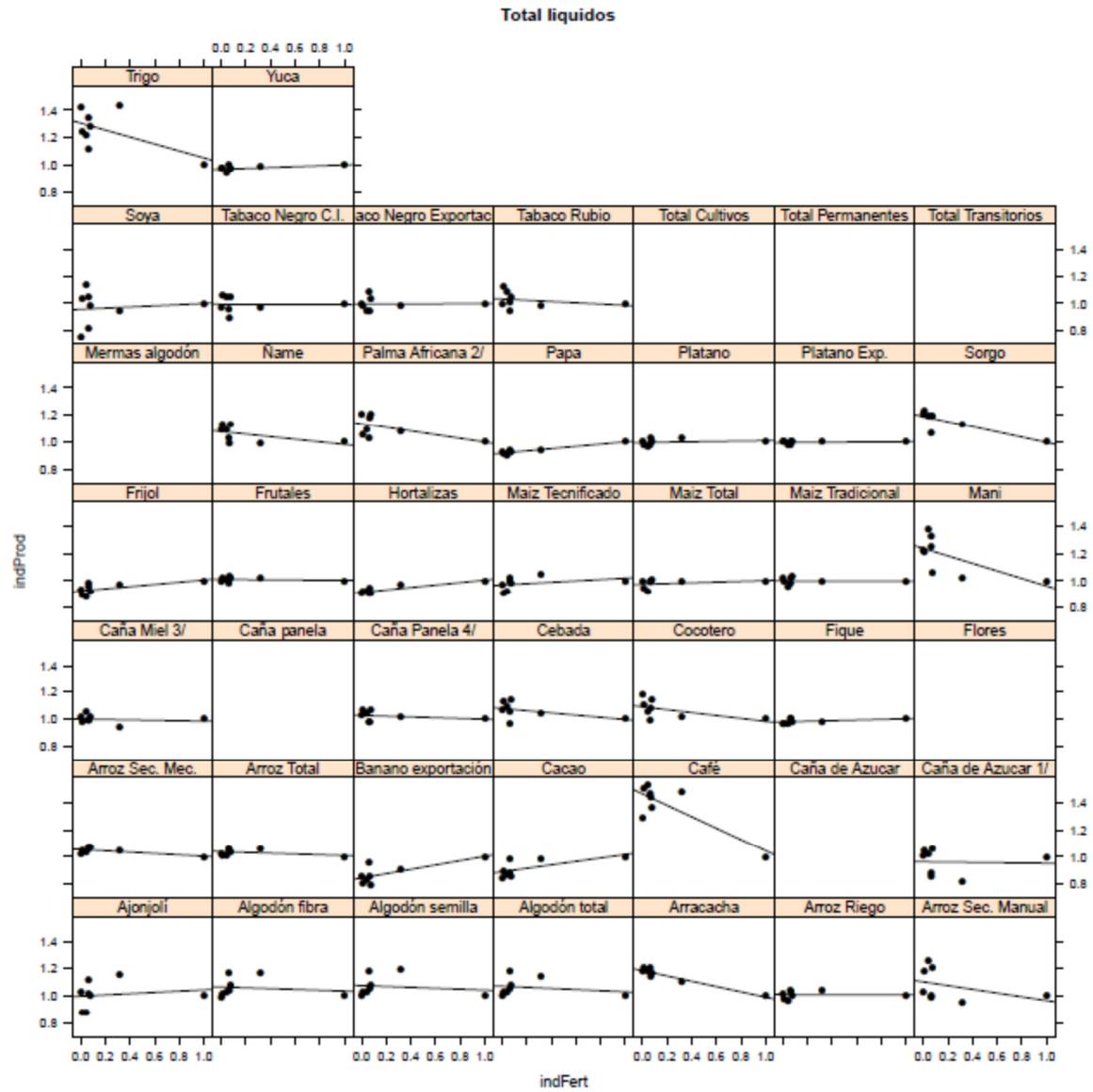
Fertirriego e Hidroponia











## Bibliografía

- Amézquita, C. (1991). Fertilización de la Cebada. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de Cultivos de Clima Frio* (pág. 158). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Anaya, M. (1998). Nutrición de los frutales caducifolios y fundamentos técnicos para su fertilización. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos de clima frio* (págs. 246-261). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Asociación Naturland. (2000). *Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtropico*. Recuperado el 10 de Febrero de 2012, de naturland.de:  
<http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/ajonjoli.pdf>
- AUGURA. (2013). 5.5. Extracción de nutrientes. 5. Aspectos a considerar en la nutrición balanceada del cultivo de banano. En J. Sánchez, & J. Mira, *Principios para la nutrición del cultivo de banano* (págs. 86, 87). Medellín, Colombia: AUGURA CENIBANO.
- Banco Mundial. (7 de 5 de 2014). *Indicadores del desarrollo mundial*. Recuperado el 07 de 06 de 2014, de Google public data explorer:  
[http://www.google.com.co/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9\\_&met\\_y=sp\\_pop\\_totl&idim=country:COL&dl=es&hl=es&q=poblacion+en+colombia](http://www.google.com.co/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&met_y=sp_pop_totl&idim=country:COL&dl=es&hl=es&q=poblacion+en+colombia)
- Bermejo, H. (1980). *Los Fertilizantes, su fabricación e importancia agrícola en Venezuela*. CONICIT & Ediciones Amon.
- Cabello, E. (1990). Sección Nacional. *Comercio Exterior. Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C*, 40(3), 221-226.
- Campitti, I. & García, F. (2009). *Requerimientos Nutricionales. Absorción y Extracción de Macronutrientes y nutrientes secundarios - I. Cereales, oleaginosos e industriales*. Recuperado el 19 de Agosto de 2012, de Archivo agronómico # 11:  
<http://www.slideshare.net/Fertil2009/requerimientos-nutricionales-2636307>

- Castro, H. (1998). Producción y Fertilización de Hortalizas en Colombia. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos de clima frío* (pág. 181). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos.
- Celis, A. & Arbeláez, M. (1988). Respuesta de la Arracacha (*A. xanthorrhizb.*) Variedad blanca a la aplicación de NPK utilizando el diseño San Cristóbal. *Revista Agronomía*, 2(3), 20-24.
- Chirinos, H. (1999). Recomendación de la fertilización potásica. *Informaciones agronómicas. INPOFOS*, 3(5), 3-4.
- Chouteau, J. (1988). Fertilizing for High Quality and Yield Tobacco. *Bulletin*, 11, 53.
- Ciampitti, I. Boxler, M. & García, F. (12 de 2010). *Nutrición de Maíz: requerimientos y absorción de nutrientes*. Recuperado el 2 de 6 de 2014, de <http://www.ipni.net/>: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/2EB470FD702C566D85257984005754F1/\\$FILE/14.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/2EB470FD702C566D85257984005754F1/$FILE/14.pdf)
- Coilados del Fonce S.A. (2005). *Hablemos de fique en Santander y Colombia. Manual de Cultivo*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2012, de [ecofibrascuriri.com](http://www.ecofibrascuriri.com/): [http://www.ecofibrascuriti.com/pdfs/Man.para\\_cultivo\\_cartilla.pdf](http://www.ecofibrascuriti.com/pdfs/Man.para_cultivo_cartilla.pdf)
- Constitución Política de Colombia (Asamblea Nacional Constituyente 1991. Artículo 65).
- Correa, H. (2004). Normatividad en la producción agropecuaria en Colombia: aspectos generales. En Universidad Nacional de Colombia, *Memorias Cátedra Pedro Nel Gómez: Competitividad del Sector Agrario Colombiano: Posibilidades y Limitaciones*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Coste R., Fremond Y., Ziller R. (1969). *El Cocotero. Colección de agricultura tropical*. Barcelona: Editorial Blume.
- Dalet, D. (2013). *Mapa de Colombia con Fronteras de Departamentos*. Recuperado el 10 de Enero de 2013, de [d-maps.com](http://d-maps.com/): [http://d-maps.com/carte.php?num\\_car=4088&lang=es](http://d-maps.com/carte.php?num_car=4088&lang=es)
- DANE. (2011). *Metodología del censo de fincas productoras de flores bajo invernadero y a cielo abierto*. Recuperado el 14 de 9 de 2012, de Departamento administrativo nacional de estadística - DANE.: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Metodologia\\_censoFlores.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Metodologia_censoFlores.pdf)
- Elespectador.com. (26 de 8 de 2008). Acelerarán explotación de fósforo y potasio para bajar los costos de fertilizantes. 1.
- Espinosa, J. (2000). *Fertilización del plátano en densidades altas*. Recuperado el 29 de Abril de 2012, de [ipni.net](http://www.ipni.net/):

[http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/e05e9731921a6d2205256a630073ae5b/\\$FILE/Fertilizaci%C3%B3n%20del%20pl%C3%A1tano.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/e05e9731921a6d2205256a630073ae5b/$FILE/Fertilizaci%C3%B3n%20del%20pl%C3%A1tano.pdf)

- FAO. (1989). Estrategias en Materia de Fertilizantes. En FAO, *Fomento de Tierras y Agua* (págs. 7-11). Roma: Colección FAO.
- FAO. (2006). Fertilizer use by crop. FAO fertilizer and plant nutrition. Food and Agriculture Organization of The United Nations. *Bulletin 17*, 43-46.
- Fassbender, H., & Bornernisza, E. (1994). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. (S. E. (IICA), Editor) Recuperado el 01 de 06 de 2014, de <http://books.google.com.co>:  
<http://books.google.com.co/books?id=SqlGvAwjApEC&pg=PA328&dq=contenidos+k+en+agua+de+mar&hl=es-419&sa=X&ei=e5KLU7PrL-issAS6i4CQCg&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=contenidos%20k%20en%20agua%20de%20mar&f=false>
- Frye, A. (1991). Algodonero. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos en cálido* (pág. 69). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Frye, A. (1991). Arroz. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos en cálido* (pág. 95). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Frye, A. (1991). Soya. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos en cálido* (pág. 250). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- García Ocampo, A. (1991). Caña de Azúcar. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos en cálido* (pág. 143). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- García, B. & Pantoja, C. (1991). Fertilización de la Papa en el Departamento de Nariño. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de Cultivos de Clima Frio* (pág. 13). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- García, M. Cañizares, A. Salcedo, F. & Guillén, L. (2000). *Un aporte a la determinación del período crítico de interferencia de malezas en cafetales del estado monogamas*. (U. C. Alvarado, Ed.) Recuperado el 2 de 6 de 2014, de <http://www.redalyc.org/>: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85712301>
- Gómez, J. & Upegui, G. (1995). Yuca. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos medio* (pág. 202). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- González, R. (1973). *Variabilidad del método para medir fijación de fósforo en el suelo usando el sistema radioquímico de dilución isotópica*. Manizales: Universidad de Caldas.

- Guerrero Riascos, R. (1991). Maíz Tecnificado. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos de clima cálido* (2 ed., pág. 114). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Guerrero, R. (1991). Sorgo. En R. E. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos de clima cálido* (2 ed., pág. 120). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Hanke, F. (2008). *La nutrición de la planta y su problemática en la agricultura*. Talleres Gráficos-Fundación Universitaria Juan De Castellanos.
- Howeler, R.& Medina, C. (1977). La Fertilización en el Frijol *Phaseolus vulgaris*: Elementos mayores y secundarios. En CIAT, *Curso intensivo de adiestramiento de producción de frijol para investigación en América Latina* (Vol. 2, págs. 1-49). Calí: CIAT.
- Hurtado, S. P. (20 de 8 de 2012). ICA. *Resumen estadísticas de fertilizantes años 2000 a 2010*. (J. P. Pérez Vélez, Entrevistador) Correo electrónico.
- Hylton, K. (2008). Visión Global del Mercado de Fertilizantes. (P. d. Suelo, Ed.) *Actualización en fertilización de cultivos y Uso de Fertilizantes*, 10-12.
- ICA. (Febrero de 2005). *Comercialización de Fertilizantes 2002. Grupo de Regulación y control de fertilizantes y acondicionadores de suelos. Subgerencia de protección y regulación agrícola*. (Produmedios, Ed.) Recuperado el 29 de Noviembre de 2011, de ica.gov: <http://www.ica.gov.co/getattachment/e9f1c52e-80dd-4b12-83e8-c2cde5b8e718/Publicacion-31.aspx>
- ICA. (Marzo de 2006). *Comercialización de Fertilizantes 2003 / 2004. Grupo de Regulación y control de fertilizantes y acondicionadores de suelos. Subgerencia de protección y regulación agrícola*. (Produmedios, Ed.) Recuperado el 17 de Febrero de 2011, de ica.gov: <http://www.ica.gov.co/getattachment/2bd0631f-3b14-4ca8-ab76-11f676be62b9/Publicacion-25.aspx>
- ICA. (Diciembre de 2009). *Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2008. Subgerencia de protección vegetal. Dirección técnica de inocuidad e insumos agrícolas*. (Produmedios, Ed.) Recuperado el 12 de Noviembre de 2011, de ica.gov: [http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agricolas/Estadisticas/Estadisticas-\(1\)/2008/Comercializacion-fertilizantes-2008.aspx](http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agricolas/Estadisticas/Estadisticas-(1)/2008/Comercializacion-fertilizantes-2008.aspx)
- ICA. (Diciembre de 2010). *Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2009. Subgerencia de protección Vegetal. Dirección técnica de inocuidad e insumos agrícolas*. (Produmedios, Ed.) Recuperado el 27 de Noviembre de 2012, de <http://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agricolas/Estadisticas/Comercializacion-fertilizantes--y-bioinsumos-2009.pdf.aspx>

- ICA. (2012). *Tabla No. 3 Producción y venta de fertilizantes y acondicionadores de suelos en Colombia por clase y fuente Año 2006. Estadísticas de importación y Exportación de fertilizantes, acondicionadores de suelos y bioinsumos.* Recuperado el 17 de Marzo de 2013, de ica.gov:  
<http://www.ica.gov.co/getdoc/bc02bf1f-68b4-4d82-b776-722e261b4ca8/Estadisticas.aspx>
- ICA. (2012). *Tabla No. 3 Producción y venta de fertilizantes y acondicionadores de suelos en Colombia por clase y fuente Año 2007. Estadísticas de importación y Exportación de fertilizantes, acondicionadores de suelos y bioinsumos.* Recuperado el 17 de Noviembre de 2012, de ica.gov:  
<http://www.ica.gov.co/getdoc/bc02bf1f-68b4-4d82-b776-722e261b4ca8/Estadisticas.aspx>
- Jímenez, F. (2008). Actualidad y tendencia en el uso de fertilizantes granulados: una visión integral de su eficiencia. En SCCS, *Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes* (págs. 155-156). Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Lemus, J. Torres, M. & Frías, M. (2013). *XIV La utilización de los recursos químicos del agua de mar. Las ciencias del mar: Oceanografía geológica y oceanográfica química. El océano y sus recursos II. Biología. La Ciencia para todos.* . (I. L. Educativa, Ed.) Recuperado el 10 de Junio de 2013, de  
Bibliotecadigital.ilce.edu.mx:  
[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec\\_19.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_19.html)
- León, L. (1986). Características físico químicas de las rocas fosfóricas naturales y modificadas para la aplicación directa al suelo. En SCCS - Comité Antioquia, *Fuentes inorgánicas naturales en el manejo de suelos y fertilización de cultivos.* Medellín: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo - Comité Antioquia.
- López Ruiz , J. (2009). *Estudio de la eficiencia en el uso del nitrógeno en el café.* Recuperado el 7 de 6 de 2014, de cenicafe.org:  
[http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/210/1/arc060\(04\)324-350.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/210/1/arc060(04)324-350.pdf)
- Ludwick, A. (1986). Management for increasing potassium fertilizer efficiency. En *Fuentes inorgánicas naturales en el manejo de suelos y fertilización de cultivos* (pág. 91). Medellín: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo-Comité Antioquia.
- MADR. (2009). *Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero 2009.* (Dirección de política sectorial, & Grupo de sistemas de información, Edits.) Recuperado el 22 de Abril de 2012, de agronet:  
<http://201.234.78.28:8080/jspui/handle/123456789/1911>

- MADR. (18 de Marzo de 2009). *Documento CONPES. Consejo Nacional de Política Económica y Social 3577*. Recuperado el 10 de Octubre de 2011, de ica.gov: <http://www.ica.gov.co/getattachment/b527d0c9-e862-4c26-8347-e5076fd9b1a9/2009CP3577.aspx>
- MADR, DANE, CCI. (2010). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2012, de agronet.gov: [http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ena/ENA\\_2010.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ena/ENA_2010.pdf)
- Martínez, A. (1986). Uso potencial de reservas de domesticas de fósforo. El caso Colombia. En SCCS - Comité Antioquia, *Fuentes inorgánicas naturales en el manejo de suelos y fertilización de cultivos*. (págs. 15-18). Medellín: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo-Comité Antioquia.
- Merril, S. Tanaka, D. & Hanson, J. (2002). *Root length growth of eight species in haplustoll soils*. Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de soils.gov: <https://www.soils.org/publications/sssaj/abstracts/66/3/913>
- Monómeros. (2004). *Manual Técnico – Propiedades Generales de los Fertilizantes* (4 ed.). Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Muñoz, R. (1995). Caña Panelera. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos medio* (págs. 104-111). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Muñoz, R. (1995). Plátano. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos medio* (pág. 176). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Neira, A. (1986). Control de calidad de los fertilizantes en Colombia. *ICA – Informa. Revista Trimestral de Instituto Colombiano Agropecuario. Julio - Agosto - Septiembre, XX(3)*, 29-33.
- Norton, R. (8 de 2 de 2013). *Focus on calcium - Its role in crop production*. Recuperado el 1 de 6 de 2014, de <http://anz.ipni.net>: <http://anz.ipni.net/article/ANZ-3134>
- Ospina, B. & Ceballos, H. (5 de 2002). *La Yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. (CIAT, Ed.) Recuperado el 2 de 6 de 2014, de <http://books.google.es/>: <http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=I18Dz9sYZO8C&oi=fnd&pg=PA204&dq=ataque+insectos+cultivos&ots=JSqJSAyi5C&sig=zEnp7kTPyIAsGbScb9a99jp6l6l#v=onepage&q=ataque%20insectos%20cultivos&f=false>
- Owen, E. (1991). Palma Africana. En R. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos en cálido* (pág. 178). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.

- Pantoja, C. & García, B. (1998). Trigo y cebada. En R. E. Guerrero Riascos, *Fertilización de cultivos de clima frío* (pág. 147). Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- Prasad, R. & Datta, S. (1979). Increasing fertilizer nitrogen efficiency in wetland rice. *Nitrogen and Rice*, 465 - 484.
- R Core Team. (2012). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria: ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Robles Teigeiro, L. (1992). *La industria de fertilizantes nitrogenados y fosfatados: una perspectiva histórica (1939 - 1989)*. Recuperado el 8 de 6 de 2014, de [www.mamagra.gov.es](http://www.mamagra.gov.es): [http://www.magrama.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_reas/r161\\_08.pdf](http://www.magrama.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_reas/r161_08.pdf)
- Russel, E. Wild, A. & Wild, A. (1992). *Las Condiciones del suelo y el desarrollo de las planas según Russel*. Recuperado el 07 de Julio de 2013, de Mundi-Prensa Libros. 1045 hojas: [http://books.google.com.co/books?id=gE6x5iluhGYC&pg=PA73&dq=ELEMENTO S+NUTRICIONALES+EN+LAS+PLANTAS&hl=es-419&sa=X&ei=qqbZUe2qHJPi8gSpyYDYDQ&ved=0CDkQ6AEwAQ#v=onepage&q=ELEMENTOS%20NUTRICIONALES%20EN%20LAS%20PLANTAS&f=false](http://books.google.com.co/books?id=gE6x5iluhGYC&pg=PA73&dq=ELEMENTO+S+NUTRICIONALES+EN+LAS+PLANTAS&hl=es-419&sa=X&ei=qqbZUe2qHJPi8gSpyYDYDQ&ved=0CDkQ6AEwAQ#v=onepage&q=ELEMENTOS%20NUTRICIONALES%20EN%20LAS%20PLANTAS&f=false)
- Sadeghian, S. (2008). Actualización y tendencia en la fertilización de café. En *Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes* (págs. 41-57). Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Sadeghian, S. (2012). Alternativas generales de fertilización para cafetales en etapa de producción. *Avances técnicos Cenicafe*, 0 - 8.
- Salisbury, F. & Ross, C. (1994). Nutrición mineral. En F. & Salisbury, *Fisiología vegetal* (págs. 144, 145). Mexico, D.F.: Grupo Editorial Iberoamerica S.A. de C.V.
- Silva Jaque, C. (Enero - Abril de 2010). *Scielo*. Recuperado el 16 de 06 de 2014, de Idesia (Arica) versión On-line ISSN 0718-3429: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292010000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292010000100001&script=sci_arttext)
- SIPSA. (Noviembre de 2009). *Boletín Mensual. Precios de insumos y factores de producción agrícolas*. Recuperado el 11 de Febrero de 2012, de SIPSA: [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/20091214121632\\_BolAgricolaNov09.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/20091214121632_BolAgricolaNov09.pdf)

- SIPSA. (Noviembre de 2011). *Boletín Mensual. Precios de insumos y factores de producción agrícolas*. Recuperado el 11 de Febrero de 2012, de SIPSA: [http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/3391/1/Agricola%20Noviembre\\_11.pdf](http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/3391/1/Agricola%20Noviembre_11.pdf)
- SIPSA. (Septiembre de 2011). *Boletín Mensual. Precios de insumos y factores de producción agrícolas*. Recuperado el 11 de Febrero de 2012, de SIPSA: [http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/3155/1/Agricola%20Septiembre\\_11.pdf](http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/3155/1/Agricola%20Septiembre_11.pdf)
- Smil, V. (2004). Brilliant discovery Fritz Harber's synthesis of ammonia. En *Enriching the earth: Fritz Harber, Carl Bosch, and the transformation of world food production*. MIT Press.
- Suescún, D. (1986). Recursos minerales para enmiendas y fertilizantes en Colombia. En SCCS - Comité Antioquia, *Fuentes inorgánicas naturales en el manejo de suelos y fertilización de cultivos*. Medellín: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo – Comité Antioquia.
- Tovar, J. A. (1 de marzo de 2007). *Estructura y poder del mercado en sector de agroquímicos en Colombia*. Recuperado el 5 de Enero de 2013, de [minagricultura.gov](http://www.minagricultura.gov): <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/docs/Estudio%20agroq%20CED E-UANDES.pdf>
- Unión Temporal Gl. Georecursos. (2005). *Análisis de la estructura productiva y mercados de la roca fosfórica*. Recuperado el 20 de Enero de 2013, de [simco.gov](http://www.simco.gov): <http://www.simco.gov.co/Portals/0/rocafosforica.pdf>
- Universidad Autónoma de Madrid. (2013). *Potasio*. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de UAM: <http://www.uam.es/docencia/elementos/spV21/conmarcos/elementos/k.html>
- Yépez, A. (2008). *Propuesta de niveles de extracción de la cosecha de macro y micro nutrientes con base a una revisión documental para algunos cultivos hortícolas y especias no tradicionales en Venezuela*. Recuperado el 9 de Marzo de 2012, de [ucla.edu.ve](http://ucla.edu.ve): [http://bibagr.ucla.edu.ve/db/Bvetucla/edocs/tesis\\_pdf/yeppez\\_alejandro.pdf](http://bibagr.ucla.edu.ve/db/Bvetucla/edocs/tesis_pdf/yeppez_alejandro.pdf).
- Zabala, J. (2008). *Nutrición Mineral del Cacao*. Recuperado el 17 de Junio de 2012, de Diplomado 2007 - U.N.A.S. Tingo María: <http://diplomado2007unas.blogspot.com/2008/01/nutricion-mineral-del-cacao.html>