

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

MONITOREO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE
FERTILIZANTES NPK, BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

ELIBANCK NOHELIA LÓPEZ MAYEN
CARNET 11335-07

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JUNIO DE 2015
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

MONITOREO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE
FERTILIZANTES NPK, BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
ELIBANCK NOHELIA LÓPEZ MAYEN

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JUNIO DE 2015
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. OSWALDO ENRIQUE MACZ MACARIO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES
ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL
ING. LUIS FELIPE CALDERÓN BRAN

Guatemala 22 de Febrero de 2015

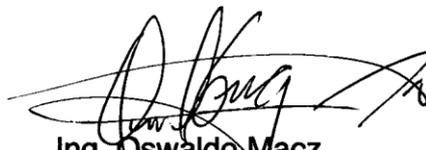
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante, Elibanck Nohelia López Mayen, carné 1133507, titulada: " Monitoreo de las propiedades físicas de los fertilizantes NPK bajo almacenamiento, Guatemala " .

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Oswaldo Macz
Cod. URL: 3318
Cod. Colegiado: 1718



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional de la estudiante ELIBANCK NOHELIA LÓPEZ MAYEN, Carnet 11335-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0645-2015 de fecha 16 de mayo de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

MONITOREO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE FERTILIZANTES NPK, BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 12 días del mes de junio del año 2015.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición y oportunidad de superarme.
La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Oswaldo Macz, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

A Yara Guatemala por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

Ing.. Rafael Oroxom, Ing. Julio García e Ing. Abraham Jarquín por su asesoría, apoyo y motivación para culminar la presente investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quién siempre me da su infinito amor y misericordia porque es mi fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice día a día.

Mis padres: Jorge López y Gloria Mayen de López a quienes amo, por su apoyo emocional y económico, por su amor, consejos y dedicación para guiarme por el mejor camino, por ser mi ejemplo de vida.

Mis hermanos: Gloryeth, Jorge y Javier por ser mi apoyo, mis cómplices y mis mejores amigos.

Mis abuelos: Efraín, Catalina, Benito y Carmelina por ser ejemplo de superación para mi vida.

Mis amigos: A mis amigos que ahora son mis colegas, por todos esos recuerdos y por hacer más placentero mi paso por la universidad, en especial a los hermanos Méndez y mi equipo de trabajo, César, Christa, Onán y Andree, sin ustedes la universidad no hubiese sido para nada igual. Los quiero mucho.

ÍNDICE

Página

RESUMEN.....	I
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
2.1. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1.1. Generalidades sobre el suelo, la nutrición y los fertilizantes	2
2.1.2. Fertilizantes.....	2
2.1.3. Manejo de fertilizantes	3
2.1.4. Higroscopicidad.....	3
2.1.5. Ácido libre	3
2.1.6. Riesgo de explosión.....	4
2.1.7. Volatilidad.....	4
2.1.8. Compatibilidad química.....	4
2.1.9. Granulometría	4
2.1.10. Producción de fertilizantes	5
2.1.11. Formas de fertilizantes	5
2.1.12. Fertilizantes sólidos.....	6
2.1.13. Fertilizantes líquidos	6
2.1.14. Productos especializados	7
2.1.15. Aplicación de fertilizantes.....	7
2.1.16. Aplicación al voleo	7
2.1.17. Colocación (localizada o por inyección)	7
2.1.18. Aplicaciones foliares	8
2.1.19. Fertirrigación	8
2.1.20. IMPORTANCIA DE LOS FERTILIZANTES.....	9
2.2. LOCALIZACIÓN.....	10
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	10
III. OBJETIVOS.....	12
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
IV. PLAN DE TRABAJO	13
4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	13
4.2. PROGRAMA DESARROLLADO	13
4.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	14
4.4. METAS PROPUESTAS.....	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5.1. DENSIDAD (G/L)	16
5.2. HUMEDAD (%).....	19
5.3. FORMACIÓN DE POLVO (G)	22
5.4. DUREZA GRANO (KG)	25
VI. CONCLUSIONES	29
VII. RECOMENDACIONES.....	30

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
---	-----------

ÍNDICE DE CUADROS

Página

CUADRO 1. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA PROFESIONAL EN YARA, S.A.	14
CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 15-15-15 PARA DENSIDAD (G/L)..	16
CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 19-04-19 PARA DENSIDAD (G/L)..	16
CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 21-17-03 PARA DENSIDAD (G/L)..	17
CUADRO 5. COMPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE LA PRUEBA DE DUNCAN AL 5% PARA CONDICIONES DE ALMACENAJE CON INTERACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PARA LA FORMULACIÓN (15-15-15), PARA LA VARIABLE DENSIDAD (G/L).	17
CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 15-15-15 PARA HUMEDAD %.	19
CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 19-04-19 PARA HUMEDAD %.	19
CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 21-17-03 PARA HUMEDAD %.	20
CUADRO 9. COMPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE LA PRUEBA DE DUNCAN AL 5% PARA CONDICIONES DE ALMACENAJE CON INTERACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PARA LA FORMULACIÓN (15-15-15), PARA LA VARIABLE HUMEDAD (%).	21
CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 15-15-15 PARA FORMACIÓN DE POLVO (G).	22
CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 19-04-19 15 PARA FORMACIÓN DE POLVO (G).	23
CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 21-17-03 15 PARA FORMACIÓN DE POLVO (G).	23
CUADRO 13. COMPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE LA PRUEBA DE DUNCAN AL 5% PARA CONDICIONES DE ALMACENAJE PARA LA FORMULACIÓN (15-15-15), PARA LA VARIABLE FORMACIÓN DE POLVO (G).....	24
CUADRO 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 15-15-15, DUREZA DE GRANO (KG).....	25
CUADRO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 19-04-19, DUREZA DE GRANO (KG).....	25
CUADRO 16. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FORMULACIÓN 21-17-03, DUREZA DE GRANO (KG).....	26
CUADRO 17. COMPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE LA PRUEBA DE DUNCAN AL 5% PARA CONDICIONES DE ALMACENAJE PARA LA FORMULACIÓN (15-15-15), PARA LA VARIABLE DUREZA GRANO (KG).....	26
CUADRO 18. COMPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE LA PRUEBA DE DUNCAN AL 1% PARA CONDICIONES DE ALMACENAJE CON INTERACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PAR LA FORMULACIÓN (21-17-03), PARA LA VARIABLE DUREZA GRANO (KG).....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA YARA GUATEMALA. (YARA INTERNACIONAL ASA, 2011).	11
FIGURA 2. COMPARACIÓN DE MEDIAS (DENSIDAD G/L), PARA CONDICIÓN DE ALMACENAJE CON CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	18
FIGURA 3. COMPARACIÓN DE MEDIAS (HUMEDAD %) PARA CONDICIÓN DE ALMACENAJE CON CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	21
FIGURA 4. COMPARACIÓN DE MEDIAS FORMACIÓN DE POLVO (G), PARA CONDICIÓN DE ALMACENAJE CON CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	24
FIGURA 5. COMPARACIÓN DE MEDIAS (DUREZA KG) PARA CONDICIÓN DE ALMACENAJE CON CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	27

MONITOREO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FERTILIZANTES NPK BAJO ALMACENAMIENTO, GUATEMALA.

RESUMEN

Durante el período de práctica, se planteó evaluar tres fórmulas de fertilizantes bajo tres condiciones de almacenamiento y tres diferentes características físicas. La investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Yara, Guatemala en la planta de producción, en la cual se realizan mezclas físicas y se almacena materia prima; se encuentra localizada en el Puerto San José, en el departamento de Escuintla. El diseño del experimento fue un arreglo bifactorial, en un diseño de bloques completos al azar, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron densidad (g/L), humedad (%), formación de polvo (g) y dureza de grano (kg). Los tratamientos evaluados fueron tres fórmulas de fertilizante: 21-17-03, 19-04-19 y 15-15-15, con tres condiciones de almacenaje; abierto, condiciones controladas y envasado en bodega, además de contar con tres características físicas cada tratamiento; granular, prill y mezcla física. Los resultados obtenidos mostraron que la fórmula 15-15-15, presentó mayor densidad en las tres condiciones de almacenamiento y con características de mezcla física. Para la variable humedad (%), la fórmula 15-15-15, presentó mayor porcentaje de humedad bajo condiciones de almacenaje abierto, con características físicas de forma granular y mezcla física. Para la variable formación de polvo, las fórmulas 15-15-15 y 19-04-19, obtuvieron mayor cantidad de formación de polvo en condiciones abiertas. El tratamiento con mayor dureza de grano correspondió a la fórmula 21-17-03 con características prill y en almacenaje de condiciones controladas.

MONITORING PHYSICAL PROPERTIES OF NPK FERTILIZERS UNDER STORAGE, GUATEMALA.

SUMMARY

During the practice, three formulas of fertilizers under three different conditions of storage and also three different physical characteristics were evaluated. The research was conducted on the premises of the production plant of the company Yara Guatemala, in which physical blends are made and raw materials are stored; it is located in Puerto San José in the department of Escuintla. The experimental design was a bifactorial arrangement, in a design of randomized complete blocks, with nine treatments and four repetitions. The variables evaluated were density (g/L), humidity (%), dust formation (g) and hardness of the grain (kg). The treatments were three formulas of fertilizer 21-17-03, 19-04-19 and 15-15-15 with three different storage conditions; open, controlled conditions and packed in the warehouse, in addition to three physical characteristics each treatment; granular, prill and physical blend. The results showed that the 15-15-15 formula presented greater density in the three storage conditions and with characteristics of physical blend. For the variable humidity (%) the 15-15-15 formula showed higher humidity under open storage conditions, and with characteristics of granular and physical blend. For variable dust formation the 15-15-15 and 19-04-19 formulas obtained as much dust in open conditions. Treatment with harder grain corresponded to the formula 21-17-03 with prill storage characteristics and controlled conditions.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento poblacional mundial, es indispensable aumentar la producción de alimentos, fibras e incluso energía. Esto es un constante reto para la agricultura. Para cumplir el reto de poder incrementar la producción agrícola y poder abastecer los requerimientos de la población, es necesario proporcionar a los suelos fuentes de nutrientes adicionales en formas asimilables por las plantas, para incrementar los rendimientos de los cultivos.

Los fertilizantes son los encargados de suministrar dichos nutrientes a los suelos. Se sabe que la aplicación racional de los mismos han incrementado los rendimientos de las cosechas, obteniendo así más y mejores alimentos.

Yara es una empresa internacional que se encarga de fabricar y comercializar fertilizantes, los cuales proveen los nutrientes necesarios a los suelos, con el fin de incrementar los rendimientos en el área agrícola. Yara Guatemala es una de las empresas con mayor oferta de fertilizantes, tanto químicos como físicos. Es una empresa que maneja altos estándares de calidad, como tamaño del gránulo, compatibilidad cuando se realizan mezclas físicas, dureza, resistencia, entre otros.

Los fertilizantes luego de un periodo indefinido de tiempo o bajo condiciones desfavorables, presentan problemas como retención de humedad, formación de polvo, ligosidad, etc. El presente documento presenta el plan realizado en la práctica profesional en la empresa Yara Guatemala S.A., en el área de control de calidad, en la planta de producción localizada en el puerto San José, en el departamento de Escuintla, Guatemala.

Durante la práctica profesional se tuvo como actividad principal, el monitoreo de tres diferentes fórmulas físicas y químicas de fertilizantes, 15-15-15, 21-17-03, 19-04-19, bajo tres condiciones ambientales diferentes, durante 4 meses.

II. ANTECEDENTES

2.1. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.1. Generalidades sobre el suelo, la nutrición y los fertilizantes

El suelo es un ente biológico, porque tiene vida; tridimensional, porque es visto a lo largo, ancho y profundidad; trifásico, porque existen las fases sólida, líquida y gaseosa; dinámico, porque dentro del suelo ocurren procesos que involucran cambios físicos y reacciones químicas constantemente. Además es el medio natural donde crecen las plantas, por tanto sirve como soporte (Sánchez, 2007).

Se define nutrición como el concepto fisiológico que considera la disponibilidad y/o asimilación de elementos minerales que influyen directamente en la producción y productividad de un cultivo específico (Kamara, 2001).

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sánchez, 2007).

Los compradores de fertilizantes muchas veces adquieren el producto y lo almacenan durante un periodo indefinido de tiempo; aparentemente los fertilizantes no tienen fecha de caducidad. Sin embargo, éstos después de un tiempo de almacenaje presentan problemas como: formación de polvo, retención de humedad, debilitación del granulo, entre otros (Yara Internacional ASA, s.f).

2.1.2. Fertilizantes

La utilización de fertilizantes se debe a que actualmente los suelos no pueden suministrar suficientes nutrientes para satisfacer las crecientes necesidades alimentarias de la población mundial. En su estado natural los suelos no cultivados carecen de algunos nutrientes o son ricos en sustancias químicas, pero retienen los nutrientes en formas o estados que las plantas no pueden usar. En la cosecha de cada cultivo se pierde una proporción de estos nutrientes (Yara Internacional ASA,

s.f). Se usan fertilizantes para: Proporcionar nutrientes que no están disponibles en el suelo; reemplazar los nutrientes perdidos en la cosecha; balancear los nutrientes para lograr una mejor calidad y un mayor rendimiento de los productos agrícolas (Yara Internacional ASA, s.f).

2.1.3. Manejo de fertilizantes

Para un manejo adecuado (transporte, almacenamiento y aplicación) de los fertilizantes, éstos deben ser conocidos en sus principales características tales como: higroscopicidad, acidez libre, riesgo explosivo, volatilización y compatibilidad química, además de las precauciones específicas de transporte y almacenamiento (Gavi, s.f).

2.1.4. Higroscopicidad

Es la capacidad del fertilizante para absorber vapor de agua presente en el aire. Los fertilizantes nitrogenados son los más higroscópicos y el aumento de temperatura puede acelerar la reacción. Si el fertilizante absorbe agua se disuelve o se vuelve pegajoso y si después existen condiciones para que se libere el agua, entonces el material se endurece formando bloques, haciendo difícil su manejo y uso (Gavi, s.f).

Las medidas preventivas contra la higroscopicidad y endurecimiento en la bodega incluyen: evitar corrientes de aire húmedo, mantener puertas y ventanas cerradas, evitar el contacto con suelo y paredes húmedas, barrer el piso frecuentemente con escoba seca para evitar que el fertilizante mezclado con polvo u otros materiales absorban la humedad (Gavi, s.f).

2.1.5. Ácido libre

Es el ácido que contienen los fertilizantes. Los superfosfos simple y triple, los cuales son fabricados con ácidos fuertes (sulfúrico y fosfórico), pueden romper los sacos por la quemadura de sus costuras. El superfosfato simple daña más a los envases. Los sacos rotos son difíciles de manejar (Gavi, s.f).

2.1.6. Riesgo de explosión

Se debe tener cuidado especial con el nitrato de amonio ya que explota cuando entra en contacto con materiales orgánicos, aceite, ciertos metales, azufre, fósforo, etc. Por ello se debe evitar golpear los bultos; dejar espacio entre sacos; no fumar dentro de la bodega ni exponer los sacos al fuego o calor (ni del sol); mantener los sacos cerrados y almacenar aparte cada fertilizante, lejos de cables con corriente eléctrica, tubos de vapor, radiadores, materiales explosivos, ácidos y materiales fácilmente oxidables e inflamables (Bordoli y Barbazán, 2010).

2.1.7. Volatilidad

Se refiere al desprendimiento de vapores amoniacaes (cloruro de amonio y bicarbonato de amonio) de materiales manejados en forma inadecuada o en exceso y especialmente cuando se exponen al sol y lluvia. Fertilizantes como sulfato y nitrato de amonio pueden presentar dicho problema, por lo que no deben dejarse en sacos abiertos ni a la intemperie. Se deben almacenar en pocas capas para que no se volatilicen, no pierdan humedad ni peso (Bordoli y Barbazán, 2010).

2.1.8. Compatibilidad química

Esta característica es muy importante cuando se hacen mezclas. No todos los fertilizantes se pueden mezclar, ya que algunos reaccionan entre sí y producen compuestos de malas características físicas. La urea no debe mezclarse con nitrato de amonio o superfosfato triple, tampoco fosfato diamónico con superfosfato simple (Haifa y Brometan, 2007).

2.1.9. Granulometría

El término granulometría se refiere al tamaño de las partículas o gránulos de fertilizante y su proporción (Haifa y Brometan, 2007).

2.1.10. Producción de fertilizantes

Existen muchos tipos diferentes de fertilizantes que se emplean para la nutrición de un cultivo, todos los cuales se derivan de recursos naturales como el aire y los depósitos minerales, y se combinan en procesos de producción relativamente simples. Las grandes diferencias que se observan en los fertilizantes que se encuentran en el mercado son resultado del proceso y el objetivo de producción, así como del valor de comercialización del producto (Yara Internacional ASA, s.f.).

Los fertilizantes de mayor valor son: (Yara Internacional ASA, s.f.)

- Los que fluyen libremente en la naturaleza
- Los que se comercializan en gránulos duros o prils
- Los que tienen partículas de tamaño consistente
- Los que se esparcen fácilmente y hacen posible que el patrón de distribución sea uniforme
- Los que contienen mayor cantidad de nutrientes en cada partícula
- Los que se disuelven rápidamente cuando entran en contacto con el suelo húmedo
- Los que están libres de contaminantes indeseables.

Todas éstas características son deseables sin importar si la aplicación es a mano, por diseminadora mecánica o colocada en bandas con equipo de siembra de precisión. También son importantes si el fertilizante va a ser mezclado con otras materias primas para generar un producto con un grado de nutrientes más alto (Yara Internacional ASA, s.f.).

2.1.11. Formas de fertilizantes

Los fertilizantes se producen ya sea como productos simples que contienen un solo nutriente, o como compuestos, que tienen dos o más nutrientes. Se encuentran en el mercado en una amplia variedad de formas. Los fertilizantes sólidos constituyen la forma más común y se aplican a mano o con máquinas, que incluyen las sembradoras de precisión y las diseminadoras. Los fertilizantes líquidos se utilizan generalmente en donde se requieren aplicaciones más precisas, como en los

cultivos hortícolas y las operaciones de fertirrigación. La tercera forma de fertilizantes son los especializados, que por lo general son micronutrientes formulados para aplicaciones y condiciones específicas de suelo o planta (Yara Internacional ASA, s.f.).

2.1.12. Fertilizantes sólidos

La mayoría de los fertilizantes se venden como sólidos para su aplicación en seco, o para disolverse en agua y usarse en hidroponía o en fertirrigación. Los gránulos son partículas que se forman a partir de una mezcla líquida, que habitualmente se pasa por un granulador rotatorio. Desde el punto de vista químico, pueden ser una mezcla de varios nutrientes. Los prills se producen asperjando una solución de fertilizante en la parte superior de una torre de prillado de manera muy semejante a como se producen las postas (granalla) de plomo. Muchos fertilizantes nitrogenados se producen de esta manera (Yara Internacional ASA, s.f.).

Los fertilizantes compactados se producen sometiendo los ingredientes a presión para formar hojuelas de fertilizante. Los fertilizantes compuestos NPK se preparan comúnmente haciendo una mezcla líquida de ingredientes y dando forma de gránulos o prills al producto final. De esta manera alternativa, se mezclan a granel usando un proceso en seco que mezcla los ingredientes sólidos individuales según se requiere (Yara Internacional ASA, s.f.).

2.1.13. Fertilizantes líquidos

Los líquidos son soluciones transparentes o suspensiones, que en ocasiones incluyen una arcilla fina. Pueden ser simples o compuestos. La principal limitante con las suspensiones es que deben agitarse constantemente para mantener la mezcla de nutrientes. Algunas soluciones transparentes están presurizadas, por ejemplo, el amoníaco anhidro y acuoso. Éstas se usan para inyectarse en el suelo, principalmente en pastizales, hortalizas y algunos cultivos extensivos (Yara Internacional ASA, s.f.).

2.1.14. Productos especializados

Los micronutrientes catiónicos como quelatos, en este tipo el metal se protege en una estructura quelatada que minimiza la precipitación no deseada, la adsorción en el suelo o la reacción con otros fertilizantes o pesticidas. En suelos ácidos y soluciones nutritivas los quelatos aseguran máxima disponibilidad del nutriente mineral para la planta (Yara Internacional ASA, s.f).

Los productos foliares se pueden formular como polvos solubles, líquidos o suspensiones, necesitan tener como base materias primas con bajos niveles de impurezas para minimizar los riesgos para la planta. El uso de coadyuvantes para controlar y mejorar el desempeño en la hoja, a la cual se quiere llegar también es importante (Yara Internacional ASA, s.f).

2.1.15. Aplicación de fertilizantes

Es necesario aplicar los nutrientes con la mayor precisión posible en la zona de absorción, antes o en el momento en que el cultivo lo necesite. Si no se verifica que cada planta obtenga la mezcla correcta de nutrientes, se puede arruinar la calidad del cultivo y reducirse el rendimiento (Yara Internacional ASA, s.f).

2.1.16. Aplicación al voleo

La mayoría de los fertilizantes sólidos son esparcidos sobre el suelo descubierto, encima o a lo largo del cultivo en desarrollo. Se debe verificar que la dispersión sea lo más uniforme posible. La calidad del producto también es importante. Los productos compuestos por tamaños de partícula desigual pueden dar por resultado una diseminación poco homogénea de los nutrientes (Yara Internacional ASA, s.f).

2.1.17. Colocación (localizada o por inyección)

La colocación de fertilizante en forma localizada o líneas, junto a la planta, o directamente en la zona de las raíces, tiene un efecto positivo sobre el rendimiento y la calidad. La práctica común consiste en colocar el fertilizante en una banda

concentrada hacia la zona de suelo húmedo junto a la semilla y debajo de ella en el momento de la siembra, lo que garantiza que los nutrientes estarán disponibles en cuanto se requieran (Yara Internacional ASA, s.f).

A medida que se desarrolla el cultivo el fertilizante está presente en la zona de la raíz, lo que asegura un suministro más inmediato de los nutrientes. Esto puede fomentar un enraizado más prolífero, con las ventajas adicionales de promover un mejor uso de los nutrientes a una mayor profundidad del suelo (Yara Internacional ASA, s.f).

2.1.18. Aplicaciones foliares

Aplicar productos foliares al cultivo en crecimiento debe hacerse con precisión para que incidan en la parte deseada de la planta. La formulación también es importante, ya que algunas sales mal formuladas pueden ocasionar quemaduras y daños al cultivo. Deberá tenerse cuidado y evitar la luz del sol brillante y las condiciones de secado rápido al aplicar cualquier fertilizante foliar. Siempre se debe intentar lograr la mayor cobertura posible de la hoja o fruta a tratar (Yara Internacional ASA, s.f).

2.1.19. Fertirrigación

Es la aplicación combinada de agua y nutrientes (fertilizante) a una planta. Se puede adaptar a todos los tipos de cultivo, pero es más común en cultivos frutales y hortícolas de alto valor, que en cultivos extensivos. Los sistemas más comúnmente empleados en la microirrigación son los microaspersores, las cintas y los sistemas de riego por goteo y cada uno se adapta a un ambiente o gama de condiciones diferentes. En todos los casos la técnica requiere de equipo específico y sistemas que apliquen el agua y los nutrientes con precisión y a presión (Yara Internacional ASA, s.f).

Debido a que el agua y los nutrientes se suministran a esta área del bulbo húmedo, el desarrollo de las raíces absorbentes activas también se concentra en esta zona. Esto mejora la eficiencia de la toma tanto de agua como de nutrientes. En los árboles la profundidad del enraizado es mayor y las raíces fuera del bulbo húmedo sirven en gran medida como anclaje para el cultivo (Yara Internacional ASA, s.f).

El principio fundamental de la fertirrigación es que los programas de aplicación deberán coincidir con la demanda de nutrientes de un cultivo. Esto permite la manipulación frecuente de la entrada de nutrientes, lo que maximiza la eficiencia y minimiza la lixiviación. El potencial del cultivo se maximiza, debido a que los nutrientes y el agua se suministran y están disponibles exactamente cuando se necesitan (Yara Internacional ASA, s.f).

2.1.20. IMPORTANCIA DE LOS FERTILIZANTES

Los fertilizantes son necesarios y gracias en parte a ellos se obtienen grandes beneficios para la producción alimenticia y la obtención de energías renovables. Sin los fertilizantes se tendrían que cultivar millones de hectáreas adicionales a nivel mundial para poder alimentar a una población en constante crecimiento. Los fertilizantes contienen nutrientes de origen natural, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, que provienen de la propia naturaleza y por tanto no son obtenidos por el hombre. Estos nutrientes son exactamente los mismos que los incluidos en los abonos orgánicos, pero en formas que pueden ser asimiladas por las plantas, lo que sucedería también de forma natural pero en un periodo mayor de tiempo. El origen de los nutrientes que permiten a la planta producir alimentos de calidad es irrelevante, obteniendo las plantas los nutrientes siempre de la misma forma, independientemente del origen primario de los mismos (ANFFE, 2007).

Es necesario aportar nutrientes a los cultivos en forma fácilmente asimilable y de manera equilibrada, lo que se consigue con los fertilizantes minerales propiamente dichos, ya que se aportan las cantidades necesarias de nutrientes asimilables en los momentos adecuados. No existe ningún soporte ni evidencia científica que demuestre que la agricultura ecológica es nutricionalmente superior a la tradicional, aunque las palabras “natural” y “orgánico” así lo hagan creer a la sociedad. La realidad es que los fertilizantes permiten aportar los nutrientes necesarios a los cultivos y mejorar la calidad de las cosechas (ANFFE, 2007).

El uso eficiente, racional y responsable de los fertilizantes, principio que siempre se ha fomentado desde el sector industrial, no es perjudicial para el medio ambiente,

sino por el contrario, mejora la fertilidad del suelo. Todos los excesos son malos, pero no por ello se debe cuestionar el consumo de un producto que aporta importantes ventajas a la sociedad: una intoxicación de medicamentos puede ser perjudicial para la salud, pero no por ello se cuestiona su consumo ni se fomenta prescindir de ellos (ANFFE, 2007).

2.2. LOCALIZACIÓN

La práctica profesional se realizó en la empresa Yara, Guatemala. Las oficinas centrales de la empresa se encuentran localizadas en Calzada Roosevelt 33-86, zona 7, Edificio Ilumina, Penthouse nivel 11, oficina 1102.

La práctica se llevó a cabo en la planta de producción, en la cual se realizan mezclas físicas y se almacena materia prima; se encuentra localizada en el Barrio El Peñate, Puerto San José, en el departamento de Escuintla. El puerto San José está ubicado a 13° 55,22' latitud norte y 90° 49,10' longitud oeste a una altura de 2 msnm.

2.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

Yara es una empresa internacional noruega de la industria química, cuya principal actividad es la conversión de la energía, los minerales y el nitrógeno del aire en productos agrícolas y soluciones para la industria. Su principal aplicación son los fertilizantes, además de productos industriales y soluciones medioambientales para prevenir la contaminación del aire, mejorar la calidad del agua y controlar los olores desagradables. La empresa inicio a comercializar productos para el uso de fertilizantes en la década de los 70, a partir de ese año Yara ha expandido su presencia a nivel global, siendo proveedor líder en fertilizantes con operaciones en mas de 50 paises (Yara Internacional ASA, 2011).

Yara Guatemala S.A es una compañía integrada por un equipo de profesionales altamente comprometidos y calificados conscientes de las necesidades del sector agrícola nacional para recomendar el balance correcto de nutrientes que mejore el rendimiento de los cultivos, sustentados en los valores corporativos de la empresa,

productos de alta calidad, la responsabilidad social y la protección del medio ambiente (Yara Internacional ASA, 2011).

Yara se rige a partir de un manual de ética, el cual se enfoca en: La ética y la conformidad. La ética comprende los estándares que rigen la conducta de un ser humano, la manera en la cual se espera que todos los empleados, consultores, contratistas actúen cuando hacen negocios para Yara. El manual de ética señala el compromiso de Yara Internacional ASA, con respecto a las prácticas comerciales éticas y de conformidad. Integra un marco por medio del cual se puede asegurar de que se respaldan los valores fundamentales de Yara Internacional ASA en el trabajo que se ejerce a diario. El manual está estructurado en torno a estos valores, ambición, confianza, trabajo en equipo y responsabilidad (Yara Internacional ASA, 2011). La forma en que esta organizada se muestra en la figura 1.

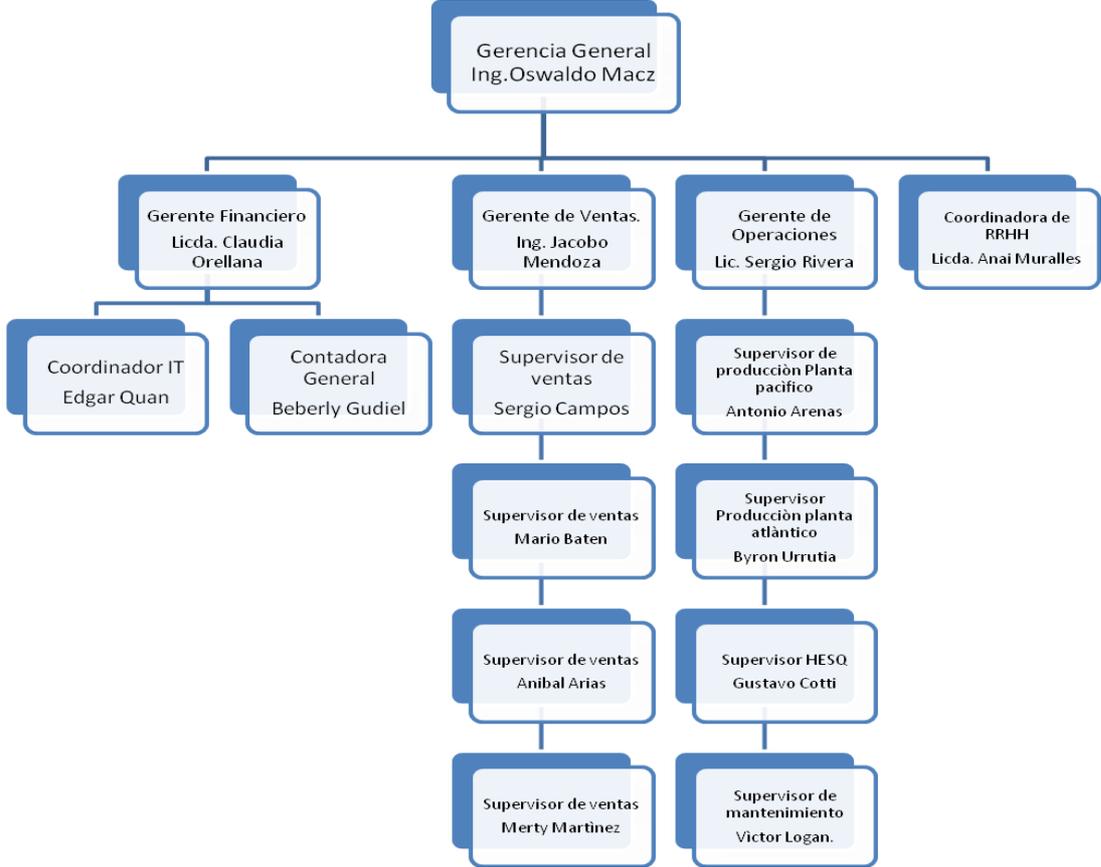


Figura 1. Organigrama de la empresa Yara Guatemala (Yara Internacional ASA, 2011).

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de tres diferentes fórmulas de fertilizantes, las que representan mayor importancia de acuerdo a ventas, bajo condiciones de almacenamiento, tanto a nivel de planta como a nivel de agroservicio.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar la densidad de cada fórmula, bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

Determinar el porcentaje de humedad de las condiciones de almacenamiento de cada una de las fórmulas evaluadas.

Evaluar la formación de polvo en cada fórmula evaluada, con respecto a sus características físicas y condiciones de almacenamiento.

Determinar la dureza del grano de cada fórmula, con base en las características físicas y condiciones de almacenamiento.

IV. PLAN DE TRABAJO

4.1. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE TRABAJO

La práctica profesional se realizó en la empresa Yara, Guatemala. Las oficinas centrales de la empresa se encuentran localizadas en Calzada Roosevelt 33-86, zona 7, Edificio Ilumina, Penthouse nivel 11, oficina 1102.

La práctica se llevó a cabo en la planta de producción, en la cual se realizan mezclas físicas y se almacena materia prima; se encuentra localizada en el Barrio El Peñate, Puerto San José, en el departamento de Escuintla. El puerto San José está ubicado a 13° 55,22' latitud norte y 90° 49,10' longitud oeste a una altura de 2 msnm.

La investigación se realizó en el departamento de operaciones, ubicada en la planta de producción, específicamente en el área de control de calidad. El área de control de calidad se encarga de la verificación y cumplimiento de los estándares de calidad que se manejan a nivel empresarial, así como también con estándares de legislación internacional. La planta cuenta con personal encargado para verificar la calidad del producto. Se realizaron monitoreos mensuales y se hicieron pruebas de laboratorio a 3 diferentes fórmulas sometidas a diferentes ambientes, para verificar el comportamiento de los fertilizantes.

4.2. PROGRAMA DESARROLLADO

El programa de actividades estuvo dirigido al área de control de calidad. Consistió en monitorear el comportamiento de las propiedades que presentan tres diferentes tipos de fertilizantes (mezcla física, fertilizante químico perlado, fertilizante químico granular) en tres diferentes fórmulas, las que tienen más movimiento comercial (15-15-15, 19-04-19, 21-17-03) con el fin de definir el tiempo adecuado de almacenamiento y las condiciones favorables. La empresa realiza muestreos mensuales de las materias primas con el fin de conservar la calidad del producto. Según los estándares de la empresa Yara Guatemala, S.A. se hicieron muestreos cada mes, simulando el nivel agroservicio, bajo tres condiciones ambientales diferentes; esto se hizo para poder observar el comportamiento a través del tiempo

de las propiedades físicas de los fertilizantes, de acuerdo a las condiciones de tres diferentes ambientes.

El monitoreo consistió en evaluar parámetros climáticos como temperatura y humedad en los lugares de almacenamiento y, con base en esto, se determinó si los fertilizantes cumplieron, bajo condiciones favorables, con los estándares de calidad. Así también se determinó el tiempo máximo de almacenaje bajo las condiciones evaluadas.

4.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cuadro 1 presenta el cronograma de actividades que se realizaron en la pasantía de prácticas profesionales en la empresa Yara Guatemala, S.A. Se tomaron muestras de fertilizantes cada mes en la planta de producción, simulando diferentes ambientes de almacenamiento a nivel de agroservicio. Esto con el fin de evaluar el comportamiento de las propiedades físicas y químicas de tres diferentes tipos de fertilizantes y de esta manera determinar el tiempo de almacenaje y condiciones favorables para los mismos.

Las muestras se evaluaron mensualmente para saber si éstas cumplían con las normas de calidad que se manejan en Yara. Se tomaron muestras físicas y estas fueron evaluadas en laboratorios especiales para medir resistencia mecánica de partículas, segregación, tamaño de partículas, formación de polvo, etc.

Cuadro 1. Actividades realizadas durante la Práctica Profesional en Yara, S.A.

ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Inducción	X															
Elaboración de muestras	X	X														
Análisis Inicial		X														
Segundo análisis de laboratorio					X		X									
Charlas semana Bejo						X										
Tercer análisis de laboratorio										X	X					
Cuarto análisis de laboratorio.														X	X	
Elaboracion informe final																

4.4. METAS PROPUESTAS

Se determinó, con base en el monitoreo realizado, las propiedades físicas y químicas de tres diferentes fórmulas, bajo tres condiciones de almacenamiento. Se comparó, el comportamiento de tres diferentes tipos de fertilizantes, (perlado, granular, mezcla física) sometidos a diferentes condiciones de almacenaje para determinar las condiciones adecuadas antes de que empiecen a mostrar propiedades no deseadas que pueden representar pérdidas económicas. Con base en los monitoreos se pudo determinar el tiempo máximo de almacenaje de los fertilizantes, químicos y físicos, según las condiciones en las que estos se encontraban (envasado, abierto y bajo condiciones controladas).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. DENSIDAD (Kg/L)

A continuación se muestran los análisis de varianza para la variable densidad (Kg/L), bajo condiciones de almacenaje y características físicas. En el cuadro 2, se presenta para la formulación (15-15-15). En el cuadro 3 para la formulación (19-04-19), y en el cuadro 4 se presenta el análisis de varianza para la formulación (21-17-03).

Cuadro 2. Análisis de varianza para formulación 15-15-15 para densidad (Kg/L).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	0.0014	0.00072	0.07	Ns	0.9358
Característica física	2	0.03	0.02	52.13	**	0.0001
Condición de almacenaje*característica física	4	0.06	0.01	4.34	**	0.0034
Error	27	0.07	0.0025			

CV= 5.67%, NS= No Significativo, ** altamente significativo

En el cuadro 2, se presenta para la formulación (15-15-15). Para la condición de almacenaje con características físicas existen diferencias significativas, por lo que alguno de los tratamientos presenta diferencias entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 3. Análisis de varianza para formulación 19-04-19 para densidad (Kg/L).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	0.01	0.01	0.59	Ns	0.5839
Característica física	2	0.04	0.02	16.26	**	0.0001
Condición de almacenaje*característica física	4	0.06	0.01	1.22	Ns	0.3278
Error	27	0.23	0.1			

CV= 10.36%, NS= No Significativo, ** altamente significativo

En el cuadro 3, para la formulación (19-04-19), mostrando no significancia para condición de almacenaje entre tratamientos y para condiciones de almacenaje con característica física, por lo que todos los tratamientos son estadísticamente iguales.

Cuadro 4. Análisis de varianza para formulación 21-17-03 para densidad (Kg/L).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	0.04	0.02	6.25	Ns	0.0852
Característica física	2	0.03	0.02	0.36	Ns	0.5917
Condición de almacenaje*característica física	4	0.01	0.0029	0.35	Ns	0.7867
Error	27	0.15	0.01			

CV= 9.33%, NS= No Significativo

En el cuadro 4, se presenta el análisis de varianza para la formulación (21-17-03), en el cual muestra no significancia entre tratamientos. Al observar los análisis de varianza para las tres formulaciones correspondientes, se determinó que existe diferencia significativa al 1% únicamente para la formulación (15-15-15), en cuanto a la condición de almacenaje con interacción de característica física, mostrando no significancia estadística para las formulaciones restantes. Para la confirmación de este resultado, se presenta a continuación la comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5%, mostrado en el cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5% para condiciones de almacenaje con interacción de características físicas para la formulación (15-15-15), para la variable Densidad (Kg/L).

Condiciones de almacenaje	Características físicas	Media (Kg/L)	
Envasado bodega	Prill	0.82	A
Abierta	Prill	0.83	A
Condiciones controladas	Prill	0.83	A
Abierta	Granular	0.87	A B
Condiciones controladas	Granular	0.87	A B
Abierta	Mezcla física	0.92	B
Envasado bodega	Granular	0.92	B
Envasado bodega	Mezcla física	0.92	B
Condiciones controladas	Mezcla física	0.92	B

Tratamientos con las mismas letras son iguales estadísticamente.

La prueba de comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5%, muestra a dos grupos, mostrándose con densidad estable a 3 tratamientos, los cuales son: condiciones de almacenaje abierto, envasado en bodega y condiciones controladas, todos con mezcla física y envasado en bodega con características granulares.

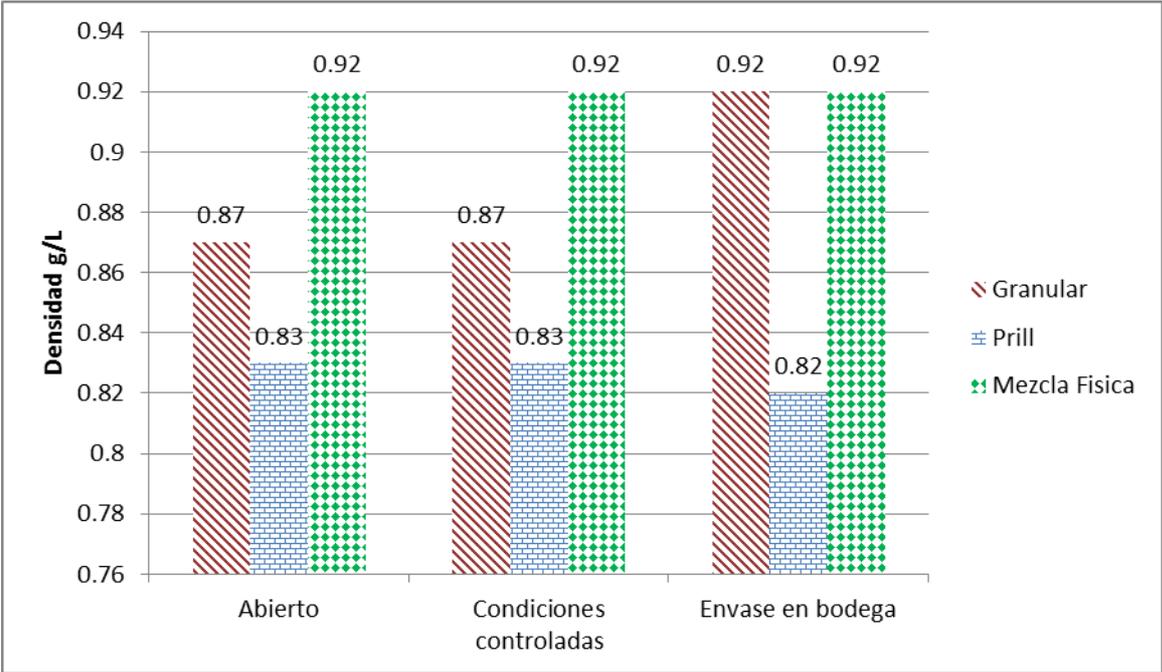


Figura 2. Comparación de medias (Densidad Kg/L), para condición de almacenaje con características físicas.

En la figura 2, se muestra el comportamiento con respecto a la densidad (Kg/L), de todos los tratamientos, en donde se observa estabilidad controlada para los tratamientos bajo características (Prill) en condiciones de almacenaje; abierta, condiciones controladas y envasado en bodega. Lo que indica que para las dos características restantes (Mezcla física y Granular), se ve afectada directamente la densidad de la partícula.

5.2. HUMEDAD (%)

A continuación se muestran los análisis de varianza para la variable humedad (%) bajo condiciones de almacenaje y características físicas. En el cuadro 6, se presenta para la formulación (15-15-15), en el cuadro 7 se presenta para la formulación (19-04-19) y en el cuadro 8, se muestra para la formulación (21-17-03).

Cuadro 6. Análisis de varianza para formulación 15-15-15 para humedad %.

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	17.37	8.69	1.07	Ns	0.4012
Característica física	2	7.80	3.90	6.72	Ns	0.0048
Condición de almacenaje*característica física	4	48.81	8.14	6.25	**	0.0003
Error	27	35.15	1.30			

CV= 46.62%, NS= No Significativo, ** altamente significativo

Se observa en el cuadro 6, el análisis de varianza para la formulación (15-15-15), determinando que existe diferencia significativa al 1%, por lo que presenta características distintas en cuanto al % de humedad.

Cuadro 7. Análisis de varianza para formulación 19-04-19 para humedad %.

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	30.46	15.23	4.52	Ns	0.0635
Característica física	2	4.15	2.07	1.78	Ns	0.1903
Condición de almacenaje*característica física	4	20.23	3.37	1.40	Ns	0.2524
Error	27	65.22	2.42			

CV= 55.67%, NS= No Significativo

En cuadro 7, se muestra el análisis de varianza para la formulación (19-04-19), mostrando así que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados bajo esta formulación.

Cuadro 8. Análisis de varianza para formulación 21-17-03 para humedad %.

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	6.54	3.27	1.05	Ns	0.4498
Característica física	2	4.35	4.35	114.76	Ns	0.0017
Condición de almacenaje*característica física	4	9.30	3.10	2.62	Ns	0.0824
Error	27	21.32	1.18			

CV= 39.57%, NS= No Significativo

En cuadro 8, se muestra el análisis de varianza para la formulación (21-17-03), mostrando así que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados bajo esta formulación.

Al observar los análisis de varianza para las tres formulaciones correspondientes, se determina que existe diferencia significativa al 1% únicamente para la formulación (15-15-15), en cuanto a la condición de almacenaje con interacción de característica física, mostrando no significancia estadística para las formulaciones restantes. Para la confirmación de este resultado, se presenta a continuación la comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5%, mostrado en el cuadro 9.

Cuadro 9. Comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5% para condiciones de almacenaje con interacción de características físicas para la formulación (15-15-15), para la variable Humedad (%).

Condiciones de almacenaje	Características físicas	Media (%)	
Envasado bodega	Prill	0.83	A
Condiciones controladas	Prill	0.98	A B
Abierta	Prill	1.08	A B
Envasado bodega	Granular	1.85	A B
Condiciones controladas	Granular	2.53	A B
Condiciones controladas	Mezcla física	2.80	B C
Envasado bodega	Mezcla física	2.80	B C
Abierta	Granular	4.38	C D
Abierta	Mezcla física	4.80	D

Tratamientos con las mismas letras son iguales estadísticamente.

La prueba de comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5%, muestra a cinco grupos, mostrándose con mayor porcentaje de humedad los tratamientos bajo condiciones de almacenaje abierta y bajo características físicas granulares y mezcla física. Así también se muestran los tratamientos con menor porcentaje de humedad los cuales corresponden a los tratamientos bajo condiciones de almacenaje de envasado bodega y bajo condiciones controladas con características físicas de prill.

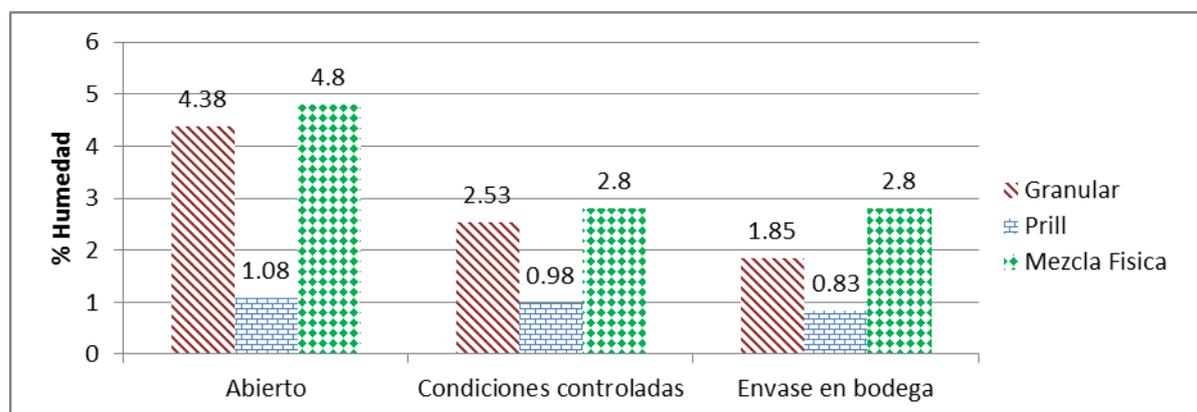


Figura 3. Comparación de medias (Humedad %) para condición de almacenaje con características físicas.

En la figura 3, se muestra las diferencias entre los tratamientos con respecto al % de humedad, graficando claramente que los tratamientos bajo condiciones de almacenamiento abiertos con características granular y mezcla física, sufren alteraciones en el % de humedad, mientras que los fertilizantes con características prill, soportan y se mantienen estable para estas condiciones de almacenamiento.

5.3. FORMACIÓN DE POLVO (g)

A continuación se muestran los análisis de varianza para la variable Formación de Polvo (g) bajo condiciones de almacenaje y características físicas. En el cuadro 10, se presenta para la formulación (15-15-15), en el cuadro 11, para la formulación (19-04-19) y en el cuadro 12, para la formulación (21-17-03).

Cuadro 10. Análisis de varianza para formulación 15-15-15 para formación de polvo (g).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	107.44	53.72	10.06	*	0.0121
Característica física	2	1.87	0.93	0.20	Ns	0.8204
Condición de almacenaje*característica física	4	32.06	5.34	0.61	Ns	0.7200
Error	27	236.38	8.75			

CV= 106.44%, NS= No Significativo, * Significativo

Para la variable formación de polvo, se muestra el cuadro 10, el análisis de varianza para la formulación (15-15-15), el cual demuestra que existen diferencias significativas para condiciones de almacenaje, la descripción de los tratamientos se muestran en la comparación de medias por medio de Duncan, en el cuadro 13.

Cuadro 11. Análisis de varianza para formulación 19-04-19 15 para formación de polvo (g).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	66.43	33.21	6.02	*	0.0368
Característica física	2	10.40	5.20	3.12	Ns	0.0627
Condición de almacenaje*característica física	4	33.13	5.52	1.56	Ns	0.1978
Error	27	95.68	3.54			

CV= 63.95%, NS= No Significativo, *= significativo

En el cuadro 11, se muestra el análisis de varianza para la fórmula 19-04-19, indicando así que existe diferencia significativa al 5%, para condición de almacenaje, por lo que algún tratamiento obtuvo resultados estadísticamente diferentes.

Cuadro 12. Análisis de varianza para formulación 21-17-03 15 para formación de polvo (g).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	349.46	174.73	1.91	Ns	0.2912
Característica física	2	271.79	271.79	2.22	Ns	0.2330
Condición de almacenaje*característica física	4	279.79	91.26	1.82	Ns	0.1796
Error	27	902.63	50.15			

CV= 180.19%, NS= No Significativo

En el cuadro 12, se muestra el análisis de varianza para la fórmula 21-17-03, en el cual se observa que no hay diferencias significativas para condición de almacenaje y para características físicas, por lo que todos los tratamientos son estadísticamente iguales.

Al observar los análisis de varianza para las tres formulaciones correspondientes, se determina que existe diferencia significativa al 1% para la formulación (15-15-15) y al 5% para la formulación (19-04-19), ambos para la fuente de variación condicione de

almacenaje, mostrando no significancia estadística para las formulaciones restantes. Para la confirmación de este resultado, se presenta a continuación la comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5%, mostrado en el cuadro 13.

Cuadro 13. Comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5% para condiciones de almacenaje para la formulación (15-15-15), para la variable Formación de Polvo (g/kg).

Tratamientos (Condición de almacenaje)	Media (g/kg)	
Envasado bodega	2.62	A
Condiciones controladas	3.64	A
Abierta	10.42	B

Tratamientos con las mismas letras son iguales estadísticamente.

La prueba de comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5%, muestra a dos grupos, ubicándose con mayor peso de Formación de polvo, a los tratamientos bajo condiciones de almacenaje abierta y con menor peso a los tratamientos bajo condiciones de almacenaje de envasado bodega y condiciones controladas.

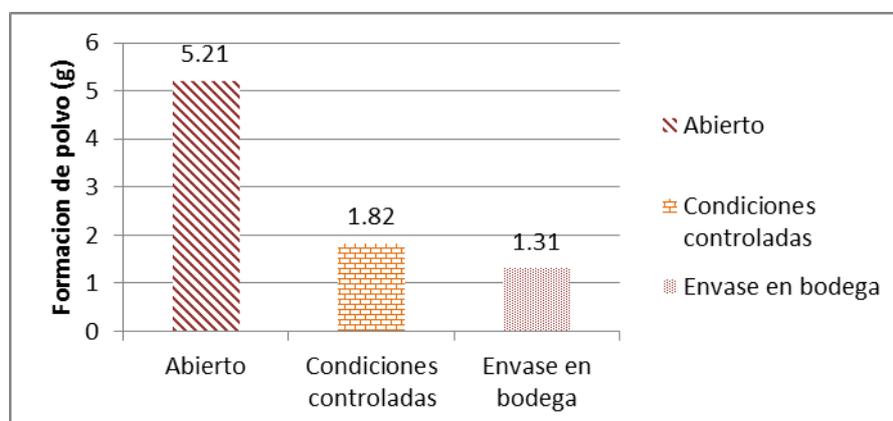


Figura 4. Comparación de medias Formación de polvo (g/kg), para condición de almacenaje con características físicas.

En la figura 4, se muestra de forma gráfica la diferencia entre las tres condiciones de almacenamiento con respecto a la formación de polvo, se puede observar que la condición de almacenaje abierta es la que más afecta a los fertilizantes.

5.4. DUREZA GRANO (Kg)

A continuación se muestran los análisis de varianza para la variable Dureza de grano (Kg), bajo condiciones de almacenaje y características físicas. En el cuadro 14, se presenta para la formulación (15-15-15), en el cuadro 15, para la formulación (19-04-19) y en el cuadro 16, para la formulación (21-17-03).

Cuadro 14. Análisis de varianza para formulación 15-15-15, dureza de grano (kg).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	6.43	3.22	10.25	*	0.0116
Característica física	2	1.87	0.93	0.20	Ns	0.8204
Condición de almacenaje*característica física	4	1.88	0.31	0.31	Ns	0.9284
Error	27	27.70	1.03			

CV= 51.74%, NS= No Significativo, *= significativo

En el cuadro 14 se muestra el análisis de varianza para la fórmula 15-15-15, el cual indica que existe diferencia para condiciones de almacenaje en relación a la dureza del grano (Kg). Por tal razón se procedió a realizar la prueba de comparación de medias por Duncan mostrada en el cuadro 17.

Cuadro 15. Análisis de varianza para formulación 19-04-19, dureza de grano (kg).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	4.54	2.27	0.82	Ns	0.4861
Característica física	2	10.40	5.20	3.12	Ns	0.0627
Condición de almacenaje*característica física	4	16.70	2.78	1.56	Ns	0.1963
Error	27	48.10	1.78			

CV= 60.04%, NS= No Significativo,

Para la fórmula 19-04-19, el análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas para la variables dureza de grano en relación a la condiciones de almacenaje y característica física.

Cuadro 16. Análisis de varianza para formulación 21-17-03, dureza de grano (kg).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F		p-valor
Condición de almacenaje	2	1.17	0.58	0.30	Ns	0.7613
Característica física	2	271.79	271.79	2.22	Ns	0.2330
Condición de almacenaje*característica física	4	5.85	1.95	9.43	**	0.0006
Error	27	3.72	0.21			

CV= 18.31%, NS= No Significativo, ** altamente significativo

En el cuadro 16 se presenta el análisis de varianza para la formula 21-17-03, el cual nos muestra que existen diferencias significativas para condición de almacenaje y características físicas, por lo que mas de alguno de los tratamientos es estadísticamente diferente para la variable dureza de grano expresada en (kg).

Para la confirmación de este resultado, se presenta a continuación la comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5%, mostrado en el cuadro 17.

Cuadro 17. Comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5% para condiciones de almacenaje para la formulación (15-15-15), para la variable Dureza grano (kg).

Tratamientos (Condición de almacenaje)	Media (kg)	
Abierta	1.36	A
Condiciones controladas	2.25	B
Envasado bodega	2.26	B

Tratamientos con las mismas letras son iguales estadísticamente.

La prueba de comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 5%, muestra a dos grupos, mostrándose con mayor dureza de grano, a los tratamientos bajo condiciones de almacenaje de envasado bodega y condiciones controladas.

Cuadro 18. Comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 1% para condiciones de almacenaje con interacción de características físicas par la formulación (21-17-03), para la variable dureza grano (kg).

Condiciones de almacenaje	Características físicas	Media	
Abierta	Mezcla física	1.60	A
Envasado bodega	Mezcla física	2.18	A B
Condiciones controladas	Mezcla física	2.22	A B
Abierta	Prill	2.75	B C
Condiciones controladas	Prill	3.02	C
Envasado bodega	Prill	3.15	C

Tratamientos con las mismas letras son iguales estadísticamente.

La prueba de comparación de medias por medio de la prueba de Duncan al 1%, muestra tres grupos, mostrando como tratamientos con mayor dureza de grano a los que poseían características físicas de prill bajo las tres condiciones de almacenaje; por otra parte, los tratamientos que presentaron menor dureza de grano fueron aquellos bajo características de mezcla física bajo las tres condiciones de almacenamiento evaluadas.

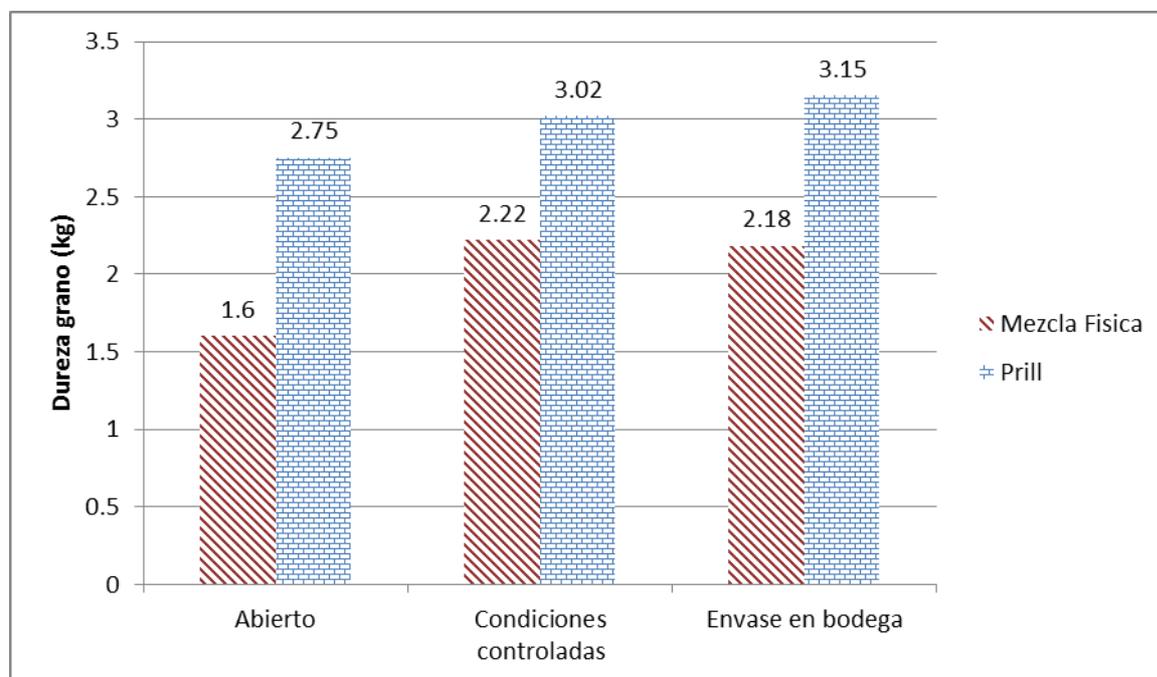


Figura 5. Comparación de medias de dureza (Kg) para condición de almacenaje con características físicas.

En la figura 5, se muestra la comparación de los tratamientos en relación a la dureza de grano (kg), registrado en los tres tipos de almacenamiento. Como se puede observar las condiciones y características de dureza son mayores para los fertilizantes con características prill y en los tres tipos de condiciones de almacenaje, por lo que en condiciones abiertas y con características de mezcla física, resulto ser el que menor dureza reporto.

VI. CONCLUSIONES

La formulación con mayor densidad al finalizar la evaluación, corresponde al tratamiento (15-15-15) con 0.82 Kg/L, bajo características de mezcla física, bajo las tres condiciones de almacenaje (abierto, envasado bodega y condiciones controladas), por lo que se deduce que bajo estas especificaciones el material pierde menos porcentaje de humedad.

La formulación con mayor porcentaje (%) de humedad al finalizar la evaluación, corresponde al tratamiento (15-15-15) con 4.40 %, bajo características físicas de forma granular y mezcla física, bajo condiciones de almacenaje abierto. Contrariamente el tratamiento con mayor pérdida de porcentaje de humedad correspondió a aquellos con características físicas de prill, bajo condiciones de envasado bodega y condiciones controladas.

Para la variable formación de polvo, las fórmulas 15-15-15 y 19-04-19, obtuvieron diferencias significativas, por lo que bajo condiciones de almacenaje abierto se obtienen resultados con mayor cantidad de formación de polvo para los productos.

La formulación con mayor dureza de grano al finalizar la evaluación, corresponde al tratamiento 21-17-03 con 5.21 Kg, específicamente con características de prill bajo las tres condiciones de almacenamiento (abierto, condiciones controladas y envasado bodega).

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer investigaciones con respecto al tiempo de almacenaje de los productos en diferentes temperaturas, interactuando con condiciones de almacenamiento, esto con fines de incrementar el aporte de información en el manejo y almacenamiento de fertilizantes con diferentes características.

La mayoría de fincas en Guatemala poseen bodegas con características similares, con paredes de block y techos de lámina, en donde se filtra en ocasiones el agua al llover y la humedad relativa dentro de la bodega es variable, por lo que se recomienda la evaluación bajo condiciones similares a las bodegas establecidas en las fincas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANFFE. (2007). La Importancia De Los Fertilizantes En Una Agricultura Actual Productiva y Sostenible. Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes. España. Fecha de consulta: 29 de Noviembre de 2011. Disponible en (línea): <http://www.anffe.com/noticias/2008/2008-06-02%20La%20importancia%20de%20los%20fertilizantes%20en%20una%20agricultura%20actual%20productiva%20y%20sostenible/LA%20IMPORTANCIA%20DE%20LOS%20FERTILIZANTES.pdf>
- Bordoli, J. y Barbazán M. (2010). Aplicación De Fertilizantes. Universidad de la república de Uruguay. Uruguay. Fecha de consulta: 29 de Noviembre de 2011. Disponible en (línea): <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/Aplicaci1.pdf>
- Gavi, F. (S.F). Uso de Fertilizantes. Subsecretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Montecillo, México. Fecha de consulta: 29 de Noviembre de 2011. Disponible en (línea): <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Uso%20de%20Fertilizantes.pdf>
- Haifa y Brometan. (2007). Compatibilidad De Los Fertilizantes. Segunda edición. Argentina. Fecha de consulta: 29 de Noviembre de 2011. Disponible en (línea): http://200.61.135.197/NovidadesInstitucional/haifa_brometan_02_web.pdf
- Kamara, A. (2001). Nutrición, Regulación del Crecimiento y Desarrollo Vegetal. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Fecha de consulta: 23 de Septiembre de 2011. Disponible en (línea): http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Ponencia_04.pdf
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad Del Suelo y Nutrición Mineral De Las Plantas,

Conceptos Básicos. FERTITEC. Fecha de consulta: 20 de Septiembre de 2011. Disponible en (línea) : <http://www.agronegociosperu.org/downloads/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>

Yara Internacional ASA. (S. F). Manual Básico de Suelos y Nutrición Vegetal. Yara Internacional, Oslo, Noruega. 98 p.

Yara Internacional ASA. Anai Muralles. (2011). Yara Guatemala S.A. Consulta personal.