****

# PORTADA

**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente**

**Carrera de Ingeniería Agronómica**

**TEMA:**

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN DE MACRONUTRIENTES EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ SUAVE (Zea** **maysL*.*) EN TRES PROVINCIAS DE LA SIERRA DEL ECUADOR**

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agronómica**

**AUTORA:**

**JESSENIA ALEXANDRA VARGAS CARRANZA**

**DIRECTOR:**

**Ing. Nelson Monar Gavilánez M.Sc**

**Guaranda – Ecuador**

**2021**

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN DE MACRONUTRIENTES EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ SUAVE (Zea** **maysL*.*) EN TRES PROVINCIAS DE LA SIERRA DEL ECUADOR**

**REVISADO Y APROBADO POR**

………………………………………………………

ING. NELSON MONAR GAVILÁNEZ M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

…………………………………………………………

ING. DAVID RODRIGO SILVA GARCÍA Mg.

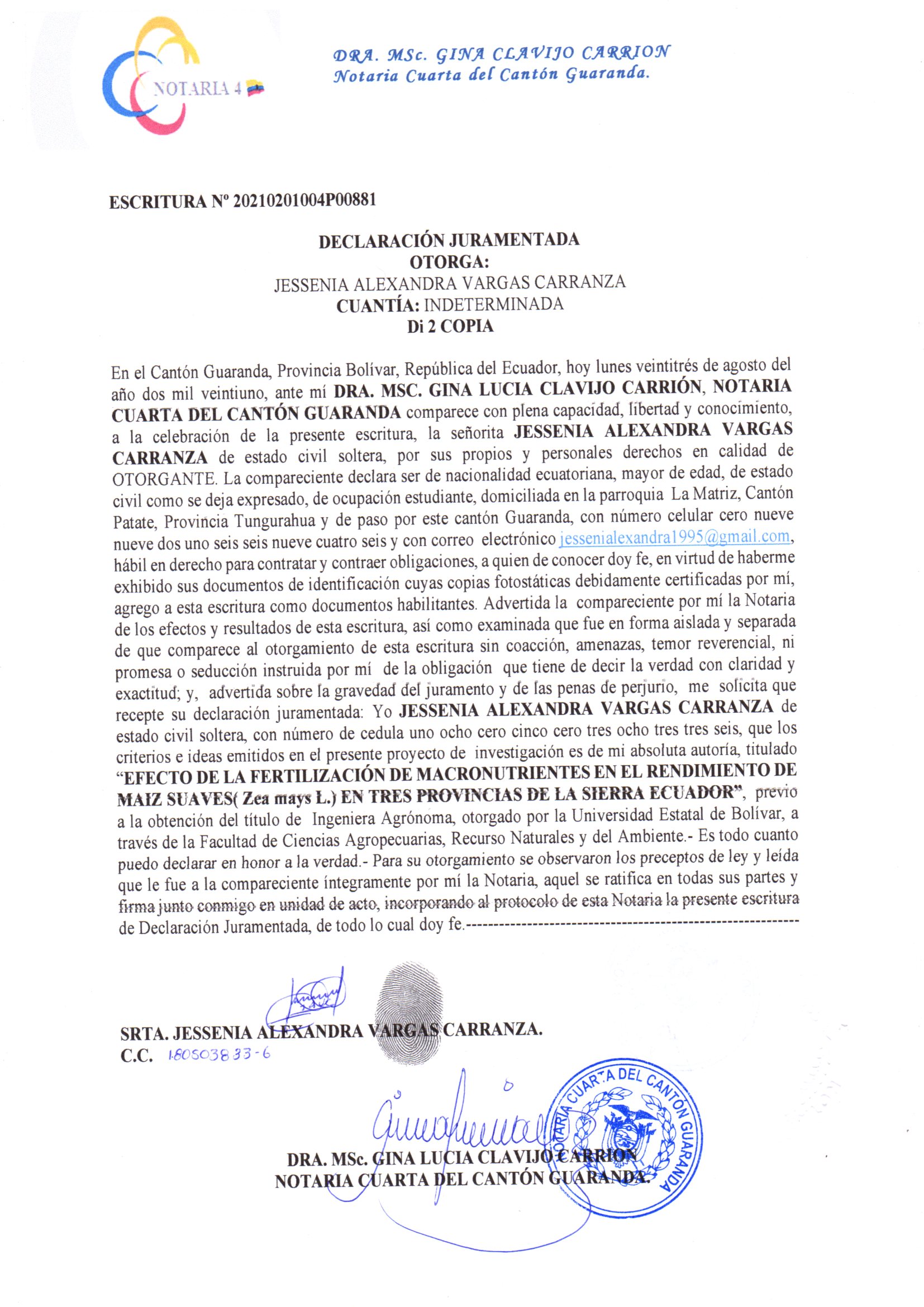
ÁREA DE BIOMETRÍA

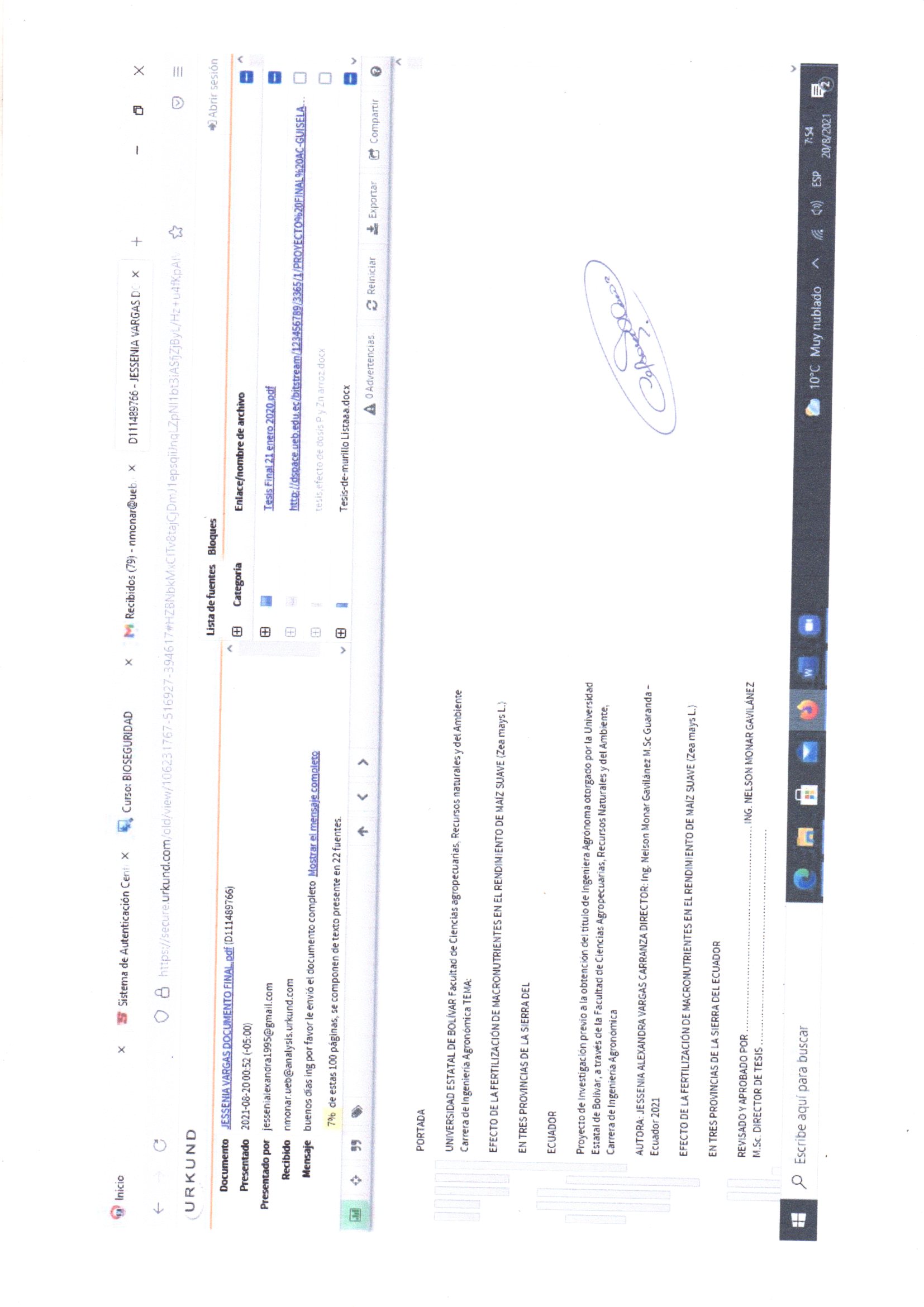
………………………………………………………….

ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.

ÀREA DE REDACCIÓN TÉCNICA







**DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación, está dedicado a Dios y a la Virgen por darme la vida a través de mis queridos padres Carlos Vargas y Mercedes Carranza quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores para poder enfrentarme a la vida con amor, respeto y por darme la mejor herencia de la vida “El Estudio” con su dedicación y abnegación

A mis Hermanos; Martha, Pilar, Carlos, Cesar, Diego, Jonathan y Stalin que han estado a mi lado dándome ánimos, cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante y cumplir con mi meta de llegar a ser una profesional.

A mi abuelito Luis Carranza que está en el cielo, ya que fue un ejemplo de vida y de lucha quien me apoyo con sus consejos, quien sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, y sobre todo su amor infinito y su gran corazón me llevaron a cada día amarlo y admirarlo más.

Bladimir en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder lograr y alcanzar esta dichosa y muy merecida meta, el poder haber culminado el presente proyecto con éxito, y poder disfrutar del privilegio de ser agradecida, con esa persona que se preocupó en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi debo y agradezco por tanta ayuda y tanto amor no solo para el desarrollo del trabajo, sino también para mi vida; es mi inspiración y mi motivación.

Jessenia.

**AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por su infinito amor y bendiciones, por haberme permitido culminar la carrera profesional y ser mi guía en el transcurso de la vida.

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Estatal de Bolívar, y principalmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agronómica, a sus autoridades por abrirme las puertas y permitirme ser parte de tan prestigiosa Institución.

Al Ing. Nelson Monar Gavilánez, director del proyecto por su amistad, apoyo, sus consejos y conocimientos brindados, durante la realización de la investigación.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en especial al Dr. José Luis Zambrano, Investigador Principal del Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina, por su colaboración, apoyo incondicional y amistad en el desarrollo del presente trabajo.

Al Tribunal de Investigación, Ing. David Silva e Ing. Sonia Fierro B por compartir sus conocimientos y su predisposición, antes y durante el desarrollo del proyecto.

De igual manera, quiero dejar sentado un profundo agradecimiento al Ing. Luciano Carranza e Ing. Verónica Ojeda, quienes con su cariño y confianza me supieron dar ánimos cuando decaía, me reconfortaban con su apoyo incondicional y a la vez agradezco por abrirme puertas para un nuevo futuro como profesional.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

[I. INTRODUCCIÓN 1](#_Toc80312235)

[II. PROBLEMA 3](#_Toc80312236)

[III. MARCO TEÓRICO 5](#_Toc80312237)

[3.1. Maíz 5](#_Toc80312238)

[3.1.1. Origen 5](#_Toc80312239)

[3.1.2. Clasificación Taxonómica 5](#_Toc80312240)

[3.1.3. Descripción botánica 6](#_Toc80312241)

[3.1.4. Ciclo vegetativo 8](#_Toc80312242)

[3.1.5. Variedades nativas y mejoradas 8](#_Toc80312243)

[3.1.6. Manejo agronómico del cultivo 9](#_Toc80312244)

[3.1.7. Plagas 12](#_Toc80312245)

[3.1.8. Enfermedades 14](#_Toc80312246)

[3.1.9. Cosecha 15](#_Toc80312247)

[3.2. Macro nutrientes en el maíz 16](#_Toc80312248)

[3.2.1. Nitrógeno (N) 16](#_Toc80312249)

[3.3. Fósforo (P) 27](#_Toc80312250)

[3.3.1. Importancia del fósforo según sus funciones principales 27](#_Toc80312251)

[3.3.2. Funciones del fósforo en las plantas 28](#_Toc80312252)

[3.3.3. Ciclo del fósforo 28](#_Toc80312253)

[3.3.4. El Fósforo en el Suelo 29](#_Toc80312254)

[3.3.5. Formas del fósforo en los suelos 29](#_Toc80312255)

[3.3.6. Época de aplicación del fósforo 29](#_Toc80312256)

[3.3.7. Movimientos del fósforo en el suelo 30](#_Toc80312257)

[3.3.8. Método de aplicación de fertilizantes fosfatados 30](#_Toc80312258)

[3.3.9. Factores que afectan la disponibilidad del fósforo 30](#_Toc80312259)

[3.3.10. Manejo de las dosis del fertilizante fosfatados 31](#_Toc80312260)

[3.3.11. Ubicación del fertilizante fosfatados 32](#_Toc80312261)

[3.3.12. Contenido de fósforo en el suelo 32](#_Toc80312262)

[3.3.13. Deficiencia de fósforo en la planta de maíz 33](#_Toc80312263)

[3.4. Potasio (K) 33](#_Toc80312264)

[3.4.1. Época y forma de aplicación del potasio 33](#_Toc80312265)

[3.4.2. Funciones del potasio en la planta 34](#_Toc80312266)

[3.4.3. Disponibilidad de potasio en los suelos 34](#_Toc80312267)

[3.4.4. Deficiencia de potasio en la planta 34](#_Toc80312268)

[3.4.5. Potasio aprovechado por el maíz 35](#_Toc80312269)

[3.4.6. Formas del potasio en el suelo 35](#_Toc80312270)

[3.4.7. Absorción de potasio por las plantas 35](#_Toc80312271)

[3.4.8. Movimiento del potasio en el suelo 36](#_Toc80312272)

[3.4.9. Factores que afectan el equilibrio del potasio en el suelo 36](#_Toc80312273)

[3.4.10. Métodos de aplicación de potasio (K) 37](#_Toc80312274)

[3.4.11. Contenido de potasio 37](#_Toc80312275)

[3.5. Azufre (S) 38](#_Toc80312276)

[3.5.1. Absorción y asimilación de azufre por las plantas 38](#_Toc80312277)

[3.6. Magnesio (Mg) 39](#_Toc80312278)

[3.6.1. Magnesio en el suelo 39](#_Toc80312279)

[3.7. Manejo de nutrientes por sitio especifico (MNSE) 39](#_Toc80312280)

[3.7.1. Nutrientes por sitio específico 41](#_Toc80312281)

[3.8. Base de datos 43](#_Toc80312282)

[3.8.1. Sistema manejador de base de datos (DBMS) 43](#_Toc80312283)

[3.8.2. Sistemas de información en desarrollo agrícola 43](#_Toc80312284)

[IV. MARCO METODOLÓGICO 45](#_Toc80312285)

[4.1. Materiales 45](#_Toc80312286)

[4.1.1. Ubicación del experimento 45](#_Toc80312287)

[4.1.2. Situación climática 47](#_Toc80312288)

[4.1.3. Material experimental 47](#_Toc80312289)

[4.1.4. Material de oficina 47](#_Toc80312290)

[4.2. Métodos 47](#_Toc80312291)

[4.2.1. Factores en estudio 47](#_Toc80312292)

[4.2.2. Procedimiento 48](#_Toc80312293)

[4.2.3. Tipo de análisis 48](#_Toc80312294)

[4.3. Métodos de evaluación y datos tomados 49](#_Toc80312295)

[4.3.1. Rendimiento de grano (ajustado al 14% de humedad) Kg/ha (RG) 49](#_Toc80312296)

[4.3.2. Absorción total 50](#_Toc80312297)

[4.4. Manejo del experimento 51](#_Toc80312298)

[4.4.1. Depuración de la base de datos 51](#_Toc80312299)

[4.4.2. Sistematización de la base de datos 51](#_Toc80312300)

[4.4.3. Generación de base de datos 51](#_Toc80312301)

[V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52](#_Toc80312302)

[5.1. Base de datos con resultados de ensayos de fertilización en maíz suave 52](#_Toc80312303)

[5.2. Análisis exploratorio de la base de datos 54](#_Toc80312304)

[5.3. Respuesta del maíz a la fertilización en la Provincia de Bolívar 58](#_Toc80312305)

[5.3.1. Rendimiento de grano (t ha-1) 58](#_Toc80312306)

[5.3.2. Absorción de nitrógeno (Kg/ ha-1) 62](#_Toc80312309)

[5.3.3. Absorción de fósforo (Kg/ha-1) 65](#_Toc80312310)

[5.3.5. Absorción de potasio (Kg/ha-1) 69](#_Toc80312311)

[5.3.6. Absorción de azufre (Kg/ha-1) 72](#_Toc80312313)

[5.3.7. Absorción de magnesio (Kg/ha-1) 75](#_Toc80312317)

[5.4. Respuesta del maíz a la fertilización c en la provincia de Chimborazo 79](#_Toc80312320)

[5.4.1. Rendimiento (t ha-1) 79](#_Toc80312321)

[5.4.2. Absorción de nitrógeno (Kg/ha-1) 82](#_Toc80312322)

[5.4.3. Absorción del fósforo (Kg/ha-1) 86](#_Toc80312324)

[5.4.4. Absorción de potasio (Kg/ha) 89](#_Toc80312325)

[5.4.5. Absorción de azufre (Kg/ha-1) 92](#_Toc80312328)

[5.4.6. Absorción de magnesio (kg/ha-1) 95](#_Toc80312330)

[5.5. Respuesta del maíz suave a la fertilización en la provincia de Imbabura 99](#_Toc80312334)

[5.5.1. Rendimiento (t ha-1) 99](#_Toc80312335)

[5.5.2. Absorción de nitrógeno (Kg/ha-1) 103](#_Toc80312338)

[5.5.3. Absorción de fósforo (Kg/ha-1) 107](#_Toc80312340)

[5.5.6. Absorción de potasio (Kg/ha-1) 111](#_Toc80312344)

[5.5.7. Absorción de azufre (Kg/ha-1) 114](#_Toc80312347)

[5.5.8. Absorción de magnesio (Kg/ha-1) 117](#_Toc80312349)

[5.6. Respuesta del maíz suave a la fertilización de las tres provincias 121](#_Toc80312353)

[5.6.1. Rendimiento (t/ha-1) 121](#_Toc80312354)

[5.6.2. Absorción de nitrógeno (Kg/ha-1) 125](#_Toc80312355)

[5.6.3. Absorción de fósforo (Kg/ha-1) 130](#_Toc80312362)

[5.6.4. Absorción de potasio (kg/ha-1) 134](#_Toc80312365)

[5.6.5. Absorción de azufre (kg/ha-1) 137](#_Toc80312368)

[5.6.6. Absorción de magnesio (kg/ha-1) 142](#_Toc80312371)

[5.7. Análisis consolidado de los resultados 146](#_Toc80312375)

[5.7.1. Absorción de nitrógeno (Kg/ha-1) 150](#_Toc80312376)

[5.7.2. Absorción de fósforo (Kg/ha-1) 151](#_Toc80312377)

[5.7.3. Absorción de potasio (Kg/ha-1) 152](#_Toc80312378)

[5.7.4. Absorción de azufre (Kg/ha-1) 153](#_Toc80312379)

[5.7.5. Absorción de magnesio (Kg/ha-1) 154](#_Toc80312380)

[VI. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS 157](#_Toc80312381)

[VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 158](#_Toc80312382)

[7.1. Conclusiones 158](#_Toc80312383)

[7.2. Recomendaciones 160](#_Toc80312384)

[BIBLIOGRAFÍA](#_Toc80312385)

ANEXOS

**ÍNDICE DE CUADROS**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **N°** | **Contenido** | **Pag** |
| N° 1 | Taxonomía del maíz | 5 |
| N° 2 | Características de la variedad INIAP-102 Blanco Blandito Mejorado | 8 |
| N° 3 | Características de la variedad Guagal Mejorado | 9 |
| N° 4 | Características de la variedad INIAP-122 Chaucho Mejorado | 9 |
| N° 5 | Propiedades del Nitrógeno | 16 |
| N° 6 | Contenido de Fósforo asimilable (ppm) | 32 |
| N° 7 | Niveles de fertilidad de potasio | 37 |
| N° 8 | Ubicación del experimento en las localidades de la provincia de Bolívar | 45 |
| N° 9 | Ubicación del experimento en las localidades de la provincia de Chimborazo | 46 |
| N° 10 | Ubicación del experimento en las localidades de la provincia de Imbabura | 47 |
| N° 11 | Condiciones climáticas de las provincias en donde se realizó el experimento. | 47 |
| N° 12 | Variables enlistadas en la base de datos de ensayos de fertilización de maíz suave del INIAP, del 2006 al 2015. | 53 |
| N° 13 | Correlación de Pearson para variables evaluadas que reportaron significación estadística (p<0,05) de la Provincia de Bolívar, 2006-2011. | 56 |
| N° 14 | Correlación de Pearson para variables evaluadas que reportaron significación estadística (p<0,05) de la Provincia de Chimborazo, 2012-2014. | 57 |
| N° 15 | Correlación de Pearson para variables evaluadas que reportaron significación estadística (p<0,05) de la Provincia de Imbabura, 2010-2015. | 58 |
| N° 16 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 60 |
| N° 17 | Rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado por cantones en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 60 |
| N° 18 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 61 |
| N° 19 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 61 |
| N° 20 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 61 |
| N° 21 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 62 |
| N° 22 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 62 |
| N° 23 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para Absorción total de nitrógeno evaluado en la provincia Bolívar del 2006 al 2011. | 63 |
| N° 24 | Absorción total de nitrógeno, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 64 |
| N° 25 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 64 |
| N° 26 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 65 |
| N° 27 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 65 |
| N° 28 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 65 |
| N° 29 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 65 |
| N° 30 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) para Absorción total de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 67 |
| N° 31 | Absorción total de fósforo, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 67 |
| N° 32 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 68 |
| N° 33 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 68 |
| N° 34 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 68 |
| N° 35 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 69 |
| N° 36 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 69 |
| N° 37 | Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para absorción total de potasio en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 70 |
| N° 38 | Absorción total de potasio, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 71 |
| N° 39 | Absorción total de potasio para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 71 |
| N° 40 | Absorción total de potasio para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 71 |
| N° 41 | Absorción total de potasio para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 72 |
| N° 42 | Absorción total de potasio para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 72 |
| N° 43 | Absorción total de potasio para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 72 |
| N° 44 | Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para la absorción total de azufre en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 73 |
| N° 45 | Absorción total de azufre, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 74 |
| N° 46 | Absorción total de azufre para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 74 |
| N° 47 | Absorción total de azufre para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 74 |
| N° 48 | Absorción total de azufre para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 75 |
| N° 49 | Absorción total de azufre para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 75 |
| N° 50 | Absorción total de azufre para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 75 |
| N° 51 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) para la absorción total de magnesio la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 77 |
| N° 52 | Absorción total de magnesio, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 77 |
| N° 53 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 78 |
| N° 54 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 78 |
| N° 55 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 78 |
| N° 56 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 78 |
| N° 57 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011. | 79 |
| N° 58 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014 | 80 |
| N° 59 | Rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 81 |
| N° 60 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de nitrógeno evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 81 |
| N° 61 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de fósforo evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 81 |
| N° 62 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de potasio evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 82 |
| N° 63 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de azufre evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 82 |
| N° 64 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de magnesio evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 82 |
| N° 65 | Análisis de la Varianza y porcentaje de varianza para absorción de nitrógeno de maíz suave, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014). | 83 |
| N° 66 | Absorción total de nitrógeno, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014 | 84 |
| N° 67 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de nitrógeno evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 84 |
| N° 68 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de fósforo evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 85 |
| N° 69 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de potasio evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 85 |
| N° 70 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de azufre evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 85 |
| N° 71 | Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de magnesio evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 86 |
| N° 72 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de fósforo de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014) | 87 |
| N° 73 | Absorción total de fósforo, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014 | 88 |
| N° 74 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 88 |
| N° 75 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 88 |
| N° 76 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 88 |
| N° 77 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 89 |
| N° 78 | Absorción total de fósforo para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 89 |
| N° 79 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de potasio de maíz suave, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014) | 90 |
| N° 80 | Absorción total de potasio, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014 | 91 |
| N° 81 | Absorción total de potasio para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 91 |
| N° 82 | Absorción total de potasio para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 91 |
| N° 83 | Absorción total de potasio para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 91 |
| N° 84 | Absorción total de potasio para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 92 |
| N° 85 | Absorción total de potasio para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 92 |
| N° 86 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de azufre, en maíz suave, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014) | 93 |
| N° 87 | Absorción total de azufre en plantas de maíz evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 94 |
| N° 88 | Absorción total de azufre para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 94 |
| N° 89 | Absorción total de azufre para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 95 |
| N° 90 | Absorción total de azufre para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 95 |
| N° 91 | Absorción total de azufre para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 95 |
| N° 92 | Absorción total de azufre para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 96 |
| N° 93 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de fósforo de maíz suave, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014). | 97 |
| N° 94 | Absorción total de magnesio de plantas de maíz evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 97 |
| N° 95 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 98 |
| N° 96 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 98 |
| N° 97 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 98 |
| N° 98 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 99 |
| N° 99 | Absorción total de magnesio para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014. | 99 |
| N° 100 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para el rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015). | 101 |
| N° 101 | Rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado en varias localidades (parroquia) de la provincia de Imbabura, 2010-2015. | 102 |
| N° 102 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de nitrógeno evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015. | 102 |
| N° 103 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de fósforo evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015. | 102 |
| N° 104 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de potasio evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015. | 103 |
| N° 105 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de azufre evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015. | 103 |
| N° 106 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de azufre evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015. | 103 |
| N° 107 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de nitrógeno de maíz suave, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015). | 105 |
| N° 108 | Absorción total de nitrógeno de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura, 2010-2015. | 106 |
| N° 109 | Absorción total de nitrógeno de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 106 |
| N° 110 | Absorción total de nitrógeno de maíz para diversas dosis de fósforo evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015. | 106 |
| N° 111 | Absorción total de nitrógeno de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 107 |
| N° 112 | Absorción total de nitrógeno de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 107 |
| N° 113 | Absorción total de nitrógeno de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 107 |
| N° 114 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de fósforo de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 108 |
| N° 115 | Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 109 |
| N° 116 | Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 109 |
| N° 117 | Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 110 |
| N° 118 | Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 110 |
| N° 119 | Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 110 |
| N° 120 | Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 110 |
| N° 121 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de potasio de maíz suave, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015). | 112 |
| N° 122 | Absorción total de potasio de plantas de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 113 |
| N° 123 | Absorción total de potasio de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 113 |
| N° 124 | Absorción total de potasio de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 114 |
| N° 125 | Dosis de potasio empleada en el ensayo | 114 |
| N° 126 | Absorción total de potasio de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 114 |
| N° 127 | Absorción total de potasio de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 114 |
| N° 128 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de azufre de maíz suave e, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015). | 116 |
| N° 129 | Absorción total de azufre de plantas de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 117 |
| N° 130 | Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 117 |
| N° 131 | Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 117 |
| N° 132 | Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 117 |
| N° 133 | Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 118 |
| N° 134 | Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 118 |
| N° 135 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de magnesio de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015). | 119 |
| N° 136 | Absorción total de magnesio de plantas de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 120 |
| N° 137 | Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 120 |
| N° 138 | Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 120 |
| N° 139 | Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 120 |
| N° 140 | Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 121 |
| N° 141 | Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015. | 121 |
| N° 142 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015). | 123 |
| N° 143 | Rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 123 |
| N° 144 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de nitrógeno evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 124 |
| N° 145 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de fósforo evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 124 |
| N° 146 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de potasio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 125 |
| N° 147 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de azufre evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 125 |
| N° 148 | Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de magnesio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 125 |
| N° 149 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de nitrógeno de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015). | 126 |
| N° 150 | Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015). | 127 |
| N° 151 | Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de nitrógeno evaluadas en Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015) | 127 |
| N° 152 | Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de potasio evaluadas en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 128 |
| N° 153 | Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de azufre evaluadas en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 128 |
| N° 154 | Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de magnesio evaluadas en Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015). | 129 |
| N° 155 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de fósforo de maíz suave, evaluado en Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015). | 131 |
| N° 156 | Absorción total de fósforo en plantas de maíz suave evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015). | 132 |
| N° 157 | Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de nitrógeno evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 132 |
| N° 158 | Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de fosforo evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 132 |
| N° 159 | Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de potasio evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 133 |
| N° 160 | Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de azufre evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 133 |
| N° 161 | Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de magnesio evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 133 |
| N° 162 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de potasio de maíz suave, evaluado en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 135 |
| N° 163 | Absorción total de potasio en plantas de maíz suave, evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 136 |
| N° 164 | Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluado en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 136 |
| N° 165 | Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de fosforo evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 136 |
| N° 166 | Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 137 |
| N° 167 | Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. Dosis de Potasio empleada en el ensayo | 137 |
| N° 168 | Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluado en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. Dosis de Potasio empleada en el ensayo | 137 |
| N° 169 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de azufre de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015). | 139 |
| N° 170 | Absorción total de azufre en plantas de maíz suave, evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 140 |
| N° 171 | Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 140 |
| N° 172 | Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 140 |
| N° 173 | Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 141 |
| N° 174 | Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 141 |
| N° 175 | Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 141 |
| N° 176 | Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de magnesio de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 143 |
| N° 177 | Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 144 |
| N° 178 | Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluado en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 144 |
| N° 179 | Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluado en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 144 |
| N° 180 | Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluado en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 145 |
| N° 181 | Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluado en Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 145 |
| N° 182 | Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. | 145 |
| N° 183 | Rendimiento promedio de maíz en grano seco obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015. | 148 |
| N° 184 | Rendimiento de maíz suave en grano seco en tres provincias de la sierra del Ecuador (Bolívar, Chimborazo e Imbabura) durante el periodo 2012-2015 | 149 |
| N° 185 | Rendimiento de maíz suave de variedades mejoradas por el INIAP. | 150 |
| N° 186 | Comparativo entre el rendimiento de maíz suave obtenido en este y el rendimiento de maíz suave variedades del INIAP. | 150 |
| N° 187 | Porcentaje de Varianza explicada por GLM sobre el rendimiento observado en el cultivo de maíz en tres provincias de la Sierra del Ecuador. 2006-2015. | 156 |
| N° 188 | Efecto de diversas fuentes de variación sobre el rendimiento de maíz suave provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015. | 157 |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **N°** | **Contenido** | **Pag** |
| N° 1 | Distribución del ensayo en provincias | 55 |
| N°2 | Evolución del rendimiento de maíz suave en la Sierra del Ecuador | 148 |
| N° 3 | Promedio de absorción de nitrógeno en Kg ha-1 en el cultivo de maíz en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015. | 152 |
| N° 4 | Promedio de la absorción de fosforo en el cultivo de maíz en kg ha-1 en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 ensayos entre el 2006 al 2015. | 153 |
| N° 5 | Promedio de la absorción de potasio en el cultivo de maíz en Kg ha-1 en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015. | 154 |
| N° 6 | Promedio de la absorción de azufre en Kg ha-1 en el cultivo de maíz en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015. | 155 |
| N° 7 | Promedio de la absorción de magnesio en Kg ha-1 en el cultivo de maíz en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015. | 156 |

# RESUMEN

El maíz tiene como origen México donde existen alrededor de 2000 tipos, mientras que en Ecuador hasta la fecha se han descrito 29 variedades, las provincias de Bolívar, Imbabura y Chimborazo, mantienen importantes extensiones de maíz suave, como uno de sus principales componentes dentro de los sistemas de producción, siendo además uno de los elementos que contribuye con los procesos de seguridad y soberanía alimentaria, en relación directa con los capitales natural, social, cultural, económico y ambiental de estos agro-ecosistemas. El desequilibrio nutrimental es un factor determinante en la pérdida de la fertilidad del suelo, debido a que la extracción de nutrientes en las cosechas provoca que más nutrientes minerales salgan del suelo, comparados con los que se reponen a través de la fertilización, pudiendo estar generado de primera mano, reducciones importantes en los niveles de productividad y rentabilidad de las UPAs, lo que condicionaría en gran medida el mejoramiento y sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola que incluyen al rubro maíz suave como uno de sus componentes. Los objetivos del estudio, estuvieron encaminados a: Generar una base de datos con resultados de experimentos realizados en las tres provincias, locaciones con atributos agronómicos y las dosis de fertilización para el cultivo de maíz, y, Analizar la respuesta de rendimiento del maíz a la aplicación de macronutrientes. Con estos antecedentes, el presente trabajo propuso sistematizar y analizar la información de los ensayos de Manejo de Nutrientes por Sitio Específico, de nueve años de investigación del INIAP en las tres provincias en mención. El presente estudio fue de tipo analítico. Los datos que se tomaron en cuenta, hacen referencia a los sitios de cultivo de maíz en la Sierra ecuatoriana, altitud de implementación, variedades cultivadas, dosis de fertilizantes utilizados, rendimiento del grano en t ha-1, nivel de absorción del fertilizante. Se emplearon como métodos de análisis la Varianza entre lotes de producción y la Correlación de Pearson para medir la relación entre las variables planteadas. Se realizó el análisis de la respuesta de rendimiento del maíz a la aplicación de macronutrientes en las provincias de Bolívar, Imbabura y Chimborazo, siendo el nitrógeno el elemento más importante, explicando el 31.49% de la variación observada en el rendimiento. Como segundo elemento en importancia se identificó al potasio con el 3.53%, seguidos de fósforo con 2.99 %, azufre con 0.57% y el magnesio 0.52%. En el promedio general de las tres provincias, el cultivo de maíz suave absorbió 124.06 kg ha-1 de nitrógeno, 26.38 kg ha-1 de fosforo, 115.31 kg ha-1 de potasio, 11.16 kg ha-1 de azufre y 19.61 kg ha-1 de magnesio, y obtuvo un promedio de rendimiento de grano de 4.29 t ha-1. Al ser el ambiente uno de los principales factores que influencian el rendimiento del cultivo de maíz suave en la Sierra del Ecuador, se recomienda estudiar el efecto de las precipitaciones, humedad ambiental, potencial de evapotranspiración y otros en investigaciones subsecuentes.

**Palabras claves:** Macronutrientes, absorción, rendimiento.

# SUMMARY

Corn has its origin in Mexico where there are about 2000 types, while in Ecuador to date 29 varieties have been described, the provinces of Bolivar, Imbabura and Chimborazo, maintain important extensions of soft corn, as one of its main components within the production systems, being also one of the elements that contributes to the processes of food security and sovereignty, in direct relation with the natural, social, cultural, economic and environmental capitals of these agro-ecosystems. The nutritional imbalance is a determining factor in the loss of soil fertility, because the extraction of nutrients in the crops causes more mineral nutrients to leave the soil, compared to those that are replenished through fertilization, which could be generating, first hand, important reductions in the levels of productivity and profitability of the UPAs, which would greatly condition the improvement and sustainability of agricultural production systems that include soft corn as one of its components. The objectives of the study were as follows: Generate a database with results of experiments carried out in the three provinces, locations with agronomic attributes and fertilization doses for the corn crop, and, Analyze the response of corn yield to the application of macronutrients. With this background, the present work proposed to systematize and analyze the information from the Site Specific Nutrient Management trials of nine years of INIAP research in the three provinces mentioned. This was an analytical study. The data taken into account refer to corn cultivation sites in the Ecuadorian Sierra, implementation altitude, cultivated varieties, fertilizer doses used, grain yield in t ha-1, and fertilizer absorption level. Variance between production lots and Pearson's Correlation were used as methods of analysis to measure the relationship between the variables considered. The analysis of the response of corn yield to the application of macronutrients in the provinces of Bolivar, Imbabura and Chimborazo was carried out, with nitrogen being the most important element, explaining 31.49% of the variation observed in yield. The second most important element was potassium with 3.53%, followed by phosphorus with 2.99%, sulfur with 0.57% and magnesium with 0.52%. In the overall average of the three provinces, the soft corn crop absorbed 124.06 kg ha-1 of nitrogen, 26.38 kg ha-1 of phosphorus, 115.31 kg ha-1 of potassium, 11.16 kg ha-1 of sulfur and 19.61 kg ha-1 of magnesium, and obtained an average grain yield of 4.29 t ha-1. Since the environment is one of the main factors influencing the yield of soft corn in the Sierra del Ecuador, it is recommended to study the effect of rainfall, environmental humidity, evapotranspiration potential and others in subsequent research.

**Key words**: Macronutrients, absorption, yield.

# INTRODUCCIÓN

El maíz desde la antigüedad ha sido uno de los principales cultivos de América Latina, tiene su origen en México donde existen alrededor de 2000 tipos, mientras que en Ecuador hasta la fecha se han descrito 29 variedades, de las cuales 17 corresponden a maíz de la Sierra mientras que las restantes corresponden a maíces de la zona tropical. El maíz es un cultivo que se adapta ampliamente a varias condiciones ecológicas y edáficas. (Yánez, 2013)

El maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido con un ciclo aproximado de ocho meses a la cosecha en choclo y diez meses a la cosecha en seco, esto dependerá de las variedades, zona agroclimática donde se cultive y fertilización química. El maíz en la sierra del Ecuador, es uno de los cultivos más importantes debido a la gran cantidad de terreno destinado a su cultivo y al papel que cumple como componente básico de la dieta de la población rural. (Quintero, 2016)

Las zonas de producción de maíz suave están ubicadas entre los 2.200 a 3.100 metros de altura, donde los suelos sufren deficiencia de nitrógeno y fósforo principalmente, y están expuestos a la erosión causada por el agua, viento y la inducida por el hombre, debido a las prácticas inadecuadas de manejo de suelos de ladera. Debido a esta problemática el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha llevado a cabo investigaciones tendientes a determinar la necesidad de nutrientes en lotes de producción bajo condiciones específicas y ha validado una nueva metodología denominada Manejo de Nutrientes por sitio Específico, bajo labranza de conservación para el cultivo del maíz, donde el desequilibrio nutrimental es un factor determinante en la pérdida de la fertilidad del suelo, debido a que la acumulación de nutrientes en las cosechas provoca que más nutrientes minerales salgan del suelo, comparados con los que se reponen a través de la fertilización (INIAP, 2011)

El maíz extrae del suelo los nutrientes que requiere para su crecimiento y producción, sin embargo, cuando no se devuelven al suelo los exportados en la cosecha, la fertilidad del suelo se agota rápidamente y los rendimientos se reducen significativamente. Para reponer los nutrientes al suelo se pueden utilizar fuentes minerales y fuentes orgánicas (Espinosa, 2009)

La fertilización es una práctica indispensable para la producción, por lo que sus recomendaciones permiten compensar el déficit entre la necesidad total de minerales del cultivo y el contenido de los mismos que existe naturalmente en el suelo; para obtener la mayor cantidad de grano de maíz por unidad de fertilizante utilizado (INIAP, 2017)

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

* Generar una base de datos con resultados de experimentos realizados en las provincias de Bolívar, Imbabura y Chimborazo con atributos agronómicos y dosis de fertilización para el cultivo de maíz.
* Analizar la respuesta de rendimiento del maíz a la aplicación de macronutrientes en las provincias de Bolívar, Imbabura y Chimborazo

# PROBLEMA

En la Sierra del Ecuador el cultivo de maíz es uno de los más importantes debido a la superficie destinada para producción; y al papel que cumple como componente básico de la dieta de la población. Sin embargo, en los últimos años, dicho producto ha tenido rendimientos promedio de 1,5 t ha-1, el cual es significativamente bajo en relación a otros países americanos como EEUU, Argentina y Brasil que presentan rendimientos promedios de 10,7; 6,6 y 5,2 t ha-1, respectivamente. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2015)

Los suelos donde se cultiva el maíz no tienen la capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas o rendimiento adecuado, y por ello se debe recurrir al empleo de fertilizantes. El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de alta fertilización, especialmente de nitrógeno, además de otros como el fósforo, potasio, azufre, magnesio para obtener buena producción

El desequilibrio nutrimental es un factor determinante en la pérdida de la fertilidad del suelo, debido a que la extracción de nutrientes en las cosechas provoca que más nutrientes minerales salgan del suelo, comparados con los que se reponen a través de la fertilización. La salida de nutrientes con el cultivo de maíz bajo un manejo tradicional es de 74.5 kg nitrógeno (N) ha-1, 15.8 kg fósforo (P) ha-1, 67.4 kg potasio (K)/ha en mazorca y residuos, con un rendimiento en grano de 2.4 t ha. Mientras que, con un manejo de fertilización completa, las salidas de nutrientes alcanzan 132.5 kg (N)/ha, 24.6 kg (P)/ha, 149 kg (K)/ha en mazorca y residuos, con un rendimiento en grano de 5.5 t ha (Alvarado, 2011)

La Estación Experimental Santa Catalina del INIAP dispone de una base de datos que compila 15 ensayos en tres provincias de la sierra (Imbabura, Chimborazo y Bolívar) donde el cultivo de maíz es un rubro fundamental. Estos estudios han sido reportados de manera individual y no se ha realizado un análisis consolidado de los resultados obtenidos, que permita revisar la recomendación de fertilización del cultivo y brindar una mejor asesoría a los agricultores.

Estudios realizados en ensayos de omisión de N, P, Mg, S bajo la metodología de MNSE (Manejo de Nutrientes por Sitio Específico) en maíz suave en las provincias de Bolívar, Chimborazo e Imbabura, mostraron como nutriente limitante principal al N seguido por el P. Por lo tanto, la recomendación de fertilización de estos elementos está orientada a reponer la exportación en el grano (Alvarado, 2011)

Con estos antecedentes, con el presente trabajo se evaluó el efecto de la fertilización de macronutrientes en el rendimiento del maíz suave en tres provincias de la Sierra del Ecuador y generó una base de datos con los resultados de los experimentos, a través de la sistematización de los ensayos de MNSE de nueve años de investigación del INIAP, lo cual permitió obtener recomendaciones de manejo de macro nutrientes y analizar si existen o no diferencias estadísticas entre los resultados de cada provincia.

# MARCO TEÓRICO

## Maíz

### Origen

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. El maíz es un cultivo de origen americano, sin embargo, no existen al respecto evidencias impresas o escritas de esta información, hasta la época de Cristóbal Colón quien lo conoció en su visita a la isla de Cuba. El maíz surgió aproximadamente entre los años 8000 y 6000 ac. en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la ciudad de México (Acosta, 2009)

### Clasificación Taxonómica

El maíz taxonómicamente pertenece a:

**Cuadro 1.** Taxonomía del maíz

|  |  |
| --- | --- |
| **Reino:** | Vegetal |
| **Subreino:** | Embriobionta |
| **División:** | Magnoliophyta (Angiospermae) |
| **Clase:** | Liliopssida (Monocothyledoneae) |
| **Orden:** | Cyperales |
| **Familia:** | Poaceae |
| **Género:** | *Zea* |
| **Especie:** | *mays* |
| **Nombre Científico:** | *Zea mays. L* |

**Fuente:** Medina, C, (2015) “Taxonomía del Maíz”

### Descripción botánica

* + - 1. **Planta**

Es una planta de tallo erguido, macizo y hueco. La altura es muy variable desde 60 hasta 2,4 m., En la provincia Bolívar la variedad Guagal llega a medir hasta 5 m de altura. A diferencia de los demás cereales, es una especie monoica, lo que significa que sus inflorescencias, masculina y femenina, se ubican separadas dentro de una misma planta; esto determina además que su polinización sea fundamentalmente cruzada (Pardavé, 2004)

* + - 1. **Raíz**

Las raíces son fasciculadas y su misión es el anclaje de la planta. En algunos casos sobresalen raíces de los nudos a nivel del suelo, ocurre en aquellas raíces secundarias o adventicias. Las 4 o 5 raíces se desarrollan inicialmente a partir de la semilla (raíces primarias) solo son funcionales durante los primeros estadios de desarrollo. Estas raíces se van degenerando y son sustituidas por otras secundarias o adventicias, que se producen a partir de los 8 o 10 nudos de la base del tallo, situados por debajo del suelo, formando un sistema radicular a modo de cabellera que se extiende a una profundidad variable (Verissimo, 2000)

* + - 1. **Tallo**

Están formados por una sucesión de nudos y entrenudos, los primeros son zonas abultadas de los cuales se producen la elongación de los entrenudos y se diferencian las hojas. Cada nudo es el punto de intersección de una hoja (Verissimo, 2000)

A partir de la sexta hoja se inicia un rápido crecimiento del tallo en altura, el que se manifiesta especialmente a través de la elongación de los entrenudos inferiores. Al estado de ocho hojas es posible apreciar a simple vista, en el extremo apical del tallo, los primeros de la panoja. Puede crecer hasta 4 m. e incluso en algunas variedades. Son muy robustos, y dependiendo de la precocidad del cultivar pueden alcanzar entre 12 y 24 nudos aéreos (Aldrich, 2000)

* + - 1. **Hojas**

Son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos separados. Su color usual es verde, se puede encontrar hojas rayadas de blanco y verde y púrpura, por deficiencia de nutrientes. El número de hojas por planta varía entre 8 a 25 (Parsons, 1998)

* + - 1. **Inflorescencia**

Es una espiga o panícula ubicada como terminaciones del tallo (ápice) conformada por 25-30 espiguillas. Posee numerosas flores masculinas y femeninas separadas unas de otras, pero en el mismo pie, la segunda está situada en una ramificación lateral cilíndrica cubierta de falsas hojas brácteas o espatas, está conformada por un tallo central o raquis que sostiene un penacho ubicado en el ápice de la mazorca, de donde sobresale el estilo de cada flor cual si fuese una barba de color amarillo pálido y rojizo cuando ya es fecundado. La inflorescencia femenina se formará la mazorca en dónde cada ovario de las flores dará origen a un grano de maíz, su ubicación, número, grosor y filas depende de la variedad y vigor en su crecimiento. (Ortas, 2008)

* + - 1. **Fruto**

La mazorca o fruto, está formada por una parte central llamada zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varios centenares por cada mazorca. El zuro, o corazón, representa del 15 al 30% del peso de la espiga. La fecundación de las flores femeninas puede suceder mediante el polen de las panojas de la misma planta o de otras plantas, el fruto y la semilla forma un sólo cuerpo que tiene la forma de una cariópside brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina como granos y dentro del fruto que es el ovario maduro se encuentran las semillas (óvulos fecundados y maduros), la semilla está compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen y pesa 0.3 gramos. (Garcés, 2012)

### Ciclo vegetativo

Empieza con la germinación, de unos 6 a 8 días de duración, y comprenden desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo. Una vez el maíz germinado, empiezan el periodo de crecimiento en el cual aparece una nueva hoja cada tres días, si las condiciones de clima son normales a los 20 días de la germinación, la planta deberá tener 5 a 6 hojas, alcanzándose su plenitud foliar dentro de cuatro a cinco semanas. (Verissimo, 2000)

### Variedades nativas y mejoradas

Entre las principales variedades nativas de maíz que se cultivan en la sierra del Ecuador se tienen: cuzco ecuatoriano, canguil ecuatoriano, racimo de uva, chillos, huandango, morochon, patillo, chulpi y kcello, y entre las variedades mejoradas están: INIAP-122 “Chaucho”, INIAP-124 “Mishca”, INIAP-102 “blanco blandito”, INIAP-111 “Guagal”, INIAP-153 “Zhima”, INIAP-180, INIAP-182, INIAP-176 e INIAP-103. (INIAP, 2011)

* + - 1. **INIAP-102 Blanco Blandito Mejorado**

**Cuadro 2.** Características de la variedad INIAP-102 Blanco Blandito Mejorado

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo | Suave, tardío |
| Grano | Blanco harinoso |
| Días a la Cosecha en seco | 270 |
| Cosecha en choclo | 175 días |
| Altura de planta | 238 cm |
| Altura a la mazorca | 130 cm |
| Rendimiento | 4 282 kg/ha (95 qq/ha) en seco |
| Asociación con Fréjol | Si soporta |
| Altitud | De 2 200 a 2 800 msnm |
| Usos | Alimentación humana, en choclo y en grano seco |
| Zonas | Se cultiva en la provincia de Chimborazo. |

**Fuente:** (INIAP, 2017)

* + - 1. **INIAP-111 Guagal Mejorado**

**Cuadro 3.** Características de la variedad Guagal Mejorado

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo** | Suave, tardío |
| **Grano** | Blanco harinoso |
| **Días a la Cosecha en seco** | 265 |
| **Cosecha en choclo** | 208 días |
| **Altura de planta** | 270 cm |
| **Altura a la mazorca** | 160 cm0 |
| **Rendimiento** | 4091 kg/ha (100 qq/ha). asociación 3400 kg (75 qq/ha) |
| **Asociación con Fréjol** | Si soporta |
| **Altitud** | De 2 400 a 2 800 msnm |
| **Usos** | Alimentación humana, en choclo y en grano seco |
| **Zonas** | Se cultiva en la provincia de Bolívar |

**Fuente:** (INIAP s. , s.f.)

* + - 1. **INIAP-122 Chaucho Mejorado**

**Cuadro 4.** Características de la variedad INIAP-122 Chaucho Mejorado

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo** | Suave, precoz |
| **Grano** | Amarillo, harinoso |
| **Días a la Cosecha en seco** | 225 |
| **Cosecha en choclo** | 135 días |
| **Altura de planta** | 250 cm |
| **Altura a la mazorca** | 140 cm |
| **Rendimiento** | 3864 kg/ha (85 qq/ha) |
| **Asociación con Fréjol** | Si soporta |
| **Altitud** | De 2 200 a 2 800 msnm |
| **Zonas** | Se cultiva en la provincia de Imbabura. |

Fuente: (INIAP s. , s.f.)

### Manejo agronómico del cultivo

* + - 1. **Época de siembra**

“La época de siembra del Maíz, varía desde septiembre hasta mediados de noviembre, dependiendo de la localidad y de la disponibilidad de agua de riego o el régimen de lluvias” (Noroña, 2008)

En la sierra altoandina la fecha de la siembra varía desde septiembre hasta mediados de enero, dependiendo de la zona o localidad del cultivo y de la disponibilidad de agua de riego o de la cantidad de lluvias. Para la siembra se debe disponer de semilla de buena calidad 30 kg/ha (INIAP, s.f.)

* + - 1. **Preparación del suelo**

Una adecuada preparación del suelo, ayuda a controlar malezas, enriquecer el suelo incorporando rastrojos, mejora la permeabilidad y permite una buena germinación de la semilla. La práctica de arar todos los años a igual profundidad produce compactación del suelo, justo por debajo de la profundidad a que se efectúa la arada; esto reduce en forma notable el crecimiento de las raíces y el movimiento del agua en el suelo (Pitty, 2002)

La preparación se puede realizar por:

**Labranza convencional**, de acuerdo al terreno, oportunidad financiera y disponibilidad de maquinaria y equipo. Puede ser:

* Una arada, dos pases de rastra y siembra con maquinaria (alta tecnología)
* Una arada, dos pases de rastra con tractor y surcado con bueyes (tecnología intermedia).
* Una arada, 1 o 2 cruzadas y surcado con bueyes (tecnología de costo reducido) (Palomino, K. 2008).

**Labranza Mínima o no convencional.** Se recomienda en aquellas regiones en donde la precipitación es baja o con mala distribución y en aquellos lugares donde no es posible utilizar maquinaria. La forma más rentable consiste en hacer una chapia y luego aplicar gramoxone (2l/ha) más gesaprin 80 (1,5 kg/ha) antes que el cultivo emerja. (Lafitte, 2002.Citado por: Yánez, 2007)

* + - 1. **Siembra**

Para la siembra se debe disponer de semilla de buena calidad, adquirida en sitios autorizados, en donde se siguen todos los procesos necesarios para la producción de semillas, para mantener su pureza genética y conservar las características agronómicas propias de la variedad. Se requiere de 30 kg/ha La siembra en unicultivo se puede realizar en surcos separados a 0.80 m se deposita tres semillas de maíz cada 0.50 m por cada sitio. Ralear cuando las plantas tengan 12 a 20 cm de altura. En siembras asociadas con fréjol los surcos deben realizarse a 1 m y sembrar tres semillas de maíz y dos de fréjol por sitio cada 0.80 m (Yánez, et, 2013)

* **Densidades de siembra**

La densidad de población por unidad de área depende de varios factores. Entre los más importantes están los siguientes: fertilidad del suelo, humedad disponible, porcentaje de germinación y características agronómicas de la variedad. En zonas donde los suelos son fértiles y la lluvia es abundante, deberá sembrarse una mayor cantidad de semilla que en los medianamente pobres y con lluvias escasas y erráticas. Las variedades mejoradas soportan mayor densidad de población en comparación con las variedades criollas. Al sembrar con maquinaria es importante una buena calibración del equipo con la finalidad de obtener la población deseada. Además, el grano debe quedar a una profundidad de 5 cm para que tenga la suficiente humedad para germinar (Brizuela, 2004)

La cantidad de semilla en la variedad INIAP-111 Guagal Mejorado requerida para la siembra es de 25 a 30 Kg/ha (Monar, 2003)

* + - 1. **Fertilización**

Para una adecuada fertilización es necesario realizar un análisis químico del suelo. Para suelos bajos en nitrógeno (menos de 25 ppm) y de fósforo (menos de 10 ppm), se sugiere aplicar al menos una dosis de 80 kg/ha de N y 90 kg/ha de P2O5, la cual se puede alcanzar con la aplicación de cuatro sacos de 45 kg de 18-46-00 a la siembra y dos sacos de urea al aporque (45 días después de la siembra) (Yánez, 2000)

Las extracciones medias del cultivo de los principales macro elementos N-P-K por tonelada métrica son: 25kg de N; 11kg de P2O5 y 23 kg de K2O, por cada 1000 kg de producción esperada. El cultivo de maíz es muy exigente para su crecimiento y desarrollo, requiere de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, calcio y entre otros. Los suelos maiceros de la provincia de Bolívar, debido a su mal uso y manejo, cultivos extensivos, monocultivo, son pobres en su contenido de nitrógeno y fósforo (Monar, 2000)

* + - 1. **Control de malezas**

Los herbicidas deben aplicarse inmediatamente después de la siembra, sobre suelo húmedo. En caso de no aplicarse herbicidas, se debe realizar una o dos deshierbas con yunta o a mano, de acuerdo a la incidencia de malezas (Yánez, C. et. al. 2003). Si existe una alta presencia de malezas se recomienda aplicar herbicidas selectivos a base de Atrazina en dosis de 1,6 a 2,0 Kg/ha de producto comercial, en 400 litros de agua (Caviedes, 2002)

### Plagas

* + - 1. **Gusano trozador (Agrotis ípsilon)**

Estos gusanos son una plaga secundaria, aunque pueden convertirse en un problema regional durante periodos secos. Los gusanos son de color café oscuro con líneas oscuras a lo largo del cuerpo y salen del suelo desplazándose por la noche para alimentarse trozando la base del tallo, por lo que las aplicaciones para su control se recomiendan hacerla por la tarde (Cesaveg, 2007)

* + - 1. **Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)**

Se trata de una plaga muy perjudicial en el cultivo del maíz. Sus gusanos o larvas taladran los cogollos y conforme estos crecen y se abren muestran muy notoriamente sus perfecciones. El gusano mide alrededor de 4 cm. Los adultos de esta plaga son lepidópteros o polillas que aparecen con la presencia de los cultivos tiernos de maíz. Depositan los huevos en los cogollos y conforme van penetrando o eclosionando van apareciendo los pequeños gusanitos, los cuales van alimentándose ávidamente de las hojas tiernas obteniéndose con ello un muy rápido crecimiento que les incrementa progresivamente las necesidades de alimentación (Fabara, 2012)

* + - 1. **Gusano de la mazorca ( Heliothis zea)**

Las larvas y adultos se alimentan de una gran variedad de plantas, incluyendo los vegetales como el maíz dulce, papa y tomate; cultivos tales como maíz de campo de campo, sorgo y caña de azúcar, y cultivos de frutas como plátano, guayaba y naranja. Sin embargo, el maíz dulce y de campo de maíz son muy preferido, y los únicos cultivos que podrían producirse graves daños (Ecured, 2018)

* + - 1. **Gorgojo (Pagiocerus forii)**

Los gorgojos de productos almacenados, como el gorgojo del trigo, del maíz o del arroz, colocan los huevos dentro de los granos de estos cereales para que las larvas se alimenten del tejido nutricional del grano. Como resultado, los granos de cereales afectados por los gorgojos poseen una menor calidad, y en caso de germinar, generan plantas débiles y vulnerables al ataque de otros parásitos. Además de las larvas, los individuos adultos también se alimentan de los granos de cereales, generando unos excrementos similares a un polvillo blanco que recubre los granos y les da un gusto desagradable (Acticimex, 2018)

* + - 1. **Control químico**

Es la represión de sus poblaciones o la prevención de su desarrollo mediante el uso de substancias químicas. Los compuestos químicos que se utilizan en la protección de los cultivos reciben el nombre genérico de Pesticidas o plaguicidas. Estos compuestos, según su efectividad particular contra insectos, ácaros, ratas, caracoles, o nematodos, reciben los nombres específicos de insecticidas, acariciaos, raticidas o rodenticidas, caracolicidas o molusquicidas, y nematicidas respectivamente. También se incluye a los herbicidas y fungicidas que se utilizan para combatir las malezas y las enfermedades fungosas respectivamente (Cisneros, 2015)

### Enfermedades

* + - 1. **Carbón del maíz (Ustilago maydis)**

Es una enfermedad causada por un hongo, que es un microorganismo que se puede presentar en cualquier etapa del cultivo. Sus síntomas son tumores o agallas de diversos tamaños en las raíces adventicias o aéreas, cañas, nudos, nervaduras, panoja: sus esporas o “semillas” invernan y se mantienen en residuos del cultivo. Su control esta fundamentalmente en erradicar las plantas enfermas y en utilizar variedades resistentes (Fabara, 2012)

* + - 1. **Tizón foliar (Helminthosporium maydis)**

Un síntoma inicial consiste en manchas pequeñas, ligeramente ovales y acuosas que se producen en las hojas y que son reconocibles fácilmente. Estas lesiones se transforman luego en zonas necróticas alargadas y ahusadas. Las lesiones aparecen primeramente en las hojas más bajas y continúan aumentando de tamaño y en número a medida que se desarrolla la planta, hasta llegar a producir una “quemadura” completa del follaje (Yánez, 2013)

* + - 1. **Tizón foliar (Helminthosporium turcicum)**

Uno de los primeros síntomas consiste en la aparición de manchas pequeñas, ligeramente ovaladas y acuosas que se producen en las hojas y que son fácilmente reconocibles. Estas lesiones se transforman luego en zonas necróticas alargadas y ahusadas, que se manifiestan primeramente en las hojas más bajas y cuyo número aumenta a medida que se desarrolla la planta. Se puede llegar a producir la quemadura total del follaje. El tizón por turcicum (o tizón norteño de la hoja) se encuentra distribuido por todo el mundo y ocurre particularmente en zonas donde hay mucha humedad y temperaturas moderadas durante el periodo de crecimiento. Cuando la infección se produce antes o durante la aparición de los estigmas, y si las condiciones son óptimas, ésta puede ocasionar daños económicos considerables (CIMMYT, 2004)

* + - 1. **Pudrición de mazorca (Gibberella fujikuroi)**

En el maíz, estas dos especies de hongos provocan pudrición de mazorca y de tallo, y tizón en las plántulas. ***Gibberella zeae***, el estado sexual del patógeno, es más común en las zonas frías y húmedas. Los primeros signos de la infección son la formación de micelios blancos, que van descendiendo desde la punta de la mazorca y dan una coloración rojiza y rosada a los granos infectados.

La pudrición por Fusarium moniliforme es probablemente el patógeno más común de la mazorca de maíz en todo el mundo. A diferencia de G. zeae, el daño que causa F. moniliforme se manifiesta principalmente en granos individuales o en ciertas áreas de la mazorca. Los granos infectados desarrollan un moho algodonoso o rayas blancas en el pericarpio y germinan estando aún en el olote. (CIMMYT, 2004)

* + - 1. **Control químico**

Como su nombre lo indica consiste en el uso de productos sintéticos o químicos, y que se recomienda sólo para los casos en que la enfermedad ha alcanzado mayores niveles de gravedad. Cabe señalar que estos productos, entre los que se encuentran los fungicidas, bactericidas, han evolucionado notablemente haciéndose más específicos para el hongo o bacteria que buscan combatir (Pitty, 2002)

### Cosecha

* + - 1. **En choclo**

Para conocer el momento de la cosecha del choclo, se puede abrir un poco las hojas que cubren la mazorca y se comprueba el grado de desarrollo de los granos (el grano se presenta blanco y de aspecto lechoso). También se puede guiar por el color del “pelo” del choclo y se afirma que cuando pasan del dorado al castaño, el maíz estaría listo para cosecharlo (Yánez, 2013)

* + - 1. **En seco o mazorca**

Se realiza la cosecha cuando el grano este en madurez fisiológica (cuando en la base del grano se observa una capa negra), o dejando secar la mazorca en la planta hasta que esté lo suficientemente seca. Si se cosecha con un alto contenido de humedad es necesario poner a secar las mazorcas debido a que los granos con mucha humedad son susceptibles a pudriciones, evitando se produzca un recalentamiento por alta temperatura (INIAP s. , s.f.)

## Macro nutrientes en el maíz

### Nitrógeno (N)

* + - 1. **Origen**

Este elemento se presenta muchas veces como un limitante en el desarrollo de las plantas, porque es removido del suelo en cantidades superiores al resto de los nutrientes y el nivel en el suelo es muy bajo. Los vegetales la emplean en la formación de proteínas, ácidos nucleicos, amino azucares y otras moléculas muy importantes de la célula. Favorece el desarrollo vegetal, el tamaño de los granos, el porcentaje de proteínas y la absorción de fósforo y potasio, modifican la composición química y la calidad de los vegetales. La fuente principal de nitrógeno proviene de la atmosfera donde está en una proporción del 79%. La mayor reserva de nitrógeno (N) la constituyen las rocas primarias (98% de todo el nitrógeno) la atmosfera, otras rocas y sedimentos. El reservorio más pequeño lo constituye el suelo (Arévalo, 2017)

* + - 1. **Propiedades del Nitrógeno**

**Cuadro 5.** . Propiedades del Nitrógeno

|  |  |
| --- | --- |
| Número atómico | 7 |
| Peso atómico | 14,008 |
| Radio atómico covalente | 0,70 A |
| Radio del ion N3- | 1,71 A |
| Abundancia de los isótopos | N14, 99,62%; N15, 0,38% |
| Notación espectral | 1s2; 2s2, 2p3 |
| Estado físico | Gas incoloro, inodoro e insípido |
| Fórmula molecular | N2 |
| Densidad absoluta (en c. n.). | 1,2506 g/l |
| Densidad relativa, (aire = I) | 0,9672 |
| Densidad del N2 líquido | 8,808 |
| Solubilidad en agua (cm3 en c. n. por litro): | a 0 ºC.......23,54  a 25 ºC.....14,34 |
| Punto de ebullición | -195,8 ºC |
| Punto de congelación | -209,86 ºC |
| Temperatura crítica | -147,1 ºC |
| Presión crítica | 33,5 atm |

**Fuente*:*** (Trinidad, 2013)

* + - 1. **Ciclo del nitrógeno**

El ciclo del nitrógeno es particularmente complejo y dinámico, ya que en él se dan una serie de cambios y transformaciones, de las cuales un gran número de ellas dependen netamente de procesos microbiales, que a su vez se ven afectados por diferentes factores como: temperatura, humedad, aireación y pH del suelo entre otros (Elizondo, 2006)

Los organismos autótrofos requieren típicamente un suministro de nitrógeno en forma de nitrato (NO3 -), mientras que los heterótrofos lo necesitan en forma de grupos amino (-NH2), y lo toman en sus alimentos formando parte de la composición de distintas biomoléculas. Los autótrofos reducen el nitrógeno oxidado que reciben como nitrato (NO3 -) a grupos amino, reducidos (asimilación). Para volver a contar con nitrato hace falta que los descomponedores lo extraigan de la biomasa dejándolo en la forma reducida de ion amonio (NH4 +), proceso llamado amonificación; y que luego el amonio sea oxidado a nitrato, proceso llamado nitrificación. El ciclo se completa con los procesos de fijación de nitrógeno, que origina compuestos solubles a partir del N2, y la desnitrificación que es una forma de respiración anaerobia que devuelve N2 a la atmósfera completando el ciclo (Iñón, 2018)

* **Fijación**

Es la fase del ciclo donde el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera terrestre se integra en la vegetación, por medio de unos microorganismos que están en el suelo y en medios acuáticos. Esto sucede porque el nitrógeno gaseoso se transforma en amoniaco, ya que las bacterias lo transforman y lo descomponen absorbiendo los nutrientes que estas utilizan para subsistir, y de esta manera se fijan al suelo, estas bacterias son precavidas ya que viven en las raíces de las plantas para que el oxígeno no llegue a ellas y pueda transformar el nitrógeno y no hacerles daño (Lara, 2016)

* **Nitrificación**

La nitrificación es el proceso por el cual varias especies de bacterias comunes en los suelos son capaces de oxidar el amoníaco o el ión amonio. Es un proceso generador de energía, y la energía liberada es utilizada por estas bacterias como fuente de energía primaria. Un grupo de bacterias oxida el amoníaco o ión amonio a nitrito y luego otro grupo lo oxida a nitrato (Iñón, 2018)

Es una fase donde otras bacterias que están en el suelo oxidan el amoniaco y lo convierten en amonio, generando energía, después otras bacterias la vuelven a oxidar y el amonio lo transforma en nitrato, esto también va a depender de la temperatura del suelo y de su PH, en esta parte de la fase es la oxidación de las bacterias de nitrógeno por otras que las oxidan transformándolas en amonio y otras en nitratos, siendo el segundo paso de la fase (Lara, 2016)

* **Asimilación**

Los vegetales absorben el nitrato del suelo y lo utilizan para fabricar proteínas, las que pasan a los animales a través de la cadena alimentaria. El ciclo se reinicia con los desechos de animales o cuando animales y vegetales mueren (Rosales, 2011)

* **Amonificación**

Es el proceso por el cual los compuestos nitrogenados encontrados en el suelo, productos de la descomposición de materiales orgánicos complejos tales como proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos y nucleótidos son degradados a compuestos simples por organismos que habitan el suelo, principalmente bacterias y hongos. Estos microorganismos metabolizan estos compuestos y liberan el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco o ion amonio. La amonificación es la conversión del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino (-NH2) o imino (-NH-) a ion amonio (Iñón, 2018)

* **Inmovilización**

En esta fase del ciclo aquello que no es inorgánico se le incorpora el nitrógeno formando un nitrógeno orgánico, siendo lo contrario de la nitrificación, por lo que las plantas no lo absorben porque no hay una descomposición previa y no lo pueden usar (Montenegro, 2018)

* **Desnitrificación**

Aquí es donde otras bacterias llamadas Desnitrificadoras desoxidan los nitratos y el amoniaco y lo regresan a la atmósfera en forma de nitrógeno gaseoso, en la mayoría de los casos esto no sucede por las alteraciones que el hombre le ocasiona al suelo por que utilizamos fertilizantes y otros químicos para que las plantas y vegetales crezcan rápido y ya no se deja que el proceso sea completado de la manera correcta, y no se puede llevar a cabo por que los pesticidas, fertilizantes y productos que a los productores les dé mayor ganancia a las plantas y bacterias del suelo las daña no permitiendo reproducirse y regresando el nitrógeno a la atmósfera de manera limpia (Soto, 2017)

* + - 1. **Formas del nitrógeno**

Las únicas fuentes de nitrógenos son la materia orgánica y el nitrógeno de la atmosfera del suelo. Este elemento se encuentra en forma de Nitrógeno orgánico, en forma de Nitrógeno amoniacal y en forma de Nitratos (NO3) y amonio (NH4+) (Molina, 2018)

Nitrógeno orgánico:Ingresa al suelo por restos orgánicos en descomposición. Representa el 83% de N total del suelo. Para que las plantas puedan aprovechar el nitrógeno que proviene de la materia orgánica, primero, éste debe ser mineralizado en nitrógeno inorgánico que las plantas puedan absorber. Nitrógeno amoniacal:Se encuentra retenido en las arcillas del suelo. Es lentamente disponible para las plantas. Nitratos (NO3) y amonio (NH4+): aprovechable inmediatamente por las plantas. (Molina, 2018)

* + - 1. **Fijación del nitrógeno en el suelo**
* **Fijación por Rhizobia**

Se denominan Rizobios. A este grupo pertenecen Rhizobium (nodulan en raíces de leguminosas de climas templados y subtropicales), Azorhizobium (nódulos en tallos y raíces) y Bradyrhizobium (nodula raíces de soja). Existen otros formadores de nódulos de fijación dudosa de nitrógeno como son: Phyllobacterium (forma nódulos en tallos y hojas de mirsináceas y rubiáceas) y Agrobacterium (Calva, 2012).

El *Rhizobium*es una de las bacterias del suelo más conocidas por la simbiosis que establecen con las leguminosas. El proceso de establecimiento del nódulo no es sencillo y es necesario que se den unas condiciones muy específicas. Presencia de elementos minerales en el suelo. Ciertas deficiencias o excesos de algunos minerales afectan directa o indirectamente a la nodulación. La presencia de molibdeno en cantidad suficiente es necesaria ya que es un constituyente de la nitrogenasa. Otros elementos como el calcio, fósforo, azufre, cobre o zinc tienen efectos en el pH del suelo y afectan directamente en la fijación. Todas las estirpes bacterianas necesitan valores de pH del suelo superiores a 5, a excepción del ***R. lupini*** (pH 3,2) y ***R. japonicum*** (pH 4,2)(Vida, 2015)

Algunos fijadores libres, como Azotobacter, requieren hasta 100 unidades de equivalentes de glucosa por unidad de nitrógeno fijado. Por ello su significación agrícola es baja, que se incrementa considerablemente en el caso de la fijación simbiótica, como la establecida entre Rhizobium y la leguminosa, donde la relación disminuye de 6 a 12 unidades de glucosa consumidas por unidad de nitrógeno reducido. En este caso, además, la fuente de energía son los compuestos carbonados suministrados directamente por la planta derivados de la fotosíntesis, mientras que los fijadores libres han de tomarlos del suelo donde no existen en la cantidad y forma necesarias. Así de hecho, Azotobacter proporciona al suelo unos cientos de gramos de nitrógeno por hectárea/año y, en cambio, este valor sube en la asociación de Rhizobium con alfalfa, trébol, guisante o soja, a unos cientos de kilos. A pesar de estas diferencias, la fijación libre por sí sola representa a nivel global algo menos de la mitad del total de N2 fijado por año (Fig. 2), ya que la simbiótica, aunque sea más alta, está limitada a unas pocas especies vegetales, entre ellas, las leguminosas de gran importancia económica y social (Olivares, 2008)

* **Fijación por microorganismos**

Los microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre, abarcan una gama morfológica que va desde los organismos unicelulares como las bacterias y algunas cianobacterias, hasta multicelulares como las cianobacterias filamentosas y los actinomicetes, que habitan diferentes ambientes, incluyendo los extremos, todos procarióticos; comprendiendo así microorganismos pertenecientes a los Dominios Archaea y Bacteria, los cuales pueden formar asociaciones con organismos pertenecientes al Dominio Eucaria.  Estas asociaciones pueden ser de tipo no simbiótico, ocurriendo principalmente en la filósfera o la rizósfera de algunas plantas, o de tipo simbiótico, dándose en briofitas (musgos, hepáticas y antocerotas), helechos (Azolla), gimnospermas (cícadas) y angiospermas (Gunnera, leguminosas y Parasponia) y en zonas de la planta que incluyen la raíz, el tallo y las hojas (Mayz, 2004)

En el medio acuático, los microorganismos encargados de la fijación de nitrógeno son las cianobacterias. Algunas especies de helechos de agua, como la Azorella, tienen cavidades en donde viven cianobacterias, encargadas de aportarle nitrógeno a la planta. La cantidad anual de nitrógeno fijado por bacterias es muy grande, aproximadamente de 200 millones de toneladas anuales. Este nitrógeno, en forma de nitratos y amonio, es asimilable por las plantas, que lo utilizan para sintetizar aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Luego los animales herbívoros obtienen el nitrógeno alimentándose de estas plantas, y así este elemento comienza a recorrer toda la cadena alimenticia (Quimica, 2010)

* + - 1. **Pérdidas del nitrógeno**
* **Volatilización**

Mediante la volatilización se da la pérdida de aproximadamente el 20% del nitrógeno de los suelos. Los nitratos y nitritos pasan a hiponitritos (HNO) que es volátil o bien a óxido nitroso (N2O) en presencia de pH mayores de 7 y a óxido nítrico (2NO) en presencia de suelos con pH menores de 6 (Marin, 2011)

* **Desnitrificación**

A través de la desnitrificación, las formas oxidadas de nitrógeno como el nitrato y el nitrito (NO2-) se convierte en N2 y, en menor medida, en gas óxido nitroso (N2O) y óxido nítrico (NO). La desnitrificación es un proceso anaeróbico realizado por bacterias desnitrificantes como algunos bacilos y pseudomonas (Marin, 2011)

* **Lixiviación**

La concentración de nitratos en el suelo decrece con la profundidad, por lo tanto, es un fenómeno general en la región pampeana encontrar mayor concentración cerca de la superficie del suelo. Por otro lado, en la región pampeana se ha establecido para los distintos cultivos (maíz, trigo girasol) que pueden absorber agua de 0.80 m hasta 2 m de profundidad (suelos arcillosos a arenosos) durante la floración, momento de máxima biomasa y profundidad de raíces. En general, las mayores pérdidas por lixiviación de nitratos podrían ocurrir con altas fertilizaciones y precipitaciones y bajo consumos de los cultivos (estados iniciales) (Bono, 2012).

* + - 1. **El nitrógeno en la planta**
* **Funciones**

El nitrógeno tiene un papel en la alimentación de las plantas como factor de crecimiento y desarrollo vegetativo. El nitrógeno es uno de los constituyentes de los compuestos orgánicos de los vegetales. Interviene en la multiplicación celular y se considera factor de crecimiento. Es necesario para la formación de los aminoácidos, proteínas, enzimas, etc. (AgroEs, 2018)

El nitrógeno es el principal responsable del crecimiento del tallo, hojas, ramas y vigor en general. También se puede encontrar en diferentes formatos: orgánico, amoniacal y nítrico. La diferencia básica entre estos formatos está en la velocidad de absorción del nitrógeno por parte de la planta, siendo el formato amoniacal el de más rápida absorción y en consecuencia el que puede llegar a producir un exceso de este nutriente con más facilidad (Montalvan, 2014)

* **Deficiencia de nitrógeno en la planta**

Las plantas con carencias de nitrógeno presentan los siguientes síntomas:

* Menor tamaño de lo normal.
* Clorosis en las hojas adultas.
* Algunas plantas como el maíz muestran una coloración purpúrea causada por la acumulación de pigmentos antocianos.
* Mayor concentración de azúcares.
* Menor crecimiento foliar frente al desarrollo radicular.
* Disminución de tamaño celular.
* Disminución de síntesis de proteínas.
* La floración queda muy restringida con notable reflejo en la fructificación.
* Las enfermedades, heladas y granizadas producen mayores efectos.
* El crecimiento se hace lento e incluso puede paralizarse.
* Se adelanta la floración y la maduración (Mi Riego, 2017)
* **El exceso de nitrógeno en la planta**

El exceso de Nitrógeno también es muy perjudicial en el crecimiento exagerado, formando plantas débiles y tiernas y, por tanto, más propensas a las plagas y enfermedades, al viento, a la lluvia y al granizo, al frío, etc. Además, cambia las propiedades osmóticas de la planta. En lugar de ingresar agua a la planta, esta es expulsada hacia afuera y las hojas se contorsionan intentando conservar agua, al borde de la deshidratación (Montalvan, 2014)

* + - 1. **Formas de ser absorbido por la planta**
* **Forma nítrica**

Los NO3 se absorben de manera activa, es decir, con gasto de energía. Enzimas especiales catalizan el pasaje de los iones NO3 a través de las membranas celulares, sobre todo a nivel de los pelos radiculares. Como ya se indicó, los NO3 se absorben en menor proporción cuando las temperaturas son bajas. La absorción también está afectada por el molibdeno, ya que se forma una molibdoproteína en la superficie de células radiculares para el transporte de NO3 (Agrikcultores, 2016)

* **Forma amoniacal**

La absorción del NH4+se cumple a través de un proceso activo y otro pasivo. En experimentos donde se han utilizado inhibidores metabólicos, se ha demostrado que inhibe la liberación de energía respiratoria la absorción de NH4 se reduce a la mitad, pero esta no se inhibe completamente, como sucede con la absorción de NH3. El NH4+ incrementa su absorción a valores de pH cercanos a 8. Su absorción produce un incremento de la absorción de aniones inorgánicos (H2PO4-, SO42- Y Cl-) y el pH de la rizósfera puede decrecer debido a la liberación de H+ por la raíz para mantener la neutralidad eléctrica (Agrikcultores, 2016)

* + - 1. **Fertilizantes nitrogenados**

Un fertilizante es un tipo de sustancia o denominados nutrientes, en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo. Un fertilizante nitrogenado es simplemente un abono al que se le incorpora nitrógeno o compuestos de éste. Básicamente aportan nitrógeno, aunque en muchos casos contienen azufre, magnesio, calcio e incluso microelementos. También se pueden encontrar abonos con fósforo y potasio, pero se clasifican en otra categoría (Aparici, 2014)

* + - 1. **Urea**

La urea es uno de los fertilizantes más concentrados en nitrógeno (46%) y normalmente el más económico en el mercador, se comercializa en modalidades perlada y granulada, la primera para uso en fertirrigación y la segunda, para aplicación directa al suelo. Es muy soluble y a menudo usada en formulaciones liquidas. Su alta solubilidad la hace popular para inyectarla en sistemas de riego localizado. Es clasificada como fuente amoniacal y, por lo tanto, tiende a acidificar el suelo (Sierra, 2010)

La urea es un compuesto químico cristalino e incoloro, también es conocida como carbamida y es el principal producto terminal del metabolismo de proteínas en los mamíferos, se forma a través de una serie de reacciones químicas conocidas como ciclo de la urea siendo ésta el principal producto de eliminación del amoniaco, sustancia tóxica para el organismo, siendo sus principales medios de excreción el sudor y la orina (Trullas, 2008)

* + - 1. **Acidez producida por los fertilizantes nitrogenados**

Los fertilizantes nitrogenados amoniacales pueden acidificar el suelo debido a que la conversión de amonio a nitrato por nitrificación libera hidrógenos. Este proceso también se cumple con el nitrógeno proveniente de estiércol de ganado y otros abonos orgánicos. Fertilizantes como el sulfato de amonio, urea y nitrato de amonio, cuando son aplicados al suelo, se disocian liberando amonio (NH4 +). Esta forma de nitrógeno se convierte en nitrato (NO3) a través de la oxidación biológica o nitrificación produciendo un exceso de H+ que acidifica el suelo. La aplicación intensiva de fertilizantes también puede incrementar la lixiviación de Ca y Mg debido a que estos nutrientes sólo se mueven cuando van acompañados de un anión como el NO3 o SO4 (Centro de Investigaciones Agronómicas, 2014)

* + - 1. **Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz**

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización. La eficiencia puede ser expresada como las unidades de producto generado aplicado, o como la proporción del nutriente adicionado que absorbe el cultivo. La eficiencia fisiológica con la que las plantas utilizan el N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de N. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de N absorbido en toda la planta, mientras que para el trigo la eficiencia fisiológica media está alrededor de 30 kg de grano/kg de N. Los coeficientes de requerimientos de N que se utilizan en los modelos de balance son la inversa de esta eficiencia, lo que da para maíz unos 20 a 25 kg de N/t de grano y para trigo unos 30 a 35 kg N/t grano (Boschetti, 2016)

La eficiencia agronómica expresa los kg de grano producidos por kg de N aplicado como fertilizante. Este valor depende de la eficiencia fisiológica del híbrido o cultivar, de la proporción del N disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo. Por lo tanto, la eficiencia agronómica varía entre un máximo igual a la eficiencia fisiológica y cero, a medida que la absorción de N se ve limitada por otro factor como la disponibilidad de agua o se incrementan las pérdidas (Quintero, 2016)

En la agricultura de conservación, se pueden notar los efectos de los fertilizantes nitrogenados en las siguientes temporadas de cultivo durante varios años. Este es especialmente el caso cuando se aplica el fertilizante en combinación con la retención de residuos debido a que esto puede incrementar la inmovilización temporal del fertilizante, el cual es liberado en los años siguientes. Los resultados de la investigación sobre el efecto de la rotación en sistemas de agricultura de conservación sobre la EUN no son uniformes, pero en la mayoría de los estudios se encontraron efectos negativos del monocultivo sobre el rendimiento y la EUN, y efectos positivos de las leguminosas incluidas en la rotación (Verhulst, 2015)

En el caso de la fertilización de cereales con nitrógeno, la eficiencia de utilización del N ha sido estimada en el orden del 33 % a nivel mundial. Esta estimación se realizó teniendo en cuenta la producción mundial de cereales, la concentración de N en los granos, el consumo de fertilizantes y suponiendo que el suelo y la atmósfera aportan 50 % del N total removido. En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de N se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia (Quintero, 2016)

## Fósforo (P)

### Importancia del fósforo según sus funciones principales

El Fósforo (P), juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. Ha sido ampliamente mencionada su participación procesos fisiológicos importantes como la síntesis de ATP y transporte de energía por la planta, la formación de ácidos nucleicos (ADN, ARN) y el metabolismo de los hidratos de carbono (Ferraris, 2013)

### Funciones del fósforo en las plantas

El fósforo es un componente de ciertas enzimas y proteínas, trifosfato de adenosina (ATP), ácidos ribonucleicos (RNA), ácidos desoxirribonucleicos (DNA), y fitina. El ATP está involucrado en varias reacciones de transferencia de energía, y el RNA y DNA son componentes de la información genética (Infoagro, 2012). El fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta. Además, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces, mejora la calidad de la fruta, hortalizas y granos y está involucrado en la transferencia de características hereditarias de una generación a la siguiente (Infoagro, 2012)

### Ciclo del fósforo

El fósforo se encuentra en la naturaleza en forma de compuestos de calcio (apatita), hierro, manganeso y aluminio conocidos como fosfatos, que son poco solubles en el agua. En los buenos suelos agrícolas el fósforo está disponible en forma de iones de fosfato (P2O5).

Las plantas absorben los iones de fosfato y los integran a su estructura en diversos compuestos. Sin fósforo las plantas no logran desarrollarse adecuadamente. Los animales herbívoros toman los compuestos de fósforo de las plantas y los absorben mediante el proceso de la digestión, y los integran a su organismo, donde juegan un rol decisivo en el metabolismo. Los carnívoros toman el fósforo de la materia viva que consumen y lo integran a su estructura orgánica, para luego ser incorporado nuevamente al suelo (Peruecologico, 2010)

### El Fósforo en el Suelo

Para la aplicación conveniente de fósforo al suelo agrícola y su utilización por las plantas, es importante el pH del suelo, pues determina la solubilidad y disponibilidad del fertilizante, en suelos muy ácidos (pH < 6) el fósforo tiende a formar complejos con el hierro y aluminio del suelo, inhibiendo la disponibilidad; a su vez, en un ambiente alcalino (pH > 8,2) se tiende a formar fosfato tricálcico insoluble. Por ello, los suelos ácidos deberían previamente ser enmendados con cal. En suelos alcalinos se debe usar fertilizantes fosfatados de alta solubilidad en agua (Instituto Valenciano de Exportación, 2003)

Se acostumbra describir el P del suelo en términos de la siguiente relación:

P de la solución suelo P lábil del suelo P no lábil

Donde el equilibrio se establece rápidamente entre el P lábil y el de la solución suelo, mientras que el equilibrio verdadero se establece rara vez entre las reservas lábiles y no lábiles del P del suelo. El componente solución suelo del P del suelo tiene varias características, las cuales no son únicas para el P sino también aplicables para otros nutrientes (Havlin, 2005)

### Formas del fósforo en los suelos

El fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en que se encuentra. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos, que pueden o no estar asociado con él. La fracción inorgánica se encuentra en numerosas combinaciones con hierro, aluminio, calcio, flúor y otros elementos (Basantes, 2010)

### Época de aplicación del fósforo

Como el fósforo no se mueve a través del suelo, deberá aplicarse en posiciones en donde pueda ser alcanzado por las raíces de las plantas cuando lo necesiten, es decir aplicarse antes de la siembra (Basantes, 2010)

### Movimientos del fósforo en el suelo

El fósforo se mueve muy poco en la mayoría de los suelos, generalmente se mantiene en el lugar donde ha sido colocado por la meteorización de los minerales o por la fertilización. Muy poco de este elemento se pierde por lixiviación, aun cuando se mueve más libremente en suelos arenosos que en arcillosos. La erosión y la remoción por el cultivo son las dos únicas formas significativas de pérdidas de fósforo del suelo (Peruecologico, 2010)

### Método de aplicación de fertilizantes fosfatados

El contenido de fósforo en la zona radicular debe ser lo suficientemente alto para asegurar su disponibilidad durante todas las etapas de crecimiento. La fijación es un factor importante a considerar cuando se debe decidir la forma de aplicación de fósforo. Existe un mayor contacto entre el suelo y el fertilizante cuando se aplica al voleo y se le incorpora con el arado o con la rastra que cuando se le aplica en banda (Basantes, 2010).

### Factores que afectan la disponibilidad del fósforo

La disponibilidad de fósforo presenta una doble restricción: el bajo nivel de fósforo total en los suelos y las bajas cantidades de las formas disponibles. Además, cuando se aplican al suelo fosfatos solubles, estos son rápidamente fijados hacia formas insolubles que en un tiempo van a ser no disponibles para las plantas. En suelos ácidos, el fósforo es primeramente fijado por el hierro, aluminio y manganeso, y en suelos alcalinos por el calcio y el magnesio, esta fijación reduce gradualmente la eficiencia de los fertilizantes fosfatados, de tal modo que solamente una pequeña cantidad del fósforo añadido puede ser tomado por las plantas. Con el tiempo; sin embargo, este fósforo fijado puede formar parte de la reserva y ser absorbido por las plantas (Basantes, 2010).

La disponibilidad del fósforo varía de acuerdo a los siguientes factores:

* **Textura.** Influye en la asimilabilidad del fósforo tanto por el contenido de agua que el suelo puede retener como por la contribución a la riqueza del fósforo del suelo. La cantidad de fósforo lábil o intercambiable será menor en los suelos de textura gruesa que los de textura fina que tienen mayor capacidad de absorción de aniones.
* **Humedad.** La absorción de fósforo por las plantas aumenta cuando la succión matriz del suelo disminuye, lo que concuerda con el concepto de que la transferencia del nutriente a las raíces se efectúa por medio del agua.
* **pH del suelo:** La mayor parte de la fijación de fósforo ocurre a muy bajos o muy altos valores de pH. Cuando el pH sube desde menos de 5 hasta 6, los fosfatos de hierro y aluminio se hacen algo menos solubles. Además, cuando el pH cae desde más de 8 hasta menos de 6, los fosfatos de calcio incrementan su solubilidad (Basantes, 2010)
* **Coloide inorgánico:** Generalmente aquellas arcillas que poseen gran capacidad de absorción de aniones (debido a superficies cargadas positivamente), tienen una gran afinidad por los iones fosfato... Los óxidos de hierro y aluminio, tales como la gibsita y la goetita, también pueden atraer y retener fuertemente los iones fósforo. Entre las arcillas silicatadas, la caolinita tiene la mayor capacidad de fijación de fósforo.
* **Materia orgánica:** es fuente permanente de fósforo a través de los procesos de descomposición y mineralización que liberan nutrientes a la solución del suelo. La materia orgánica generalmente tiene poca capacidad para fijar fuertemente los iones fosfato. Los suelos ricos en materia orgánica, especialmente de fracciones activas de la misma, casi siempre exhiben relativamente bajos niveles de fijación de fósforo (Basantes, 2010).

### Manejo de las dosis del fertilizante fosfatados

Si se puede agregar bastante fósforo, la capacidad de fijación del mismo puede saturarse, incluso en los suelos muy fijadores.

Esta puede alcanzarse con una o dos dosis masivas de fósforo (usualmente como fertilizante fosfórico, roca fosfatada, o abono animal), o por la adición anual durante varios años de más cantidad de fósforo que la removida por la cosecha.

La rápida o la lenta acumulación alcanzada podrá satisfacer la mayor parte de los sitios de fijación y llevará al suelo a niveles tan altos de fósforo que se mantendrá en solución suficiente cantidad del mismo, a pesar de la gran capacidad de fijación inicial. La aplicación de dosis masivas puede ser muy costosa, por lo que solo se utiliza en sistemas de agricultura intensiva (Sanzano.sf, 2017)

### Ubicación del fertilizante fosfatados

Para favorecer la absorción de fósforo por las raíces de las plantas se debe minimizar la oportunidad de reacción del mismo con el suelo.

Generalmente, si el fertilizante es colocado directamente en la zona radicular, puede utilizarse un medio a un tercio del mismo, con respecto a una aplicación en donde se lo mezcle excesivamente con el suelo.

El punto de ubicación es muy usado cuando la aplicación es manual, pero actualmente se está desarrollando maquinaria que "inyecta" el fertilizante para encontrar el punto de ubicación aún en los sistemas mecanizados (Sanzano.sf, 2017)

### Contenido de fósforo en el suelo

**Cuadro 6.** Contenido de Fósforo asimilable (ppm)

|  |  |
| --- | --- |
| **FÓSFORO** | **ASIMILABLE** |
| **Contenido en ppm** | **Categoría** |
| 0-15 | Baja |
| 15,1-30 | Media |
| 30,1-50 | Alta |
| 50,1-75 | Rico |
| ˃75 | Muy rico |

**Fuente:** (Arcos, 2005)

### Deficiencia de fósforo en la planta de maíz

La deficiencia de fósforo en los suelos produce los siguientes síntomas en la planta: Planta atrofiada, coloraciones moradas o rojizas, floración tardía y deficiente, fallos en la fecundación, retraso en lo referente a la maduración, escaso vigor (Germinia, 2010)

## Potasio (K)

El potasio es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción de las plantas. Se considera segundo luego del nitrógeno, cuando se trata de nutrientes que necesitan las plantas y es generalmente considerado como el "nutriente de calidad". El potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de la planta y a otras medidas atribuidas a la calidad del producto. Las plantas absorben el potasio en su forma iónica, (K +). En la fotosíntesis, el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, y por lo tanto regula la absorción de CO2. En las plantas, el potasio desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de Adenosín trifosfato (ATP). El ATP es una fuente de energía importante para muchos procesos químicos que tienen lugar en las células de la planta ( Potasio en las Plantas, 2011)

### Época y forma de aplicación del potasio

En la mayoría de los cultivos anuales, incluyendo los cereales y las hortalizas, los fertilizantes potásicos deben aplicarse a la siembra o al trasplante, debido a que las plantas absorben una buena porción del potasio en las etapas tempranas del crecimiento. Sin embargo, en suelos de textura liviana (arenosos, o francos arenosos), con un alto potencial de perder potasio por lixiviación, se recomienda una aplicación fraccionada (Infoagro, 2012)

### Funciones del potasio en la planta

El potasio (K) es el tercer elemento más importante que requiere el cultivo de maíz para un mejor desarrollo ya que ayuda a la planta a mejorar su estructura celular, asimilación de carbono, fotosíntesis, síntesis de proteínas, formación de almidón, translocación de proteínas y azúcares, absorción de agua por las plantas y el desarrollo normal de raíces. El potasio es muy importante en el metabolismo de carbohidratos, la formación de proteínas, la promoción de desarrollo de meristemos y el ajuste del movimiento de estomas. Las plantas que crecen en condiciones deficitarias de potasio no son muy eficaces en su actividad fotosintética, son más susceptibles a las enfermedades y no son tan resistentes a la sequía como aquellas que reciben suficientes cantidades de fertilizantes potásicos (Fertiquisa, 2011)

### Disponibilidad de potasio en los suelos

En contraste con el fósforo, el potasio se encuentra en altos niveles en la mayoría de los suelos minerales, excepto en suelos arenosos. No obstante, la cantidad de potasio disponible para las plantas a menudo es muy pequeña. La mayor parte de este elemento se encuentra como parte de minerales primarios o es fijado en formas que presentan poca o moderada disponibilidad para las plantas. Por lo tanto, la situación con respecto a la utilización del potasio es semejante que para el fósforo y el nitrógeno en último término. Una proporción muy grande de estos tres elementos en los suelos es insoluble y relativamente no disponible para las plantas (Infoagro, 2012).

### Deficiencia de potasio en la planta

Uno de los síntomas de deficiencia más comunes es el quemado en los bordes de las hojas. En la mayoría de las plantas este quemado aparece primero en las hojas más viejas; especialmente en las gramíneas. Las deficiencias de potasio hacen que las plantas crezcan lentamente presentando un sistema radicular con desarrollo pobre, los tallos son débiles al acame de las plantas es común. Las plantas presentan una resistencia baja a las enfermedades (Fertiquisa, 2011)

### Potasio aprovechado por el maíz

La tasa de acumulación de K2O durante los primeros 30 días de crecimiento del cultivo de maíz excede al nitrógeno y fósforo, lo que sugiere un mayor requerimiento de K2O que de nitrógeno y fósforo como un elemento iniciador. En el maíz, las tasas de absorción de nitrógeno y fósforo se alcanzan 28 días después de la germinación. Durante el período de un mes empezando dos semanas antes y después de la floración, la tasa diaria de absorción es de 4 kg /ha de K2O, puede alcanzar hasta 7.3 kg de K2O por ha. Durante un periodo de un mes desde antes del jiloteo hasta llegar a la madurez, el aumento en la absorción de Potasio sigue un patrón lineal; antes del jiloteo la tasa relativa de absorción de Potasio fue mayor que el aumento relativo de la materia seca. Para el momento del jiloteo la planta ha acumulado un 90% del total de Potasio a absorber. El aumento en la tasa relativa de absorción de K2O prácticamente termina alrededor de 10 a 15 días después del jiloteo (Rodríguez, 1992)

### Formas del potasio en el suelo

El potasio existe en el suelo en cuatro formas:

* + Como catión K+ en la solución del suelo.
  + Como K+ intercambiable en los coloides del suelo.
  + Fijado en las arcillas.
  + Como un componente en minerales potásicos (Infoagro, 2012)

### Absorción de potasio por las plantas

El potasio se absorbe durante las etapas tempranas del crecimiento en los cultivos de grano, mucho más que el nitrógeno o el fósforo. Al momento en que un cultivo de maíz acumuló el 50 % del total de la biomasa, se habrá absorbido el 68, 56 y 95 % del N, P y K respectivamente. Los requerimientos de potasio necesarios para alcanzar un óptimo crecimiento cambian con las etapas de desarrollo. Las frutas y hojas verdes contienen generalmente niveles más altos de K en sus primeros estadios. La absorción de potasio precede generalmente a la producción de materia seca (INPOFOS, 2000)

### Movimiento del potasio en el suelo

El potasio no se mueve mucho en el suelo, a diferencia de otros nutrientes, el potasio tiende a permanecer en el lugar donde se coloca el fertilizante. Si el potasio llega a moverse lo hace por difusión, lento y a corta distancia en las películas de agua que rodean las partículas de suelo. Las condiciones de sequía hacen a este movimiento aún más lento. (INPOFOS, 2000)

### Factores que afectan el equilibrio del potasio en el suelo

* **Tipo de coloide**

Los coloides del suelo tienen cargas negativas y atraen los cationes, como es el K+ Los coloides del suelo repelen los aniones, como son los nitratos. De modo que los cationes son retenidos en forma intercambiable (INPOFOS, 2000)

* **Temperatura**

El efecto de la temperatura sobre el equilibrio del potasio en los suelos no ha sido demasiado estudiado. Sin embargo, los suelos que sufren un aumento en la temperatura dan por resultado un aumento de potasio intercambiable (Fertilizantes Químicos Comerciales, 2000)

* **Humedad y sequedad**

Cuando en el campo los suelos húmedos se secan, hay usualmente un aumento en la cantidad de potasio cambiable que puede ser extraído de estos suelos. Esto es particularmente verdadero cuando los niveles de potasio en el suelo son medianos o bajos; cuando los niveles son altos, sin embargo, puede producirse un resultado totalmente contrario (INPOFOS, 2000)

* **pH del suelo**

El efecto de pH sobre la liberación y fijación ha sido sujeto a controversias en varios estudios, llegándose a presentar las siguientes reacciones: si un coloide del suelo se satura con potasio y se añade una sal neutra como el sulfato cálcico, habrá reemplazamiento de parte de los iones potásicos absorbidos por los iones de calcio (Fertilizantes Químicos Comerciales, 2000)

### Métodos de aplicación de potasio (K)

Los métodos dependen de las condiciones de suelos y cultivos y de las prácticas de manejo. A continuación, se listan algunos factores que influyen en el método o métodos de aplicación de potasio (K) en el suelo: cultivo, equipo y mano de obra disponible, tipo de suelo, cantidad de fertilizante y época de aplicación, uso de otros insumos en combinación con los fertilizantes, temperatura del suelo, humedad del suelo. Agrónomos y agricultores han probado diversos métodos de aplicación de potasio (Vega, 2000)

Existen muchas variaciones de estos métodos. Algunos de éstos se mencionan a continuación: aplicación al voleo sin incorporación; aplicación al voleo e incorporación por medio de labranza; colocación directa con la semilla; localización en banda, incluyendo varias combinaciones de distancias por debajo y a un lado de la semilla; colocación en banda profunda; aplicación sobre las líneas o entre las líneas; aplicación en el agua de riego (fertiirrigación); combinaciones de los métodos anteriores (Castañeda & Sánchez, 2003)

### Contenido de potasio

**Cuadro 7. .** Niveles de fertilidad de potasio

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nivel** | **ppm** | **meq/100g** |
| Bajo | 0-75 | 0-0,19 |
| Medio | 75-150 | 0.20-0.38 |
| Alto | ˃150 | ˃0,38 |

**Fuente:** (Arcos, 2005)

## Azufre (S)

El S es absorbido por la planta desde la solución del suelo en forma de SO4 siendo el S parte de todas y cada una de las células vivientes participa en la síntesis de proteínas, forma parte 2 de los 21 aminoácidos. También interviene en el metabolismo de los carbohidratos, ayuda a la formación de la semilla. Las plantas que tienen deficiencia de S presentan un color verde pálido y crecimiento lento, las hojas se arrugan a medida que la deficiencia avanza, los síntomas de deficiencia son similares a los de N con la diferencia que siendo menos móvil que este les deficiencias de S son más visibles en las hojas más jóvenes (Rodríguez, 1992).

### Absorción y asimilación de azufre por las plantas

Si no se toma en cuenta la absorción de dióxido de azufre (SO2) de la atmósfera, actividad que puede representar un aporte importante de azufre para muchas plantas la mayor parte del, azufre tomado por las plantas del suelo es absorbido en forma de SO4-2 e incorporado al aminoácido cisteína en los tejidos fotosintéticos. La reducción asimilativa del azufre del sulfato es un proceso dependiente de la luz llevado a cabo en los cloroplastos (Anderson, 1982)

La absorción de sulfato por las raíces es, en su mayor parte, un proceso metabólico mediado por proteínas acarreadoras las cuales son sujetas a un control negativo de su actividad por medio del monitoreo de la concentración intracelular de sulfato y de los productos del metabolismo del azufre. Sin embargo, tal parece que dichos mecanismos regulatorios son incapaces de evitar la presencia de SO4-2 intracelular en exceso. Como resultado de esto las plantas presentan mecanismos alternos de regulación como el descrito en el modelo en forma de un ciclo intracelular del azufre el cual, según los autores, tendría como función la regulación de la cantidad de cisteína libre en las células (Lehninger, 2005)

## Magnesio (Mg)

El Magnesio es constituyente de la clorofila y por lo tanto está involucrado en la fotosíntesis. El Mg es muy móvil puede translocarse fácilmente de hojas viejas a hojas jóvenes, por esta razón, los síntomas de deficiencia aparecen primero en hojas viejas. Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas inferiores (viejas), las hojas presentan un color amarillento, bronceado o rojizo, mientras que las venas se mantienen verdes, en el maíz se presentan fajas amarillentas a lo largo de las hojas (Witt, 2002)

### Magnesio en el suelo

El Mg se ha convertido en uno de los factores limitantes, debido al agotamiento en una gran cantidad de suelos. La absorción de Mg está influenciada por la cantidad del elemento disponible en la solución del suelo, el pH del suelo, el porcentaje de saturación de Mg en el total de la capacidad de intercambio catiónico, y tipo de suelo (Halvin, Tisdale, Nelson, & Beaton, 2014)

Las pérdidas de Mg en el suelo se pueden dar por la lixiviación, la absorción de los microorganismos, poca retención de cationes del suelo, y la precipitación por minerales secundarios; este último es muy común en suelos áridos. La mayoría del Mg contenido en el suelo proviene de la descomposición de minerales, los suelos ubicados en climas templados presentan rangos de concentración de 5 a 50 ppm y en suelos de climas áridos oscila entre 120 a 2400 ppm. Las pérdidas por lixiviación dependen de la concentración del elemento en el suelo y del régimen (Halvin, Tisdale, Nelson, & Beaton, 2014)

## Manejo de nutrientes por sitio especifico (MNSE)

El MNSE es una metodología que busca entregar nutrientes en la planta, en la cantidad que requiere para alcanzar un rendimiento determinado. A través del MNSE se llegaría a las recomendaciones de fertilización que permita compensar el déficit entre la necesidad total de los nutrientes del cultivo y el contenido de nutrientes que existen naturalmente en el suelo; logrando obtener la mayor cantidad de grano de maíz por unidad de fertilizante empleado.

El MNSE usa de manera fundamental el contraste en rendimiento entre una parcela completa, en la que se maneja adecuadamente el cultivo incluyendo una fertilización con todos los elementos, versus el desempeño de parcelas en las que se deja de aplicar un elemento en particular (INIAP, 2011)

El manejo de nutrientes por sitio especifico es una alternativa para entregar nutrientes a la planta como y cuando lo necesita, y permite ajustar dinámicamente el déficit de nutrientes en base al requerimiento y el aporte del suelo, para lograr un buen rendimiento, aplicando los nutrientes en dosis optimas al momento adecuado. Además, este método toma en cuenta otros factores como el clima y el manejo del cultivo (Espinoza, 2010)

Tradicionalmente, el manejo de la nutrición se ha basado en el promedio del contenido de nutrientes medido por el análisis de suelos, este método de diagnóstico define el manejo nutricional sobre el factor intrínseco del suelo, cuya variabilidad está dada por el material parental, altitud y su manejo. El manejo es el factor más importante en la variabilidad, ya que estas diferencias afectan el suplemento de nutrientes nativos del suelo, y nos permiten conocer la cantidad extra de nutrientes que se necesita para llegar a obtener buenos rendimientos

El manejo por sitio específico busca identificar y cuantificar la variabilidad entre el factor suelo, clima y manejo presente en las zonas agrícolas, para luego determinar el impacto de esta variabilidad en el rendimiento. Una vez que se entiende el efecto de la variabilidad se pueden determinar las estrategias que permitan manejarla de modo que se incrementen los rendimientos y reducir el costo de los insumos, esto no implica a que se vayan a utilizar menos insumos sino más bien que se hace más eficiente su uso, obteniendo más rendimiento por unidad de superficie. Este rendimiento permite cuantificar la variabilidad ya que es el indicador biológico que integra el impacto acumulado del recurso natural, los insumos utilizados, el clima y el manejo, donde el manejo por sitio específico considera la respuesta en rendimiento a cada uno de los factores antes mencionados y a su interacción (Soto, 2017).

### Nutrientes por sitio específico

El crecimiento vegetativo y la necesidad de implementar nutrientes varía apreciablemente entre lotes, entre épocas climáticas dentro del año y entre años de producción. Esto resulta en diferentes condiciones de crecimiento y manejo del cultivo y en diferencias en el suelo y clima que no pueden ser detectadas por el análisis de suelos. Por tal razón, el manejo de nutrientes requiere de una forma de manejo que permite los ajustes en la aplicación de nutrientes para acomodarse a las necesidades específicas de cada lote en producción y en cada época del año. Esta forma se la conoce como “Manejo de Nutrientes por sitio Específico (MNSE)” (Espinoza, 2010)

La experiencia de trabajos de campo en los últimos años ha permitido determinar que las recomendaciones de fertilización basadas en el análisis de suelos no logran satisfacer adecuadamente las necesidades nutritivas de los cultivos para lograr rendimientos altos y competitivos. Estas recomendaciones a menudo consisten en una dosis predeterminada de nutrimentos para una vasta área de producción. Estas recomendaciones asumen que la necesidad de nutrientes de los cultivos es constante en el tiempo y es igual para grandes áreas de producción. Se conoce que los rendimientos son diferentes según la época de siembra, pero estas diferencias no se toman en cuenta cuando se fertiliza un lote en particular en una época del año. El uso de estas recomendaciones no es suficiente para lograr los rendimientos que se conoce pueden ofrecer las diferentes zonas de producción de una zona o región (INIAP, 2011).

Para implementar un proceso de MNSE se requiere de tres pasos.

* **Establecimiento de la meta de rendimiento obtenible**

La meta de rendimiento para un sitio y temporada de un año en particular se estima del rendimiento de grano obtenible cuando las limitantes de nutrientes (N, P, K, Mg y S) son eliminadas. Esta meta de rendimiento puede ser un porcentaje (70 % y 80 %) del rendimiento potencial demostrado para el sitio. Conociendo que la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo está directamente relacionada con el rendimiento, la meta de rendimiento obtenible indica la cantidad total de nutrientes que el cultivo debe absorber para obtener ese rendimiento (Espinoza, 2010)

* **Determinación del aporte de nutrientes provenientes del suelo**

La evaluación del aporte de los nutrientes nativos del suelo se logra mediante la técnica de las parcelas de omisión. Esta técnica determina el suplemento de nutrientes nativos del suelo por su acumulación en el cultivo sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizado en cantidades suficientes con los otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limite el rendimiento (Espinoza, 2010)

* **Estrategias de fertilización del MNSE**

El MNSE se obtienen rendimientos sustentables con estrategias adecuadas en el manejo de nutrientes y del cultivo en general.

* Uso de semillas de alta calidad, de óptima densidad de siembra, el manejo integrado de plagas y enfermedades, manejo del cultivo, permitiendo explotar por completo el beneficio del MNSE.
* El MNSE debe ajustarse a las necesidades locales donde se lo empleará, entre estos parámetros debe tomarse en cuenta el rendimiento y la rentabilidad en lotes de agricultores con su participación.
* Se emplea parcelas de omisión para determinar el suplemento de nutrientes nativos del suelo. En el caso del manejo del nitrógeno de acuerdo a las necesidades que presenta la planta se utiliza la Cuadro de comparación de colores o uso de detector de clorofila en las hojas.
* La reposición de nutrientes removidos en el grano y la paja para evitar el agotamiento total de las reservas del suelo.
* La selección de la combinación más benéfica y menos costosa de la fuente de nutrientes. Según expresan (Dobermann, 2000)

## Base de datos

Es una colección de archivos Interrelacionados, son creados con un DBMS. El contenido de una base de datos engloba a la información concerniente (almacenadas en archivos) de una organización, de tal manera que los datos estén disponibles para los usuarios, una finalidad de la base de datos es eliminar la redundancia o al menos minimizarla. Los tres componentes principales de un sistema de base de datos son el hardware, el software DBMS y los datos a manejar, así como el personal encargado del manejo del sistema (Guillermo, 2008)

### Sistema manejador de base de datos (DBMS)

Un DBMS es una colección de numerosas rutinas de software interrelacionadas, cada una de las cuales es responsable de una tarea específica. El objetivo primordial de un sistema de gestión de base de datos es proporcionar un contorno que sea a la vez conveniente y eficiente para ser utilizado al extraer, almacenar y manipular esta información. Todas las peticiones de acceso a la base, se manejan centralizadamente por medio del DBMS, por lo que este paquete funciona como interfase entre los usuarios y la base de datos (Guillermo, 2008)

### Sistemas de información en desarrollo agrícola

En los últimos 50 años el sector agrícola fue afectado por una revolución tecnológica, esto facilita a la agricultura se oriente a suplir requerimientos mundiales de la región y de su sector, pero se puede notar en países en vías de desarrollo que existen sectores pequeños y medianos que carecen de tecnología, debido a estas falencias es inevitable que desarrollen estrategias adecuadas para su desarrollo. “La competitividad está determinada por la productividad, definida como el valor del producto generado por una unidad de trabajo o de capital”, sin duda alguna los sistemas de información son aquellos ayudara a tomar decisiones adecuadas en cuanto a la productividad y comercialización de los productos que servirán para poder integrar de manera efectiva toda información tanto de los consumidores como los productores en todo el mundo, es decir de manera integral.

Existe un organismo internacional creado por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación al cual se lo ha denominado Agricultural Market Information System, AMIS, que su principal función es mejorar la transparencia del mercado de alimentos y fomentar la coordinación de medidas normativas en respuesta a la volatilidad de los precios internacionales. (Porter, 2014)

Con la implementación de los sistemas de información no solo significa automatización de los procesos en esta área, es una determinante en el momento que se requiere formular estrategias. Uno de los componentes necesarios para la aplicación del sistema de información son las tecnologías de información y las comunicaciones TIC, en el informe sobre la Tecnología de la Información en la Agricultura (Recio, 2009)

Los factores técnicos, sociales y económicos en la cual se destacan los sistemas informáticos son los siguientes:

* Las innovaciones en la comunicación como los terminales móviles, facilitan la vinculación hacia los sistemas de información para el control de productividad.
* Los cambios intelectuales de los mandos jerárquicos hacen posible la implementación de la tecnología de información.
* El crecimiento empresarial no solo contempla a las grandes corporaciones, adhieren a las cooperativas y empresas agroalimentarias de cualquier tamaño. (Recio, 2009)

# MARCO METODOLÓGICO

## Materiales

### Ubicación del experimento

**Cuadro 8.** Ubicación del experimento en las localidades de la provincia de Bolívar

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia de Bolívar** | | | | | |
| **Año** | **Cantón** | **Parroquia** | **Sitios** | **Coordenadas**  **Lat, Lon, Al** | **Altitud**  **(msnm)** |
| 2006 | Guaranda | Veintimilla | Laguacoto II | 1° 37´S  78° 59´W | 2640 |
| 2006 | San Miguel | San Pablo | ITSA | 1° 47´34 S  79° 01¨59 W | 2458 |
| 2007 | Chimbo | Chimbo | Tamban | 1° 40´40 S  79° 01´49 W | 2530 |
| 2007 | Chillanes | Chillanes | Sigsipamba | 01° 56´17 S  79° 04´14 W | 2425 |
| 2007 | Chillanes | Chillanes | Pacay | 01° 58´35 S  79° 04´18 W | 2370 |
| 2008 | Guaranda | Veintimilla | Laguacoto | 01º 36´49 S  078º 59´54 O | 2605 |
| 2008 | San Miguel | Santiago | Loma de Santiago | 01º 42´10 S  079º 00´17 O | 2580 |
| 2008 | Chimbo | Chimbo | 3 de Marzo | 01º 40´49 S  079º 01´54 O | 2534 |
| 2008 | San Miguel | La Matriz | Rancho Marshal | 01º 43´26 S  079º 01´47 O | 2384 |
| 2008 | Chillanes | San Juanpamba | San Juanpamba | 01º 56´ 12 S  079º 03´33 O | 2397 |
| 2008 | Chillanes | San Pedro del G | Camino a 1 km | 02º 00´27 S  079º 04´ 39 O | 2356 |
| 2008 | Chillanes | San Pedro del G | De tras de la Plaza | 02º 00´27 S  079º 04´36 O | 2394 |
| 2009 | Guaranda | San Simón | San Vicente | 1º 38´28´´ S  78º 59´38´´ W | 2655 |
| 2009 | San Miguel | Santiago | El Huerto | 1º 41´56 ´´ S  78º 58 ´ 53´´ W | 2574 |
| 2009 | Chimbo | Central | Tamban | 1º 40´ 49´´ S  79º 02´01´´ W | 2507 |
| 2009 | Chimbo | La Magdalena | La Merced | 1º 39´54´´ S  79º 4´30´´ W | 2804 |
| 2009 | Chillanes | Chillanes | Pacay | 1º 58´ 53´´ S  79º 3´ 59´´ W | 2320 |
| 2011 | Chimbo | Central | Tamban | 1º 40´ 49´´ S  79º 02´01´´ W | 2507 |

**Fuente:** MNSE

**Cuadro 9.** Ubicación del experimento en las localidades de la provincia de Chimborazo

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia de Chimborazo** | | | | | |
| **Año** | **Cantón** | **Parroquia** | **Sitios** | **Coordenadas**  **Lat, Lon, Al** | **Altitud**  **(msnm)** |
| 2012 | Riobamba | Quimiag | Colegio Puruhá | 78°34’20.2” O  1°39’21” S | 2730 |
| 2012 | Riobamba | Licto | Ponpeya | 78°37’40” O  1°44’50” N | 2735 |
| 2013 | Riobamba | Quimiag | ITSA Puruhá | 78°34’18” O  1°39’35” N | 2726 |
| 2013 | Riobamba | Licto | Tunshi |  | 2735 |
| 2014 | Guano | Chazo | Chazo | 98°14’83,2" O  75°90’42" N | 2868 |
| 2014 | Riobamba | Quimiag | Cortijo bajo | 17M0770393 (x)  9814072(y) | 2290 |
| 2016 | Riobamba | Quimiag | Granja Colegio | 17M0770275  9817568 | 2684 |

Fuente: MNSE

**Cuadro 10.** Ubicación del experimento en las localidades de la provincia de Imbabura

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia de Imbabura** | | | | | |
| **Año** | **Cantón** | **Parroquia** | **Sitios** | **Coordenadas**  **Lat, Lon, Al** | **Altitud (msnm)** |
| 2010 | Otavalo | Miguel Egas | Quinchuqui | 78°14’26,1” O  0°15’16,8” S | 2650 |
| 2011 | Otavalo | Paztavi | Quichinche | 78°17’02” O  0°14’22” N | 2623 |
| 2011 | Otavalo | Miguel Egas | Quinchuqui | 78°14’18” O  0°15’12” S | 2643 |
| 2011 | Otavalo | Miguel Egas | San José |  | 2643 |
| 2012 | Otavalo | Illuman | Sta. Mónica | 78°14’35” O  0°17’31” N | 2460 |
| 2013 | Cotacachi | Imantag | Peribuela | 78°15’57” O  0°23’21” N | 2581 |
| 2015 | Cotacachi | El Sagrario | San Nicolas | 17N0806209  0034141 | 2389 |
| 2015 | Cotacachi | Imantag | Peribuela | 17N0804864  0042835 | 2434 |

**Fuente:** MNSE

### Situación climática

**Cuadro 11.** Condiciones climáticas de las provincias en donde se realizó el experimento.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Bolívar** | **Chimborazo** | **Imbabura** |
| **Precipitación anual** | 980 mm | 475 mm | 850 mm |
| **Horas luz** | 900/h/l/año | 1784/h/l/año | 778/h/l/año |
| **Tem. Media anual** | 14,4 °C | 13,0°C | 16,3 0C |

**FUENTE:** (INIAP s. , s.f.)

### Material experimental

Base de datos de ensayos de maíz del Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en las provincias de: Bolívar, Chimborazo, Imbabura. La base de datos contenía 26 archivos Excel de ensayos de maíz con MNSE.

### Material de oficina

* Laptop
* Impresora
* Internet
* Pen drive
* Hojas INEN 4
* Esferos gráficos
* Programas estadísticos

## Métodos

### Factores en estudio

Los factores en estudio fueron:

* Localidades: Bolívar, Chimborazo e Imbabura.
* Variedades de maíz: con cinco tipos; INIAP 102, INIAP 111, Chazo, INIAP 122, Huandango
* Dosis de N, P, K, S aplicados al cultivo de maíz.

### Procedimiento

El presente estudio se basó en organizar y analizar datos de ensayos de fertilización de maíz del INIAP. La mayor cantidad de ensayos disponibles correspondían a diseños de bloques completos al azar con tres y cuatro repeticiones, o a parcelas de evaluación sin replicas.

Independientemente del diseño utilizado, se trabajó con los promedios de rendimiento y absorción de nutrientes de cada tratamiento o dosis de fertilizante utilizado, para cada una de las localidades o ensayos recibidos.

Las variables analizadas correspondieron a rendimiento de grano (seco ajustado al 14% de humedad) y absorción de nutrientes, realizado en el laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

### Tipo de análisis

De los archivos Excel recibidos se organizaron por provincia, año y localidad. De los archivos se obtuvieron los promedios de cada tratamiento, lo que permitió tabular, sistematizar y agrupar componentes de cada una de las características presentes para cada tratamiento o dosis de fertilizante.

Se realizó un análisis de correlación (Pearson) para identificar relaciones entre los factores en estudio y las variables de respuesta o de análisis.

Se utilizó modelos lineales generalizados (Generalized Linear Models) para determinar el efecto de cada nutriente sobre el rendimiento y absorción (extracción) de nutrientes utilizando el paquete estadístico INFOSTAT (versión libre). En un modelo lineal generalizado (GLM), cada resultado Y de las variables dependientes se genera a partir de una distribución particular en la familia exponencial, una clase numerosa de distribuciones de probabilidad que incluye las distribuciones normales, binomial, Poisson y gamma, entre otras. La media, μ, de la distribución depende de las variables independientes.

Luego de varios diseños y ajustes preliminares utilizando todos los factores disponibles en la base de datos, el modelo aplicado fue: Y = μ + Ch + Ni + Pj, + Kk + Sl + Mm + NixPj + eijklm; donde Y representa el valor de respuesta fenotípica a la fertilización (es decir, rendimiento u otra variable), μ representa a la media general, Ch representa a la h-ésima localidad de evaluación (cantón o provincia, según el análisis realizado), Ni representaba el efecto del nitrógeno de la i-ésima dosis, Pj era el efecto del fósforo de la j-ésima dosis, Kk el efecto del potasio de la k-ésima dosis, Sl el efecto del azufre de la l-ésima dosis, Mm el efecto del magnesio de la m-ésima dosis, NixPj l

En caso de existir diferencias estadísticas significativas se realizó la separación de medias mediante la prueba de Lsd al 5% de cada una de las variables planteadas.

Para la interpretación de los resultados se utilizará estadística descriptiva apoyada por gráficos lineales y barras.

## Métodos de evaluación y datos tomados

A continuación, se detalla el proceso mediante el cual fueron evaluadas las variables en campo, al momento de la experimentación, ya que en el actual estudio se basa en datos previamente generados por el INIAP, y se procede a la parte analítica del estudio.

### Rendimiento de grano (ajustado al 14% de humedad) Kg/ha (RG)

Una vez que las plantas alcanzaron la madurez fisiológica se cosechó toda el área útil de cada parcela, se registraron los pesos de las mazorcas por parcela neta en kg. Se desgranó y se determinó la humedad del grano y los resultados se los presentó en Kg/ha de maíz, con 14 % de humedad.

100 –Hc x %D x 10000 m2 / SPN

R = PC x --------------------------------------------

100 –14 % H

En Donde

R= rendimiento en kg/ha

Pc= Peso de campo mazorcas (kg/PN)

Hc= Humedad del grano (%)

14%H= Humedad ajustada al 14%

%D= 85% o el % de desgrane de la variedad

SPN =Superficie de la parcela neta

### Absorción total

Absorción total de N kg/ha-1 (AN), P kg/ha-1 (AP), K kg/ha-1 (AK), S kg/ha-1 (AS), Mg kg/ha-1 (AMg)

Con los datos de población de plantas, rendimiento de materia seca por órganos y el contenido de macro y micronutrientes se determinó la cantidad de nutrientes extraídos del suelo. Se reportó la extracción de nutrientes por hectárea para cada uno de los tratamientos. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

BMS x %N

EN =-------------------------

100

En donde:

EN = Extracción del nutriente en kg/ha

BMS= Biomasa de materia seca en kg/ha

%N =Concentración de nutriente en porcentaje

## Manejo del experimento

El trabajo se desarrolló a nivel de gabinete, es decir con el acceso a las bases de datos preexistentes en el programa de maíz del INIAP.

### Depuración de la base de datos

En un cuadro de doble entrada se organizó la variable de absorción total de N, P, K, S y Mg del cultivo en Kg/ha; seguido del rendimiento en t ha-1. Esto se lo realizó para crear una base de datos para su respectivo análisis

### Sistematización de la base de datos

La técnica que se utilizó para este procedimiento fue la organización de la información en una hoja de cálculo Excel en una Cuadro de doble entrada según la siguiente jerarquía: año de evaluación, provincia, Cantón, Parroquia, Sitio, Altitud, Variedad, Dosis N, P, K, S, Mg, Rendimiento (14% h) t ha-1, Absorción total de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Magnesio con su respectiva desviación estándar.

### Generación de base de datos

Una vez sistematizado la información, se evaluaron 6 variables productivas (RG, AN. AP, AK, AS, AMg,) del maíz con 241 casos por las tres provincias y un periodo de 10 años. Luego se procedió a estimar parámetros estadísticos como promedios y coeficiente de variación.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Base de datos con resultados de ensayos de fertilización en maíz suave

Basado en los 26 archivos recibidos de ensayos de maíz del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, se generó una base datos en Excel que contenía 25 columnas o variables (Tabla 1) y 241 casos o hileras.

**Cuadro 12.** Variables enlistadas en la base de datos de ensayos de fertilización en el cultivo de maíz de altura del INIAP, del 2006 al 2015.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **N°** | **Variable** | **Descripción o Rango** |
| 1 | Año | 2006 al 2015 |
| 2 | Provincia | Bolívar, Chimborazo e Imbabura. |
| 3 | Cantón | Guaranda, San Miguel, Chimbo, Chillanes.  Riobamba, Guano.  Otavalo, Cotacachi. |
| 4 | Parroquia | Veintimilla, San Pablo, Chimbo, Chillanes, Santiago, La Matriz, San Juanpamba, San Pedro de G, San Simón, La Magdalena, Central de Chimbo. Quimiag, Licto, Chazo.Miguel Egas, Paztavi, Ilumán, Imantag, El Sagrario. |
| 5 | Sitos | Laguacoto, ITSA, Tamban, Sigsipamba, Pacay, Loma de Santiago, 3 de marzo, Rancho Marshal, San Juanpamba, Camino a 1 Km, Detrás de la Plaza, San Vicente, El Huerto, La Merced, Colegio Puruha Pompeya, ITSA Puruha, Tunshi, Chazo, Cortijo Bajo, Granja Colegio.Quinchuqui, Quichinche San José, Sta., Mónica, Peribuela, San Nicolas. |
| 6 | Altitud | 2290 a 2868 msnm |
| 7 | Variedad | INIAP 102, INIAP 111, Chazo, INIAP 122, Huandango. |
| 8 | Dosis N | 0 – 200 kg ha-1 |
| 9 | Dosis P | 0 – 70 kg ha-1 |
| 10 | Dosis K | 0 – 60 kg ha-1 |
| 11 | Dosis S | 0 – 40 kg ha-1 |
| 12 | Dosis Mg | 0 – 30 kg ha-1 |
| 13 | Número de repeticiones | 1 – 4 |
| 14 | Rendimiento de grano t ha-1 (14% humedad) | 0,52 - 8,92 t ha-1 |
| 15 | Desviación estándar de rendimiento | 0 - 3,16 t/ ha-1 |
| 16 | Absorción total de nitrógeno. (AbsNtotal kg/ha-1). | 22,08 – 357,43 kg/ ha-1 |
| 17 | Desviación estándar absorción total de nitrógeno. | 0 - 128,69 kg/ ha-1 |
| 18 | Absorción total de fósforo (AbsPtotal kg/ ha-1) | 4,95 -70,74 kg/ ha-1 |
| 19 | Desviación estándar absorción total de fósforo. | 0 – 24,19 kg/ ha-1 |
| 20 | Absorción total de potasio (AbsKtotal kg/ ha-1) | 29,81 -338,22 kg/ ha-1 |
| 21 | Desviación estándar  absorción total de potasio | 0 – 95,61 kg/ ha-1 |
| 22 | Absorción total de azufre (AbsStotal kg/ha-1) | 0 – 69,61 kg/ ha-1 |
| 23 | Desviación estándar  absorción total de azufre | 0 - 9,07 kg/ ha-1 |
| 24 | Absorción total de magnesio (AbsMgtotal kg/ ha-1) | 4,56 -54,76 kg/ ha-1 |
| 25 | Desviación estándar  absorción total de magnesio | 0 - 12,04 kg/ ha-1 |

**Fuente:** INIAP, Departamento Nacional de Suelos y Aguas.

La tabla precedente en lista las variables que son parte del estudio, así como sus valores más generales tomados de la base de datos del INIAP, en referencia a las particularidades del cultivo del maíz de altura las variedades que se consideraron en cuenta, los factores del entorno y los niveles de absorción de macronutrientes, datos que son indispensables para a la planificación del trabajo investigativo.

## Análisis exploratorio de la base de datos

**Figura 1**. Distribución del ensayo en provincias

El análisis de frecuencia indicó que se realizaron 82 evaluaciones de fertilización en maíz en Chimborazo, 90 en Bolívar y 69 en Imbabura entre los años 2006 al 2015

Un análisis exploratorio de frecuencias y promedios de los ensayos de fertilización realizados en las provincias Bolívar, Chimborazo e Imbabura, indicó que se implementaron ensayos en los cantones de Guaranda, San Miguel, Chimbo, Chillanes, Riobamba, Guano, Otavalo y Cotacachi; a una altitud comprendida entre 2290 a 2868 m.s.n.m.; con las variedades de maíz INIAP 102, INIAP 111, Chazo, INIAP 122 y Huandango.

El rendimiento de maíz en grano seco t ha-1 (14% humedad) obtenido en las localidades en estudio tuvo un rango de 0,52 a 8,92 t ha-1 con una desviación estándar de 3,16 t/ ha-1.

Con la base de datos elaborada se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables dosis, absorción y rendimiento, por provincia y combinado, encontrándose una correlación significativa (p<0,05) para las interacciones de las siguientes variables (Tablas 13)

**Cuadro 13.** Correlación de Pearson para variables evaluadas que reportaron significación estadística (p<0,05) en los ensayos de maíz suave de la Provincia de Bolívar, 2006-2011..

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Variable (1)** | **Variable (2)** | **N** | **Pearson** | **p-valor** |
| Altitud | AbsKtotal kg/ha-1 | 90 | -0,25 | 0,0191 |
| Dosis N | AbsNtotal kg/ha-1 | 90 | 0,59 | <0,0001 |
| Dosis N | AbsPtotal kg/ha-1 | 90 | 0,29 | 0,0063 |
| Dosis N | AbsKtotal kg/ha-1 | 90 | 0,37 | 0,0004 |
| Dosis N | AbsStotal kg/ha-1 | 90 | 0,32 | 0,0018 |
| Dosis N | AbsMgtotal kg/ha-1 | 90 | 0,34 | 0,0011 |
| Dosis N | Rend t ha-1 (14%h) | 90 | 0,62 | <0,0001 |
| Dosis K | Dosis S | 90 | 0,36 | 0,0004 |
| Dosis K | Dosis Mg | 90 | 0,36 | 0,0004 |
| Dosis K | AbsPtotal kg/ha-1 | 90 | -0,29 | 0,0063 |
| Dosis K | AbsStotal kg/ha-1 | 90 | -0,54 | <0,0001 |
| Dosis K | AbsMgtotal kg/ha-1 | 90 | -0,29 | 0,0050 |
| Dosis S | Dosis Mg | 90 | 0,46 | <0,0001 |
| Dosis S | AbsStotal kg/ha-1 | 90 | -0,32 | 0,0020 |
| Dosis S | AbsMgtotal kg/ha-1 | 90 | -0,20 | 0,0543 |
| Dosis Mg | AbsPtotal kg/ha-1 | 90 | -0,21 | 0,0499 |
| Dosis Mg | AbsStotal kg/ha-1 | 90 | -0,33 | 0,0017 |
| Dosis Mg | AbsMgtotal kg/ha-1 | 90 | -0,21 | 0,0419 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsPtotal kg/ha-1 | 90 | 0,60 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsKtotal kg/ha-1 | 90 | 0,42 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsStotal kg/ha-1 | 90 | 0,70 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ha-1 | 90 | 0,69 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | Rend t/ ha-1 (14%h) | 90 | 0,81 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AbsKtotal kg/ha-1 | 90 | 0,68 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AbsStotal kg/ha-1 | 90 | 0,60 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AdsMgtotal kg/ha-1 | 90 | 0,93 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 90 | 0,70 | <0,0001 |
| AdsKtotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ha-1 | 90 | 0,71 | <0,0001 |
| AbsKtotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 90 | 0,58 | <0,0001 |
| AbsStotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ ha-1 | 90 | 0,64 | <0,0001 |
| AbsStotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 90 | 0,65 | <0,0001 |
| AbsMgtotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 90 | 0,75 | <0,0001 |

En el cuadro 13 se observa que existió una mayor correlación estadísticamente significativa entre las dosis de nitrógeno y la absorción de los elementos N, P, K, S y Mg. También se obtuvo una correlación estadísticamente significativa entre rendimiento y las dosis de N utilizadas. De la misma manera, se obtuvo una correlación significativa entre rendimiento y la absorción de N, P, K, S y Mg.

**Cuadro 14.** Correlación de Pearson para variables evaluadas que reportaron significación estadística (p<0,05) en los ensayos de maíz suave de la Provincia de Chimborazo, 2012-2014.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Variable (1)** | **Variable (2)** | **N** | **Pearson** | **p-valor** |
| Altitud | Dosis P | 82 | -0,23 | 0,0338 |
| Altitud | Dosis Mg | 82 | -0,38 | 0,0004 |
| Altitud | AbsPtotal kg/ha-1 | 82 | -0,33 | 0,0023 |
| Altitud | AbsKtotal kg/ha-1 | 82 | -0,46 | <0,0001 |
| Altitud | AbsStotal kg/ha-1 | 82 | -0,49 | <0,0001 |
| Dosis N | Dosis P | 82 | 0,35 | 0,0013 |
| Dosis N | Dosis K | 82 | 0,43 | 0,0001 |
| Dosis N | Dosis S | 82 | 0,41 | 0,0001 |
| Dosis N | AbsNtotal kg/ha-1 | 82 | 0,57 | <0,0001 |
| Dosis N | AbsPtotal kg/ha-1 | 82 | 0,36 | 0,0008 |
| Dosis N | AbsKtotal kg/ha-1 | 82 | 0,57 | <0,0001 |
| Dosis N | AbsStotal kg/ha-1 | 82 | 0,61 | <0,0001 |
| Dosis N | AbsMgtotal kg/ha-1 | 82 | 0,56 | <0,0001 |
| Dosis N | Rend t ha-1 (14%h) | 82 | 0,62 | <0,0001 |
| Dosis P | Dosis K | 82 | 0,51 | <0,0001 |
| Dosis P | Dosis S | 82 | 0,38 | 0,0005 |
| Dosis P | AbsKtotal kg/ha-1 | 82 | 0,30 | 0,0061 |
| Dosis P | AbsStotal kg/ha-1 | 82 | 0,25 | 0,0232 |
| Dosis P | Rend t ha-1(14%h) | 82 | 0,33 | 0,0023 |
| Dosis K | Dosis S | 82 | 0,47 | <0,0001 |
| Dosis K | AbsNtotal kg/ha-1 | 82 | 0,27 | 0,0144 |
| Dosis K | AbsKtotal kg/ha-1 | 82 | 0,35 | 0,0013 |
| Dosis K | AbsStotal kg/ha-1 | 82 | 0,34 | 0,0020 |
| Dosis K | AbsMgtotal kg/ha-1 | 82 | 0,27 | 0,0155 |
| Dosis K | Rend t ha-1 (14%h) | 82 | 0,34 | 0,0017 |
| Dosis S | AbsNtotal kg/ha-1 | 82 | 0,29 | 0,0072 |
| Dosis S | AbsStotal kg/ha-1 | 82 | 0,37 | 0,0006 |
| Dosis S | AbsMgtotal kg/ha-1 | 82 | 0,36 | 0,0010 |
| Dosis Mg | AbsNtotal kg/ha-1 | 82 | -0,34 | 0,0015 |
| Dosis Mg | AbsMgtotal kg/ha-1 | 82 | -0,32 | 0,0031 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsPtotal kg/ha-1 | 82 | 0,58 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsKtotal kg/ha-1 | 82 | 0,59 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsStotal kg/ha-1 | 82 | 0,62 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ha-1 | 82 | 0,77 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 82 | 0,61 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AbsKtotal kg/ha-1 | 82 | 0,70 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AbsStotal kg/ha-1 | 82 | 0,73 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ha-1 | 82 | 0,70 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 82 | 0,38 | 0,0004 |
| AbsKtotal kg/ha-1 | AbsStotal kg/ha-1 | 82 | 0,75 | <0,0001 |
| AbsKtotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ha-1 | 82 | 0,63 | <0,0001 |
| AbsKtotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 82 | 0,63 | <0,0001 |
| AbsStotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ha-1 | 82 | 0,69 | <0,0001 |
| AbsStotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 82 | 0,56 | <0,0001 |
| AbsMgtotal kg/ha-1 | Rend t ha-1(14%h) | 82 | 0,37 | 0,0005 |

En el cuadro 14 se observa que existió una correlación estadísticamente significativa entre las dosis de nitrógeno y la absorción de los elementos N, P, K, S y Mg. En cuanto al rendimiento estuvo correlacionado con dosis de nitrógeno, fósforo y potasio. y la absorción de los elementos antes mencionados más el N, P, K, S y Mg.

**Cuadro 15.** Correlación de Pearson para variables evaluadas que reportaron significación estadística (p<0,05) en los ensayos de maíz suave de la Provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Variable (1)** | **Variable (2)** | **N** | **Pearson** | **p-valor** |
| Altitud | Dosis S | 69 | -0,30 | 0,0117 |
| Altitud | Dosis Mg | 69 | 0,60 | <0,0001 |
| Altitud | AbsNtotal kg/ha-1 | 69 | -0,71 | <0,0001 |
| Altitud | AbsPtotal kg/ha-1 | 69 | -0,48 | <0,0001 |
| Altitud | AdsKtotal kg/ha-1 | 69 | -0,57 | <0,0001 |
| Altitud | AbsStotal kg/ha-1 | 69 | -0,48 | <0,0001 |
| Altitud | AbsMgtotal kg/ha-1 | 69 | -0,74 | <0,0001 |
| Altitud | Rend t ha-1(14%h) | 69 | -0,29 | 0,0162 |
| Dosis N | Dosis P | 69 | 0,29 | 0,0161 |
| Dosis N | Dosis K | 69 | 0,39 | 0,0008 |
| Dosis N | Dosis S | 69 | 0,45 | 0,0001 |
| Dosis N | AbsNtotal kg/ha-1 | 69 | 0,40 | 0,0006 |
| Dosis N | AbsMgtotal kg/ha-1 | 69 | 0,25 | 0,0374 |
| Dosis N | Rend t ha-1 (14%h) | 69 | 0,47 | <0,0001 |
| Dosis P | Dosis K | 69 | 0,42 | 0,0003 |
| Dosis P | Dosis S | 69 | 0,53 | <0,0001 |
| Dosis K | Dosis S | 69 | 0,60 | <0,0001 |
| Dosis K | AbsNtotal kg/ha-1 | 69 | 0,47 | 0,0001 |
| Dosis K | AbsKtotal kg/ha-1 | 69 | 0,26 | 0,0334 |
| Dosis K | AbsStotal kg/ha-1 | 69 | 0,35 | 0,0032 |
| Dosis K | AbsMgtotal kg/ha-1 | 69 | 0,29 | 0,0166 |
| Dosis S | AbsNtotal kg/ha-1 | 69 | 0,35 | 0,0030 |
| Dosis Mg | AbsNtotal kg/ha-1 | 69 | -0,42 | 0,0004 |
| Dosis Mg | AbsStotal kg/ha-1 | 69 | -0,35 | 0,0032 |
| Dosis Mg | AbsMgtotal kg/ha-1 | 69 | -0,47 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ ha-1 | AbsPtotal kg/ha-1 | 69 | 0,56 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsKtotal kg/ ha-1 | 69 | 0,53 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AbsStotal kg/ha-1 | 69 | 0,84 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | AdsMgtotal kg/ha-1 | 69 | 0,84 | <0,0001 |
| AbsNtotal kg/ha-1 | Rend t ha-1 (14%h) | 69 | 0,30 | 0,0116 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AbsKtotal kg/ha-1 | 69 | 0,86 | <0,0001 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AbsStotal kg/ha-1 | 69 | 0,43 | 0,0002 |
| AbsPtotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ha-1 | 69 | 0,81 | <0,0001 |
| AbsKtotal kg/ha-1 | AbsStotal kg/ha-1 | 69 | 0,41 | 0,0005 |
| AbsKtotal kg/ha-1 | AbsMgtotal kg/ha-1 | 69 | 0,81 | <0,0001 |
| AbsStotal kg/ha-1 | AdsMgtotal kg/ha-1 | 69 | 0,78 | <0,0001 |

En el Cuadro 15 se observa que existió una mayor correlación estadísticamente significativa entre altitud, dosis de nitrógeno y la absorción de los elementos N, P, K, S. También se obtuvo una correlación estadísticamente significativa entre absorción de nitrógeno y absorción de K, S, Mg.

## Respuesta del maíz a la fertilización con macronutrientes en la Provincia de Bolívar utilizando GLM

### Rendimiento de grano (t ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para rendimiento, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno, fósforo, potasio; mientras que no fueron significativos para Cantón, dosis de S y Dosis de Mg (Cuadro 16). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo y potasio, tuvieron un efecto significativo sobre el rendimiento de grano en la provincia de Bolívar. El promedio general de rendimiento fue 3,79 t ha-1; con un R2 de 0,64 y un coeficiente de variación de 25,12%**.**

**Cuadro 16.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 118,27 | 14 | 8,45 | 9,33 | <0,0001 | 63,52 |
| Cantón | 4,47 | 3 | 1,49 | 1,65 | 0,1857 | 2,40 |
| Dosis N | 77,42 | 3 | 25,81 | 28,5 | <0,0001 | 41,58 |
| Dosis P | 14,84 | 2 | 7,42 | 8,2 | 0,0006 | 7,97 |
| Dosis K | 10,23 | 3 | 3,41 | 3,77 | 0,0142 | 5,49 |
| Dosis S | 1,12 | 1 | 1,12 | 1,24 | 0,2688 | 0,60 |
| Dosis Mg | 1,23 | 1 | 1,23 | 1,35 | 0,2483 | 0,66 |
| Dosis N\*Dosis P | 8,96 | 1 | 8,96 | 9,9 | 0,0024 | 4,81 |
| Error | 67,91 | 75 | 0,91 |  |  | 36,48 |
| Total | 186,18 | 89 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explicó el 63,52% de la variación observada en los datos; siendo nitrógeno el nutriente más importante que explicó el 41,58% de la variación observada. El fósforo y el potasio explicaron el 7,97% y 5,49% del rendimiento, respectivamente. Un 36,48% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El resto de nutrientes y la interacción explicaron menos del 5% del rendimiento (Cuadro 15).

En los cuadros 17, 18, 19, 20, 21 y 22 se presentan los promedios y el error estándar de rendimiento por efecto de las localidades (cantón) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 17.** Rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado por cantones en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Cantón** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| Chillanes | 3,39 | 31 | 0,20 |
| San Miguel | 3,63 | 20 | 0,24 |
| Guaranda | 3,68 | 16 | 0,27 |
| Chimbo | 3,98 | 23 | 0,23 |

El efecto de nutrientes para rendimiento de maíz suave, obtuvo el mayor promedio el cantón Chimbo con un 3,98 t ha-1, que no difiere estadísticamente al rendimiento obtenido en Guaranda con 3,68 t ha-1, San Miguel con 3,63 t/ ha-1, Chillanes, con 3,39 t/ ha-1 (Cuadros 16 y 17).

**Cuadro 18.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | |
| 0 | 2,04 | 17 | 0,28 | A |  |
| 50 | 3,74 | 6 | 0,43 |  | B |
| 120 | 3,97 | 32 | 0,19 |  | B |
| 140 | 4,48 | 35 | 0,19 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 19.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd0,05** | |
| 60 | 3,46 | 30 | 0,2 | A |  |
| 0 | 3,55 | 16 | 0,28 | A |  |
| 30 | 3,74 | 6 | 0,43 | A | B |
| 70 | 4,18 | 38 | 0,21 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05),

**Cuadro 20.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| 30 | 3,15 | 5 | 0,47 | A |  |  |
| 60 | 3,34 | 30 | 0,2 | A |  |  |
| 0 | 3,7 | 5 | 0,47 | A | B |  |
| 20 | 4,14 | 49 | 0,17 |  | B |  |
| 10 | 6,08 | 1 | 1,04 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

Las dosis de fósforo y potasio no muestran una tendencia clara o beneficio de aplicarlo. Es posible que estos resultados correspondan al tipo de error estadístico 1, también denominado error de tipo alfa (α)[1](https://es.wikipedia.org/wiki/Errores_de_tipo_I_y_de_tipo_II#cite_note-1)​ o falso positivo; que es el error que se comete cuando se rechaza la [hipótesis nula](https://es.wikipedia.org/wiki/Hip%C3%B3tesis_nula), siendo esta verdadera. Es equivalente a encontrar un resultado falso positivo, porque el investigador llega a la conclusión de que existe una diferencia cuando en realidad no existe.

**Cuadro 21.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 40 | 3,34 | 30 | 0,2 |
| 0 | 3,72 | 11 | 0,32 |
| 20 | 4,14 | 49 | 0,17 |

Los promedios obtenidos no demuestran tener relación directa en cuanto a la dosis de azufre empleada.

**Cuadro 22.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 20 | 3,31 | 30 | 0,2 |
| 0 | 3,78 | 11 | 0,32 |
| 10 | 4,14 | 49 | 0,17 |

El cuadro 22 muestra como los promedios en cuanto a las dosis de magnesio empleadas, no tienen relación directa con las cantidades del micro elemento aplicado.

El efecto lineal y/o cuadrático de los nutrientes que fueron significativos p >0,0001sobre el rendimiento de maíz en la provincia de Bolívar se observa en los siguientes gráficos:

# Nitrógeno

1. **Fósforo**

# 

### Absorción de nitrógeno (Kg/ ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de nitrógeno (en toda la planta, incluidos tallos, hojas y mazorca), se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno y fósforo, mientras que no fueron significativos para dosis de potasio, azufre, magnesio y la interacción entre las dosis. (Cuadro 18 - 22). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno y fósforo afectaron a la absorción de nitrógeno. Existió un efecto significativo del cantón, causado posiblemente por los efectos ambientales de dichas localidades. El promedio general de la absorción total de nitrógeno fue 102,36 Kg/ha-1; con un R2 de 0,65 y un coeficiente de variación fue de 25,88%**.**

**Cuadro 23.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para Absorción total de nitrógeno evaluado en la provincia Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 96061,6 | 14 | 6861,54 | 9,77 | <0,0001 | 64,60 |
| Cantón | 24535,93 | 3 | 8178,64 | 11,65 | <0,0001 | 16,50 |
| Dosis N | 55529,32 | 3 | 18509,8 | 26,37 | <0,0001 | 37,34 |
| Dosis P | 13178,81 | 2 | 6589,4 | 9,39 | 2E-04 | 8,86 |
| Dosis K | 1881,5 | 3 | 627,17 | 0,89 | 0,449 | 1,27 |
| Dosis S | 279,07 | 1 | 279,07 | 0,4 | 0,53 | 0,19 |
| Dosis Mg | 543,74 | 1 | 543,74 | 0,77 | 0,382 | 0,37 |
| Dosis N\*Dosis P | 113,23 | 1 | 113,23 | 0,16 | 0,689 | 0,08 |
| Error | 52646,9 | 75 | 701,96 |  |  | 35,40 |
| Total | 148708,5 | 89 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explicó el 64,60% de la variación observada en los datos; siendo nitrógeno el nutriente con más importancia, que explicó el 37,34% de la variación observada. El fósforo y el potasio explicaron el 8,86% y 1,27% de la absorción total de nitrógeno, respectivamente. Un 35,40% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El resto de nutrientes y la interacción explicaron menos del 5% de la absorción total de nitrógeno (Cuadro 23).

En los cuadros 24, 25, 26, 27, 28 y 29 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de nitrógeno por efecto de las localidades (cantón) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 24.** Absorción total de nitrógeno, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cantón** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| Chillanes | 80,94 | 31 | 5,50 | A |  |  |
| Chimbo | 89,84 | 23 | 6,47 | A | B |  |
| Guaranda | 103,47 | 16 | 7,39 |  | B | C |
| San Miguel | 118,93 | 20 | 6,79 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El promedio más alto de absorción de nitrógeno se obtuvo en la localidad de San Miguel con un 118,93 Kg/ha-1.El promedio inferior se evaluó en la localidad de Chillanes con 80,94 Kg/ha-1, según Lsd Fisher al 5%, en Guaranda y Chimbo fueron estadísticamente diferentes (Tabla24).

**Cuadro 25.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| 0 | 54,03 | 17 | 7,72 | A |  |  |
| 50 | 94,5 | 6 | 11,87 |  | B |  |
| 120 | 104,78 | 32 | 5,39 |  | B |  |
| 140 | 122,8 | 35 | 5,30 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El cuadro 25 distingue una asociación directa creciente entre las dosis de nitrógeno y el promedio de absorción de nitrógeno registrado. La mayor absorción de nitrógeno ocurre con la dosis más alta de 140 kg ha-1, que es estadísticamente diferente del resto de las dosis evaluadas.

**Cuadro 26.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 60 | 92,93 | 30 | 5,57 | A |  |
| 30 | 94,5 | 6 | 11,87 | A | B |
| 0 | 97,07 | 16 | 7,82 | A | B |
| 70 | 108,47 | 38 | 5,81 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

**Cuadro 27.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 60 | 90,15 | 30 | 5,57 |
| 30 | 92,06 | 5 | 12,96 |
| 0 | 100,13 | 5 | 12,96 |
| 10 | 104,27 | 1 | 28,91 |
| 20 | 108,31 | 49 | 4,85 |

**Cuadro 28.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 40 | 89,4 | 30 | 5,57 |
| 0 | 98,68 | 11 | 8,78 |
| 20 | 108,31 | 49 | 4,85 |

**Cuadro 29.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg(kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 20 | 89,42 | 30 | 5,57 |
| 0 | 98,62 | 11 | 8,78 |
| 10 | 108,31 | 49 | 4,85 |

En los cuadros 27, 28 y 29 se distingue con facilidad que no existe una relación directa entre las dosis de potasio, azufre y magnesio empleadas sobre la absorción total de nitrógeno.

El efecto lineal y/o cuadrático de los nutrientes que fueron significativos (p=<0,0001) sobre la absorción total de nitrógeno en la provincia de Bolívar se observa en la siguiente figura:

1. Nitrógeno

Efecto de los macronutrientes sobre la absorción total de nitrógeno maíz suave en la provincia de Bolívar (2006-2011)

### Absorción de fósforo (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de fósforo, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno, fósforo y potasio, mientras que no fueron significativos para dosis de azufre y magnesio. (cuadro 19). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo y potasio afectaron a esta variable. El efecto del Cantón también fue significativo. El promedio general de la absorción total de fósforo fue 17,55 Kg/ha-1; con un R2 de 0,5 y un coeficiente de variación fue de 34,6 %**.**

**Cuadro 30.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) para Absorción total de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza%** |
| Modelo | 2778,9 | 14 | 198,49 | 5,38 | <0,0001 | 50,12 |
| Cantón | 451,08 | 3 | 150,36 | 4,08 | 0,0097 | 8,14 |
| Dosis N | 656,48 | 3 | 218,83 | 5,93 | 0,0011 | 11,84 |
| Dosis P | 435,04 | 2 | 217,52 | 5,9 | 0,0042 | 7,85 |
| Dosis K | 1011,1 | 3 | 337,03 | 9,14 | <0,0001 | 18,23 |
| Dosis S | 15,93 | 1 | 15,93 | 0,43 | 0,513 | 0,29 |
| Dosis Mg | 23,48 | 1 | 23,48 | 0,64 | 0,4275 | 0,42 |
| Dosis N\*Dosis P | 185,84 | 1 | 185,84 | 5,04 | 0,0277 | 3,35 |
| Error | 2766 | 75 | 36,88 |  |  | 49,88 |
| Total | 5544,9 | 89 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explicó el 50,12% de la variación observada en los datos; el fósforo considera una variación del 7,85%, el nitrógeno nutriente con más importancia que explica el 11,84% de la variación observada. Un 49,88% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El potasio explicó el 18,23% de absorción total de fósforo, respectivamente. El resto de nutrientes y la interacción explicaron menos del 5% de la absorción total de fósforo (Cuadro 30).

En los cuadros 31, 32, 33, 34, 35y 36 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de fósforo por efecto de las localidades (cantón) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 31.** Absorción total de fósforo, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cantón** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| Chillanes | 14,77 | 31 | 1,26 | A |  |  |
| San Miguel | 15,43 | 20 | 1,56 | A | B |  |
| Guaranda | 19,3 | 16 | 1,69 |  | B | C |
| Chimbo | 19,42 | 23 | 1,48 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

Con la evaluación estadística se determinó que el cantón con mayor significancia estadística para la absorción total de fósforo fue Chimbo con un 19,42 Kg/ha-1 seguido por Guaranda con un 19,3 Kg/ha-1 de promedios más altos absorción de fósforo.El promedio inferior se evaluó en la localidad de San Miguel con 15,43 Kg/ha-1 y Chillanes con un 14,77 3 Kg/ha-1 en cuanto es estadísticamente fueron diferente, según Lsd Fisher al 5% (Cuadro 32).

**Cuadro 32.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| 0 | 12,28 | 17 | 1,77 | A |  |  |
| 120 | 17,4 | 32 | 1,24 |  | B |  |
| 50 | 19,04 | 6 | 2,72 |  | B | C |
| 140 | 20,84 | 35 | 1,21 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 33.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 60 | 14,48 | 30 | 1,28 | A |  |
| 0 | 17,38 | 16 | 1,79 | A |  |
| 30 | 19,04 | 6 | 2,72 | A | B |
| 70 | 21,9 | 38 | 1,33 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 34.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K(kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| 30 | 13,32 | 5 | 2,97 | A |  |  |
| 60 | 14,42 | 30 | 1,28 | A |  |  |
| 0 | 14,69 | 5 | 2,97 | A |  |  |
| 20 | 21,46 | 49 | 1,11 |  | B |  |
| 10 | 41,88 | 1 | 6,63 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 35.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 40 | 14,21 | 30 | 1,28 |
| 0 | 17,58 | 11 | 2,01 |
| 20 | 21,46 | 49 | 1,11 |

**Cuadro 36.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg(kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 20 | 14,16 | 30 | 1,28 |
| 0 | 17,69 | 11 | 2,01 |
| 10 | 21,46 | 49 | 1,11 |

La tendencia de las dosis de N, P, K, S y Mg sobre la absorción de P tuvo un R2 muy bajo, por lo cual los datos no muestran ninguna tendencia. Existieron otros parámetros fuera de los factores analizados que influyeron en la absorción de P.

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción total de fósforo de maíz en la provincia de Bolívar se observa en la siguiente figura:

1. Potasio

Efecto de los macronutrientes de potasio sobre la absorción total de fósforo maíz suave en la provincia de Bolívar (2006-2011).

### Absorción de potasio (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de potasio, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno, potasio, y la interacción entre dosis de N y P; mientras que no fueron significativos para dosis de fósforo, azufre y magnesio (Cuadro 37). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, potasio y la interacción entre N y P afectaron a esta variable. La variable cantón tuvo un efecto significativo sobre la absorción de potasio. El promedio general de la absorción total de potasio fue 121,14 Kg/ha-1; con un R2 de 0,45 y un coeficiente de variación fue de 30,41 %**.**

**Cuadro 37.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para absorción total de potasio en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 116074,32 | 14 | 8291,02 | 6,11 | <0,0001 | 53,28 |
| Cantón | 13398,48 | 3 | 4466,16 | 3,29 | 0,0252 | 6,15 |
| Dosis N | 61886,53 | 3 | 20628,84 | 15,2 | <0,0001 | 28,41 |
| Dosis P | 3100,9 | 2 | 1550,45 | 1,14 | 0,3246 | 1,42 |
| Dosis K | 21692,7 | 3 | 7230,9 | 5,33 | 0,0022 | 9,96 |
| Dosis S | 2844,56 | 1 | 2844,56 | 2,1 | 0,1519 | 1,31 |
| Dosis Mg | 3330,14 | 1 | 3330,14 | 2,45 | 0,1215 | 1,53 |
| Dosis N\*Dosis P | 9821,01 | 1 | 9821,01 | 7,24 | 0,0088 | 4,51 |
| Error | 101792,28 | 75 | 1357,23 |  |  | 46,72 |
| Total | 217866,59 | 89 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explicó el 53,28% de la variación observada en los datos; el potasio considera una variación del 9,96 %. El nitrógeno, nutriente con más importancia, explicó el 28,41% de la variación observada. Un 46,72% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El resto de nutrientes y la interacción explicaron cada uno menos del 5% de la absorción total de potasio (Cuadro 37).

En los cuadros 38, 39, 40, 41, 42 y 43 se presentan los promedios y el error estándar de potasio por efecto de las localidades (cantón) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 38.** Absorción total de potasio, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cantón** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| San Miguel | 105,4 | 20 | 9,44 | A |  |
| Guaranda | 126,94 | 16 | 10,27 | A | B |
| Chimbo | 128,41 | 23 | 8,99 |  | B |
| Chillanes | 140,65 | 31 | 7,64 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Para la evaluación estadística de localidades (cantón) de la provincia Bolívar de la variable absorción total de potasio se determinó el promedio más alto fue de Chillanes con un 140,65 Kg/ha-1 seguido de los promedios de Chimbo, Guaranda con 128,41 Kg/ha-1 y 126,94 Kg/ha-1 respectivamente. El promedio con menor que se evaluó es la localidad San Miguel en fueron estadísticamente diferente, según Lsd Fisher al 5%, (Cuadro 39).

**Cuadro 39.** . Absorción total de potasio para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N(kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| 0 | 70,77 | 17 | 10,74 | A |  |  |
| 140 | 120,78 | 35 | 7,37 |  | B |  |
| 120 | 139,36 | 32 | 7,50 |  |  | C |
| 50 | 162,62 | 6 | 16,51 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 40**. Absorción total de potasio para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P(kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 0 | 119,14 | 16 | 10,88 |
| 60 | 119,49 | 30 | 7,75 |
| 70 | 125,53 | 38 | 8,08 |
| 30 | 162,62 | 6 | 16,51 |

**Cuadro 41.** Absorción total de potasio para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 60 | 116,53 | 30 | 7,75 | A |  |
| 20 | 124,33 | 49 | 6,75 | A |  |
| 0 | 131,79 | 5 | 18,03 | A |  |
| 30 | 138,25 | 5 | 18,03 | A |  |
| 10 | 260,11 | 1 | 40,2 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 42.** Absorción total de potasio para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 40 | 118,63 | 30 | 7,75 |
| 20 | 124,33 | 49 | 6,75 |
| 0 | 144,24 | 11 | 12,21 |

El promedio es independiente en relación con la cantidad de azufre empleada en el ensayo, se puede ver que donde no ha habido aplicación, se tiene un promedio superior que cuando se han aplicado 20 medidas.

**Cuadro 43.** Absorción total de potasio para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 20 | 117,47 | 30 | 7,75 |
| 10 | 124,33 | 49 | 6,75 |
| 0 | 146,82 | 11 | 12,21 |

Sin aplicación de magnesio se obtiene un valor promedio de 146.82, superior aún a la aplicación de 10 medidas del elemento.

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción total de potasio de maíz en la provincia de Bolívar se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

### Absorción de azufre (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de azufre, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno, fósforo, potasio, y la interacción N y P; mientras que no fueron significativos para dosis de azufre y magnesio (Cuadro 44). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con N, P y K afectaron a la absorción de azufre. El cantón también afectó en la absorción de este elemento. El promedio general de la absorción total de azufre fue 6,31 Kg/ha-1; con un R2 de 0,8 y un coeficiente de variación fue de 40,88 %**.**

**Cuadro 44.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para la absorción total de azufre en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 1944,42 | 14 | 138,89 | 20,88 | <0,0001 | 79,58 |
| Cantón | 222,27 | 3 | 74,09 | 11,14 | <0,0001 | 9,10 |
| Dosis N | 1135,11 | 3 | 378,37 | 56,88 | <0,0001 | 46,46 |
| Dosis P | 312,72 | 2 | 156,36 | 23,51 | <0,0001 | 12,80 |
| Dosis K | 173,05 | 3 | 57,68 | 8,67 | 0,0001 | 7,08 |
| Dosis S | 4,46 | 1 | 4,46 | 0,67 | 0,4155 | 0,18 |
| Dosis Mg | 6,49 | 1 | 6,49 | 0,97 | 0,3266 | 0,27 |
| Dosis N\*Dosis P | 90,32 | 1 | 90,32 | 13,58 | 0,0004 | 3,70 |
| Error | 498,9 | 75 | 6,65 |  |  | 20,42 |
| Total | 2443,32 | 89 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explicó el 79,58% de la variación observada en los datos. El nitrógeno fue el nutriente más importante, que explicó el 46,46% de la variación observada; mientras que fósforo explicó el 12,8% de la variación, y el potasio el 7,08% de la variación. Un 20,42% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). Los nutrientes azufre y magnesio explicaron menos del 5% de la absorción total de azufre (Cuadro 44).

En los cuadros 45, 46, 47, 48, 49 y 50 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de azufre por efecto de las localidades (cantón) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 45.** Absorción total de azufre, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cantón** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| Chillanes | 3,71 | 31 | 0,54 | A |  |  |
| Chimbo | 4,47 | 23 | 0,63 | A | B |  |
| Guaranda | 5,5 | 16 | 0,72 |  | B | C |
| San Miguel | 6,15 | 20 | 0,66 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 46.** Absorción total de azufre para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 120 | 3,43 | 32 | 0,53 | A |  |
| 0 | 3,7 | 17 | 0,75 | A |  |
| 50 | 4,31 | 6 | 1,16 | A |  |
| 140 | 10,56 | 35 | 0,52 |  | B |

**Cuadro 47.** Absorción total de azufre para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 60 | 2,22 | 30 | 0,54 | A |  |  |
| 30 | 4,31 | 6 | 1,16 | A | B |  |
| 0 | 5,4 | 16 | 0,76 |  | B |  |
| 70 | 10,18 | 38 | 0,57 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 48.** Absorción total de azufre para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 60 | 2,1 | 30 | 0,54 | A |  |
| 0 | 2,13 | 5 | 1,26 | A |  |
| 30 | 2,57 | 5 | 1,26 | A |  |
| 20 | 9,92 | 49 | 0,47 |  | B |
| 10 | 11,27 | 1 | 2,81 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 49.** Absorción total de azufre para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 40 | 2,06 | 30 | 0,54 |
| 0 | 3,44 | 11 | 0,85 |
| 20 | 9,92 | 49 | 0,47 |

**Cuadro 50.** . Absorción total de azufre para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 20 | 2,03 | 30 | 0,54 |
| 0 | 3,5 | 11 | 0,85 |
| 10 | 9,92 | 49 | 0,47 |

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción total de azufre de maíz en la provincia de Bolívar se observa en la siguiente figura:

# Potasio

# Nitrógeno

# Fósforo

Efecto de los macronutrientes a) potasio b) nitrógeno c) fósforo sobre la absorción total de azufre en maíz suave en la provincia de Bolívar (2006-2011).

### Absorción de magnesio (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de magnesio, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno, fósforo y potasio; mientras que no fueron significativos para dosis de, azufre, magnesio (Cuadro 51). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con N, P, K afectaron a esta variable. Cantón también tuvo un efecto significativo sobre la absorción de magnesio. El promedio general de la absorción total de magnesio fue 17,69 Kg/ha-1; con un R2 de 0,57% y un coeficiente de variación fue de 31,66%**.**

**Cuadro 51.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) para la absorción total de magnesio la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 3139,47 | 14 | 224,25 | 7,14 | <0,0001 | 57,14 |
| Cantón | 459,11 | 3 | 153,04 | 4,87 | 0,0038 | 8,36 |
| Dosis N | 882,36 | 3 | 294,12 | 9,37 | <0,0001 | 16,06 |
| Dosis P | 313,21 | 2 | 156,6 | 4,99 | 0,0092 | 5,70 |
| Dosis K | 1141,47 | 3 | 380,49 | 12,12 | <0,0001 | 20,78 |
| Dosis S | 54,59 | 1 | 54,59 | 1,74 | 0,1913 | 0,99 |
| Dosis Mg | 77,01 | 1 | 77,01 | 2,45 | 0,1215 | 1,40 |
| Dosis N\*Dosis P | 211,72 | 1 | 211,72 | 6,74 | 0,0113 | 3,85 |
| Error | 2354,47 | 75 | 31,39 |  |  | 42,86 |
| Total | 5493,94 | 89 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 57,14% de la variación observada en los datos; el magnesio considera una variación del 1,40 %, el nitrógeno nutriente con más importancia que explica el 16,06% de la variación observada. Un 42,86% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error) de absorción total de magnesios, respectivamente. Los nutrientes azufre y magnesio explicaron menos del 5% de la absorción total de azufre (Cuadro 51).

En los cuadros 52, 53, 54, 55, 56 y 57 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de magnesio por efecto de las localidades (cantón) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 52.** Absorción total de magnesio, evaluado por localidades (cantón) en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cantón** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Chillanes | 14,67 | 31 | 1,16 | A |  |
| San Miguel | 17,06 | 20 | 1,44 | A | B |
| Guaranda | 18,82 | 16 | 1,56 |  | B |
| Chimbo | 19,28 | 23 | 1,37 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 53.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 0 | 11,45 | 17 | 1,63 | A |  |  |
| 120 | 17,52 | 32 | 1,14 |  | B |  |
| 50 | 20,38 | 6 | 2,51 |  | B | C |
| 140 | 21,56 | 35 | 1,12 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 54.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 60 | 14,48 | 30 | 1,18 | A |  |  |
| 0 | 17,97 | 16 | 1,65 |  | B |  |
| 30 | 20,38 | 6 | 2,51 |  | B | C |
| 70 | 21,63 | 38 | 1,23 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 55.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 60 | 14,23 | 30 | 1,18 | A |  |  |
| 30 | 14,99 | 5 | 2,74 | A |  |  |
| 0 | 15,03 | 5 | 2,74 | A |  |  |
| 20 | 21,77 | 49 | 1,03 |  | B |  |
| 10 | 41,96 | 1 | 6,11 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 56.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 40 | 14,25 | 30 | 1,18 |
| 0 | 17,98 | 11 | 1,86 |
| 20 | 21,77 | 49 | 1,03 |

**Cuadro 57.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Bolívar del 2006 al 2011.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** |
| 20 | 14,14 | 30 | 1,18 |
| 0 | 18,21 | 11 | 1,86 |
| 10 | 21,77 | 49 | 1,03 |

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción total de magnesio de maíz en la provincia de Bolívar se observa en la siguiente figura

# Nitrógeno

# Potasio

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno b) potasio sobre la absorción total de magnesio en maíz suave en la provincia de Bolívar (2006-2011).

## Respuesta del maíz suave a la fertilización con macronutrientes en la provincia de Chimborazo

### Rendimiento (t ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para rendimiento, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno; mientras que no fueron significativos para dosis de fósforo, azufre, magnesio, (Cuadro 58). El efecto de las localidades de evaluación (parroquia) también fue significativo. Por lo tanto, las dosis del fertilizante nitrogenado y la localidad (ambiente) influyeron sobre el rendimiento del cultivo de maíz en los ensayos ubicados en la provincia de Chimborazo. El promedio general de rendimiento fue 4,59 t ha-1; con un R2 de 0,63 y un coeficiente de variación fue de 18,73%.

**Cuadro 58**.Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 72,92 | 22 | 3,31 | 4,48 | <0,0001 | 62,54 |
| Parroquia | 11,99 | 2 | 5,99 | 8,09 | 0,0008 | 10,28 |
| Dosis N | 45,89 | 7 | 6,56 | 8,85 | <0,0001 | 39,36 |
| Dosis P | 4,26 | 4 | 1,07 | 1,44 | 0,2325 | 3,65 |
| Dosis K | 7,22 | 4 | 1,81 | 2,44 | 0,0569 | 6,19 |
| Dosis S | 2,34 | 3 | 0,78 | 1,05 | 0,3756 | 2,01 |
| Dosis Mg | 1,22 | 2 | 0,61 | 0,83 | 0,4426 | 1,05 |
| Error | 43,68 | 59 | 0,74 |  |  | 37,46 |
| Total | 116,6 | 81 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 62,54% de la variación observada en los datos; siendo nitrógeno el nutriente más importante que explica el 39, 36% de la variación observada. Un 37,47% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El fósforo y el potasio explicaron el 3,65% y 6,19% del rendimiento, respectivamente. El resto de nutrientes y la interacción explicaron menos del 5% del rendimiento (Cuadro 58).

En los cuadros 59, 60, 61, 62 y 63 se presentan los promedios y el error estándar de rendimiento por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 59.** Rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Chazo | 3,69 | 12 | 0,26 | A |  |
| Licto | 4,44 | 23 | 0,19 |  | B |
| Quimiag | 4,81 | 47 | 0,13 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 60.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de nitrógeno evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 21 | 3,05 | 1 | 0,88 | A |  |
| 27 | 3,66 | 1 | 0,88 | A | B |
| 0 | 3,71 | 34 | 0,16 | A | B |
| 50 | 4,44 | 1 | 0,88 | A | B |
| 120 | 5,12 | 30 | 0,17 |  | B |
| 100 | 5,21 | 13 | 0,24 |  | B |
| 200 | 5,59 | 1 | 0,88 |  | B |
| 150 | 5,88 | 1 | 0,88 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 61.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de fósforo evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 15 | 3,05 | 1 | 0,88 |
| 30 | 4,11 | 12 | 0,26 |
| 0 | 4,32 | 35 | 0,16 |
| 50 | 4,41 | 8 | 0,31 |
| 60 | 5,09 | 23 | 0,2 |
| 40 | 5,3 | 3 | 0,51 |

El promedio de rendimiento obtenido en la aplicación de fósforo no tuvo relación con la dosis aplicada ya que sin presencia de este elemento se tienen medias superiores que cuando se aplica 15 o 30 medidas del elemento.

**Cuadro 62.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de potasio evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 5 | 3,05 | 1 | 0,88 |
| 40 | 3,86 | 12 | 0,26 |
| 0 | 4,28 | 35 | 0,16 |
| 50 | 4,89 | 6 | 0,36 |
| 30 | 4,94 | 11 | 0,27 |
| 60 | 5,26 | 17 | 0,23 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 63.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de azufre evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 40 | 3,85 | 12 | 0,26 |
| 0 | 4,24 | 36 | 0,15 |
| 20 | 5,05 | 11 | 0,27 |
| 30 | 5,05 | 23 | 0,2 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 64.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de magnesio evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 20 | 4,26 | 8 | 0,31 |
| 0 | 4,46 | 65 | 0,11 |
| 15 | 4,76 | 5 | 0,39 |
| 10 | 5,37 | 4 | 0,44 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre el rendimiento de maíz en la provincia de Chimborazo (nitrógeno) se observa en la siguiente figura:

* + - * 1. Nitrógeno

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno sobre el rendimiento de grano seco en maíz suave en la provincia de Chimborazo

### Absorción de nitrógeno (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para absorción total de nitrógeno, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno, fósforo y magnesio; mientras que no fueron significativos para Parroquia, Dosis de potasio y azufre (Cuadro 55). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo y magnesio afectaron a esta variable. El promedio general de absorción de nitrógeno fue de 111,25 Kg/ha-1; con un R2 de 0,69 y un coeficiente de variación fue de 22,37%.

**Cuadro 65.** Análisis de la Varianza y porcentaje de varianza para absorción de nitrógeno de maíz suave, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Variable %** |
| Modelo | 80104,85 | 22 | 3641,13 | 5,88 | <0,0001 | 68,68 |
| Parroquia | 3680,38 | 2 | 1840,19 | 2,97 | 0,0589 | 3,16 |
| Dosis N | 53748,13 | 7 | 7678,3 | 12,4 | <0,0001 | 46,08 |
| Dosis P | 10015,24 | 4 | 2503,81 | 4,04 | 0,0058 | 8,59 |
| Dosis K | 2690,25 | 4 | 672,56 | 1,09 | 0,3718 | 2,31 |
| Dosis S | 2937 | 3 | 979 | 1,58 | 0,2036 | 2,52 |
| Dosis Mg | 7033,84 | 2 | 3516,92 | 5,68 | 0,0056 | 6,03 |
| Error | 36537,86 | 59 | 619,29 |  |  | 31,32 |
| Total | 116642,71 | 81 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 68,68% de la variación observada en los datos; siendo nitrógeno el nutriente más importante que explica el 46,08% de la variación observada. Un 31,32% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El fósforo y el magnesio explicaron el 8,59% y 6,03% de absorción de nitrógeno, respectivamente. El resto de nutrientes potasio y azufre explicaron menos del 5% de absorción de nitrógeno (Cuadro 65).

En los cuadros 65, 66, 67, 68,69 y 70 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de nitrógeno por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 66.** Absorción total de nitrógeno, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| Quimiag | 103,32 | 47 | 3,82 |
| Licto | 111,85 | 23 | 5,41 |
| Chazo | 115,87 | 12 | 7,39 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 67.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de nitrógeno evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N(kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 50 | 76,10 | 1 | 25,54 | A |  |
| 21 | 85,24 | 1 | 25,54 | A |  |
| 0 | 86,51 | 34 | 4,53 | A |  |
| 27 | 94,87 | 1 | 25,54 | A | B |
| 200 | 98,48 | 1 | 25,54 | A | B |
| 100 | 102 | 13 | 7,08 | A | B |
| 150 | 115,58 | 1 | 25,54 | A | B |
| 120 | 142,52 | 30 | 4,83 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 68.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de fosforo evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 50 | 70,68 | 8 | 9,03 | A |  |
| 15 | 85,24 | 1 | 25,54 | A | B |
| 0 | 107,84 | 35 | 4,50 |  | B |
| 60 | 114,72 | 23 | 5,66 |  | B |
| 30 | 120,32 | 12 | 7,43 |  | B |
| 40 | 134,23 | 3 | 14,75 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 69.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de potasio evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K(kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 5 | 85,24 | 1 | 25,54 |
| 50 | 92,18 | 6 | 10,43 |
| 30 | 94,82 | 11 | 7,7 |
| 0 | 107,15 | 35 | 4,5 |
| 40 | 114,08 | 12 | 7,43 |
| 60 | 128,77 | 17 | 6,55 |

No se distingue una relación directa entre la dosis de potasio empleadas y el promedio ya que aún sin la presencia del elemento, la media es superior que cuando se han aplicado 5, 50 o 30 medidas del elemento potasio

**Cuadro 70.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de azufre evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S(kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 20 | 96,38 | 11 | 7,7 |
| 0 | 101,24 | 36 | 4,44 |
| 40 | 116,18 | 12 | 7,43 |
| 30 | 121,26 | 23 | 5,66 |

**Cuadro 71.** Absorción total de nitrógeno para diversas dosis de magnesio evaluadas evaluado en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg(kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 20 | 68,45 | 8 | 9,03 | A |  |  |
| 15 | 90,92 | 5 | 11,42 | A | B |  |
| 0 | 113,57 | 65 | 3,24 |  | B | C |
| 10 | 138,94 | 4 | 12,77 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de nitrógeno en la provincia de Chimborazo se observa en la siguiente figura.

1. Nitrógeno

# Fósforo

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno y b) fósforo sobre la absorción de nitrógeno en maíz suave en la provincia de Chimborazo (2012-2014).

### Absorción del fósforo (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para absorción total de fósforo, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de dosis de nitrógeno y magnesio; mientras que no fueron significativos para Parroquia, Dosis de fósforo, potasio y azufre (Cuadro 72). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno y magnesio afectaron a esta variable. El promedio general de absorción de fósforo fue 26,42 Kg/ha-1; con un R2 de 0,42 y un coeficiente de variación fue de 22,53%.

**Cuadro 72.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de fósforo de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** |  | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Variable %** |
| Modelo |  | 1516,94 | 22 | 68,95 | 1,95 | 0,0222 | 42,06 |
| Parroquia |  | 71,36 | 2 | 35,68 | 1,01 | 0,3714 | 1,98 |
| Dosis N |  | 561,26 | 7 | 80,18 | 2,26 | 0,0413 | 15,56 |
| Dosis P |  | 291,05 | 4 | 72,76 | 2,05 | 0,0984 | 8,07 |
| Dosis K |  | 93,07 | 4 | 23,27 | 0,66 | 0,6244 | 2,58 |
| Dosis S |  | 53,44 | 3 | 17,81 | 0,5 | 0,6817 | 1,48 |
| Dosis Mg |  | 446,75 | 2 | 223,38 | 6,31 | 0,0033 | 12,39 |
| Error |  | 2089,88 | 59 | 35,42 |  |  | 57,94 |
| Total |  | 3606,82 | 81 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 42,06% de la variación observada en los datos; siendo el fósforo 8,07% de la variación observada. Un 57,94 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El nitrógeno y el magnesio explicaron el 15.56% y 12,39% de absorción de fósforo, respectivamente. El resto de nutrientes potasio y azufre explicaron menos del 5% de absorción de fósforo (Cuadro 73).

En los cuadros 72, 73,74,75,76 y 77 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de fósforo por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de

**Cuadro 73.** Absorción total de fósforo, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| Chazo | 23,94 | 12 | 1,77 |
| Licto | 26,4 | 23 | 1,29 |
| Quimiag | 27,07 | 47 | 0,91 |

**Cuadro 74.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | |
| 0 | 23,11 | 34 | 1,08 | A |  |
| 27 | 23,79 | 1 | 6,11 | A | B |
| 21 | 27,6 | 1 | 6,11 | A | B |
| 120 | 27,99 | 30 | 1,16 | A | B |
| 100 | 28,69 | 13 | 1,69 | A | B |
| 50 | 30,16 | 1 | 6,11 | A | B |
| 200 | 35,08 | 1 | 6,11 | A | B |
| 150 | 36,47 | 1 | 6,11 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 75.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 50 | 22,25 | 8 | 2,16 |
| 0 | 25,48 | 35 | 1,08 |
| 30 | 26,96 | 12 | 1,78 |
| 15 | 27,6 | 1 | 6,11 |
| 60 | 28,01 | 23 | 1,35 |
| 40 | 33,63 | 3 | 3,53 |

**Cuadro 76.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 0 | 24,95 | 35 | 1,08 |
| 60 | 25,82 | 17 | 1,57 |
| 40 | 26,16 | 12 | 1,78 |
| 30 | 27,18 | 11 | 1,84 |
| 5 | 27,6 | 1 | 6,11 |
| 50 | 31,98 | 6 | 2,49 |

**Cuadro 77.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 0 | 24,37 | 36 | 1,06 |
| 40 | 26,35 | 12 | 1,78 |
| 20 | 26,85 | 11 | 1,84 |
| 30 | 29,37 | 23 | 1,35 |

**Cuadro 78.** Absorción total de fósforo para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 20 | 20,13 | 8 | 2,16 | A |  |  |
| 0 | 26,24 | 65 | 0,77 |  | B |  |
| 15 | 31,36 | 5 | 2,73 |  | B | C |
| 10 | 33,87 | 4 | 3,05 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,01) sobre la absorción de fósforo en la provincia de Chimborazo se observa en la siguiente figura.

1. Magnesio

Efecto de los macronutrientes a) magnesio sobre la absorción de fósforo en maíz suave en la provincia de Chimborazo (2012-2014).

### Absorción de potasio (Kg/ha)

Al utilizar el modelo estadístico para absorción total de potasio, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno, fósforo y magnesio; mientras que no fueron significativos para, Dosis de potasio y azufre (Cuadro 78). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo y magnesio afectaron a esta variable. El promedio general de absorción de potasio fue 90,07 Kg/ha; con un R2 de 0,63 y un coeficiente de variación fue de 17,99%.

**Cuadro 79.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de potasio de maíz suave, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 26250,7 | 22 | 1193,21 | 4,55 | <0,0001 | 62,90 |
| Parroquia | 3475,23 | 2 | 1737,62 | 6,62 | 0,0025 | 8,33 |
| Dosis N | 14947,26 | 7 | 2135,32 | 8,14 | <0,0001 | 35,82 |
| Dosis P | 3797,64 | 4 | 949,41 | 3,62 | 0,0105 | 9,10 |
| Dosis K | 1741,35 | 4 | 435,34 | 1,66 | 0,1716 | 4,17 |
| Dosis S | 455,31 | 3 | 151,77 | 0,58 | 0,6315 | 1,09 |
| Dosis Mg | 1833,9 | 2 | 916,95 | 3,49 | 0,0368 | 4,39 |
| Error | 15481,92 | 59 | 262,41 |  |  | 37,10 |
| Total | 41732,61 | 81 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 62,90 % de la variación observada en los datos; siendo el potasio 4,17 % de la variación observada. El 37,10 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El nitrógeno, fósforo y el magnesio explicaron el 35,82 %, 9,10 % y 4,39% de absorción de potasio, respectivamente. El resto de nutrientes potasio y azufre explicaron menos del 4,3% de absorción de fósforo (Cuadro 79).

En los cuadros 80, 81, 83, 84, 85 y 86 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de potasio por efecto de las localidades y los niveles de fertilizante empleados.

**Cuadro 80.** Absorción total de potasio, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Chazo | 73,68 | 12 | 4,81 | A |  |
| Licto | 91,44 | 23 | 3,52 |  | B |
| Quimiag | 94,14 | 47 | 2,49 |  | B |

**Cuadro 81.** Absorción total de potasio para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 27 | 66,09 | 1 | 16,63 | A |  |
| 0 | 73,93 | 34 | 2,95 | A |  |
| 120 | 96,46 | 30 | 3,14 | A | B |
| 21 | 100,17 | 1 | 16,63 | A | B |
| 100 | 106,19 | 13 | 4,61 | A | B |
| 50 | 110,69 | 1 | 16,63 | A | B |
| 150 | 121,01 | 1 | 16,63 |  | B |
| 200 | 124,18 | 1 | 16,63 |  | B |

**Cuadro 82.** Absorción total de potasio para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 50 | 78,69 | 8 | 5,88 | A |  |
| 30 | 81,33 | 12 | 4,84 | A |  |
| 0 | 84,91 | 35 | 2,93 | A |  |
| 15 | 100,17 | 1 | 16,63 | A | B |
| 60 | 101,22 | 23 | 3,68 |  | B |
| 40 | 127,87 | 3 | 9,6 |  | B |

**Cuadro 83.** Absorción total de potasio para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 40 | 82,25 | 12 | 4,84 |
| 0 | 82,47 | 35 | 2,93 |
| 30 | 92,99 | 11 | 5,01 |
| 60 | 97,16 | 17 | 4,26 |
| 5 | 100,17 | 1 | 16,63 |
| 50 | 115,44 | 6 | 6,79 |

Sin la aplicación de potasio, el promedio obtenido es superior que cuando se aplican 40 kg/ha-1, por lo que no se percibe una relación directa entre las dosis empleadas y el promedio obtenido.

**Cuadro 84.** Absorción total de potasio para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 40 | 78,52 | 12 | 4,84 |
| 0 | 83,82 | 36 | 2,89 |
| 20 | 94,78 | 11 | 5,01 |
| 30 | 103,94 | 23 | 3,68 |

Se puede ver que aun sin la presencia de azufre, el promedio obtenido es superior a aquel en el que se dosifican 40 medidas de este elemento.

**Cuadro 85.** Absorción total de potasio para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 20 | 71,7 | 8 | 5,88 | A |  |  |
| 0 | 87,6 | 65 | 2,11 |  | B |  |
| 15 | 113,69 | 5 | 7,44 |  |  | C |
| 10 | 123,65 | 4 | 8,31 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de potasio en la provincia de Chimborazo se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

# Magnesio

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno y b) magnesio sobre la absorción de potasio en maíz suave en la provincia de Chimborazo (2012-2014).

### Absorción de azufre (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para absorción total de azufre, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de parroquia, nitrógeno, fósforo y magnesio; mientras que no fueron significativos para potasio y azufre (Cuadro 85). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo y magnesio afectaron a esta variable. El promedio general de absorción de azufre fue 9,21 Kg/ha; con un R2 de 0,68 y un coeficiente de variación de 18,26 %

**Cuadro 86.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de azufre, en maíz suave, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 355,69 | 22 | 16,17 | 5,72 | <0,0001 | 68,08 |
| Parroquia | 41,78 | 2 | 20,89 | 7,39 | 0,0014 | 8,00 |
| Dosis N | 225,52 | 7 | 32,22 | 11,4 | <0,0001 | 43,16 |
| Dosis P | 32,47 | 4 | 8,12 | 2,87 | 0,0305 | 6,21 |
| Dosis K | 23,18 | 4 | 5,79 | 2,05 | 0,099 | 4,44 |
| Dosis S | 6,75 | 3 | 2,25 | 0,8 | 0,5013 | 1,29 |
| Dosis Mg | 25,99 | 2 | 13 | 4,6 | 0,0139 | 4,97 |
| Error | 166,79 | 59 | 2,83 |  |  | 31,92 |
| Total | 522,48 | 81 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 68,08 % de la variación observada en los datos; siendo que el azufre aplicado explicó menos del 2% de absorción de azufre con un 1,29% de la variación observada. Un 31,92 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La parroquia, nitrógeno fósforo potasio y el magnesio explicaron el 8,00 %, 43,16 %, 6,21 %, 4,44 %, y 4,97 % de absorción de azufre, respectivamente (Cuadro 86).

En los cuadros 86, 87, 88, 89, 90 y 91 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de fósforo por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de fertilizantes aplicados en los ensayos.

**Cuadro 87.** Absorción total de azufre en plantas de maíz evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Licto | 7,87 | 23 | 0,37 | A |  |
| Chazo | 8,96 | 12 | 0,5 | A | B |
| Quimiag | 10,01 | 47 | 0,26 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 88.** Absorción total de azufre para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | | |
| 0 | 7,35 | 34 | 0,31 | A |  |  |  |
| 27 | 8,26 | 1 | 1,73 | A | B |  |  |
| 21 | 10,12 | 1 | 1,73 | A | B | C |  |
| 100 | 10,3 | 13 | 0,48 |  | B | C |  |
| 120 | 10,32 | 30 | 0,33 |  | B | C |  |
| 50 | 13,25 | 1 | 1,73 |  |  | C | D |
| 200 | 14,71 | 1 | 1,73 |  |  | C | D |
| 150 | 14,96 | 1 | 1,73 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 89.** Absorción total de azufre para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 50 | 7,3 | 8 | 0,61 | A |  |
| 0 | 8,7 | 35 | 0,3 | A |  |
| 30 | 9,14 | 12 | 0,5 | A |  |
| 15 | 10,12 | 1 | 1,73 | A | B |
| 60 | 10,51 | 23 | 0,38 |  | B |
| 40 | 12,74 | 3 | 1 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 90.** Absorción total de azufre para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 0 | 8,3 | 35 | 0,3 | A |  |
| 40 | 9,1 | 12 | 0,5 | A |  |
| 60 | 9,16 | 17 | 0,44 | A |  |
| 30 | 9,49 | 11 | 0,52 | A |  |
| 5 | 10,12 | 1 | 1,73 | A | B |
| 50 | 13,28 | 6 | 0,7 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 91.** Absorción total de azufre para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 0 | 8,13 | 36 | 0,3 |
| 40 | 9,45 | 12 | 0,5 |
| 0 | 9,59 | 11 | 0,52 |
| 30 | 10,82 | 23 | 0,38 |

Se distingue una falta de relación entre la absorción de azufre y las dosis de azufre aplicadas. El cuadro 90 resalta que una dosis de 20 medidas produce un promedio superior de extracción que la dosis de 40 kg/ha-1.

**Cuadro 92.** Absorción total de azufre para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg/ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 20 | 7,06 | 8 | 0,61 | A |  |  |
| 0 | 8,92 | 65 | 0,22 |  | B |  |
| 10 | 12,99 | 4 | 0,86 |  |  | C |
| 15 | 13 | 5 | 0,77 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de azufre en la provincia de Chimborazo se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno sobre la absorción de azufre en maíz suave en la provincia de Chimborazo (2012-2014).

### Absorción de magnesio (kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para absorción total de magnesio, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de parroquia, nitrógeno, fósforo y magnesio; mientras que no fueron significativos para dosis de potasio y azufre (Cuadro 93). Por lo tanto, la parroquia (efecto de ambiente) y dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo y magnesio afectaron a esta variable. El promedio general de absorción de magnesio fue 17,56 Kg ha-1; con un R2 de 0,71 y un coeficiente de variación fue de 15,64%.

**Cuadro 93.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de fósforo de plantas de maíz suave, evaluado en la provincia de Chimborazo (2012-2014).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza%** |
| Modelo | 1067,7 | 22 | 48,53 | 6,43 | <0,0001 | 70,57 |
| Parroquia | 78,36 | 2 | 39,18 | 5,19 | 0,0084 | 5,18 |
| Dosis N | 554,99 | 7 | 79,28 | 10,51 | <0,0001 | 36,68 |
| Dosis P | 222,25 | 4 | 55,56 | 7,36 | 0,0001 | 14,69 |
| Dosis K | 29,8 | 4 | 7,45 | 0,99 | 0,4215 | 1,97 |
| Dosis S | 13,94 | 3 | 4,65 | 0,62 | 0,6074 | 0,92 |
| Dosis Mg | 168,35 | 2 | 84,18 | 11,16 | 0,0001 | 11,13 |
| Error | 445,17 | 59 | 7,55 |  |  | 29,43 |
| Total | 1512,88 | 81 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 70,57 % de la variación observada en los datos; siendo el magnesio aplicado responsable del 11,13 % de la variación observada. El 29,43 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El nitrógeno y el fósforo explicaron el 36,68 %, y 14,69 % de absorción de magnesio, respectivamente. El resto de nutrientes potasio y azufre explicaron menos del 5% de absorción de magnesio (Cuadro 93).

En los cuadros 93, 94, 95, 96, 97 y 98 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de magnesio por efecto de las localidades (parroquia) y dosis de fertilizantes aplicados.

**Cuadro 94.** Absorción total de magnesio de plantas de maíz evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Quimiag | 16,94 | 47 | 0,42 | A |  |
| Licto | 17,12 | 23 | 0,6 | A |  |
| Chazo | 19,41 | 12 | 0,82 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 95.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias**  **kg ha-1 Mg** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** |
| 21 | 14,31 | 1 | 2,82 | A |
| 0 | 14,74 | 34 | 0,5 | A |
| 100 | 16,85 | 13 | 0,78 | A |
| 50 | 18,77 | 1 | 2,82 | A |
| 27 | 18,78 | 1 | 2,82 | A |
| 200 | 20,54 | 1 | 2,82 | A |
| 120 | 20,9 | 30 | 0,53 | A |
| 150 | 21,91 | 1 | 2,82 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 96.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 50 | 12,34 | 8 | 1 | A |  |  |
| 15 | 14,31 | 1 | 2,82 | A | B |  |
| 0 | 17,23 | 35 | 0,5 |  | B |  |
| 60 | 17,98 | 23 | 0,62 |  | B | C |
| 30 | 20,39 | 12 | 0,82 |  |  | C |
| 40 | 20,71 | 3 | 1,63 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 97.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 5 | 14,31 | 1 | 2,82 |
| 30 | 15,18 | 11 | 0,85 |
| 0 | 16,75 | 35 | 0,5 |
| 60 | 18,04 | 17 | 0,72 |
| 50 | 19,35 | 6 | 1,15 |
| 40 | 20,15 | 12 | 0,82 |

Ante un suelo sin fertilizante, se distingue un promedio superior a aquellos en los cuales se aplicó potasio de 5 y 30 medidas.

**Cuadro 98.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 20 | 15,42 | 11 | 0,85 |
| 0 | 16,41 | 36 | 0,49 |
| 30 | 18,75 | 23 | 0,62 |
| 40 | 20,18 | 12 | 0,82 |

El suelo sin adición de azufre demuestra un promedio superior a aquel en el que se han añadido 20 medidas del elemento.

**Cuadro 99.** Absorción total de magnesio para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Chimborazo 2012-2014.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 20 | 11,21 | 8 | 1 | A |  |
| 0 | 18,01 | 65 | 0,36 |  | B |
| 15 | 19,11 | 5 | 1,26 |  | B |
| 10 | 20,7 | 4 | 1,41 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de magnesio en la provincia de Chimborazo se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

# Fósforo

# Magnesio

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno, b) fósforo y c) magnesio sobre la absorción de magnesio en maíz suave en la provincia de Chimborazo (2012-2014).

## Respuesta del maíz suave a la fertilización con macro nutrientes en la provincia de Imbabura

### Rendimiento (t ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para rendimiento, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de parroquia (efecto de ambiente), nitrógeno, potasio y magnesio; mientras que no fueron significativos para dosis de fósforo y azufre (Cuadro 100). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con N, K y Mg afectaron a esta variable, al igual que el efecto ambiental de cada parroquia donde se realizaron las evaluaciones. El promedio general de rendimiento fue 4,59 t ha-1; con un R2 de 0,92 y un coeficiente de variación fue de 12,36 %**.**

**Cuadro 100.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para el rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 175,88 | 21 | 8,38 | 26,07 | <0,0001 | 92,09 |
| Parroquia | 88,39 | 4 | 22,1 | 68,78 | <0,0001 | 46,28 |
| Dosis N | 40,5 | 6 | 6,75 | 21,01 | <0,0001 | 21,21 |
| Dosis P | 1,08 | 4 | 0,27 | 0,84 | 0,508 | 0,57 |
| Dosis K | 39,84 | 3 | 13,28 | 41,34 | <0,0001 | 20,86 |
| Dosis S | 1,66 | 2 | 0,83 | 2,58 | 0,0868 | 0,87 |
| Dosis Mg | 4,42 | 2 | 2,21 | 6,88 | 0,0024 | 2,31 |
| Error | 15,1 | 47 | 0,32 |  |  | 7,91 |
| Total | 190,98 | 68 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 92,09 % de la variación observada en los datos; siendo nitrógeno el nutriente más importante que explicó el 21,21 % de la variación observada. El 7,91 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La parroquia, el potasio y el magnesio explicaron el 46,28 %, 20,86 % y el 2,31 % del rendimiento, respectivamente. El resto de nutrientes y la interacción explicaron menos del 5% del rendimiento (Cuadro 100).

En los cuadros 100, 101, 102,103,104 y 105 se presentan los promedios y el error estándar de rendimiento por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectivo, prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 101.** Rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado en varias localidades (parroquia) de la provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| Miguel Egas | 3,69 | 21 | 0,14 | A |  |  |
| Paztavi | 4,44 | 6 | 0,24 |  | B |  |
| Ilumán | 4,54 | 15 | 0,16 |  | B |  |
| El Sagrario | 4,60 | 10 | 0,19 |  | B |  |
| Imantag | 6,32 | 17 | 0,14 |  |  | C |

**Cuadro 102.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de nitrógeno evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd0,05** |  |
| 0 | 3,81 | 23 | 0,13 | A |  |  |
| 60 | 4,37 | 1 | 0,59 | A | B |  |
| 50 | 4,84 | 4 | 0,29 |  | B |  |
| 120 | 5,03 | 16 | 0,15 |  | B |  |
| 100 | 5,61 | 19 | 0,14 |  |  | C |
| 200 | 5,8 | 3 | 0,34 |  |  | C |
| 150 | 5,87 | 3 | 0,34 |  |  | C |

**Cuadro 103.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de fósforo evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 30 | 4,37 | 1 | 0,59 |
| 0 | 4,56 | 22 | 0,13 |
| 46 | 4,59 | 1 | 0,59 |
| 50 | 4,81 | 12 | 0,17 |
| 60 | 5,01 | 31 | 0,11 |
| 40 | 5,8 | 2 | 0,41 |

El suelo con dosis de fósforo de 30 medidas demuestra un valor promedio inferior a aquel en el que no se ha aplicado este elemento. No existió diferencias estadísticas significativas entre los rendimientos obtenidos con las diversas dosis de fósforo.

**Cuadro 104.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de potasio evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 0 | 4,33 | 20 | 0,14 | A |  |
| 60 | 4,65 | 16 | 0,15 | A |  |
| 30 | 5,11 | 27 | 0,12 |  | B |
| 20 | 5,56 | 6 | 0,24 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 105.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de azufre evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 0 | 4,32 | 22 | 0,13 |
| 30 | 4,81 | 26 | 0,12 |
| 20 | 5,32 | 16 | 0,15 |
| 16 | 5,76 | 5 | 0,26 |

La dosis de 16 medidas de azufre demuestra un promedio superior a dosis mayores de este micronutriente de 20 y 30 medidas. No existieron diferencias estadísticas significativas entre los rendimientos obtenidos con las diversas dosis de azufre.

**Cuadro 106.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para varias dosis de azufre evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 30 | 4,45 | 5 | 0,26 | A |  |
| 0 | 4,79 | 47 | 0,09 | A |  |
| 20 | 4,82 | 12 | 0,17 | A |  |
| 10 | 5,76 | 5 | 0,26 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto lineal u cuadrático de los nutrientes que fueron significativos (p<0,01) sobre el rendimiento de maíz suave en la provincia de Imbabura se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

# Potasio

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno y b) potasio sobre el rendimiento en maíz suave en la provincia de Chimborazo (2010-2015).

### Absorción de nitrógeno (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de nitrógeno, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de parroquia (efecto de ambiente), nitrógeno y potasio; mientras que no fueron significativos para dosis de fósforo, azufre y magnesio (Cuadro 107). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno y potasio afectaron a esta variable. El promedio de la absorción total de nitrógeno fue 167,60 Kg ha-1; con un R2 de 0,93 y un coeficiente de variación fue de 14,62 %**.**

**Cuadro 107.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de nitrógeno de maíz suave, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza%** |
| Modelo | 391735,13 | 21 | 18654,05 | 31,07 | <0,0001 | 93,28 |
| Parroquia | 325788,28 | 4 | 81447,07 | 135,67 | <0,0001 | 77,58 |
| Dosis N | 50801,48 | 6 | 8466,91 | 14,1 | <0,0001 | 12,10 |
| Dosis P | 920,3 | 4 | 230,07 | 0,38 | 0,8195 | 0,22 |
| Dosis K | 13209,6 | 3 | 4403,2 | 7,33 | 0,0004 | 3,15 |
| Dosis S | 124,63 | 2 | 62,32 | 0,1 | 0,9016 | 0,03 |
| Dosis Mg | 890,83 | 2 | 445,42 | 0,74 | 0,4817 | 0,21 |
| Error | 28216,03 | 47 | 600,34 |  |  | 6,72 |
| Total | 419951,16 | 68 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 93,28 % de la variación observada en los datos; siendo nitrógeno el nutriente con más importancia que explicó el 12,10 % de la variación observada. Un 6,72 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La parroquia y el potasio explicaron el 77,58% y 3,15% de la absorción total de nitrógeno, respectivamente. El resto de nutrientes explicaron menos del 4% de la absorción total de nitrógeno. (Cuadro 106).

En los cuadros 107, 108, 109, 110, 111 y 112 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de nitrógeno por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 108.** Absorción total de nitrógeno de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| Miguel Egas | 83,72 | 21 | 5,84 | A |  |  |  |
| Paztavi | 153,12 | 6 | 10,34 |  | B |  |  |
| Imantag | 156,62 | 17 | 6,16 |  | B |  |  |
| El Sagrario | 203,3 | 10 | 8,01 |  |  | C |  |
| Ilumán | 266,09 | 15 | 6,82 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 109.** Absorción total de nitrógeno de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| 0 | 137,12 | 23 | 5,41 | A |  |  |  |  |
| 50 | 142,75 | 4 | 12,66 | A | B |  |  |  |
| 100 | 160,7 | 19 | 5,96 |  | B | C |  |  |
| 200 | 169,22 | 3 | 14,62 |  | B | C |  |  |
| 150 | 184,4 | 3 | 14,62 |  |  | C |  |  |
| 120 | 222,99 | 16 | 6,59 |  |  |  | D |  |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 110.** Absorción total de nitrógeno de maíz para diversas dosis de fósforo evaluados en la provincia de Imbabura, 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 50 | 114,21 | 12 | 7,5 |
| 46 | 164,51 | 1 | 25,32 |
| 0 | 167,4 | 22 | 5,56 |
| 60 | 179,56 | 31 | 4,67 |
| 40 | 207,1 | 2 | 17,91 |
| 30 | 286,63 | 1 | 25,32 |

Se distingue en el cultivo donde no se ha adicionado el macroelemento fósforo un promedio superior al de dosis de 46 y 50 medidas. No existieron diferencias estadísticas significativas entre las cantidades de nitrógeno absorbido para las diversas dosis de fósforo aplicadas.

**Cuadro 111.** Absorción total de nitrógeno de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| 20 | 81,02 | 6 | 10,34 | A |  |  |  |
| 0 | 157,61 | 20 | 5,84 |  | B |  |  |
| 30 | 176,46 | 27 | 4,99 |  |  | C |  |
| 60 | 213,67 | 16 | 6,59 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 112.** Absorción total de nitrógeno de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 16 | 64,32 | 5 | 11,32 |
| 20 | 151,99 | 16 | 6,53 |
| 0 | 166,56 | 22 | 5,57 |
| 30 | 204,36 | 26 | 5,12 |

Sin adición de azufre se produce un valor promedio superior a aquellos en los que se ha adicionado 16 y 20 medidas respectivamente, por lo que no existió una relación directa entre las dosis de micronutriente y los promedios obtenidos.

**Cuadro 113.** Absorción total de nitrógeno de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 10 | 64,32 | 5 | 11,32 |
| 20 | 115,57 | 12 | 7,5 |
| 30 | 145,1 | 5 | 11,32 |
| 0 | 197,41 | 47 | 3,79 |

El suelo sin adición de magnesio demuestra un valor promedio superior al de todas las dosis aplicadas.

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de nitrógeno en la provincia de Imbabura se observa en la siguiente figura

# Nitrógeno

### Absorción de fósforo (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de fósforo, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio; mientras que no fueron significativos para dosis de azufre, (Cuadro 114). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de fósforo fue 37,85 Kg/ha; con un R2 de 0,91 y un coeficiente de variación fue de 14,29 %**.**

**Cuadro 114.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de fósforo de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 13516,74 | 21 | 643,65 | 22 | <0,0001 | 90,76 |
| Parroquia | 8940,37 | 4 | 2235,09 | 76,38 | <0,0001 | 60,03 |
| Dosis N | 943,88 | 6 | 157,31 | 5,38 | 0,0003 | 6,34 |
| Dosis P | 1698,03 | 4 | 424,51 | 14,51 | <0,0001 | 11,40 |
| Dosis K | 1574,08 | 3 | 524,69 | 17,93 | <0,0001 | 10,57 |
| Dosis S | 66,4 | 2 | 33,2 | 1,13 | 0,3302 | 0,45 |
| Dosis Mg | 293,99 | 2 | 146,99 | 5,02 | 0,0105 | 1,97 |
| Error | 1375,29 | 47 | 29,26 |  |  | 9,24 |
| Total | 14892,03 | 68 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 90,76 % de la variación observada en los datos; el fósforo considera una variación del 11,40 %, el nitrógeno nutriente con más importancia que explica el 6,34 % de la variación observada. El 9,24 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El potasio y el magnesio explicaron el 10,57 % y 1,97 % de absorción total de fósforo, respectivamente. El azufre explicó menos del 5% de la absorción total de fósforo (Cuadro 113).

En los cuadros 114, 115, 116, 117, 118 y 119 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de fósforo por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 115.** Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |  |
| Miguel Egas | 24,48 | 21 | 1,29 | A |  |  |  |  |
| Imantag | 31,17 | 17 | 1,36 |  | B |  |  |  |
| Paztavi | 37,55 | 6 | 2,28 |  |  | C |  |  |
| Ilumán | 43,21 | 15 | 1,5 |  |  |  | D |  |
| El Sagrario | 61,5 | 10 | 1,77 |  |  |  |  | E |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 116.** Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 150 | 33,82 | 3 | 3,23 | A |  |
| 0 | 34,15 | 23 | 1,2 | A |  |
| 200 | 36,09 | 3 | 3,23 | A | B |
| 100 | 39,49 | 19 | 1,32 | A | B |
| 50 | 39,88 | 4 | 2,8 | A | B |
| 120 | 42,43 | 16 | 1,46 |  | B |
| 60 | 46,96 | 1 | 5,59 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 117.** Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 0 | 36,77 | 22 | 1,23 | A |  |
| 60 | 37,52 | 31 | 1,03 | A |  |
| 50 | 38,71 | 12 | 1,66 | A |  |
| 40 | 39,62 | 2 | 3,95 | A |  |
| 30 | 46,96 | 1 | 5,59 | A | B |
| 46 | 58,46 | 1 | 5,59 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 118.** Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 20 | 16,99 | 6 | 2,28 | A |  |  |
| 0 | 38,55 | 20 | 1,29 |  | B |  |
| 60 | 39,19 | 16 | 1,46 |  | B |  |
| 30 | 42,7 | 27 | 1,1 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 119.** Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 16 | 8,69 | 5 | 2,5 |
| 0 | 38,3 | 22 | 1,23 |
| 20 | 39,65 | 16 | 1,44 |
| 30 | 43,73 | 26 | 1,13 |

El ensayo sin adición de azufre se muestra superior en el valor promedio contra aquel donde se ha adicionado 16 medidas.

**Cuadro 120.** Absorción total de fósforo de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd0,05** |  |
| 10 | 8,69 | 5 | 2,50 | A |  |  |
| 20 | 36,48 | 12 | 1,66 |  | B |  |
| 30 | 37,55 | 5 | 2,50 |  | B | C |
| 0 | 42,35 | 47 | 0,84 |  |  | C |

El efecto lineal y cuadrático de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de fósforo en la provincia de Imbabura se observa en la siguiente figura

# Nitrógeno

# Fósforo

# Potasio

### Absorción de potasio (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de potasio, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de parroquia, nitrógeno, fósforo y potasio; mientras que no fueron significativos para dosis de azufre y magnesio (Cuadro 120). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo y potasio afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de potasio fue 137,69 Kg ha-1; con un R2 de 0,94y un coeficiente de variación fue de 14,38 %**.**

**Cuadro 121.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de potasio de maíz suave, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | Varianza % |
| Modelo | 424934,99 | 21 | 20235 | 51,59 | <0,0001 | 95,84 |
| Parroquia | 388566,51 | 4 | 97141,63 | 247,67 | <0,0001 | 87,64 |
| Dosis N | 11804,05 | 6 | 1967,34 | 5,02 | 0,0005 | 2,66 |
| Dosis P | 6934,64 | 4 | 1733,66 | 4,42 | 0,0041 | 1,56 |
| Dosis K | 16185,27 | 3 | 5395,09 | 13,76 | <0,0001 | 3,65 |
| Dosis S | 800,35 | 2 | 400,17 | 1,02 | 0,3683 | 0,18 |
| Dosis Mg | 644,18 | 2 | 322,09 | 0,82 | 0,4461 | 0,15 |
| Error | 18434,23 | 47 | 392,22 |  |  | 4,16 |
| Total | 443369,23 | 68 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 95,84 % de la variación observada en los datos; el potasio considera una variación del 3,65 % y el nitrógeno explicó el 2,66 % de la variación observada. Un 4,16 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La parroquia y el fósforo explicaron el 87,64% y 1,56% de absorción total de potasio, respectivamente. El azufre y magnesio explico menos del 5% de la absorción total de fósforo (Cuadro120).

En los cuadros 121, 122, 123, 124, 125 y 126 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de potasio por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 122**. Absorción total de potasio de plantas de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| Imantag | 69,77 | 17 | 4,98 | A |  |  |  |
| Miguel Egas | 87,15 | 21 | 4,72 |  | B |  |  |
| Paztavi | 146,15 | 6 | 8,36 |  |  | C |  |
| Ilumán | 158,06 | 15 | 5,51 |  |  | C |  |
| El Sagrario | 299,14 | 10 | 6,47 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 123.** Absorción total de potasio de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | |
| 0 | 114,89 | 23 | 4,38 | A |  |  |
| 100 | 134,41 | 19 | 4,82 | A | B |  |
| 60 | 140,3 | 1 | 20,47 | A | B | C |
| 200 | 154,01 | 3 | 11,82 |  | B | C |
| 150 | 160,98 | 3 | 11,82 |  |  | C |
| 120 | 165,12 | 16 | 5,33 |  |  | C |
| 50 | 176,29 | 4 | 10,23 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 124.** Absorción total de potasio de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| 50 | 98,22 | 12 | 6,06 | A |  |  |  |  |
| 0 | 126,49 | 22 | 4,49 |  | B |  |  |  |
| 30 | 140,3 | 1 | 20,47 |  | B | C |  |  |
| 60 | 152,06 | 31 | 3,77 |  |  | C |  |  |
| 40 | 193,42 | 2 | 14,47 |  |  |  | D |  |
| 46 | 287,12 | 1 | 20,47 |  |  |  |  | E |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 125.** Dosis de potasio empleada en el ensayo

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 20 | 86,71 | 6 | 8,36 | A |  |  |
| 0 | 121,32 | 20 | 4,72 |  | B |  |
| 30 | 155,71 | 27 | 4,04 |  |  | C |
| 60 | 161,21 | 16 | 5,33 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 126.** Absorción total de potasio de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 16 | 46,63 | 5 | 9,15 |
| 20 | 128,07 | 16 | 5,27 |
| 0 | 135,94 | 22 | 4,5 |
| 30 | 171,59 | 26 | 4,14 |

Aquel cultivo sin adición de dosis de azufre muestra un mejor valor promedio que aquellos en los que se adicionaron 16 y 20 medidas del microelemento azufre. No existieron diferencias estadísticas significativas.

**Cuadro 127.** Absorción total de potasio de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 10 | 46,63 | 5 | 9,15 |
| 20 | 90,29 | 12 | 6,06 |
| 30 | 148 | 5 | 9,15 |
| 0 | 162,12 | 47 | 3,07 |

El cultivo sin adición de magnesio muestra mejores promedios que todos los demás en los que si se ha adicionado este importante microelemento.

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de potasio en la provincia de Imbabura se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

# Potasio

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno y b) potasio sobre la absorción de potasio en maíz suave en la provincia de Imbabura (2010-2015).

### Absorción de azufre (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de azufre, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de parroquia, nitrógeno y azufre; mientras que no fueron significativos para dosis de fósforo, potasio y magnesio (Cuadro 127). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes y el efecto ambiental de las parroquias afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de azufre fue 19,81 Kg/ha; con un R2 de 0,98 y un coeficiente de variación fue de 15,35 %**.**

**Cuadro 128.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de azufre de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 20302,89 | 21 | 966,8 | 104,56 | <0,0001 | 97,90 |
| Parroquia | 19872,64 | 4 | 4968,16 | 537,33 | <0,0001 | 95,83 |
| Dosis N | 185,36 | 6 | 30,89 | 3,34 | 0,008 | 0,89 |
| Dosis P | 54,4 | 4 | 13,6 | 1,47 | 0,2261 | 0,26 |
| Dosis K | 44,03 | 3 | 14,68 | 1,59 | 0,205 | 0,21 |
| Dosis S | 132,94 | 2 | 66,47 | 7,19 | 0,0019 | 0,64 |
| Dosis Mg | 13,51 | 2 | 6,76 | 0,73 | 0,4869 | 0,07 |
| Error | 434,57 | 47 | 9,25 |  |  | 2,10 |
| Total | 20737,45 | 68 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 97,90 % de la variación observada en los datos; el azufre considera una variación del 0,64 %. El nitrógeno explicó el 0,89 % de la variación observada. El 2,10 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La parroquia explicó 95,83 %, de absorción total de azufre, respectivamente. El fósforo, potasio y magnesio explicaron menos del 5% de la absorción total de fósforo (Cuadro 127).

En los cuadros 128,129, 130, 131, 132 y 133 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de azufre por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 129.** Absorción total de azufre de plantas de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| Miguel Egas | 7,73 | 21 | 0,73 | A |  |  |  |
| Imantag | 8,71 | 17 | 0,76 | A |  |  |  |
| Paztavi | 13,58 | 6 | 1,28 |  | B |  |  |
| El Sagrario | 20,29 | 10 | 0,99 |  |  | C |  |
| Ilumán | 50,48 | 15 | 0,85 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 130.** Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | | | |
| 100 | 11,79 | 19 | 0,74 |  | A |  |  |  |
| 150 | 12,3 | 3 | 1,81 |  | A |  |  |  |
| 200 | 13,05 | 3 | 1,81 |  | A |  |  |  |
| 50 | 13,09 | 4 | 1,57 |  | A |  |  |  |
| 0 | 19,62 | 23 | 0,67 |  |  | B |  |  |
| 120 | 30,83 | 16 | 0,82 |  |  |  | C |  |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 131.** Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 50 | 9,62 | 12 | 0,93 |
| 40 | 12,47 | 2 | 2,22 |
| 46 | 18,44 | 1 | 3,14 |
| 60 | 19,87 | 31 | 0,58 |
| 0 | 21,85 | 22 | 0,69 |
| 30 | 51,14 | 1 | 3,14 |

**Cuadro 132.** Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 20 | 8 | 6 | 1,28 |
| 30 | 14,35 | 27 | 0,62 |
| 0 | 22,49 | 20 | 0,72 |
| 60 | 30,34 | 16 | 0,82 |

**Cuadro 133.** Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| 16 | 5,92 | 5 | 1,41 | A |  |  |  |
| 20 | 11,23 | 16 | 0,81 |  | B |  |  |
| 30 | 21,89 | 26 | 0,64 |  |  | C |  |
| 0 | 25,5 | 22 | 0,69 |  |  |  | D |

**Cuadro 134.** Absorción total de azufre de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 10 | 5,92 | 5 | 1,41 |
| 20 | 9,36 | 12 | 0,93 |
| 30 | 13,18 | 5 | 1,41 |
| 0 | 23,93 | 47 | 0,47 |

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de azufre en la provincia de Imbabura se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno sobre la absorción de azufre en maíz suave en la provincia de Imbabura (2010-2015).

### Absorción de magnesio (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de magnesio, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de parroquia, nitrógeno, fósforo y potasio; mientras que no fueron significativos para dosis de azufre y magnesio (Cuadro 134). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo y potasio afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de magnesio fue 24,53 Kg ha-1; con un R2 de 0,97 y un coeficiente de variación fue de 10,75 %**.**

**Cuadro 135.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de magnesio de maíz suave en grano seco, evaluado en la provincia de Imbabura (2010-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 10453,78 | 21 | 497,8 | 71,64 | <0,0001 | 96,97 |
| Parroquia | 9604,48 | 4 | 2401,12 | 345,53 | <0,0001 | 89,09 |
| Dosis N | 416,62 | 6 | 69,44 | 9,99 | <0,0001 | 3,86 |
| Dosis P | 201,71 | 4 | 50,43 | 7,26 | 0,0001 | 1,87 |
| Dosis K | 208,66 | 3 | 69,55 | 10,01 | <0,0001 | 1,94 |
| Dosis S | 3,04 | 2 | 1,52 | 0,22 | 0,8044 | 0,03 |
| Dosis Mg | 19,27 | 2 | 9,64 | 1,39 | 0,2599 | 0,18 |
| Error | 326,61 | 47 | 6,95 |  |  | 3,03 |
| Total | 10780,38 | 68 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 96,97 % de la variación observada en los datos; el nitrógeno que explica el 3,86% % de la variación observada. El 3,03 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La parroquia, el fósforo y potasio explicaron 89,09 %, 1,87 %, 1,94 %, de absorción total de magnesio, respectivamente. El azufre y el magnesio explicaron menos del 5% de la absorción total de fósforo (Cuadro 135).

En los cuadros 135, 136, 137, 138, 139 y 140 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de magnesio por efecto de las localidades (parroquia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 136.** Absorción total de magnesio de plantas de maíz suave, evaluado por localidades (parroquia) en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parroquia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| Miguel Egas | 13 | 21 | 0,63 | A |  |  |  |
| Paztavi | 16,33 | 6 | 1,11 |  | B |  |  |
| Imantag | 17,75 | 17 | 0,66 |  | B |  |  |
| Ilumán | 38,4 | 15 | 0,73 |  |  | C |  |
| El Sagrario | 41,83 | 10 | 0,86 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 137.** Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| 0 | 22,13 | 23 | 0,58 | A |  |  |  |
| 100 | 23,27 | 19 | 0,64 | A |  |  |  |
| 50 | 25 | 4 | 1,36 | A | B |  |  |
| 150 | 25,38 | 3 | 1,57 | A | B | C |  |
| 200 | 28,12 | 3 | 1,57 |  | B | C |  |
| 120 | 28,61 | 16 | 0,71 |  |  | C |  |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 138.** Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| 50 | 18,46 | 12 | 0,81 | A |  |  |  |
| 0 | 24,78 | 22 | 0,6 |  | B |  |  |
| 60 | 25,46 | 31 | 0,5 |  | B | C |  |
| 40 | 28,81 | 2 | 1,93 |  |  | C |  |
| 46 | 37,58 | 1 | 2,72 |  |  |  | D |
| 30 | 40,27 | 1 | 2,72 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 139.** Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 20 | 13,15 | 6 | 1,11 | A |  |  |
| 0 | 24,31 | 20 | 0,63 |  | B |  |
| 30 | 26,78 | 27 | 0,54 |  |  | C |
| 60 | 27,67 | 16 | 0,71 |  |  | C |

**Cuadro 140.** Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 16 | 8,26 | 5 | 1,22 |
| 20 | 22,17 | 16 | 0,7 |
| 0 | 26,09 | 22 | 0,6 |
| 30 | 29,13 | 26 | 0,55 |

Se puede ver que el cultivo sin aplicación de azufre muestra mejor promedio que los cultivos con 16 y con 20 medidas del microelemento.

**Cuadro 141.** Absorción total de magnesio de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluadas en la provincia de Imbabura 2010-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 10 | 8,26 | 5 | 1,22 |
| 30 | 15,61 | 5 | 1,22 |
| 20 | 16,83 | 12 | 0,81 |
| 0 | 29,94 | 47 | 0,41 |

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de magnesio en la provincia de Imbabura se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

# Fósforo

# Potasio

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno b) fósforo c) potasio sobre la absorción de magnesio en maíz suave en la provincia de Imbabura (2010-2015).

## Respuesta del maíz suave a la fertilización con macronutrientes consolidados de las tres provincias (Chimborazo, Bolívar e Imbabura)

### Rendimiento (t/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para rendimiento, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de provincia, nitrógeno y potasio; mientras que no fueron significativos para dosis de fósforo, azufre y magnesio (Cuadro 142). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con N y K afectaron al rendimiento. Existió también un efecto altamente significativo para provincias, lo que indica que el ambiente influyó sobre el rendimiento. El promedio general de rendimiento fue 4,29 t ha-1; con un R2 de 0,46 y un coeficiente de variación de 27,29 %**.**

**Cuadro 142.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 243,52 | 31 | 7,86 | 5,73 | <0,0001 | 45,94 |
| Provincia | 36,29 | 2 | 18,14 | 13,23 | <0,0001 | 6,85 |
| Dosis N | 166,92 | 9 | 18,55 | 13,53 | <0,0001 | 31,49 |
| Dosis P | 15,86 | 6 | 2,64 | 1,93 | 0,0777 | 2,99 |
| Dosis K | 18,72 | 6 | 3,12 | 2,28 | 0,0378 | 3,53 |
| Dosis S | 3,01 | 4 | 0,75 | 0,55 | 0,7007 | 0,57 |
| Dosis Mg | 2,73 | 4 | 0,68 | 0,5 | 0,7373 | 0,52 |
| Error | 286,52 | 209 | 1,37 |  |  | 54,06 |
| Total | 530,04 | 240 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explicó el 45,94 % de la variación observada en los datos; siendo nitrógeno el nutriente más importante que explicó el 31,49 % de la variación observada. El 54,06 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). El efecto de provincia y potasio explicaron el 6,85% y 3,53 % del rendimiento, respectivamente. El resto de nutrientes explicaron menos del 5% del rendimiento (Cuadro142).

En los cuadros 142, 143, 144, 145, 146, 147 se presentan los promedios y el error estándar de rendimiento por efecto de las localidades (provincia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 143.** Rendimiento de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Bolívar | 3,76 | 90 | 0,16 | A |  |
| Chimborazo | 4,58 | 82 | 0,15 |  | B |
| Imbabura | 4,68 | 69 | 0,15 |  | B |

**Cuadro 144.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de nitrógeno evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 21 | 3,05 | 1 | 1,18 | A |  |
| 0 | 3,46 | 74 | 0,15 | A |  |
| 27 | 3,66 | 1 | 1,18 | A | B |
| 60 | 4,37 | 1 | 1,18 | A | B |
| 140 | 4,44 | 35 | 0,21 | A | B |
| 50 | 4,74 | 11 | 0,4 | A | B |
| 120 | 4,82 | 78 | 0,15 | A | B |
| 100 | 5,23 | 32 | 0,22 | A | B |
| 200 | 5,82 | 4 | 0,6 |  | B |
| 150 | 5,94 | 4 | 0,59 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 145.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de fósforo evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 15 | 3,05 | 1 | 1,18 |
| 70 | 3,87 | 38 | 0,23 |
| 50 | 4,25 | 20 | 0,26 |
| 30 | 4,25 | 19 | 0,3 |
| 0 | 4,27 | 73 | 0,15 |
| 46 | 4,59 | 1 | 1,18 |
| 60 | 4,78 | 84 | 0,16 |
| 40 | 5,48 | 5 | 0,54 |

Se observa que el cultivo sin aplicación del macroelemento fósforo es superior en promedio a las dosis de 15, 30, 50 y 70 medidas; por lo que no existe relación directa entre las dosis de fósforo y el promedio alcanzado. No existieron diferencias estadísticas significativas entre los promedios de rendimiento para las diversas dosis de P aplicados.

**Cuadro 146.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de potasio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** |
| 5 | 3,05 | 1 | 1,18 | A |
| 40 | 3,84 | 12 | 0,34 | A |
| 0 | 4,26 | 60 | 0,16 | A |
| 60 | 4,34 | 63 | 0,18 | A |
| 30 | 4,8 | 43 | 0,19 | A |
| 50 | 4,9 | 6 | 0,48 | A |
| 20 | 4,9 | 55 | 0,3 | A |
| 10 | 6,08 | 1 | 1,18 | A |

No hay relación directa entre las dosis de potasio y los promedios registrados pues donde no se aplicó el macronutriente el valor del promedio es superior a aquellas pruebas donde se aplicó 5 y 40 medidas. Según la prueba de Lsd, no existieron diferencias estadísticas significativas entre los promedios de rendimiento para las diversas dosis de K aplicados.

**Cuadro 147.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de azufre evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 40 | 3,63 | 42 | 0,19 |
| 0 | 4,22 | 69 | 0,16 |
| 20 | 4,72 | 76 | 0,19 |
| 30 | 4,78 | 49 | 0,19 |
| 16 | 5,76 | 5 | 0,53 |

**Cuadro 148.** Rendimiento de maíz suave en grano seco para diversas dosis de magnesio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 20 | 3,87 | 50 | 0,18 |
| 30 | 4,45 | 5 | 0,53 |
| 0 | 4,51 | 123 | 0,11 |
| 15 | 4,76 | 5 | 0,53 |
| 10 | 5,07 | 58 | 0,28 |
|  |  |  |  |

1. Nitrógeno

### Absorción de nitrógeno (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de nitrógeno, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de provincia, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio (Cuadro 149). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes y el efecto ambiental de la provincia afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de nitrógeno fue 124,06 Kg/ha; con un R2 de 0,69 y un coeficiente de variación fue de 29,19 %**.**

**Cuadro 149.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de nitrógeno de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **Gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 597756,91 | 31 | 19282,48 | 14,7 | <0,0001 | 68,56 |
| Provincia | 186620,86 | 2 | 93310,43 | 71,13 | <0,0001 | 21,40 |
| Dosis N | 229160,76 | 9 | 25462,31 | 19,41 | <0,0001 | 26,28 |
| Dosis P | 48149,21 | 6 | 8024,87 | 6,12 | <0,0001 | 5,52 |
| Dosis K | 48990,14 | 6 | 8165,02 | 6,22 | <0,0001 | 5,62 |
| Dosis S | 41719,91 | 4 | 10429,98 | 7,95 | <0,0001 | 4,78 |
| Dosis Mg | 43116,03 | 4 | 10779,01 | 8,22 | <0,0001 | 4,94 |
| Error | 274166,32 | 209 | 1311,8 |  |  | 31,44 |
| Total | 871923,24 | 240 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 68,56 % de la variación observada en los datos; siendo nitrógeno el nutriente con más importancia que explica el 26,28 % de la variación observada. Un 31,44 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La provincia, el fósforo, potasio, azufre, magnesio explicaron el 21,40 %, 5,52 %, 5,62 %, 4,78 %, y 4,94 % de la absorción total de nitrógeno respectivamente (Cuadro 151).

En los cuadros 148, 149, 150, 152, 153 y 154 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de nitrógeno por efecto de las localidades (provincia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 150.** Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Bolívar | 97,21 | 90 | 4,96 | A |  |
| Chimborazo | 106,12 | 82 | 4,53 | A |  |
| Imbabura | 161,64 | 69 | 4,77 |  | B |

**Cuadro 151.** Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de nitrógeno evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 21 | 85,24 | 1 | 36,39 | A |  |
| 27 | 94,87 | 1 | 36,39 | A |  |
| 0 | 100,67 | 74 | 4,58 | A |  |
| 50 | 112,44 | 11 | 12,51 | A |  |
| 140 | 121,29 | 35 | 6,63 | A |  |
| 100 | 127,23 | 32 | 6,86 | A |  |
| 200 | 130,53 | 4 | 18,65 | A |  |
| 150 | 146,41 | 4 | 18,38 | A |  |
| 120 | 156,67 | 78 | 4,77 | A |  |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Cuadro 151. Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de fósforo evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015**.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** |
| 15 | 85,24 | 1 | 36,39 | A |
| 50 | 85,97 | 20 | 8,17 | A |
| 70 | 108,65 | 38 | 7,18 | A |
| 0 | 129,71 | 73 | 4,73 | A |
| 60 | 134,38 | 84 | 4,85 | A |
| 30 | 135,66 | 19 | 9,36 | A |
| 40 | 154,29 | 5 | 16,72 | A |
| 46 | 164,51 | 1 | 36,39 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 152.** Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de potasio evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** |
| 5 | 85,24 | 1 | 36,39 | A |
| 20 | 91,93 | 55 | 9,24 | A |
| 50 | 92,18 | 6 | 14,86 | A |
| 10 | 104,27 | 1 | 36,39 | A |
| 40 | 113,03 | 12 | 10,57 | A |
| 0 | 127,07 | 60 | 5,02 | A |
| 30 | 147,36 | 43 | 5,93 | A |
| 60 | 148,17 | 63 | 5,5 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 153.** Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de azufre evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | | |
| 16 | 64,32 | 5 | 16,28 | A |  |  |  |
| 40 | 101,32 | 42 | 6,01 |  | B |  |  |
| 20 | 120,58 | 76 | 5,84 |  |  | C |  |
| 0 | 126,72 | 69 | 4,95 |  |  | C |  |
| 30 | 159,18 | 49 | 5,87 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 154.** Absorción total de nitrógeno de plantas de maíz suave para varias dosis de magnesio evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **N** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 20 | 88,48 | 50 | 5,52 | A |  |
| 15 | 90,92 | 5 | 16,28 | A |  |
| 10 | 100,81 | 58 | 8,6 | A |  |
| 30 | 145,1 | 5 | 16,28 |  | B |
| 0 | 148,39 | 123 | 3,51 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

# Nitrógeno

# Fósforo

# Potasio

# Azufre

# Magnesio

### Absorción de fósforo (Kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de fósforo, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de provincia, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio; mientras que no fueron significativos para dosis de fósforo y magnesio (Cuadro 155). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes con nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de fósforo fue 26,38 Kg ha-1; con un R2 de 0,63 y un coeficiente de variación fue de 31,82 %**.**

**Cuadro 155**. Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de fósforo de maíz suave, evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 25408,38 | 31 | 819,63 | 11,63 | <0,0001 | 63,31 |
| Provincia | 16090,52 | 2 | 8045,26 | 114,18 | <0,0001 | 40,09 |
| Dosis N | 1902,9 | 9 | 211,43 | 3 | 0,0022 | 4,74 |
| Dosis P | 851,23 | 6 | 141,87 | 2,01 | 0,0652 | 2,12 |
| Dosis K | 2966,61 | 6 | 494,44 | 7,02 | <0,0001 | 7,39 |
| Dosis S | 3304,83 | 4 | 826,21 | 11,73 | <0,0001 | 8,23 |
| Dosis Mg | 292,3 | 4 | 73,07 | 1,04 | 0,389 | 0,73 |
| Error | 14725,87 | 209 | 70,46 |  |  | 36,7 |
| Total | 40134,25 | 240 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 63,31 % de la variación observada en los datos; siendo el fósforo 2,12 % y el nitrógeno el nutriente con más importancia que explica el 4,74 % de la variación observada. Un 36,7% de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La provincia el potasio, azufre, explicaron el 40,09 %, 7,39 %, 8,23 % de la absorción total de fósforo respectivamente. El resto de nutrientes explicaron menos del 5% de la absorción total de nitrógeno. (Cuadro 156).

En los cuadros 156, 155, 156, 157, 158 y 159 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de fósforo por efecto de las localidades (provincia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 156.** Absorción total de fósforo en plantas de maíz suave evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| Bolívar | 18,48 | 90 | 1,15 | A |  |  |
| Chimborazo | 27,32 | 82 | 1,05 |  | B |  |
| Imbabura | 36,11 | 69 | 1,11 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 157.** Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de nitrógeno evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 140 | 20,41 | 35 | 1,54 | A |  |
| 27 | 23,79 | 1 | 8,43 | A | B |
| 0 | 26,19 | 74 | 1,06 | A | B |
| 21 | 27,6 | 1 | 8,43 | A | B |
| 150 | 30,28 | 4 | 4,26 |  | B |
| 120 | 30,54 | 78 | 1,11 |  | B |
| 200 | 31,69 | 4 | 4,32 |  | B |
| 50 | 32,38 | 11 | 2,9 |  | B |
| 100 | 33,46 | 32 | 1,59 |  | B |
| 60 | 46,96 | 1 | 8,43 |  | B |

**Cuadro 158.** Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de fosforo evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 70 | 20,58 | 38 | 1,66 |
| 15 | 27,6 | 1 | 8,43 |
| 30 | 29,18 | 19 | 2,17 |
| 60 | 29,3 | 84 | 1,12 |
| 0 | 29,6 | 73 | 1,1 |
| 50 | 30,72 | 20 | 1,89 |
| 40 | 35,02 | 5 | 3,88 |
| 46 | 58,46 | 1 | 8,43 |

**Cuadro 159.** Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de potasio evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 20 | 18,37 | 55 | 2,14 | A |  |
| 40 | 26,06 | 12 | 2,45 | A | B |
| 5 | 27,6 | 1 | 8,43 | A | B |
| 60 | 28,45 | 63 | 1,28 |  | B |
| 0 | 30,04 | 60 | 1,16 |  | B |
| 50 | 31,98 | 6 | 3,44 |  | B |
| 30 | 36,29 | 43 | 1,38 |  | B |
| 10 | 41,88 | 1 | 8,43 |  | B |

**Cuadro 160.** Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de azufre evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd** | **0,05** |  |
| 16 | 8,69 | 5 | 3,77 | A |  |  |  |
| 40 | 20,18 | 42 | 1,39 |  | B |  |  |
| 0 | 30,39 | 69 | 1,15 |  |  | C |  |
| 20 | 30,47 | 76 | 1,35 |  |  | C |  |
| 30 | 36,74 | 49 | 1,36 |  |  |  | D |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

**Cuadro 161.** Absorción total de fósforo de plantas de maíz suave para varias dosis de magnesio evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 10 | 20,06 | 58 | 1,99 |
| 20 | 23,21 | 50 | 1,28 |
| 15 | 31,36 | 5 | 3,77 |
| 0 | 33,18 | 123 | 0,81 |
| 30 | 37,55 | 5 | 3,77 |

El promedio de la prueba sin adición de magnesio muestra valores promedios superiores a las pruebas con dosis de 10, 15 y 20 medidas.

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de fósforo en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura se observa en la siguiente figura:

# Potasio

# Azufre

Efecto de los macronutrientes a) potasio, b) azufre absorción de fósforo en maíz suave en las provincias Bolívar, Chimborazo de Imbabura (2006-2015).

### Absorción de potasio (kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de potasio, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de provincia, nitrógeno, potasio y azufre; mientras que no fueron significativos para dosis de, fósforo, magnesio (Cuadro 162). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes nitrógeno, potasio y azufre afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de potasio fue 115,31 Kg ha-1; con un R2 de 0,39 y un coeficiente de variación fue de 41,6 %**.**

**Cuadro 162.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de potasio de maíz suave, evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 312055,71 | 31 | 10066,31 | 4,38 | <0,0001 | 39,36 |
| Provincia | 89876,34 | 2 | 44938,17 | 19,53 | <0,0001 | 11,34 |
| Dosis N | 104077,71 | 9 | 11564,19 | 5,03 | <0,0001 | 13,13 |
| Dosis P | 26765,45 | 6 | 4460,91 | 1,94 | 0,076 | 3,38 |
| Dosis K | 56215,42 | 6 | 9369,24 | 4,07 | 0,0007 | 7,09 |
| Dosis S | 30047,93 | 4 | 7511,98 | 3,27 | 0,0127 | 3,79 |
| Dosis Mg | 5072,85 | 4 | 1268,21 | 0,55 | 0,6983 | 0,64 |
| Error | 480789,07 | 209 | 2300,43 |  |  | 60,64 |
| Total | 792844,77 | 240 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 39,36 % de la variación observada en los datos; siendo el potasio 7,09 % y el nitrógeno el nutriente con más importancia que explica el 13,13 % de la variación observada. Un 60,64 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La provincia y el azufre explicaron el 11,34 y 3,79 % de la absorción total de potasio, respectivamente. El resto de nutrientes explicaron menos del 5% de la absorción total de nitrógeno (Cuadro 163).

En los cuadros siguientes se presentan los promedios y el error estándar de absorción de potasio por efecto de las localidades (provincia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 163.** Absorción total de potasio en plantas de maíz suave, evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Chimborazo | 92,74 | 82 | 6 | A |  |
| Bolívar | 134,19 | 90 | 6,56 |  | B |
| Imbabura | 135,44 | 69 | 6,32 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 164.**  Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 27 | 66,09 | 1 | 48,19 | A |  |
| 0 | 85,13 | 74 | 6,07 | A |  |
| 21 | 100,17 | 1 | 48,19 | A | B |
| 100 | 118,46 | 32 | 9,09 | A | B |
| 140 | 120,41 | 35 | 8,77 | A | B |
| 200 | 128,91 | 4 | 24,7 | A | B |
| 120 | 133,08 | 78 | 6,32 | A | B |
| 150 | 133,87 | 4 | 24,34 | A | B |
| 60 | 140,3 | 1 | 48,19 | A | B |
| 50 | 171,27 | 11 | 16,56 |  | B |

**Cuadro 165.** Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de fosforo evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 50 | 90,44 | 20 | 10,82 |
| 15 | 100,17 | 1 | 48,19 |
| 0 | 104,23 | 73 | 6,27 |
| 70 | 113,12 | 38 | 9,51 |
| 30 | 117,43 | 19 | 12,39 |
| 60 | 123,97 | 84 | 6,42 |
| 40 | 145,75 | 5 | 22,15 |
| 46 | 287,12 | 1 | 48,19 |

**Cuadro 166.** Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | |
| 40 | 81,17 | 12 | 14 | A |  |
| 20 | 98 | 55 | 12,23 | A |  |
| 5 | 100,17 | 1 | 48,19 | A | B |
| 0 | 101,83 | 60 | 6,65 | A | B |
| 50 | 115,44 | 6 | 19,68 | A | B |
| 60 | 127,87 | 63 | 7,29 |  | B |
| 30 | 135,36 | 43 | 7,86 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 167.** Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. Dosis de Potasio empleada en el ensayo

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 16 | 46,63 | 5 | 21,55 | A |  |  |
| 40 | 102,81 | 42 | 7,96 |  | B |  |
| 20 | 113,23 | 76 | 7,74 |  | B |  |
| 0 | 117,8 | 69 | 6,55 |  | B |  |
| 30 | 137,32 | 49 | 7,78 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 168.** Absorción total de potasio en plantas de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015. Dosis de Potasio empleada en el ensayo

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |
| 10 | 91,35 | 58 | 11,39 |
| 20 | 100,29 | 50 | 7,31 |
| 15 | 113,69 | 5 | 21,55 |
| 0 | 124,85 | 123 | 4,65 |
| 30 | 148 | 5 | 21,55 |

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de potasio en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

1. Potasio

# 

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno b) potasio sobre la absorción de potasio en maíz suave en las provincias Bolívar, Chimborazo de Imbabura (2006-2015).

### Absorción de azufre (kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de azufre, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de provincia, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio (Cuadro 169). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes y el efecto ambiental de las provincias afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de azufre fue 11,16 Kg ha-1; con un R2 de 0,54 y un coeficiente de variación de 74,21 %**.**

**Cuadro 169.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de azufre de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura (2006-2015).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 16957,24 | 31 | 547,01 | 7,97 | <0,0001 | 54,18 |
| Provincia | 7594,22 | 2 | 3797,11 | 55,34 | <0,0001 | 24,26 |
| Dosis N | 4309,71 | 9 | 478,86 | 6,98 | <0,0001 | 13,77 |
| Dosis P | 1139,49 | 6 | 189,91 | 2,77 | 0,0131 | 3,64 |
| Dosis K | 884,42 | 6 | 147,4 | 2,15 | 0,0494 | 2,83 |
| Dosis S | 1183,33 | 4 | 295,83 | 4,31 | 0,0023 | 3,78 |
| Dosis Mg | 1846,07 | 4 | 461,52 | 6,73 | <0,0001 | 5,90 |
| Error | 14340,23 | 209 | 68,61 |  |  | 45,82 |
| Total | 31297,48 | 240 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 54,18 % de la variación observada en los datos. El azufre explicó el 3,78 % y el nitrógeno, el nutriente con más importancia, explicó el 13,77 % de la variación observada. Un 45,85 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La provincia, el fósforo, potasio y magnesio explicaron el 24,26%, 3,64 %, 2,83 %, 5,90 % de la absorción total de azufre respectivamente (Cuadro 169).

En los cuadros 170, 171, 172, 173, 174 y 175 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de azufre por efecto de las localidades (provincia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 170.** Absorción total de azufre en plantas de maíz suave, evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| Bolívar | 5,18 | 90 | 1,13 | A |  |  |
| Chimborazo | 9,23 | 82 | 1,04 |  | B |  |
| Imbabura | 18,78 | 69 | 1,09 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 171.** Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 27 | 8,26 | 1 | 8,32 | A |  |
| 21 | 10,12 | 1 | 8,32 | A |  |
| 140 | 10,38 | 35 | 1,52 | A |  |
| 100 | 10,42 | 32 | 1,57 | A |  |
| 0 | 11,37 | 74 | 1,05 | A |  |
| 150 | 11,53 | 4 | 4,2 | A |  |
| 50 | 12,21 | 11 | 2,86 | A |  |
| 200 | 12,31 | 4 | 4,27 | A |  |
| 120 | 14,89 | 78 | 1,09 | A |  |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 172.** Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** |
| 50 | 7,08 | 20 | 1,87 | A |
| 70 | 9,82 | 38 | 1,64 | A |
| 15 | 10,12 | 1 | 8,32 | A |
| 40 | 12,21 | 5 | 3,82 | A |
| 0 | 13,1 | 73 | 1,08 | A |
| 60 | 13,55 | 84 | 1,11 | A |
| 30 | 14,33 | 19 | 2,14 | A |
| 46 | 18,44 | 1 | 8,32 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 173.** Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 20 | 8,66 | 55 | 2,11 | A |  |
| 40 | 8,84 | 12 | 2,42 | A |  |
| 5 | 10,12 | 1 | 8,32 | A | B |
| 10 | 11,27 | 1 | 8,32 | A | B |
| 0 | 12,88 | 60 | 1,15 | A | B |
| 30 | 12,91 | 43 | 1,36 | A | B |
| 50 | 13,28 | 6 | 3,4 | A | B |
| 60 | 15,45 | 63 | 1,26 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 174.** Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | | |
| 40 | 5,25 | 42 | 1,37 | A |  |  |  |
| 16 | 5,92 | 5 | 3,72 | A | B |  |  |
| 20 | 10,19 | 76 | 1,34 |  | B |  |  |
| 0 | 14,11 | 69 | 1,13 |  |  | C |  |
| 30 | 17,18 | 49 | 1,34 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 175.**  Absorción total de azufre en plantas de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** |  | **Lsd 0,05** |  |
| 20 | 4,91 | 50 | 1,26 | A |  |  |
| 10 | 9,24 | 58 | 1,97 |  | B |  |
| 15 | 13 | 5 | 3,72 |  | B | C |
| 30 | 13,18 | 5 | 3,72 |  | B | C |
| 0 | 15,61 | 123 | 0,8 |  |  | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto de los nutrientes que fueron significativos (p<0,001) sobre la absorción de azufre en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

# Magnesio

Efecto de los macronutrientes a) nitrógeno, b) magnesio sobre la absorción de azufre en maíz suave en las provincias Bolívar, Chimborazo de Imbabura (2006-2015)

### Absorción de magnesio (kg/ha-1)

Al utilizar el modelo estadístico para la absorción total de magnesio, se detectaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) para las fuentes de variación de provincia, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio (Cuadro 176). Por lo tanto, las dosis de los fertilizantes afectaron a esta variable. El promedio general de la absorción total de magnesio fue 19,61 Kg ha-1; con un R2 de 0,51 y un coeficiente de variación fue de 35,13 %**.**

**Cuadro 176.** Análisis de la Varianza (SC tipo I) y porcentaje de varianza para absorción de magnesio de maíz suave en grano seco, evaluado (Consolidado) en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F.V.** | **SC** | **gl** | **CM** | **F** | **p-valor** | **Varianza %** |
| Modelo | 10217,23 | 31 | 329,59 | 6,95 | <0,0001 | 50,75 |
| Provincia | 2343,38 | 2 | 1171,69 | 24,7 | <0,0001 | 11,64 |
| Dosis N | 2695,98 | 9 | 299,55 | 6,32 | <0,0001 | 13,39 |
| Dosis P | 896,54 | 6 | 149,42 | 3,15 | 0,0056 | 4,45 |
| Dosis K | 1224,63 | 6 | 204,11 | 4,3 | 0,0004 | 6,08 |
| Dosis S | 1690,53 | 4 | 422,63 | 8,91 | <0,0001 | 8,40 |
| Dosis Mg | 1366,17 | 4 | 341,54 | 7,2 | <0,0001 | 6,79 |
| Error | 9913,34 | 209 | 47,43 |  |  | 49,25 |
| Total | 20130,58 | 240 |  |  |  |  |

El modelo estadístico establecido explica el 50,75 % de la variación observada en los datos; siendo el magnesio 6,79 % y el nitrógeno el nutriente con más importancia que explicó el 13,39 % de la variación observada. Un 49,25 % de la variación se les atribuyó a efectos aleatorios que el modelo no pudo explicar (error). La provincia el fósforo, potasio, azufre, explicaron el 11,64 %, 4,45 %, 6,08 % y 8,40% de la absorción total de potasio respectivamente (Cuadro 178).

En los cuadros 177, 178, 179, 180, 181 y 182 se presentan los promedios y el error estándar de absorción de magnesio por efecto de las localidades (provincia) y los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio con su respectiva prueba de Lsd Fisher (alfa=0,05).

**Cuadro 177.** Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave evaluadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Provincia** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| Chimborazo | 17,49 | 82 | 0,86 | A |  |
| Bolívar | 18,67 | 90 | 0,94 | A |  |
| Imbabura | 23,29 | 69 | 0,91 |  | B |

**Cuadro 178.** Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de nitrógeno evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis N (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 21 | 14,31 | 1 | 6,92 | A |  |
| 0 | 16,33 | 74 | 0,87 | A |  |
| 27 | 18,78 | 1 | 6,92 | A |  |
| 100 | 19,41 | 32 | 1,3 | A |  |
| 140 | 21,16 | 35 | 1,26 | A |  |
| 150 | 21,7 | 4 | 3,49 | A |  |
| 120 | 22,34 | 78 | 0,91 | A |  |
| 200 | 23,11 | 4 | 3,55 | A |  |
| 50 | 24,39 | 11 | 2,38 | A |  |

**Cuadro 179.** Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de fósforo evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis P(kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 15 | 14,31 | 1 | 6,92 | A |  |
| 50 | 14,83 | 20 | 1,55 | A |  |
| 60 | 19,81 | 84 | 0,92 | A |  |
| 0 | 19,85 | 73 | 0,9 | A |  |
| 70 | 20,23 | 38 | 1,37 | A |  |
| 40 | 22,77 | 5 | 3,18 | A | B |
| 30 | 24,72 | 19 | 1,78 | A | B |
| 46 | 37,58 | 1 | 6,92 |  | B |

**Cuadro 179.** Absorción totalde magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de potasio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis K (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 5 | 14,31 | 1 | 6,92 | A |  |
| 20 | 16,14 | 55 | 1,76 | A |  |
| 0 | 19,3 | 60 | 0,95 | A |  |
| 50 | 19,35 | 6 | 2,83 | A |  |
| 40 | 19,99 | 12 | 2,01 | A |  |
| 60 | 20,03 | 63 | 1,05 | A |  |
| 30 | 22,58 | 43 | 1,13 | A |  |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 180.** Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de azufre evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis S (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd 0,05** | | | |
| 16 | 8,26 | 5 | 3,09 | A |  |  |  |
| 40 | 17,09 | 42 | 1,14 |  | B |  |  |
| 20 | 19,16 | 76 | 1,11 |  | B | C |  |
| 0 | 21,03 | 69 | 0,94 |  |  | C | D |
| 30 | 23,32 | 49 | 1,12 |  |  |  | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Cuadro 181.** Absorción total de magnesio en plantas de maíz suave para diversas dosis de magnesio evaluado en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura 2006-2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dosis Mg (kg ha-1)** | **Medias** | **n** | **Error estándar** | **Lsd** | **0,05** |
| 20 | 14,03 | 50 | 1,05 | A |  |
| 30 | 15,61 | 5 | 3,09 | A |  |
| 10 | 15,9 | 58 | 1,64 | A |  |
| 15 | 19,11 | 5 | 3,09 | A | B |
| 0 | 23,41 | 123 | 0,67 |  | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El efecto de los nutrientes que fueron significativos sobre la absorción de magnesio en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura se observa en la siguiente figura:

# Nitrógeno

1. Potasio

# Azufre

# Magnesio

## Análisis consolidado de los resultados

**Rendimiento (t/ha-1)**

La principal variable analizada en el presente estudio sobre la respuesta de los fertilizantes en el cultivo de maíz es el rendimiento de grano seco expresado en t ha-1. A continuación, se realiza una discusión comparativa entre los resultados de los ensayos analizados, conducidos entre el 2006 al 2015 que presentó cada provincia y los datos reportados por el MAG, INIAP y varios investigadores.

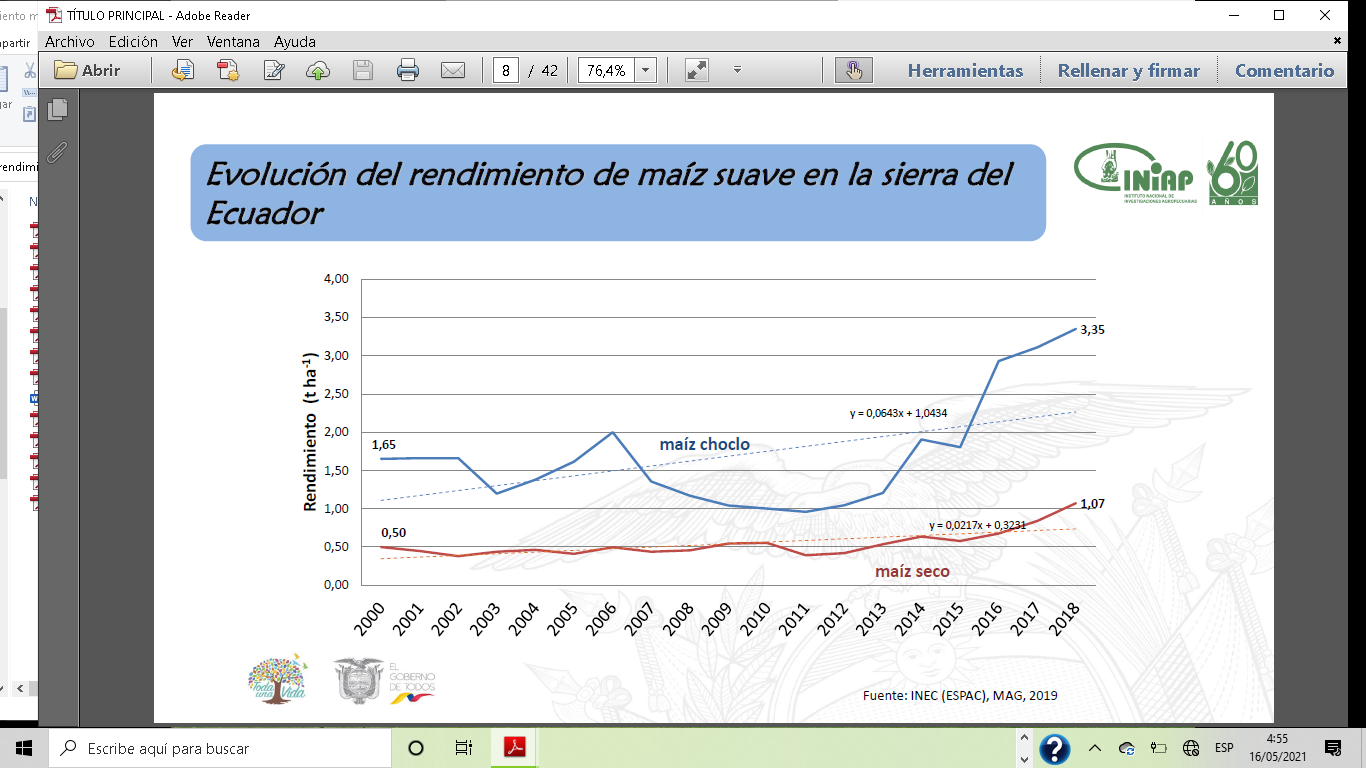
El rendimiento promedio alcanzado en el presente estudio fue de 4.29t ha-1, con una desviación estándar de 0.68 t ha-1. Este valor es superior con relación al rendimiento nacional que se encuentra 1,37; (ver cuadro 12).

**Cuadro 182.** Rendimiento promedio de maíz en grano seco obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015.

|  |  |
| --- | --- |
| PROVINCIA | RENDIMIENTO (t ha) |
| Bolívar | 3,79 |
| Chimborazo | 4,59 |
| Imbabura | 4,59 |
| Promedio | 4,29 |

Los rendimientos promedios obtenidos fueron iguales entre las Provincias de Imbabura y Chimborazo, pero diferentes con la provincia de Bolívar (Cuadro 183), la misma que registra una diferencia de 0,80 (t ha-1) en relación a Imbabura. Los resultados de rendimiento concuerdan con los publicados por diversas fuentes como los consolidados del INIAP a nivel nacional en la zona de la Sierra en diversas locaciones (INIAP, 2017).

**Figura 2.** Evolución del rendimiento de maíz suave en la Sierra del Ecuador



**Fuente:** (Zambrano, 2019)

Zambrano muestra la evolución del rendimiento del maíz suave en la Sierra del Ecuador (Zambrano, 2019). Estos datos podrían emplearse para compararlos con los obtenidos en la base de datos del INIAP. El reporte muestra que entre los años 2000 y 2018 existió un ligero incremento en cuanto al rendimiento por hectárea del maíz suave en seco. La producción en el 2000 fue de 0.50 t ha-1 y el pico más alto fue en el 2018 con 1.07 t ha-1

De acuerdo al (INIAP, 2017) factores como suelos pobres, bajos nutrientes, sin rotación, dependientes de la lluvia son los responsables de los bajos rendimientos del maíz suave en la zona andina con rendimientos que bordean en el nivel más bajo, hasta valores de 0.8 t ha-1. Sin embargo, en el presente estudio los rendimientos promedios de los ensayos estuvieron muy por encima del promedio reportado por el MAG para las provincias analizadas (Cuadro 184). Esto pudo deberse a que los ensayos cumplieron con todas las recomendaciones de las buenas prácticas agrícolas, realizando un manejo adecuado de las parcelas de investigación. Muchos agricultores no utilizan buenas prácticas agrícolas. Esto sugiere que los agricultores pueden incrementar sus rendimientos si realizan las labores de manejo adecuadas.

**Cuadro 183.** Rendimiento de maíz suave en grano seco en tres provincias de la sierra del Ecuador (Bolívar, Chimborazo e Imbabura) durante el periodo 2012-2015

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **PROVINCIAS** | **Rendimiento**  **2012 t ha-1** | **Rendimiento**  **2014 t ha-1** | **Rendimiento**  **2015 t ha-1** |
| Bolívar | 1.16 | 2.88 | 2.76 |
| Chimborazo | 1.21 | 1.76 | 2.21 |
| Promedio Nacional | 1.05 | 1.91 | 1.97 |

**Fuente:** (MAG, 2013-2014-2017)

El (INIAP, 2019) ha publicado el rendimiento esperado en las diversas variedades experimentales de maíz suave en la Sierra en diferentes localidades:

**Cuadro 184.** Rendimiento de maíz suave en grano seco de variedades mejoradas por el INIAP.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **VARIEDAD** | **LOCALIDADES SIERRA** | **RENDIMIENTO (t ha-1)** |
| INIAP-122 Chaucho mejorado | Provincia Imbabura | 3,8 |
| INIAP-101 Choclo blanco harinoso | Clima templado | 3,5 |
| INIAP-130-131 Chillos mejorado | Valle de los Chillos (Pichincha) | 4,1 |
| INIAP-153 Zhima mejorado | Provincias de Cañar y Azuay | 3,5 |
| Promedio Variedades Experimentales |  | 3.98 |

**Fuente:** (INIAP, 2019)

Comparando las variedades experimentales, presentadas por él (INIAP, 2019) se aprecia que la variedad INIAP-122 Chaucho mejorado (3.80 tha-1) tuvo un rendimiento inferior en un 0.79 t ha-1 a las variedades empleadas en el estudio, donde se tiene un rendimiento en la provincia de Imbabura equivalente a 4.59 tha-1 (Cuadro 185).

Se podría aún más comparar el promedio registrado de las diversas variedades experimentales del INIAP (2019), que equivale a 3.98 t ha-1, con cada uno de los rendimientos de las provincias estudiadas (Cuadro 186).

**Cuadro 185.** Comparativo entre el rendimiento de maíz suave obtenido en la investigación actual y el INIAP (2019)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Provincia** | **Rendimiento obtenido en el presente estudio (t ha-1)** | **Promedio variedades experimentales INIAP en catálogos** | **Diferencia** |
| Bolívar | 3,79 | 4.04 | -0.19 |
| Chimborazo | 4,59 | 4.14 | 0.61 |
| Imbabura | 4,59 | 3.83 | 0.61 |
| PROMEDIO | 4,29 | 4.00 | 0.31 |

**Fuente:** (INIAP, 2019) (Silva et al 1997; Yánez et al 2013a; Yánez 2013)

En el análisis evidenció que existen diferencias menores en cuanto al rendimiento promedio de los ensayos de maíz suave del (INIAP, 2019) con los rendimientos en las tres provincias, donde se nota que solo en el caso de la provincia de Bolívar, los ensayos del INIAP demuestran un rendimiento superior en 0.19 t ha-1, en cambio que frente a los rendimientos de las provincias de Chimborazo e Imbabura, el promedio de los ensayos es menor en 0.61 t ha-1, con lo que se puede concluir que el rendimiento del cultivo de maíz suave observado en los años de estudio es representativo.

Se demostró también que el efecto de la localidad (ya sea cantón o provincia, atribuido al ambiente) influyó en el rendimiento del maíz suave, a pesar de que se trata de tres provincias de la Sierra ecuatoriana con condiciones ambientales similares.

El N fue el nutriente más importante y explicó el 33,49% de la variación observada en el análisis combinado. Estos resultados concuerdan por lo expresado por (Alvarado, 2011) que indica que el nitrógeno es el elemento más importante para el cultivo de maíz.

### Absorción de nitrógeno (Kg/ha-1)

El promedio general (consolidado) para la absorción de este nutriente (nitrógeno) en este estudio fue de 124,06 kg/ha Según Agritotal sf el maíz requiere alrededor de 20 a 25 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. Por ello, para producir por ejemplo 10 t/ha de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 200 a 250 kg de N/ha absorbidos por el cultivo. Tomando esta información, para producir las 4,29 toneladas obtenidas en promedio en el presente estudio, el maíz debió absorber entre 85.8 y 107.25 kg de N/ha El promedio encontrado en este estudio fue superior (124.06 kg de N/ha), que podría explicarse debido a que Agritotal se refiere a híbridos evaluados en ciclos de cultivo de 4 meses. En este experimento se evaluaron variedades y con ciclos de cultivo de 9 meses. Las condiciones ambientales seguramente fueron también diferentes.

**Figura 3**. Promedio de absorción de nitrógeno en Kg ha-1 en el cultivo de maíz en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015.

### Absorción de fósforo (Kg/ha-1)

El estudio realizado, en promedio para la absorción de fosforo se obtuvo 26.38 Kg ha-1 con un error estándar de 4.08, y con un rendimiento de 4.29 t ha-1.

Según determinó Alvarado en el 2011, la absorción de nutrientes bajo un manejo del agricultor es de 15.8 kg ha-1, mientras con la fertilización completa la absorción de fosforo fue de 24.6 kg ha-1y un rendimiento de 5.5 t ha-1. Los resultados del experimento ejecutado tienen una semejanza los datos citados por Alvarado en el 2011, con una mínima diferencia, que posiblemente se debe a las variaciones del cambio climático y desequilibrio nutricional que existe en los suelos de cada provincia en estudio.

**Figura 4.** Promedio de la absorción de fosforo en el cultivo de maíz en kg ha-1 en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 ensayos entre el 2006 al 2015.

### Absorción de potasio (Kg/ha-1)

El estudio realizado para la absorción de potasio, como promedio general se obtiene 115.31 Kg ha-1 con un error estándar de 17.68, un rendimiento de 4.29 t ha-1.

Según determinó Alvarado en el 2011, la absorción de nutrientes bajo un manejo del agricultor es de 67.4 Kg ha- mientras con la fertilización completa la absorción de potasio fue de 149 Kg ha-1 en un rendimiento de 5.5 t ha-1. Los datos citados por Alvarado en el 2011 tienen una mínima diferencia con los reportados en este estudio. Esto posiblemente se debió a variaciones del cambio climático y diferencias nutricionales que existe en los suelos de cada provincia en estudio.

**Figura 5.** Promedio de la absorción de potasio en el cultivo de maíz en Kg ha-1 en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015.

### Absorción de azufre (Kg/ha-1)

El estudio realizado se obtuvo un promedio de absorción de azufre de 11.16 Kg ha-1 con un error estándar de1.28, y un rendimiento de 4.29 t ha-1.

Según determinó Alvarado en el 2011, bajo un manejo de fertilización completa la absorción de azufre fue de 13 Kg ha-1 con un rendimiento de 5.5 t ha-1. Los resultados de experimento ejecutado tienen una semejanza los datos citados por Alvarado en el 2011. La mínima diferencia es posiblemente debido a variaciones de clima y diferencias nutricionales que existe en los suelos de cada provincia en estudio.

**Figura 6.** Promedio de la absorción de azufre en Kg ha-1 en el cultivo de maíz en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015.

### Absorción de magnesio (Kg/ha-1)

El cultivo de maíz, en promedio, absorbió 19.61 Kg ha-1 de magnesio, con un error estándar de 2.63, y un rendimiento de 4.29 t ha-1.

Según determinó Alvarado en el 2011, la absorción de magnesio fue de 26 Kg ha-1 con un rendimiento de 5.5 t ha-1. Los resultados de experimento ejecutado tienen una semejanza los datos citados por Alvarado en el 2011, pero existe una mínima diferencia, que posiblemente fue afectado por variaciones del cambio climático y diferencias nutricionales que existe en los suelos de cada provincia en estudio.

**Figura 7.** Promedio de la absorción de magnesio en Kg ha-1 en el cultivo de maíz en las provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015.

**Cuadro 186.** Porcentaje de Varianza explicada por GLM sobre el rendimiento observado en el cultivo de maíz en tres provincias de la Sierra del Ecuador. 2006-2015.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Varianza explicada por GLM** | | | | |
| Fuente de variación | Bolívar | Imbabura | Chimborazo | Combinado |
| Cantón/Provincia/Parroquia | 2,4 | 46,28 | 10,28 | 6,85 |
| Dosis de Nitrógeno | 41,58 | 21,21 | 39,36 | 31,49 |
| Dosis de Fósforo | 7,97 | 0,57 | 3,65 | 2,99 |
| Dosis de Potasio | 5,49 | 20,86 | 6,19 | 10.84 |
| Dosis de Azufre | 0,6 | 0,87 | 2,01 | 0,57 |
| Dosis de Magnesio | 0,66 | 2,31 | 1,05 | 0,52 |
| Error ambiente | 36,48 | 7,91 | 37,46 | 54,06 |

De acuerdo a la varianza explicada (Cuadro 187), se comprobó que el nitrógeno es el nutriente más relevante en las tres provincias del país, siendo responsable por el 31.49% en promedio (Combinado). El siguiente nutriente en importancia es potasio, que explicó el 10.84 %. El error (ambiente) fue responsable por un 54.06 %, en promedio, de la variación observada en el rendimiento.

**Cuadro 187**. Efecto de diversas fuentes de variación sobre el rendimiento de maíz suave provincias de Bolívar, Chimborazo y de Imbabura obtenidas en 242 parcelas entre el 2006 al 2015.

# COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Después de concluir con el análisis de los datos de las 242 parcelas del INIAP, los resultados obtenidos nos indican que la respuesta del efecto de la fertilización de macronutrientes sobre el rendimiento del maíz suave en las tres provincias es diferente y depende de la variedad y del efecto ambiental (provincia), lo cual corresponde a la afirmación de la hipótesis alterna.

La respuesta de los macronutrientes sobre el rendimiento del cultivo de maíz suave fue diferente para cada elemento químico analizado, por lo cual se acepta la hipótesis alterna, que indica que el rendimiento del maíz, depende de la localidad, la variedad y los niveles de elementos nutrimentales empleados.

De manera general, se puede concluir que el efecto de la fertilización sobre el rendimiento del maíz suave en las provincias de Imbabura, Bolívar y Chimborazo, varían de acuerdo a la provincia donde que se desarrolla el cultivo, siendo el nitrógeno el principal nutriente para el rendimiento del cultivo.

# 

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones

* Se generó una base datos en Excel provenientes de 26 archivos recibidos del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. La base de datos contiene 25 columnas o variables y 242 casos o parcelas, con información de ensayos de maíz suave de tres provincias de la Sierra del Ecuador (Bolívar, Imbabura y Chimborazo), durante los años 2006 al 2015.
* Se realizó el análisis de la respuesta de rendimiento del maíz a la aplicación de macronutrientes en las provincias de Bolívar, Imbabura y Chimborazo, siendo el nitrógeno el elemento más importante, explicando el 31.49% de la variación observada en el rendimiento. Como segundo elemento en importancia se identificó al potasio con el 3.53% de la variación, seguidos de fósforo con 2.99 %, azufre con 0.57% y el magnesio 0.52%. El fósforo, azufre y magnesio no tuvieron una incidencia significativa (p>0.05) sobre el rendimiento de maíz suave.
* En la provincia de Bolívar, el cultivo de maíz suave absorbió en promedio 102 kg ha-1 de nitrógeno,17.55 kg ha-1 de fosforo, 121,14 kg ha-1 de potasio, 6.31 kg ha-1 de azufre y 17.69 kg ha-1 de magnesio, y obtuvo un promedio de rendimiento de grano de 3.79 t ha-1.
* En la provincia de Imbabura, el cultivo de maíz suave absorbió en promedio 167.60 kg ha-1 de nitrógeno, 37.85 kg ha-1 de fosforo, 137.69 kg ha-1 de potasio, 19.81 kg ha-1 de azufre y 24.53 kg ha-1 de magnesio, y obtuvo un promedio de rendimiento de grano de 4.59 t ha-1.
* En la provincia de Chimborazo, el cultivo de maíz suave absorbió en promedio 111.25 kg ha-1 de nitrógeno, 26.42 kg ha-1 de fosforo, 90.07 kg ha-1 de potasio, 9.21 kg ha-1 de azufre y 17.56 kg ha-1 de magnesio, y obtuvo un promedio de rendimiento de grano de 4.59 t ha-1.
* En el promedio general de las tres provincias, el cultivo de maíz suave absorbió 124.06 kg ha-1 de nitrógeno, 26.38 kg ha-1 de fosforo, 115.31 kg ha-1 de potasio, 11.16 kg ha-1 de azufre y 19.61 kg ha-1 de magnesio, y obtuvo un promedio de rendimiento de grano de 4.29 t ha-1.

## Recomendaciones

* Al ser el ambiente uno de los principales factores que influencian el rendimiento del cultivo de maíz suave en la Sierra del Ecuador, se recomienda estudiar el efecto de las precipitaciones, humedad ambiental, potencial de evapotranspiración y otros en investigaciones subsecuentes.
* Se recomienda expandir el análisis en el resto de provincias de la Sierra del país.
* Dar capacitación constante a los productores para el buen manejo y producción de maíz.
* Analizar el efecto de los nano fertilizantes y fertilizantes de lenta liberación sobre el rendimiento del cultivo de maíz suave.

# BIBLIOGRAFÍA

Acosta. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos Tropicales. Obtenido de CEVASEG: http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos\_07/folleto\_maiz\_07. pdf

Acticimex. (2018). Obtenido de <https://www.anticimex.com/esES/>plagas/ identificador-plagas/gorgojos/

AgroEs. (2018). El Nitrógeno, papel en la alimentación de las plantas. Obtenido de http://www.agroes.es/agricultura/abonos/117-nitrogenofuncion-en-la-alimentacion-de-las-plantas

Agropecuarias, I. N. (2011). INIAP. Obtenido de Boletín técnico N°150 “Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Programa de Maíz. EESC.

Aldrich, S. (2000). Producción moderna de maíz. Buenos Aires: Hemisferio Sur.

Alvarado, (2011). Metodología de análisis físico químico de suelos, aguas y foliares. Tercera aproximación. Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental Santa Catalina.

Arévalo. (2017). Determinación de las cantidades de carbono y nitrógeno presentes en lombricompóst producido a partir de dos diferentes sustratos (material vegetal y estiercol de caballo). (Tesis de licenciatura). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.

Banco Central del Ecuador. (2020). Reporte de coyuntura sector agropecuario. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/> Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc202003.pdf#page=29&zoom=100,81,506

Basantes. (2010). Guía técnica para la producción de maíz en Honduras. Programa nacional de maíz. Omonita. Cortes.

Brizuela, L.(2004). . Guía técnica para la producción de maíz en Honduras. Programa nacional de maíz.

Calva. (2012). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de Salamanca.

Castañeda, & Sánchez, A. y. (2003). Investigación Efecto de la dosis y forma de colocación del potasio sobre la concentración foliar de macro elementos en el tomate (Lycopersicon esculentum Mill.

Caviedes, M. (2002). . Nueva Variedad de Maíz Blanco Harinoso Tardío INIAP-111. Boletín divulgativo No. 163. Programa de Maíz, Estación Experimental Santa Catalina.

CIA. (2014). Acidez de suelos y uso de enmiendas. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Nota%20t%C3%A9cnica%201-2014_Acidez> %20de%20suelos%20y%20uso%20de%20enmiendas.pdf

CIMMYT, C. I. (2004). En Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo.

Dobermann, A. &. (2000). Arroz: Desordenes nutricionales y manejo de nutrientes.

Ecured. (2018). Obtenido de https://www.ecured.cu/Gusano\_de\_la\_mazorca

Elizondo. (2006). El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. Agronomía mesoamericana.

Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería. (2010). Obtenido de https://www.agricolajerez.com/es/product/enciclopedia-practica-de-la-agricultura-y-la-ganaderia

Espinosa, G. &. (2009). Herramientas para mejorar el uso de nuytrientes en el maíz. Costa Rica: IPNI.

Espinoza. (2010). Tendencia en el manejo sostenible de la fertilidad del suelo. Santo Domingo - Ecuador.

Fabara. (2012). Manual de capacitación para la formación de promotores rurales en protección de cultivos.

Ferraris, C. (2013). Fertilizantes fosforados en Maíz: Comparación de fuentes, dosis y formas de localización. Obtenido de <https://www.engormix.com/> agricultura/articulos/fertilizantesfosforadosmaiz-comparacion-t30495.htm

Fertilizantes Químicos Comerciales, S. A. (2000). FERTIQUIM. México.

Germinia. (2010). Nitrógeno y fósforo. Obtenido de www.germinia.cl

Guillermo, (2008). Desarrollo e implementacion informática de un sistema de acsenso de nivel para los profesores de la ESPOL. . Guayaquil.

Halvin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). Sulfur, Calcium, and Magnesium. Soil fertility and Fertilizers. Pearson.

Havlin, J. B. (2005). Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. New Jersey: Pearson Printice Hall.

Infoagro. (2012). El cultivo del maíz. Obtenido de [www.infoagro.com/](http://www.infoagro.com/) herbaceos/ cereales/maiz.asp

INIAP. (2011). Boletín técnico N°150 “Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Programa de Maíz. Quito-Ecuador: EESC.

INIAP. (2012).Obtenido de [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/ 41000/853/](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/%2041000/853/)

1/iniapscP.A282e2012.pdf

INIAP. (2017). Obtenido de boletin tecnico 150:[http://nla.ipni.net/ipniweb/ region /](http://nla.ipni.net/ipniweb/%20region%20/)nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a

5300510c6d/$FILE/M%20Nutrientes.pdf

INIAP, s. (s.f.). Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras guía No. 96. Obtenido de <file:///C:/Users/Alexandra/> Downloads/iniapscg96.pdf

Instituto Valenciano de Exportación, I. (2003). Obtenido de <http://www.comercio> exterior.es/es/actioncontinguts.continguts+subsubcat251/comercio+internacional/Reexporta/Publicidad.htm: (IVEX).

Iñón. (2018). Ciclo del Nitrógeno. Obtenido de <http://www.iib.unsam.edu>.ar/ archivos/docencia/licenciatura/biotecnolo gia/2018/ QuimicaBiol/1528215 167.pdf

Kafkafi, S. K. (2000). Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences, Rehovo. Israel.

Lara. (2016). Ciclo del Nitrógeno . Obtenido de http://ambienteysaludciclodel nitrogeno.blogspot.com/2016/04/fasesdel-ciclo-del-nitrogeno.html

Lehninger, A. N. (2005). Principles of biochemistry. W. H. Freeman.

MAG. (2013-2014-2017). Boletín situacional del maíz suave choclo. Ecuador: SIPA-MAGAP.

Marin. (2011). Edafología 1 (Primera ed.). Caldas, Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A.

Mayz. (2004). Fijación biológica de nitrógeno. Revista Científica UDO Agrícola, 4(1), 20. .

Mi Riego. (2017). Obtenido de El nitrógeno en el suelo: <https://miriego-blog.com/> 2017/03/15/el-nitrogeno-en-el-suelo/

Molina. (2018). Nitrógeno y Fertilizantes nitrogenados. Obtenido de [https://www.monografias.com/trabajos82/nitrogeno-fertilizantes nitrogenados](https://www.monografias.com/trabajos82/nitrogeno-fertilizantes%20nitrogenados)/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenados.shtml

Monar. (2003). Manejo Agronómico del Sistema de Cultivo de Maíz – Fréjol voluble. Boletín Divulgativo. guaranda.

Monar, C. (2000). Informe Anual de Labores. Proyecto Integral Noreste de Bolívar (PI – NEB) – INIAP – FEPP. Guaranda.

Montalvan. (2014). Función del nitrógeno. Obtenido de <https://es.slideshare>.net/ cristhianyersonmontalvancoronel/funcion-delnitrogeno-43054457

Montenegro. (2018). Ciclo del Nitrógeno. Obtenido de <https://es.scribd.com/> presentation/383527293/Ciclo-Del-Nitrogeno

Noroña, J. (2008). Caracterización y evaluación agromorfológica de 64 accesiones de maíz negro y 27 accesiones de maíz chulpi (Zea mays L.) colectados en la serranía del Ecuador. Tesis Ingeniero. Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ciencias Agrícolas, Ambientales y V.

Olivares. (2008). Fijación Biológica del Nitrógeno. . Obtenido de https://www2. eez.csic.es/olivares/ciencia/fijacion/

Pardavé, B. L. (2004). Guía técnica para la producción de maíz en Honduras. Programa nacional de maíz. Honduras.

Parsons, D. (1998). Manual para le educación agropecuaria. Trillas.

Peruecologico. (2010). Ciclo del fósforo. Obtenido de :www.peruecologico.com,

Pitty, A. (2002). Guía fotográfica para la identificación de malezas parte I. Escuela agrícola panamericana. Zamorano. Honduras.

Porter, M. (27 de 07 de 2014). La Cadena de Valor de Michael Porter | Web y Empresas. Web y Empresas. Obtenido de <http://www.webyempresas>.com / la-cadenade-valor-de-michael-porter/.

Quintero, C. y. (2016). Fertilizando. Obtenido de <http://www.fertilizando>. com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20 Trigo%20y%20Maiz.asp

Recio, A. B. (2009). Las tecnologías de la información en la agricultura, una asignatura pendiente.

Rodríguez, F. (1992). Fertilizantes-Nutrición Vegetal. Editoria. México: l AGT.

Rosales. (2011). El Nitrógeno en la Naturaleza. Obtenido de http://nitrogeno naturaleza.blogspot.com/2011/09/etapasdel-ciclo-del nitrogeno.html

Sanzano.sf. (2017). El Fósforo del Suelo. Quimica del suelo. Obtenido de file:///C:/Users/pc/Downloads/El%20Fósforo%20del%20suelo.pdf

Sierra. (2010). La urea: Características, ventajas y desventajas de esta fuente nitrogenada. Chile: INIA Intihuasi. Chile.

Soto. (2017). Ciclo del Nitrógeno. Obtenido de <https://www.slideshare>.net/ diegosfabricios/ciclo-del-nitrogeno-72438675

Trinidad. (2013). Slide Share: Elemento del Nitrógeno. Obtenido de https://es.slideshare.net/theuntouchableforever/elementodel-nitrgeno

Trullas, F. e. (2008). El valor de la urea en el cuidado y tratamiento de la piel. 18(1).

Vega, V. y. (2000). “El abonado potásico en olivar: fertilización foliar”. Vida Rura. Madrid, Españ.

Verhulst, I. &. (2015). Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables? México: CIMMYT.

Verissimo, L. (2000). Enciclopedia practica de la agricultura y la ganadería.

Vida, S. (2015). Microorganismos del suelo y biofertilización. Obtenido de http://traditionalcrops.com/upload/file/dossier-5\_microorganismos-del-suelo-ybiofertilizacion.pdf

Witt, C. (2002). Nutrient management. Canada.

Yánez. (2013). Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct>=j&q=& esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjM7oHU07 jcAhVKrlkKHWV2CvEQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio. iniap.gob.ec%2Fbitstream%2F41000%2F2435%2F1%2Finiapscg96.pdf& usg=AOvVa w35PBg\_PqkSGpm20KqPHrEU

Yánez, C. (2000). Manual de Producción de Maíz para Pequeños Agricultores y Agricultoras. Programa de Maíz. Obtenido de <https://repositorio>.iniap.gob .ec/handle/41000/394

Yánez, Z. C. (2013). Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa>= t&rct=j&q=& esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjM7oHU07 jcAhVKrlkKHWV2CvEQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio. iniap.gob.ec%2F bi

Zambrano, J. e. (2019). NEC -ESPAC, MAG-2019 y MAG-2017 Boletín situacional del maíz suave choclo. Ecuador: SIPA.

ANEXOS

# ANEXO N° 1 Mapa de ubicación



# ANEXO N° 4 Bases de Datos.

**Base de datos provincia Bolívar.**





**Base de datos provincia Chimborazo**





**Base de datos provincia Imbabura**



**ANEXO N° 6 Glosario de términos técnicos**

**Absorción. -** Acción de absorber, pérdida de la intensidad de una radiación al atravesar la materia. Ácidos nucléicos. Los ácidos nucléicos son biomoléculas orgánicas compuestas siempre por C, H, O, N, P. Son moléculas fibrilares (alargadas) gigantes no ramificadas, que desempeñan funciones biológicas de trascendental importancia en todos los seres vivos; contienen información genética.

**Adaptabilidad. -** Capacidad de acomodación de un elemento en un sistema nuevo y extraño. Es el potencial para la adaptación.

**Adaptación. -** Proceso mediante el cual un organismo se modifica debido a un cambio en su estructura, forma o función, el cual le permite una mayor sobrevivencia en condiciones ambientales particulares.

**Autótrofos.** - Es organismos son capaces de tomar distintos elementos del medio en el que se desarrollan, elementos que pueden clasificarse como inorgánicos, y que a través de distintos procesos internos los recomponen de modo tal en que pueden ser incorporados como alimento.

**Biodiversidad. -** La totalidad de genes, de especies y de ecosistemas de cualquier área del planeta.

**Cariópside.** - Es un tipo de fruto simple, similar al aquenio, formado a partir de un único carpelo, seco e indehiscente. En ella el integumento y el pericarpio se han fusionado, formando una piel protectora.

**Compactación.** - Incremento en densidad y disminución de macro-porosidad en el suelo que perjudica las funciones del mismo e impide la penetración de las raíces y el agua y el intercambio gaseoso.

**Deficiencia. -** Funcionamiento inferior a lo normal que se manifiesta desde la siembra y está asociado a desajustes en el comportamiento.

**Densidad. -** Parámetro que implica el número de elementos por unidad de superficie o volumen en un momento dado.

**Desnitrificación. -** Cantidad de Nitrógeno a través de procesos microbiológicos y es favorecido fundamentalmente por excesos de humedad y altas temperaturas.

**Eficiencia agronómica del nitrógeno. -** La eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado en los cultivos se puede optimizar coordinando la aplicación del fertilizante con el requerimiento real del cultivo. Una estrategia es la aplicación fraccionada de nitrógeno basada en el monitoreo del estado de N en la planta y el suelo.

**Eficiencia. -** Es la óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados.

**Endospermo.** - Son capas de células largas paralelas, sin ramificaciones en la mayoría de las variedades del maíz representa el aproximadamente 80-82% del total del peso del grano seco y es la fuente de almidón y proteína para la semilla que va a germinar.

**Herbicidas.** - Producto químico que impide el desarrollo de las hierbas perjudiciales que crecen en un terreno.

**Labranza convencional. -** Involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos.

**Labranza mínima. -** Práctica de manejo de suelo que consiste en arar lo menos posible.

**Lixiviación. -** Se llama así al fenómeno de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus) causado por el movimiento de agua en el suelo, y es, por lo tanto, característico de climas húmedos. Esto provoca que algunas capas del suelo pierdan sus compuestos nutritivos, se vuelvan más ácidas y a veces, también se origine toxicidad. Por lixiviación pueden perderse grandes cantidades de fertilizantes porque descienden a los horizontes inferiores del suelo, 114 adonde no llegan las raíces de los cultivos. En climas muy húmedos la vegetación natural, sobre todo la forestal, sirve de protección contra lixiviación. Cuando el hombre la destruye, este proceso se acelera considerablemente y la retención de nutrientes en la zona radical se interrumpe.

**Nitrificación. -** La nitrificación es el proceso a través del cual las bacterias nitrificantes transforman el amonio en nitrato.

**Nitrito. -** Son sales o ésteres del ácido nitroso (HNO2). En la naturaleza los nitritos se forman por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco, o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas.

**Nitrosococcus. -** Es un género microbiológico comprendiendo bacterias elipsoidales del suelo. Son importantes en el ciclo del nitrógeno por transformar amonio (tóxico) a nitrito.

**Nitrosomonas.-** Es un género de bacterias elipsoidales del suelo.

**Nutrientes. -** Cualquier sustancia que provee energía para los procesos fisiológicos y promueve el crecimiento.

**Panoja.** - Inflorescencia compuesta formada por un racimo cuyos ejes laterales se ramifican de nuevo en forma de racimo o a veces de espiga.

**Pericarpio.** - Parte exterior del fruto de las plantas que envuelve las semillas

**Suelo. -** Es un recurso natural renovable de importancia básica para la vida sóbrenla tierra. Es la fuente de vida de las plantas, animales y la especie humana.