UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

"ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE NITRÓGENO EN DOS SISTEMAS DE ROTACIÓN, EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.) EN LA GRANJA LAGUACOTO II, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR"

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, A TRAVÉS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE, ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

AUTORES:

DORIS CAROLINA LESCANO MOSQUERA

HORACIO MEDARDO CLAUDIO ALULEMA

DIRECTOR DE TESIS:

ING. AGR. CARLOS MARCIAL MONAR. B. M.Sc

GUARANDA – ECUADOR

2012

"ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE NITRÓGENO EN DOS SISTEMAS DE ROTACIÓN, EN EL CULTIVO DE MAÍZ (**Zea mays** L.) EN LA GRANJA LAGUACOTO II, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR"

REVISADO POR

ING. CARLOS MONAR BENAVIDES M. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

ING. KLEBER ESPINOZA MORA Mg.
BIOMETRISTA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN DE TESIS

ING. NELSON MONAR GAVILANES M. Sc.
ÁREA TÉCNICA

ING. ADOLFO BALLESTEROS ESPÍN M. Sc.
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

II

DEDICATORIA

Gracias Dios por haberme dado la vida, salud, fuerza y sabiduría para enfrentar los retos de esta vida y cristalizar una de mis metas, gracias porque en este caminar colocaste personas que me ayudaron de todas las maneras que yo menos me imagine cuando desmayaba, caía y me levantaba.

El presente trabajo, dedico con todo el amor de una hija hacia su madre Rosa María Imelda Córdova Barrera^{+}; abuelita cumplí lo que te prometí de niña, estudiar, graduarme en la universidad, ser buena amiga, hija y hermana. Quisiste de todo corazón que me esfuerce, me supere y cumpla todas mis metas, sueños y aspiraciones que como ser humano las tengo, aunque ella ya no está conmigo estoy segura que está en algún lugar de este inmenso cielo guiando mis pasos, siento sus bendiciones y su fuerza lo que hace que no desmaye frente a las adversidades de la vida.

A una persona muy especial en mi vida, quién ha sabido amarme, respetarme, cuidarme, protegerme, comprenderme y apoyarme de todas las maneras existentes y posibles; gracias mi vida por caminar junto a mi todo este tiempo, en mis logros y fracasos a usted Horacio Claudio, gracias por ser mi amigo verdadero, mi apoyó incondicional, ese hombro donde me apoyo cuando todo se derrumba, por ayudarme encontrar una luz en mi camino y ser mi razón de vivir gracias mi faro guía.

A mis padres Gonzalo Lescano y Laura Mosquera, mis hermanos Sonia, Freddy, Daniel, David, Gabriela y Nicole por su apoyo moral en todo momento.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Paul Claudio y Lic. Kléber Morejón sin su ayuda no hubiese sido posible seguir estudiando, por ende no alcanzar este hermoso sueño de ser Ingenieros Agrónomos.

A mis compañeros de curso por soportarme día tras día a ustedes, Verónica, Oswaldo, Luis V., Iván, Luis P., Nancy, Jorge, Juan, Álvaro, Xavier y Elvis.

Doris L.

DEDICATORIA

Este triunfo lo dedico a Dios por estar en cada momento de mi vida diaria y su ayuda constante que ha permitido cumplir tan anhelada meta que desde niño la he perseguido.

Para mi familia que es la razón principal de todo mi esfuerzo, dedicación puesto a lo largo de la más fructífera profesión agrícola la cual me ha brindado mucha felicidad y satisfacción.

En este momento tengo entre mis manos este valioso regalo que por tanto tiempo esperaba, y que hoy quiero entregar de todo corazón a quién me enseño lo maravillo que es vivir para ti Doris Carolina Lescano por ser la alegría y la fuerza que se necesita para alcanzar lo inalcanzable pintado con los más bellos colores un campo lleno de ideas reales, al término de este gran trabajo después de tanta alegría y tristeza lo hemos logrado.

Quisiera escribir los nombres de todas las personas que me han ayudado, pero bueno no se trata de eso si no llevar en tu corazón ese gesto brindado en algún momento de tu vida, el cual será recordado hasta en la eternidad.

Lo importante es seguir caminado hacia lo anhelado no importa lo que hagas o dejes de hacer lo mejor de toda esta carrera es seguir hacia adelante sin perder tu dirección.

Lo mas hermoso y satisfactorio al final de toda lucha es saber que existen personas que te impulsa en momentos cuando piensas que todo esta perdido y te dan fuerzas que en ti no encuentras y llegan a formar parte de tus grandes logros, pensar que sin ellos no lo puedes haber logrado.

Espero continuar en marcha hacia las metas que me he planteado, siempre y cuando Doris tu luz no se apague ni se aleje de mi vida.

Horacio Cl.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Estatal de Bolívar, y principalmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y Medio Ambiente y su Escuela de Ingeniería Agronómica, a sus autoridades y a todos mis maestros por querer que seamos personas preparadas para enfrentar los retos de la vida, por enseñarnos a discernir y a ser personas críticas de todas las acciones tomadas o ejecutadas dentro de este mundo cambiante.

Un reconocimiento muy especial al Instituto Tecnológico Agropecuario "Benjamín Araujo" e ingenieros por todos los conocimientos transmitidos para toda nuestra vida, quienes creyeron en nosotros y nos inculcaron día a día valores para nuestra vida futura.

De la misma manera al Tribunal de Tesis, Ingeniero Adolfo Ballesteros (Área de Redacción Técnica) y al Ingeniero Nelson Monar G. (Área Técnica) quienes aportaron con todos sus conocimientos, colaborando desinteresadamente para la conclusión del presente trabajo.

Nuestro reconocimiento al Ingeniero Kléber Espinoza, por sus valiosos aportes en el desarrollo y ejecución de este trabajo investigativo.

De manera muy especial y particular expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Ingeniero Carlos Monar Benavides, por la manera tan desinteresada y eficaz, con que ha estado presente en cada momento de esta investigación siempre con sus consejos y ayuda muy acertada, gracias por toda la comprensión y estima que nos ha brindado, que ha sido de gran ayuda y espero que de esta forma llegue a compensar todo el tiempo que a dedicado a enseñarnos que el triunfo son para los que persisten y buscan soluciones a todo lo que se ponga frente a tus decisiones.

Nuestro reconocimiento al Dr. Jorge A. Delgado of Agricultural Research Service USDA, Fort Collins, CO. USA, por sus aportes científicos en esta investigación y facilitarnos el manual del Índice de Nitrógeno ver. 4.4. Ecuador, dentro del Proyecto INIAP SANREM CRS IPM.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO	DENOMINACIÓN	PÁGINA
I.	INTRODUCCIÓN	13
II.	REVISIÓN DE LA LITERATURA	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	90
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	104
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	154
VI.	RESUMEN Y SUMMARY	157
VII.	BIBLIOGRAFÍA	145
	ANEXOS	

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO	DENOMINACIÓN	PÁGINA
I.	**INTRODUCCIÓN**	13
II.	**REVISIÓN DE LITERATURA**	
	2.1. Origen.	16
	2.2. Clasificación Taxonómica.	17
	2.3. Descripción Botánica.	17
	2.4. Tipos de maíz.	19
	2.5. Variedades de maíz.	20
	2.6. Semilla.	22
	2.7. Características Nutricionales.	22
	2.8. Composición Química.	23
	2.9. Requerimiento de clima.	24
	2.10. Preparación del suelo.	25
	2.11. Siembra.	29
	2.12. Características Químicas del suelo	30
	2.13. Características Físicas del suelo	32
	2.14. Características Biológicas del suelo	36
	2.15. Fertilización Química.	38
	2.16. Nitrógeno (N).	40
	2.17. Relación Carbono/Nitrógeno	70
	2.18. Análisis de suelos	72
	2.19. Análisis de la planta	74
	2.20. Nitrógeno removido por el cultivo	75
	2.21. Biomasa	76
	2.22. Materia seca	77
	2.23. Control de malezas.	78
	2.24. Plagas.	80
	2.25. Enfermedades.	83
	2.26. Prácticas de conservación del suelo.	85

2.27. Dobla. 87
2.28. Cosecha. 87
2.29. Almacenamiento. 86
2.30. Manual del Índice de nitrógeno 86

III. MATERIALES Y MÉTODOS
3.1. Materiales. 90
3.2. Métodos. 92
3.3. Métodos de evaluación y datos tomados. 95
3.4. Manejo del experimento. 101

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
4.1. Variable Agronómicas 104
4.2. Variable Químicas del suelo 116
4.3. Índice de Nitrógeno 132
4.4. Coeficiente de Variación 145
4.5. Análisis de Correlación y Regresión 146
4.6. Análisis Económico de Presupuesto Parcial 150

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
5.1. Conclusiones. 154
5.2. Recomendaciones. 156

VI. RESUMEN Y SUMMARY
6.1. Resumen. 157
6.2. Summary. 160

VII. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Cuadro N° 1.	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables Agronómicas Sistema uno: Rotación fréjol-maíz y Sistema dos: Rotación trigo-maíz. INIAP 111 Guajal Mejorado. 2012.	105
Cuadro N° 2.	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables químicas del suelo Sistema uno: Rotación fréjol-maíz y Sistema dos: Rotación trigo-maíz. INIAP 111 Guajal Mejorado. 2012.	116
Cuadro N° 3.	Resumen de los principales resultados del análisis del Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, promedio de los dos sistemas de producción.	142
Cuadro N° 4.	Análisis de Correlación y Regresión de las variables independientes (componentes del rendimiento – X) que tuvieron una significancia estadística sobre el rendimiento (variable dependiente – Y) de maíz INIAP 111. 2012.	146
Cuadro N° 5.	Análisis económico de presupuesto parcial (AEPA) Cultivo: Maíz suave. Año: 2012. Sistema uno: Rotación fréjol – maíz.	150
Cuadro N° 6.	Análisis de dominancia; Sistema uno: Rotación fréjol – maíz.	150
Cuadro N° 7.	Análisis Marginal de Retorno (TMR); Sistema uno: Rotación fréjol – maíz.	151

Cuadro N° 8.	Análisis Económico de presupuesto parcial (AEPA) Cultivo: Maíz suave. Año: 2012. Sistema dos: Rotación trigo – maíz.	151
Cuadro N° 9.	Análisis de dominancia; Sistema dos: Rotación trigo – maíz.	152
Cuadro N° 10.	Análisis marginal de retorno (TMR); Sistema dos: Rotación trigo – maíz.	152

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Gráfico N° 1.	Respuesta del maíz INIAP 111 a la aplicación de N; sistema de rotación uno: fréjol-maíz.	115
Gráfico N° 2.	Respuesta del maíz INIAP 111 a la aplicación de N; sistema de rotación dos: trigo-maíz.	115
Gráfico N° 3.	Reporte de resultados del Índice de Nitrógeno: Tratamiento 1 (0 Kg/ha de N)	132
Gráfico N° 4.	Reporte de resultados del Índice de Nitrógeno: Tratamiento 2 (40 Kg/ha de N)	134
Gráfico N° 5.	Reporte de resultados del Índice de Nitrógeno: Tratamiento 3 (80 Kg/ha de N)	136
Gráfico N° 6.	Reporte de resultados del Índice de Nitrógeno: Tratamiento 4 (120 Kg/ha de N)	138
Gráfico N° 7.	Reporte de resultados del Índice de Nitrógeno: Tratamiento 5 (160 Kg/ha de N)	140

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°	DESCRIPCIÓN
Anexo N° 1.	Mapa de la ubicación del ensayo.
Anexo N° 2.	Análisis de suelo.
Anexo N° 3.	Precipitación durante en año 2010-2011.
Anexo N° 4.	Base de datos; Variables Agronómicas y Químicas del suelo; sistema uno: rotación fréjol-maíz y sistema dos: rotación trigo-maíz.
Anexo N° 5.	Fotografías de las diferentes etapas de la investigación.
Anexo N° 6.	Glosario de términos técnicos.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido con un ciclo de ocho meses a la cosecha en choclo y diez meses a la cosecha en seco, esto dependerá mucho de las variedades, zona agroclimática donde se cultive, fertilización química, siendo el N importante para las plantas, utilizando la urea que tiene capacidad para mantener el crecimiento de los cultivos, la formación de proteínas, ácidos nucleídos, clorofila para la vida de los microorganismos del suelo y constituye más del 20% del peso seco de la planta. (http://www.fertilizando.com/...../asp)

La superficie mundial del maíz sembrada en el período 2009-2010, llegó a los 157,76 millones de hectáreas, con un rendimiento de 5,16 Toneladas por hectárea y con una producción de 814,06 millones de toneladas. Estados Unidos engloba la mayor parte con 32,17 millones de hectáreas sembradas, con un rendimiento de 10,34 toneladas por hectárea y una producción de 332,64 millones de toneladas; le sigue China con 31,18 millones de hectáreas sembradas, con un rendimiento de 5,07 toneladas por hectárea y una producción de 158,08 millones de toneladas. (http://www.buyersguidechem.com/Asimil.php)

El maíz es uno de los componentes básicos en la alimentación diaria del ser humano claro después del trigo y el arroz, el consumo es en forma de choclo, mote, tostado, harina, coladas, chicha, tortillas, tamales, etc., además es uno de los principales sustentos económicos de los agricultores.(Monar, C. 2000)

En el Ecuador el maíz suave es uno de los principales cultivos con 187.521 hectáreas con un rendimiento de 2,6 toneladas por hectárea, quedando entre los países más bajos en América Latina. (http://www.esacademic.com/...../262834)

En la provincia Bolívar el cultivo de maíz suave ocupa el primer lugar con 35.000 hectáreas destinadas a la producción de choclo y grano seco. (Monar, C. 2009)

El cultivo de maíz, es de gran importancia dentro de la rotación de cultivos, por aportar altos volúmenes de rastrojo con una relación alta de C/N que hace que se descomponga más lentamente brindando una cobertura más estable, lo que ha demostrado reducciones de un 20-40%, en las aplicaciones de N, aumentando las

cosechas entre 2-12% y reduciendo las pérdidas entre un 10-50% en comparación con las prácticas convencionales del cultivo. (http://www.cimmyt.org/..../rotacion)

Una de las preocupaciones actuales en la producción agrícola sustentable es maximizar la eficiencia en el uso de los fertilizantes que es de 37 y 70 kg de grano por kg de N absorbido. (Masino, A. et. al. 2002)

La demanda por el nitrógeno fijado es alta debido a que, el elemento se necesita para mantener la fertilidad de la tierra. Aunque estamos sumergidos en un océano de aire que contiene abundante N, nuestra producción de alimento está limitada más por la disponibilidad del nitrógeno fijado que por otro nutriente para la planta, el N se usa en la fabricación de fertilizantes. (Masino, A. et. al. 2002)

La aplicación de dosis altas de N particularmente en las gramíneas, sin considerar las características físicas (textura, densidad aparente, porosidad, etc.), químicas (pH, capacidad de intercambio cationico, macro y micronutrientes, conductividad eléctrica, etc.), y biológicos del suelo (microorganismos, lombrices, insectos, etc.), han contribuido al deterioro de los recursos naturales, la contaminación del capital natural (suelo, agua, aire, y biodiversidad) y la baja eficiencia del N con valores inferiores al 35% a nivel mundial y en Ecuador con valores inferiores al 20%. (Delgado, J. 2010 y Monar, C. 2010)

Para mejorar la eficiencia del N deben realizarse buenas prácticas de manejo, como la rotación de cultivos, aplicación fraccionada del N, y la distribución del N en el suelo, agua, aire, y planta, mejorando así la sostenibilidad del sistema de producción del maíz en la provincia Bolívar.

Para este trabajo de investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

- Estudiar la eficiencia de nitrógeno en dos sistemas de rotación, en el cultivo de maíz.
- Medir el efecto de dos sistemas de rotación: Fréjol–Maíz, y Trigo - Maíz, sobre el rendimiento del maíz en seco.
- Estudiar la respuesta de cinco dosis de N en dos sistemas de rotación.

- Determinar la eficiencia del N en dos sistemas de rotación en el cultivo de maíz.

- Realizar un análisis económico de presupuesto parcial y calcular la Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN

El maíz constituye una aportación de las culturas precolombinas al mundo. En la actualidad se acepta que es originario de América, concretamente de la zona situada entre la mitad del sur de México y el sur de Guatemala. Sus registros fósiles mas antiguos, encontrados en la cuidad de México, consisten en muestras de polen de un maíz primitivo y tienen entre sesenta y ochenta mil años de antigüedad las primeras mazorcas se encontraron en Tehuacán (México) y datan de hace aproximadamente siete mil años. (Verissimo, L. 1999)

Estas mazorcas eran muy delgadas y pequeñas (unos 2.5 cm de longitud), estaban protegidas solamente por un par de hojas. En Sudamérica las pruebas arqueológicas de la transformación del maíz son más recientes y escasas; se localizan principalmente en las zonas costeras del Perú. A partir de estas áreas, el cultivo de maíz fue extendiéndose, primero a América del Norte y, tras la llegada de Colón al continente, y al resto del mundo. (Reyes, P. 1995)

Desde el punto de vista académico, científico, social y económico el maíz es uno de los cultivos más útiles para el hombre; en relación a lo académico, estas plantas constituyen una de las pocas especies utilizadas para múltiples ejemplos y medios de ayuda en cursos de biología, química y agronomía; desde el punto de vista científico, constituye un recurso biológico que permite explicar teorías, principios y leyes que contribuye a los avances de las ciencias biológicas y sus aplicaciones en la agronomía. (Verissimo, L. 1999)

Esta relacionada con el aspecto social, puesto que el maíz significa trabajo, moneda, pan y religión para un gran conglomerado humano mundial; en lo relacionado al aspecto económico, genera entrada y salida de divisas, que pueden trascender en la economía de un pueblo en la producción mundial de cereales ocupa los primeros lugares y desafía el futuro como recurso nutricional por excelencia. (Reyes, P. 1995)

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL MAÍZ

DIVISIÓN: Angiosperma.

CLASE: Monocotiledóneas.

SUBCLASE: Macrantineas.

ORDEN: Graminales.

FAMILIA: Gramínea.

GÉNERO: Zea.

ESPECIE: mays. (Garcés, N. 1998)

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

2.3.1. Planta

Es una planta de tallo erguido, macizo y hueco. La altura es muy variable desde 60 cm 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. (Brizuela, L. 1999 y Pardavé, C. 2004)

2.3.2. 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, L. 1999)

2.3.3. 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, L. 1999 y Palomino, K. 2008)

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, S. y Leng, M. 2000)

2.3.4. 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, D. 1998)

2.3.5. Flores

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (espigón o penacho) de coloración amarrilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. Las flores femeninas aparecen en las axilas de algunas hojas y están agrupadas en una espiga rodeada de largas brácteas. A esta espiga se le llama mazorca. La mazorca tiene una parte central que se llama zuro, también conocida por los agricultores por diferentes nombres como “corazón” o “tuza”. (Lafitte, H. 1996 y CIMMYT. 1994)

2.3.6. Fruto

La mazorca o fruto, esta formado por una parte central llamado zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varios centenares por cada mazorca. El zuro, o corazón, representan del 15 al 30% del peso de la espiga. La fecundación de las flores femeninas pueden suceder mediante el polen de las panojas de la misma planta o de otras plantas, el fruto y la semilla forman un solo cuerpo que tienen la forma de un cariópside brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina vulgarmente como "granos dentro del fruto", que es el ovario maduro se encuentran las semillas (óvulos fecundados y maduros), las semillas esta compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen y pesa aproximadamente 0.3 gr. (Garcés, N. 1998)

2.3.7. Ciclo vegetativo

Empieza con la nacencia, 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 nacencia, la planta deberá tener 5 a 6 hojas, alcanzándose su plenitud foliar dentro de cuarto a cinco semanas. Se considera como la fase de floración en el momento en que la panoja formada en el interior del tallo se encuentre emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos, la emisión del polen suele durar en función de la temperatura y de la disponibilidad hídrica, unos 8 o 10 días. (Verissimo, L. 1999)

2.4. TIPOS DE MAÍZ

- **Zea mays L. var. Indentata:** Es la variedad botánica mas cultivada en el mundo; se le conoce como maíz dentado, debido a que al madurar, sus granos presentan una depresión en el extremo distal. Se le utiliza en la alimentación de aves y cerdos, también en la producción de ensilaje para ganado bovino y, como choclo para consumo humano. (Brizuela, L. 1999)

- **Zea mays L. var. Indurata:** Los maíces pertenecientes a esta variedad botánica, son conocidos como maíces cristalinos. Sus granos son córneos y

duros, vítreos y de forma redondeada o ligeramente aguzada. Los granos son generalmente de color y su velocidad de secado es más lenta que en el caso del maíz dentado. Se le utiliza en la alimentación de aves y cerdos y, en menor medida, a la producción de ensilaje para ganado bovino. (Brizuela, L. 1999)

- **Zea mays L. var. Saccharata:** Estos son conocidos comúnmente como maíces dulces, debido al alto contenido de azúcar que presentan sus granos, lo cual, sumado a su textura y grosor de pericarpio, los hacen muy atractivos para el consumo humano. También se consume maíz dulce congelado y enlatado. (Brizuela, L. 1999)

2.5. VARIEDADES DE MAÍZ

Uno de los factores más importantes para el éxito de las cosechas es el uso de la variedad o el híbrido mejor adaptado a las condiciones de suelo y clima. En toda América se conoce una cantidad extraordinaria de variedades adaptadas a condiciones locales. Son el resultado de la selección de razas primitivas o del cruzamiento efectuado por parte de los fitomejoradores u ocasionalmente entre variedades del lugar o de otro origen. (Jugenheimer, R. 1997)

Los híbridos tienen rendimientos más altos, debido al efecto conocido como heterosis o vigor híbrido, las variedades de polinización libre son las que producen rendimientos menores. No obstante, para que los híbridos consigan manifestar todo su potencial genético es necesario aplicar técnicas de cultivo que les proporcione un ambiente favorable. (Chimbo, C. y Malatay, F. 2001)

El maíz híbrido representa el progreso individual mas grande en la producción de este grano que se haya realizado; ya que es superior a las variedades de polinización abierta, debido: a que produce grano y forraje de menor calidad, produce rendimientos significativamente mas elevados, tiene mayor resistencia a enfermedades e insectos, es mas resistente al acame, puede resistir mejor a la sequía y ha hecho mas seguro el cultivo del maíz. (Jugenheimer, R. 1997)

Existe una gran diversidad de variedades de maíz, sin embargo la preferencia de los productores locales están en los cultivos blancos harinosos para el uso principal del choclo. Los productores utilizan la polinización libre por los costos. (Monar, C. 2002)

Entre las variedades más importantes para la Sierra Ecuatoriana tenemos.

VARIEDADES	**CARACTERÍSTICAS**
INIAP-101	Blanco harinoso. Precoz.
INIAP-102	Blanco blandito. Tardío.
INIAP-111	Guagal Mejorado, blanco harinoso. Tardío.
INIAP-122	Amarillo Chaucho Mejorado. Precoz.
INIAP-124	Amarillo Mishca Mejorado. Tardío.
INIAP-130	Amarillo suave. Precoz.
INIAP-131	Amarillo suave. Precoz.
INIAP-151	Duro. Precoz.
INIAP-153	Blanco semi duro. Precocidad intermedia.
INIAP-160	Blanco duro. Precocidad intermedia.
INIAP-176	Duro. Precoz.
INIAP-180	Amarillo duro. Precocidad intermedia.
INIAP-192	Chulpi mejorado. Precoz.
INIAP-198	Canguil.
GUAGAL CRIOLLO	Blanco harinoso. Tardío.
MOROCHOS	Color crema. Tardío.
GUAGAL DE LECHE	Blanco harinoso. Tardío.
INIAP 103	Mishki Sara (Maíz Rico)

(Monar, C. 2009 y Monar, C. 2011)

2.5.1 Variedad de maíz INIAP- 111 Guajal Mejorado

Fue desarrollado con la participación de técnicos y agricultores y se caracteriza por ser tardía, de porte bajo (en comparación a las variedades que poseen los agricultores), con resistencia al acame, así como de buen rendimiento y calidad de grano para choclo y seco. Se adapta a altitudes entre los 2400 a 2900 m.s.n.m., y fue formado con base a variedades locales colectadas en casi toda la provincia de Bolívar en 1989 y 1993. (INIAP. 1997)

Las variedades que presentaron buenas características agronómicas y de calidad de grano, tanto en choclo como en grano seco durante dos ciclos de cultivo (1993-1995), se cruzaron entre ellas para formar la población Guagal, la cual se selecciono durante tres ciclos en tres localidades. (INIAP. 2000)

2.6. SEMILLA

La elección se inicia en el campo con la selección de las plantas más sanas de mediana altura, de la inserción de la mazorca, mazorcas bien desarrolladas posteriormente, es fundamental hacer una buena selección de mazorcas sanas bien formadas, hileras y granos uniformes en los que se debe eliminar los granos de la punta y de la base de la mazorca. (INIAP, 1997 y Pardavé, C. 2004)

Para desinfectar la semilla se debe utilizar Captan 80% (Captan), Vitavax 40% (Carvoxin + Captan), Dipel 3.5% (Basillos Turgensis var. Kursaki), Hortene (Acefato), la aplicación debe de acuerdo a las instrucciones que imparte el producto. (Vademécum agrícola. 2010)

2.7. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

El germen del maíz representa del 12 al 14% de la cariópside; el endosperma harinoso cerca del 25 al 30% y el corneo el 45-50%, el pericarpio del 8-12%. Del producto seco, las sustancias grasas oscilan en torno al 3-5%; las sustancias nitrogenadas, 8-15% y las sustancias amiláceas 65-75%. La proteína del maíz no tiene un valor biológico muy elevado al carecer de los aminoácidos, lisina y triptófano. (Herrera, J. 1999)

2.8. COMPOSICIÓN QUÍMICA

El grano de maíz es rico en almidón y relativamente pobre en celulosa por lo tanto ocupa un lugar de preferencia por su contenido de elementos nutritivos digestibles totales y de energía neta, en conjunto con el trigo siguiendo en importancia los granos de sorgo, centeno y cebada. (Sánchez, H. y Sevilla, R. 1995)

Estos autores identificaron tres tipos:

- La prolamina, soluble en alcohol, principalmente en forma de zeina.
- La globulina, soluble en solución de sal neutra.
- La gluteina.

La zeina aporta casi la mitad de las proteínas totales del grano entero y aproximadamente la mitad contenidas en el Endospermo. En el germen se hallan presentes pequeñas cantidades de zeina, siendo la gluteina la principal proteína de esta parte del grano, en general los tipos de maíz ricos en proteína tienden a ser duros y cristalinos, mientras que el grano blando tiene generalmente menos contenido de proteína. (Sánchez, H. y Sevilla, R. 1995.)

2.8.1. Análisis nutricional del grano de maíz y sus derivados, contenido en 100 g de parte comestible

COMPONENTE	MAÍZ AMARILLO	MAÍZ BLANCO	CHOCLO
Calorías	317	32	136
H_2O g	16,6	15,2	64,2
Proteína g	8,3	7,6	4,7
Grasa g	3,2	3,8	1,2
Carbohidratos g	68,9	71,2	27,8
Fibra g	1,6	1,9	14,2
Ceniza	1,4	1,3	0,9

Calcio mg	9	7	12
Fósforo mg	280	310	120
Hierro mg	2,1	2,1	0,8

(Sánchez, H. y Sevilla, R. 1995)

2.9. REQUERIMIENTOS DE CLIMA

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C. Necesita bastante incidencia de luz solar y en climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse en 15 a 20 °C. Soporta temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir de 30 °C aparecen problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 °C. (Aldrich, S. y Leng, M. 2000)

Clima	Templado- frío
Temperatura promedio anual	12-18° C
Precipitación anual	De 700-1300 mm
Altitud	2400-2600 m.s.n.m

(Jugenheimer, R. 1997)

2.9.1. Tipo de suelo

Se recomiendan suelos cálidos y húmedos que permitan la germinación, de textura media con gran capacidad de retención de la humedad como son los franco-arcilloso, arcilloso-limoso y arcillosos y con una buena preparación que estén mullidos. El maíz puede sembrarse sin dificultad con pendientes de 0-1%, tomando medidas especiales contra la erosión en terrenos con pendientes del 2-4%. Los máximos rendimientos se obtiene con un pH comprendido entre 5.6 a 7.5. Agrega que para un sistema continuo de maíz, un pH de 6 es adecuado, con un pH muy bajo (inferior a 4.5) la planta de maíz muestra sus hojas achaparradas, apareciendo una coloración rojiza purpura y las hojas más viejas se secan (similares a deficiencia de mg). (Aldrich,S., Leng, M. 1994 y Pardavé, C. 2004)

2.9.2. Riego

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y gravedad. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua si mantienen una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego 10 a 15 días antes de la floración. (Pitty, A. 2002)

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado, por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. (Pitty, A. 2002 y Palomino, K. 2008)

2.10. PREPARACIÓN DEL SUELO

2.10.1. Selección terreno

Los peores suelos para el maíz son los excesivamente pesados (arcillosos) y los muy sueltos (arenosos). Los primeros, por su facilidad para inundarse y los segundos por su propensión a secarse. En regiones de clima frío y con fuertes precipitaciones, los suelos relativamente ligeros son preferibles por su facilidad para drenar y alta capacidad para conservar el calor. En lugares de escasas precipitaciones, los suelos de textura relativamente pesada dotados de alta capacidad relativa para retener el agua, son los más convenientes. En general los suelos más idóneos, son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua. (Pitty, A. 2002)

2.10.2. Preparación del terreno

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, A. 2002)

2.10.3. Labranza convencional

Hay productores que practican varias modalidades de preparación de suelo de acuerdo al terreno, oportunidad financiera y disponibilidad de maquinaria y equipo. Algunas de estas modalidades son:

- 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).

En el cultivo del maíz la preparación de suelos con maquinaria de tracción motriz, depende de las posibilidades financieras del agricultor. En las regiones donde hay problemas con maquinaria de tracción mecánica se recomienda el uso de arado, rastra, sembradora, cultivadora o sea implementos agrícolas movidos por tracción animal, los cuales son muy eficaces y recomendados por el Proyecto Regional de Fomento de la Tracción Animal. (Secretaria de recursos naturales. 1992)

De todas maneras, el laboreo convencional es una buena forma de lograr algunos objetivos de manejo, como por ejemplo control de malezas, control de algunas plagas y la mineralización de algunos nutrientes, básicamente nitrógeno que en nuestra zona es un nutriente deficitario a pesar del tipo de suelo rico en materia orgánica que tenemos. Cuando ejercemos una labranza agresiva sobre el suelo incorporamos los rastrojos y agilizamos su descomposición y la mineralización de la materia orgánica con la consecuente liberación de nitrógeno, otros nutrientes importantes y, también, de dióxido de carbono, que es uno de los gases responsables del efecto invernadero. (Suquilanda, M. 1996)

Las ventajas fundamentales de la labranza convencional son:

- Control de malezas.
- Control de algunas plagas.
- Garantizar una rápida y uniforme emergencia del cultivo.
- El fácil acceso de la maquinaria sin que se compacte el suelo, permite el abonado nitrogenado en bandas en la etapa del primer nudo o más tarde. Esto significa que una mayor parte del nitrógeno será usado en la producción de grano y que se perderá menos con el agua de riego por lixiviación o evaporación. La contaminación ambiental será menor.
- Una siembra de precisión y un mejor ambiente para el crecimiento de las plántulas, resultará en una menor competencia por parte de malezas y una mejor oxigenación de raíces, pudiendo usar densidades de semillas mas bajas, hasta 25 Kg/ha en contraste con la normal de 120 Kg/ha esto puede facilitar la adopción del uso de híbridos. (Suquilanda, M. 1996)

Desventajas:

- Una mayor proporción de la superficie de la tierra está formada por surcos de riego/drenaje/paso y, por lo tanto, no se siembra. Por ello, la completa cobertura del suelo se demora comparada con la siembra de toda la superficie. Esto podría dar lugar a una reducción del rendimiento da hasta un 20 por ciento, sobre todo en cultivos de corta duración.
- Hay un costo inicial para la preparación del suelo y ocasionalmente para su mantenimiento entre cultivos sucesivos; si bien no es necesaria maquinaria especializada muy costosa, el trabajo consume tiempo y esfuerzos.
- No todas las variedades de maíz están adaptadas a la siembra en camas. Algunas tienen menores rendimientos que cuando se cultivan con métodos convencionales. (Suquilanda, M. 1996 y Palomino, K. 2008)

2.10.4. Labranza Mínima o no convencional

Este sistema 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 agrícola, ya sea porque son suelos con mucha pendiente o no existe maquinaria. La forma más rentable consiste en hacer una chapia y luego aplicar Gramoxone (Paraquat: 2 litros por hectárea) más Gesaprin 80 (Atrazina: 1,5 Kg. por hectárea) antes que el cultivo emerja. (Lafitte, H. 1996)

Investigaciones realizadas en otros países señalan algunas ventajas que presenta el sistema:

- Rendimientos más altos.
- Costos de producción reducidos.
- Mejor retención del agua.
- Menor erosión.
- Baja compactación y al no permitir la formación de estratos impermeables a poca profundidad.
- Siembras en épocas sin considerar relativamente húmedas pues se pueden realizar siembras tempranas y obtener más y mejores cosechas.
- Buena aireación y desarrollo radicular, sin alterar las condiciones del terreno, permitiendo la formación de canales internos por acción de procesos biológicos y naturales (acción de lombrices, gusanos, raíces, dilatación o contracción del suelo debido a cambios en su estado de humedad, etc.). (Lafitte, H. 1996)

Sin embargo, la adaptación de un sistema para reducir la labranza presenta ciertas limitaciones como:

- Una mayor utilización de herbicidas para el control de malezas.

- Falta de investigación en cuanto a herbicidas selectivos para los diversos cultivos en mezclas de productos que resuelvan oportunamente el problema de malezas.

Existe la posibilidad de que la cobertura dejada en el campo atraiga o presente condiciones propicias para la propagación de nuevas plagas y enfermedades, en el terreno, y en el cultivo. (Suquilanda, M. 1996)

2.11. SIEMBRA

Depende de la zona y la variedad, en general se inician con el advenimiento de las lluvias, que comienzan en el mes de septiembre y octubre. (Monar, C. 2000)

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. (Monar, C. 2000)

Bajo condiciones húmedas se recomienda una profundidad desde 2.5 cm en suelos pesados hasta 5 cm, en suelos livianos, bajo condiciones secas 5 cm de profundidad, en suelos pesados hasta 9 cm de profundidad, en suelos livianos se realiza la siembra a mayor profundidad a inicios de verano y menos profundos a inicios de invierno. (Stansly, A. 1998)

2.11.1. Épocas de siembras

En la provincia de Bolívar con la variedad INIAP 111 Guagal mejorado y dependiendo de la zona agroecológica, la época de siembra se inicia en noviembre y puede extenderse hasta el mes de marzo. (Monar, C. 2000)

2.11.2. 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

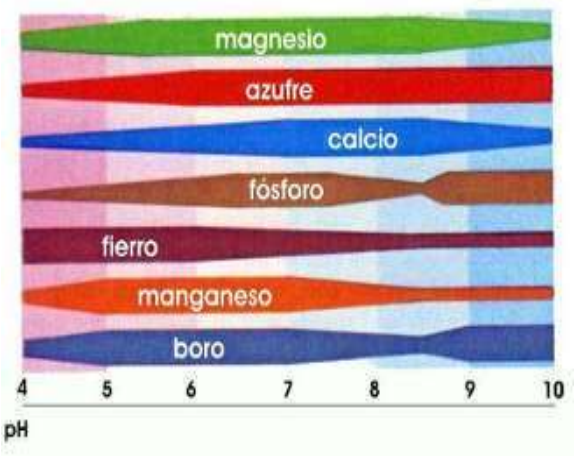
donde los suelos son fértiles y la lluvia es abundante, deberá sembrarse una mayor cantidad de semilla que en los medianamente pobres y con lluvias escasas y erráticas. Las variedades mejoradas soportan mayor densidad de población en comparación con las variedades criollas. Al sembrar con maquinaria 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, L. 1999)

2.12. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO

El suelo ha sido comparado con un laboratorio químico muy complicado, donde tienen lugar un gran número de reacciones que implican a casi todos los elementos químicos conocidos. Algunas reacciones se pueden considerar sencillas y se comprenden con facilidad, pero el resto son complejas y de difícil comprensión.

2.12.1. pH, acidez y alcalinidad

Se define al pH como presencia o ausencia de iones hidrógeno en el suelo; es decir, es el resultado de la relación que existe entre las concentraciones de H+ y OH- si predominan los protones estaremos hablando de un suelo acido, mientras que si son los grupos hidroxilo los que están predominado el suelo será alcalino. Por último, si tanto el grupo OH-como el grupo H+ poseen las mismas concentraciones será un suelo neutro.



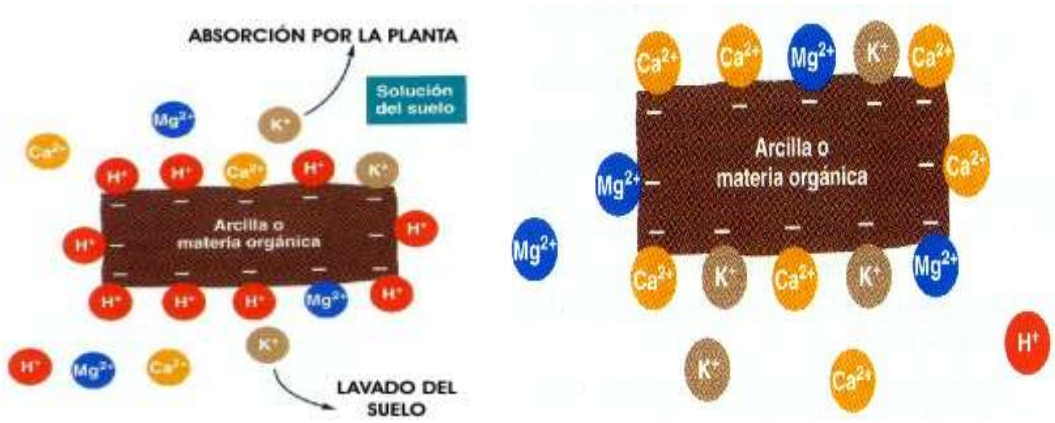
En la tabla se puede observar la forma en que el pH facilita o limita la absorción de nutrientes a través de las raíces (las zonas más gruesas de las bandas indican mayor absorción) También el pH del suelo afecta al proceso de lixiviación de las sustancias nutritivas para las plantas. (http://www.madrimasd.org/...../62776)

2.12.2. Capacidad de Intercambio Catiónico

Es una de las propiedades químicas más importante del suelo por que está relacionada con la fertilidad y la acidez del suelo. El CIC es la capacidad que tiene un suelo con un pH determinado de intercambiar iones positivos, liberándolos y/o reteniéndolos en función de su composición. Es decir la estructura química de un suelo y los aportes de abonos o nutrientes es la causa de que determinados iones de determinados elementos químicos puedan "pasar" de un elemento a otro. Dado que los cationes son iones positivos y las arcillas son ricas en aniones, o iones negativos, el mayor intercambio por atracción electrostática se realiza en suelos arcillosos, permitiendo al suelo retener e intercambiar esos elementos, lo cual evita que se pierdan y así mantener la fertilidad. (Manual Agropecuario, 2004)

Un suelo ácido tiene una capacidad menor de retención catiónica porque los iones hidrógeno desplazan a los cationes como el de potasio y el de magnesio.

En un suelo con pH ácido, los iones H+ reemplazan a los de Ca2+, Mg2+ y K+, los cuales son posteriormente lavados del suelo, disminuyendo la riqueza de nutrientes disponibles. En un suelo de pH neutro o básico los iones de Ca, Na y K reemplazan a los de H. (http://www.madrimasd.org/...../65262)



La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se expresa en mili equivalentes por 100 g de suelo, y es una medida de la cantidad de cationes fácilmente intercambiables que neutralizan la carga negativa existente en el suelo. (Manual Agropecuario, 2004)

2.12.3. Materia Orgánica

La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de agua del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo.

La materia orgánica procede de los seres vivos (plantas o animales superiores o inferiores) y su complejidad es tan extensa como la composición de los mismos seres vivos. La descomposición en mayor o menor grado de estos seres vivos, provocada por la acción de los microorganismos o por factores abióticos da lugar a un abanico muy amplio de sustancias en diferentes estados que son los constituyentes principales de la materia orgánica. (Manual Agropecuario, 2004)

2.12.4. Conductibilidad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) de una disolución puede definirse como la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica, y dependerá, además del voltaje aplicado, del tipo, número, carga y movilidad de los iones presentes y de la viscosidad del medio en el que éstos han de moverse. (http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.)

2.13. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

La estructura física del suelo en un lugar dado está determinada por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas. (Espinoza, J. y Molina, E. 1999)

2.13.1. Textura

Es la proporción en que se encuentra los diferentes separados (arena, limo, arcilla), que conforman el suelo. De acuerdo con el separado que predomine en el suelo, éste recibe su nombre, dando origen a los siguientes tipos de suelo:

- Suelos arenosos o livianos: Son suelos sueltos con mucha aireación, baja retención de aguas, muy permeables, poco fértiles, especialmente se encuentran en zonas de alta pluviosidad.

- Suelos arcillosos o pesados: Son suelos con buenas propiedades químicas, pero de propiedades físicas de difícil manejo, poco permeables; se erosionan con facilidad debido a que el agua no penetra, sino que corre superficialmente y arrastra nutrientes.

- Suelos limosos**:** Las propiedades físicas y químicas de estos suelos hacen que se encharquen fácilmente, ocasionando algunos problemas a las plantas por deficiencia de oxígeno.

- Suelos francos: Estos suelos son ideales porque tienen proporción adecuada entre sus componentes (arena, limo, arcilla). Presentan proporciones físicas y químicas adecuadas para el desarrollo de las plantas. (Manual Agropecuario, 2004).

2.13.2. Estructura

La estructura del suelo se refiere a la agregación de las partículas del suelo más finas en fragmentos o unidades más grandes. Una mezcla de suelo bien estructurado contiene en volumen aproximadamente 50 por ciento de material sólido y 25 por ciento de aire y agua respectivamente. Las clases y tipos de estructura del suelo describen el tamaño medio de los agregados individuales. En relación con el tipo de estructura de suelo de donde proceden los agregados, se pueden reconocer, en general, cinco clases distintas que son las siguientes:

- Muy fina o muy delgada.

- Fina o delgada.

- Mediana.

- Gruesa o espesa.

- Muy gruesa o muy espesa.

Por definición, el tipo de estructura describe la forma o configuración de los agregados individuales.

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. (Graetz, H. 2010)

La textura del suelo y su estructura son de importancia preponderante para la fertilidad del suelo y, consecuentemente, para el crecimiento de las plantas. Los suelos gruesos (o arenosos) no retienen bien el agua y los nutrientes. Se deben tener cuidados especiales cuando se aplican los fertilizantes para evitar la lixiviación de nutrientes (nitrógeno y potasio). Los suelos arcillosos, por otra parte, pueden acumular humedad y nutrientes, pero pueden tener drenaje y aireación inadecuados.

Se puede mejorar la estructura de los suelos suministrándoles enmiendas cálcicas y materia orgánica. (http://edafologia.fcien.edu.uy/...../suelo.)

2.13.3. Profundidad del suelo

El laboreo ayuda a aumentar la profundidad del suelo (el volumen de suelo accesible al sistema radicular), pero tiende también a dispersar los agregados del suelo. La materia orgánica, por otra parte, tiende a fortalecer y estabilizar la estructura del suelo, así como la capacidad de almacenamiento. (Graetz, H. 2010)

En las zonas templadas, donde el clima es fresco y húmedo y la descomposición de los residuos de las plantas es baja, los suelos pueden llegar a ser muy ricos en materia orgánica (mayor al cinco por ciento). En las regiones subtropicales caracterizadas por un clima cálido, árido, los suelos son normalmente pobres en contenido de materia orgánica (algunas veces menor al 0,1 por ciento), pero a menudo son de una estructura excelente debido a la abundancia de calcio. Muchos suelos en los trópicos, en dónde la materia orgánica rápidamente desaparece del suelo bajo la influencia del clima y de la actividad microbiológica, deben su

estructura estable a los óxidos de hierro y de aluminio. (http://edafologia.fcien.edu.uy/...../suelo.)

2.13.4. Densidad Aparente

El número y la variedad de las plantas y los organismos del suelo que se encuentran en un bosque son afectados por la densidad del suelo. La "densidad aparente" del suelo (peso seco del suelo/volumen) depende de varios factores, que incluyen los siguientes: La densidad de las partículas de suelo mineral, la cantidad de materia orgánica, la compactación del suelo, las actividades de animales que excavan en la tierra, tales como las lombrices, y la abundancia de raíces de plantas. (Espinoza, J. y Molina, E. 1999)

La densidad aparente de un suelo se suele utilizar como medida de la estructura del suelo. Una densidad baja, generalmente, equivale a más porosidad y mayores agregados del suelo. Un suelo de bosque saludable tendrá una densidad baja, lo que corresponde a mayor estabilidad, menos compactación y, probablemente, mayor contenido de humedad que un suelo con una densidad mayor. Un método sencillo de medir la densidad del suelo consiste en cavar un hoyo, y, conservando toda la tierra retirada del hoyo como muestra, determinar el volumen de la muestra de suelo vertiendo un volumen de arena seca en el hoyo del cual se extrajo la muestra. Finalmente, sequen la muestra de suelo retirada para determinar el peso seco del suelo. (Algunos Aspectos de la Nutrición Mineral de las Plantas. 1995)

2.13.5. Compactación del suelo

La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la actividad agrícola, tienen su origen principalmente en:

- Implementos de labranza del suelo.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.

- Pisoteo de animales.

En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo, horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de intensivo uso agrícola que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas. (Algunos Aspectos de la Nutrición Mineral de las Plantas. 1995)

2.14. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO

El suelo es una mezcla de materias orgánicas e inorgánicas conteniendo una gran variedad de macroorganismos (por ejemplo lombrices, hormigas, tijerillas, etc.) y microorganismos (como bacterias, algas, hongos). El suelo provee ancla y soporte para las plantas, las cuales extraen agua y nutrientes de él. Estos nutrientes están devueltos al suelo por la acción de los organismos del suelo sobre las plantas muertas o en vía de morirse y la materia de origen animal. (Técnico en Agricultura, 2002)

La fertilidad es la función principal de la eficiencia en este ciclo de reciclaje continuo. La proporción de nutrimentos no disponibles, sea en la biomasa o en el suelo, en un momento dado, es función del clima. Los organismos del suelo son inactivos a bajas temperaturas. La actividad aumenta conforme aumenta la temperatura pero cesa de nuevo cuando hace mucho calor. (Manual Agropecuario, 2004 y Palomino, K. 2008)

La diferencia de ritmo de reciclaje de nutrientes es responsable del incremento en el ritmo de crecimiento y del aumento de la diversidad de las especies cuando pasamos de un área templada a una región tropical. (Manual Agropecuario, 2004)

2.14.1. Macroorganismos

Forman parte del ecosistema del suelo, de las raíces de vegetales y pueden ser:

- Mamíferos.- (ratones, ratas, topos), crean galerías que permiten la penetración del agua y aire en el suelo para proveer de oxígeno y ayuda a la descomposición.

- Artrópodos.- (crustáceos, arácnidos, etc.) trocean la materia orgánica y producen con sus excrementos un soporte adecuado a la vida microbiana-

- Lombrices.- escavan galerías en todos los sentidos aireando el suelo. Al mezclar la tierra y la materia orgánica en su intestino mejoran la fertilidad de los suelos.

- Moluscos.- (babosas y caracoles) comen la materia orgánica. (Manual Agropecuario, 2004)

2.14.2. Microorganismos

Los microorganismos son el conjunto de seres vivos que se caracterizan por tener un tamaño pequeño de modo que la mayoría de ellos no son visibles a simple vista, teniendo una gran sencillez en su estructura y organización. Dentro de los cuales tenemos los grupos principales:

- Cianobacterias: Realizan la fotosíntesis oxigénica. Tienen nutrición autótrofa y muchas asimilan nitrógeno atmosférico, gracias a la enzima nitrogenasa. Por eso habitan cualquier ambiente siendo sus preferidos: manantiales, rocas mojadas, aguas dulces y el suelo.

- Bacterias fototróficas anoxigénicas: Realizan la fotosíntesis anoxigénica y la fijación del CO_2 es mediante el ciclo de Calvin.

- Algas: Nutrición autótrofa y que viven en medios acuáticos. Pertenecen al heterogéneo mundo de los microorganismos. Son omnipresentes en todas las aguas, constituyendo más del 90% del fitoplancton, auténtico forraje de mar.

- Hongos: Se incluyen en el heterogéneo mundo de los microorganismos por su tamaño.

- Mohos: hongos que se caracterizan por su pequeño. Son heterótrofos en sus tres variantes: saprófitos, parásitos y simbiontes. Como simbiontes son notorios los que viven sobre las raíces de muchas plantas formando una asociación denominada microrriza. (Martin, A. 1990 y Graetz, H. 2010)

Los microorganismos presentan los siguientes beneficios:

- Reciclado de nutrientes: los microorganismos son responsables del reciclado de la bacteria orgánica en descomposición, volviendo a originar materia inorgánica asimilable por las plantas. En ésta acción se basa la utilización del estiércol.

- Fijación del nitrógeno atmosférico: en la producción de arroz, soja, alfalfa, judías, guisantes, lentejas, garbanzos cuya simbiosis con la bacteria **Rhizobium** ya ha sido expuesta.

- En el aparato digestivo de rumiantes (rumen) existen en simbiosis bacterias que permiten digerir la celulosa.

Eliminación de varios contaminantes mediante el empleo de microorganismos de Biodegradación de plaguicidas: incluimos herbicidas, insecticidas y fungicidas utilizados en agricultura. (Martin, A. et, Al. 1990)

2.15. FERTILIZACIÓN QUÍMICA

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, C. 2000)

Aplicando N en épocas críticas para el cultivo. En cada época crítica en color de la hoja indica la necesidad de aplicar N. Para lograr esto, se utiliza la tabla de comparación de colores desarrollada para arroz por el IRRI (Internacional Rice Research Institute). El color de la hoja determina el estado de N en la planta y

permite ajustar las dosis fraccionadas de N durante las primeras etapas del ciclo del cultivo.

El fósforo es esencial para el transporte y almacenamiento de energía en la planta. El P es móvil dentro de la planta, promueve el amacollamiento, el desarrollo de la raíz, la floración temprana y la maduración. Es particularmente importante en las primeras fases de crecimiento. (Thompson, L. Troeh, F. 1997)

La primera señal de la falta de P es una planta pequeña, la forma de la hoja se distorsiona, cuando la deficiencia es severa se desarrollan áreas muertas en la hoja el fruto y el tallo debido a su baja movilidad las hojas bajeras son las primeras en afectarse, un color púrpura rojizo aparece por la acumulación de azucares, también aparece en otros cultivos sensibles al déficit de P especialmente a bajas temperaturas, además retarda la madurez. (Domínguez, A. 1998)

El K tiene funciones esenciales en las células de la planta y se requiere para el transporte de los productos de la fotosíntesis. El K fortalece las paredes celulares y contribuye a una mayor fotosíntesis y a mayor crecimiento de la planta, cuando existe deficiencia se reduce el proceso fotosintético y aumenta la respiración. A diferencia del N y P, el K no tiene un efecto mayor en el macollamiento, sin embargo, su presencia incrementa el número de granos por mazorca, el porcentaje de granos y el peso. (Thompson, L. Troeh, F. 1997 y Palomino, K. 2008)

El K a más de ser un nutriente esencial para el desarrollo de los cultivos desempeña otras importantes funciones en la planta, entrada y salida de agua esta regulada por la concentración de K en las células de los estomas, incrementa la resistencia de las plantas al ataque de enfermedades, y al daño ocasionado por las bajas temperaturas o heladas. (Domínguez, A. 1998)

La deficiencia de K en maíz se presenta con los siguientes síntomas: acortamiento de los nudos y crecimiento reducido, quemado o secamiento de los márgenes exteriores de la hoja mientras que la parte media permanece verde, mazorcas que no se llenan y grano de mal aspecto. El K está en el suelo en tres formas: no disponible retenido fuertemente en la estructura de los minerales primarios del

suelo, lentamente disponible atrapado en las capas de ciertas arcillas las cuales se contraen o se expanden cuando el suelo está húmedo o seco y disponible en la solución del suelo y el K que esta retenido en forma intercambiable por la materia orgánica y las arcillas del suelo. (Domínguez, A. 1998)

2.16. NITRÓGENO (N)

2.16.1. Origen

El nitrógeno fue descubierto por el botánico escocés Daniel Rutherford en 1772. Este científico observo que cuando encerraba un ratón en un frasco sellado, el animal consumía rápidamente el oxígeno y moría. Cuando se eliminaba el aire fijo (CO_2) del recipiente quedaba un aire nocivo el N. (http://www.monografias.com)

Según la geoquímica, el nitrógeno que ahora se encuentra en la atmósfera, existía originalmente como compuestos de amonio y nitruros en la materia sólida de la tierra. Con el incremento del calor en ella el N fue desprendiéndose hacia la atmósfera, donde existió principalmente como amoniaco. Posteriormente cuando la atmósfera se enriqueció con el oxígeno como resultado de la fotosíntesis, el amoniaco se óxido a nitrógeno elemental. (http://www.monografias.com/.../shtml)

La mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra en formas orgánicas y presumiblemente se ha acumulado a partir de la forma elemental de la atmósfera por procesos de fijación, de los cuales el más importante es de naturaleza biológica. No es una exageración afirmar que el desarrollo de los cultivos esta limitado, mas a menudo, por una insuficiencia de nitrógeno que por la de cualquier otro nutriente. La capa arable de la mayoría de los suelos cultivados contiene entre 0,02 y 0,4% de nitrógeno total. En forma inorgánica aparece como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), amoniaco (NH_3), amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), y nitratos (NO_3^-). (Fundora, O. y Arzola, N. 1993)

Las cuatro primeras formas son gaseosas y corrientemente no se encuentra en concentraciones lo suficientemente grandes como para ser detectadas. Las tres últimas son formas iónicas que se encuentran en la solución del suelo. Los nitritos

y nitratos aparecen casi exclusivamente como iones libremente difusibles en la solución del suelo. La mayor parte del amonio aparece en formas cambiables y no cambiables, solo una pequeña parte se encuentra en forma iónica en la solución del suelo.

Usualmente el amonio en forma cambiable y el que esta en la solución exterior, y los nitritos y nitratos constituyen, en conjunto, menos del 2% del N total de los suelos; pero esta pequeña porción del total es de gran importancia porque es la utilizada por las plantas. (http://www.lenntech.es/...../n.htm)

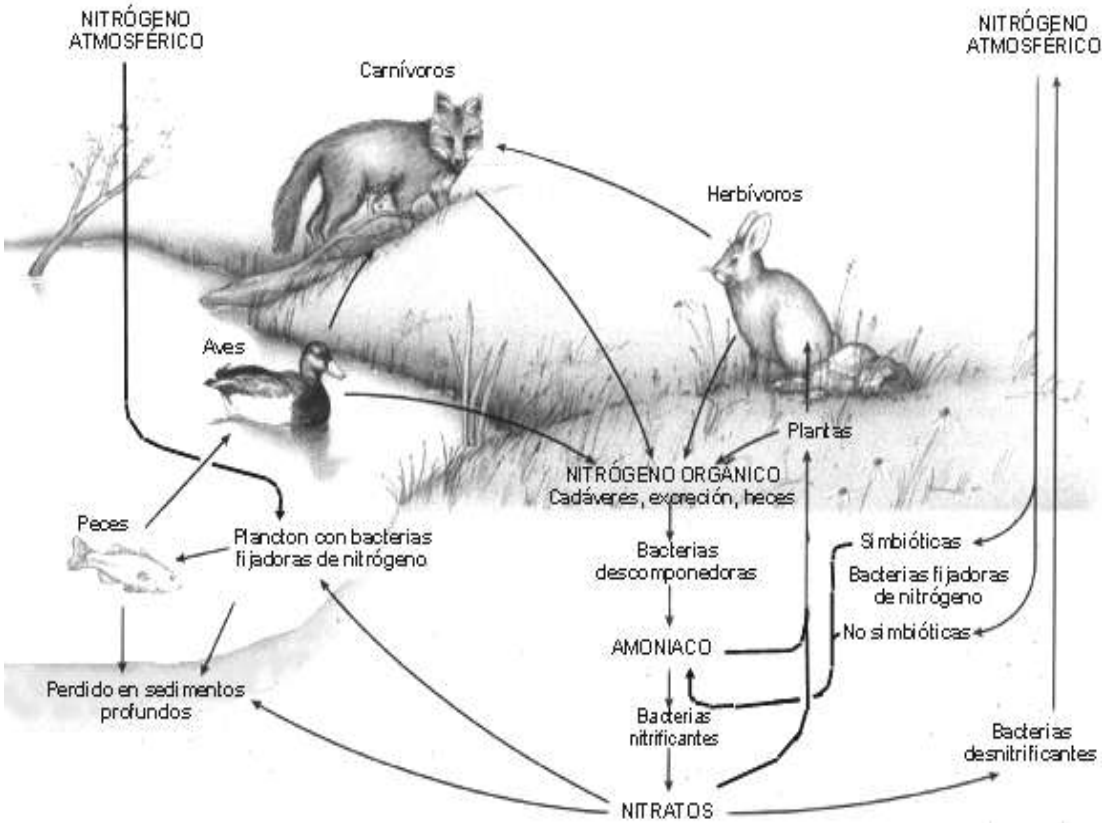
2.16.2. Propiedades

Nombre	**Nitrógeno**
Número atómico	7
Valencia	1,2,+3,-3,4,5
Estado de oxidación	- 3
Electronegatividad	3,0
Radio covalente (Å)	0,75
Radio iónico (Å)	1,71
Radio atómico (Å)	0,92
Configuración electrónica	$1s^2 2s^2 2p^3$
Primer potencial de ionización (eV)	14,66
Masa atómica (g/mol)	14,0067
Densidad (g/ml)	0,81
Punto de ebullición (ºC)	-195,79 ºC
Punto de fusión (ºC)	-218,8
Descubridor	Rutherford en 1772

(http://www.lenntech.es/...../n.htm)

2.16.3. Ciclo del nitrógeno

Este es quizá uno de los ciclos más complicados, ya que el nitrógeno se encuentra en varias formas, y se llevan a cabo en él, una serie de procesos químicos en los que el nitrógeno es tomado del aire y es modificado para finalmente ser devuelto a la atmósfera. En este sentido, se necesita de una gran cantidad de energía para desdoblarlo y combinarlo con otros elementos como el carbono y el oxígeno. Esta ruptura puede hacerse por dos mecanismos: descargas eléctricas y fijación fotoquímica, que proveen suficiente energía como para formar nitratos (NO_3^-). Este último procedimiento es reproducido en las plantas productoras de fertilizantes. (http://www.elsitioagricola.com/...../Maiz.asp)



2.16.4. Fases del ciclo

El ciclo del N tiene varias etapas y en cuatro de ellas participan las bacterias:

2.16.4.1. Fijación

Consiste en la incorporación del N atmosférico a las plantas, por medio de la enzima nitrogenasa presente en algunas bacterias y cianobacterias que habitan en el suelo y en ambientes acuáticos, en ausencia de oxígeno. Para ello, los microorganismos (**Rhizobium sp**.) que llevan a cabo esta transformación (N_2 > NH_3 > NO_3) viven en el interior de nódulos, siendo las leguminosas las especies huésped en las que suelen habitar y la leg-hemoglobina el pigmento rojo que caracteriza su actividad. Según algunos autores, la cantidad de N fijado por estas bacterias en la biosfera es del orden de 200 millones de toneladas anuales. (http://www.fertilizando.com/...../Maiz.asp)

2.16.4.2. Nitrificación o mineralización

Las raíces de las plantas que cultivamos tan solo pueden absorber dos formas de N: nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). El amonio se convierte en nitrato por medio de la nitrificación. La transformación del amonio en nitrato aumenta con la temperatura (> 10 °C) y el pH (5.5 – 6.5) del medio. El proceso se realiza en dos etapas:

- Transformación del amonio (NH_4^+) en nitrito (NO_2^-) por medio de bacterias presentes en el suelo (**nitrosomonas** y **nitrococcus**).

- Transformación del nitrito (NO_2^-) en nitrato (NO_3^-) por medio de otras bacterias también presentes en el suelo (**Nitrobacter**). En realidad se trata de dos reacciones de tipo oxidativo, de las cuales las bacterias obtienen energía. (http://www.fertilizando.com/...../Maiz.asp)

2.16.4.3. Asimilación

Tiene lugar cuando las plantas absorben nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+) a través de sus raíces. En el interior de la planta, estas moléculas son metabolizadas y debidamente combinadas con azúcares y otras moléculas procedentes de la actividad fotosintética, el N se incorpora finalmente a aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos (ADN y ARN) u otras sustancias propias de cada especie. Los

animales consumen estas sustancias y las transforman en otras similares de naturaleza animal. (http://www.fertilizando.com/...../Maiz.asp)

2.16.4.4. Amonificación

Los compuestos nitrogenados (proteínas y ácidos nucleicos entre otros) ya sean de origen vegetal o animal, al igual que otros desechos que contienen N, como la urea procedente de la orina, el ácido úrico procedente de las aves o los organismos muertos, se descomponen por bacterias presentes en el medio, liberando N, en forma de amonio de ahí el nombre previo paso por compuestos aminados (proteínas, peptonas y finalmente aminoácidos).
(http://www.cimmyt.org/..../rotacion)

2.16.4.5. Inmovilización

Es el proceso contrario a la mineralización, por medio del cual las formas inorgánicas (NH_4^+ y NO_3^-) son convertidas a N orgánico no asimilable. (http://es.wikipedia.org/...../%C3%B3n)

2.16.4.6. Desnitrificación

La reducción del nitrato (NO_3^-) a N y amonio (NH_4^+) a amoniaco recibe el nombre de desnitrificación. Se realiza por medio de las bacterias desnitrificadoras que revierten la acción de las bacterias fijadoras de N, con lo cual el N es devuelto a la atmósfera en forma de gas (N). Este proceso ocasiona una pérdida de nitrógeno para el ecosistema; se da donde se acumula materia orgánica en condiciones anaeróbicas y alto pH. En condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno para respirar (obtener energía). (http://es.wikipedia.org/...../%C3%B3n)

2.16.4.7. Aportaciones por lluvia

La lluvia aporta cantidades variables de N en forma de amonio, nitrato y óxidos de nitrógeno, lo que constituye una fuente importante de N para algunos ecosistemas naturales. Este aporte oscila entre 5 y 15 kg de N por hectárea y año. No obstante,

para muchos sistemas agrícolas, este valor resulta insuficiente si lo comparamos con las necesidades que habitualmente se cubren con fertilizantes químicos. (http://es.wikipedia.org/...../%C3%B3n)

2.16.5. Formas del nitrógeno

2.16.5.1. En forma libre

El N se encuentra en la atmósfera con una cantidad aproximada del 80% en forma de gas; a molécula, N, esta formada por dos átomos de nitrógeno. En su forma gaseosa solo es aprovechada directamente por bacterias específicas asociadas a las plantas de la familia de las leguminosas. (Rodríguez, F. 1992)

2.16.5.2. En forma orgánica

Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidados, aminoácidos libres, amino azúcares, y otros complejos, generalmente compuestos no identificados. Este último grupo se cree que incluye materiales que resultan de:

- La reacción del amonio con la lignina.
- La polimerización de quinonas y compuestos nitrogenados.
- La condensación de azucares y aminas.

El grupo que consiste en aminoácidos o proteínas consolidados se halla en fuerte combinación con arcillas, lignina, y quizás otros materiales. Esto ha sido sugerido como una de las razones de su resistencia a la descomposición. (Tisdale, S. y Werner, N. 1991)

La existencia de estas proteínas se deduce de la presencia de aminoácidos hallados en los hidrolizados ácidos del suelo. Se admite que, como las proteínas se forman por una combinación de aminoácidos en los hidrolizados, esto prueba la existencia de proteínas en los suelos. (Tisdale, S., Werner, N. 1991 y Graetz, H. 2010)

2.16.5.3. En forma inorgánica

Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen NH_4^+, NO_3^-, NO_2^-, N_2O, NO, y nitrógeno elemental, que es claro esta, inerte aceptó para su utilización por **Rhizobia**. Se cree también que existe hidroxilamina (NH_2OH), pero a causa de que se supone que es un intermediario en la formación de NO_2^- del amonio, pues es inestable y no puede persistir. (Tisdale, S. y Werner, N. 1991)

2.16.6. Fijación del nitrógeno en el suelo

2.16.6.1. Fijación por Rhizobia

Estas bacterias aerobias pertenecen al genero **Rhizobium** (**R**. **leguminosarum**, **R**. **trifolia**, **R**. **lupini**, etc.) y se encuentran en el suelo en forma flagelada; cuando toman contacto con las raíces de las leguminosas comienzan a reproducirse en el en el parénquima de la raíz, formando nódulos. Los nódulos activos contienen una sustancia llamada leghemoglobina de color rojo, indicando que las bacterias están fijando el nitrógeno gaseoso (N).

Las bacterias reciben el N transformándolo por una reacción química de reducción (lo contrario de la oxidación) en amoniaco (NH_3) que pasa directamente a la circulación de la planta, pues las bacterias están en una relación simbiótica, la planta aprovecha un 50% de la producción de las bacterias; el resto es excretado por estas al suelo en forma de ácidos glutámico y aspártico, etc. Siendo luego de una transformación en el suelo, asimilado por otras plantas, de allí la importancia de la asociación de leguminosas y gramíneas. (Rodríguez, F. 1992)

Se ha descrito que la incorporación de nitrógeno al suelo fijada por la planta de fríjol es de 40 Kg/Ha. Es aconsejable, generalmente, incluir una pequeña cantidad de nitrógeno en el fertilizante de las cosechas agrícolas de leguminosas en el tiempo de la plantación para asegurar que los jóvenes retoños tengan un suministro adecuado hasta que los **Rhizobia** puedan comenzar a establecerse en sus raíces. Aplicaciones grandes o continuadas de nitrógeno reducen, sin embargo,

la actividad de los **Rhizobia** y por consiguiente, son generalmente antieconómicas. (Fundora, O. y Arzola, N. 1993)

2.16.6.2. Fijación por microorganismos

Puede ser realizada por microorganismos que viven libremente en el suelo y quizá por organismos que viven en las hojas de plantas tropicales, los cuales incluyen a numerosas especies de las algas azul-verdosas y ciertas bacterias que viven libremente. Los más importantes son los **Rhodospirillum**, que son fotosintéticos, **Clostridium**, que es un saprofita anaerobio, y los saprofitas aerobios, **Azotobacter** y **Beijerinckia**. (Tisdale, S., Werner, N. 1991 y Graetz, H. 2010)

Las algas azul-verdes se hallan dentro de un amplio rango de condiciones ambientales, incluyendo superficies rocosas y extensos terrenos áridos. Son completamente autótrofas y requieren solamente luz, agua, nitrógeno libre (N), dióxido de carbono (CO_2), y sales que contengan los elementos minerales esenciales. La importancia agrícola de la fijación del nitrógeno por las bacterias que viven libremente es mayor que la de las algas azul-verdes. Estos organismos, con la excepción del **Rhodospirillum**, requieren una fuente de energía disponible, que este presente en forma de residuos orgánicos.

Parte de la energía de la oxidación de estos residuos se utiliza para fijar el nitrógeno elemental. Ha habido una especulación considerable acerca de las cantidades de nitrógeno que fijan actualmente estos organismos que viven libremente. Algunas estimaciones son tan elevadas como de 20 a 45 Kg/Ha cada año, pero unas cifras mas generalmente aceptadas, basadas en trabajos recientes son de alrededor de 6 Kg/ha. (Tisdale, S. y Werner, N. 1991)

La atención de los trabajos investigativos se ha centrado en las bacterias **Clostridium** y **Azotobacter**. La primera solo fija nitrógeno en condiciones anaeróbicas en cultivos puros, pero puede actuar en condiciones aeróbicas si otras determinadas bacterias están presentes. Su desarrollo óptimo es a pH cercano a la neutralidad pero pueden ser encontradas en suelos tan ácidos como los de un pH de 5.0. (Fundora, O. y Arzola, N. 1993)

2.16.6.3. Fijación por descargas eléctricas

Compuestos nitrogenados se hallan en la atmósfera y vuelven a la tierra cuando llueve. El N esta en forma de amoniaco, NH_3, y oxido nitroso NO_2^-, y combinaciones orgánicas. El amoniaco proviene de lugares industriales que fabrican o producen amoniaco, también de la superficie del suelo. Por razón de la pequeñas cantidades de oxido nitroso NO_2^-, estas se acumulan usualmente a las cifras que se describen para el amoniaco, NH_3. La presencia de amoniaco, NH_3 ha sida atribuida a su formación durante las descargas eléctricas atmosféricas, pero estudios recientes sugieren que tan solo un 10 o un 20%, del amoniaco, NH_3 presente en la lluvia y la atmósfera provienen de la fijación por descargas eléctricas. El resto se cree que proviene de los gases industriales desechados, o posiblemente del suelo. (Tisdale, S. y Werner, N. 1991)

Todas estas distintas formas de nitrógeno atmosférico están siendo continuamente devueltas al suelo por la lluvia. La cantidad de nitrógeno fijado llevado de esta forma al terreno ha sido estimada de 1 a 50 Kg/Ha anualmente, dependiendo del lugar. Estas cifras son mayores por lo general alrededor de las áreas de intensa actividad industrial, y como norma son mayores en las zonas tropicales que en las polares o las templadas. (Graetz, H. 2010)

2.16.6.4. Fijación industrial

Para la fabricación de los fertilizantes, se toma el N elemental del aire, el cual se fija como amoniaco NH_3 pudiéndose obtener el hidrógeno necesario de varios compuestos. En los combinados de Cienfuegos y Nuevitas se utiliza nafta para generar hidrogeno, mientras que en el de Matanzas se usa petróleo crudo. La mezcla de N e hidrógeno se comprime a unas 5000 atm, lo que con el consiguiente aumento de temperatura ocasiona la siguiente reacción:

$$3\,H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$

A partir de este amoniaco puede producirse ácido nítrico con el aire que aporta el oxígeno necesario, y de estos compuestos se obtiene los fertilizantes nitrogenados que vamos a estudiar. (Fundora, O. y Arzola, N. 1993)

2.16.7. Perdidas del nitrógeno

2.16.7.1. Volatilización de amoniaco

La volatilización de N desde el suelo implica el pasaje del NH_4^+ a NH_3 que a presión atmosférica es un gas. Las pérdidas por volatilización pueden ser en particular (10 a 40 % de N) cuando se agrega urea en superficie sin incorporar. El proceso es favorecido por altas temperaturas y pH y baja humedad. Desde hace no mucho tiempo se conoce que también las plantas liberan NH_3 desde sus tejidos. Según algunas experiencias, de las perdidas totales de N, 52 a 73 % se perdió por esta vía en maíz y de 21 a 41 % en trigo. (http://www.elsitioagricola.com/...../asp)

2.16.7.2. Desnitrificación

La desnitrificación implica la pérdida de N por un proceso biológico que produce gases de nitrógeno reducido (NO, N_2O, N_2) que pasan a la atmósfera. El proceso es favorecido fundamentalmente por excesos de humedad y altas temperaturas, pero debe haber NO_3^- disponibles junto con substratos (M.O.). Las pérdidas son del 5 al 10% bajo labranza convencional y pueden duplicarse en siembra directa. (http://www.elsitioagricola.com/...../asp)

2.16.7.3. Lixiviación

La lixiviación o lavado de los NO_3^- que son arrastrados por el agua en el perfil a una profundidad en la cual no son alcanzados por las raíces. Representa un problema ambiental dado que produce la contaminación de las napas. Se da en suelos de buen drenaje o texturas gruesas, cuando se aplican altas dosis de nitrógeno. Puede alcanzar hasta 20 %. (http://www.elsitioagricola.com/...../asp)

2.16.7.4. Escurrimiento superficial

Las pérdidas son inferiores a 15 % y se presentan cuando el fertilizante se aplica en superficie, sin incorporación, en suelos con pendiente. Las pérdidas son menores en siembra directa. (http://www.monografias.com/.../shtml)

2.16.8. El nitrógeno en la planta

2.16.8.1. Funciones

Se encuentra en gran número de compuestos orgánicos de gran importancia para la planta, principalmente en las proteínas. Con la excepción del agua, ellas son el principal constituyente del protoplasma, y tienen una función de primer orden en el crecimiento y multiplicación de los organismos vivos. Las proteínas de las células de las partes vegetativas son principalmente de naturaleza funcional. Muchas de ellas son enzimas; otras son nucleoproteínas, algunas de las cuales están presentes en los cromosomas. (http://www.imexcor.com.ar/nitrogeno.htm)

Además de su participación en las proteínas, el nitrógeno participa de modo importante en otros procesos. Es un componente de los pigmentos clorofílicos, que son los que quedan a la planta su color verde. También se encuentran en las hormonas, las cuales son compuestos orgánicos que ejercen funciones reguladores en el metabolismo, además esta presente en el transportador de energía, trifosfato de adenosina. (http://www.imexcor.com.ar/nitrogeno.htm)

Cuando hay suficiente cantidad de nitrógeno se producen los siguientes efectos:

- Mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos.
- Mayor cantidad de clorofila. (http://www.lenntech.es/)

De estos puntos se deduce

- Mayor vigor vegetativo.

- El vigor vegetativo se manifiesta por el aumento de velocidad del crecimiento, determinado por un aumento de volumen y peso (debido a los alargamientos celulares y la multiplicación celular.

- Color verde intenso de la masa foliar (mayor densidad clorofílica).

- Mayor producción de hojas de buena sanidad y calidad (aumento de su contenido proteínico).

- A su vez los puntos anteriores determinan una mayor producción de frutos, semilla, etc. (http://www.lenntech.es/...../n.htm)

2.16.8.2. La falta de nitrógeno en la planta

- Perdida del característico color verde; los tallos pueden volverse rojos o de color purpura debido a una producción excesiva del pigmento llamado antocianina.

- La reducción del crecimiento de la planta.

- Disminución de la producción de frutos, los granos pobremente llenados.

- La reducción del ciclo vegetativo, que causa la madurez prematura de la planta (antes de tiempo). (http://www.imexcor.com.ar/nitrogeno.htm)

2.16.8.3. El exceso de nitrógeno en la planta

- Hojas y tallos débiles, por lo que en estas condiciones los cereales tienden acamarse.

- El retraso de la madurez de la planta, lo que es causa de una menor riqueza de azúcar en la fruta.

- Menor resistencia a los fríos y al ataque de parásitos como los hongos.

- Acumulación de nitratos en las hojas, lo que puede provocar intoxicaciones graves en los animales que las consume.

- Tejidos hinchados**.** (http://www.imexcor.com.ar/nitrogeno.htm)

2.16.9. Formas de ser absorbido por la planta

2.16.9.1. Forma nítrica

El anión nitrato, NO_3^-, pertenece a la parte aniónica del ácido nítrico (NO_3H), así como a la constitución de las distintas clases. (Rodríguez, F. 1992)

FUENTES DEL NITRÓGENO	F	N%	P_2O_5 %	K_2O %	S%
Nitrato de Calcio	$(NO_3)_2$ Ca	15.5%	0	0	0
Nitrato de Sodio	NO_3 Na	16%	0	0	0
Nitrato Potásico	NO_3 K	13%	0	46%	0

(http://www.fertilizando.com/...../asp)

2.16.9.2. Forma amoniacal

El anión amónico (NH_4^+) es otra forma importante de absorción, cuando el amoníaco esta disuelto en agua recibe un protón (H^+) cargándose positivamente. Además, forma parte de todas las sales amoniacales. (Rodríguez, F. 1992)

FUENTES DEL N	F	S	N%	P_2O_5 %	K_2O %	S %
Nitrato de Amonio	NO_3	NH_4	33%	0	0	0
Sulfato de Amonio	SO_4	$(NH_4)_2$	20-21%	0	0	23-24%
Fosfato mono-amoniaco	PO_4H_2	NH_4	11%	48%	0	3-4%
Fosfato biamónico	PO_4H	$(NH_4)_2$	18%	46%	0	0

(http://www.fertilizando.com/...../asp)

2.16.9.3. Compuestos nitrogenados solubles

Es el caso de los aminoácidos (moléculas que poseen N y conforman las proteínas) y ácidos nucleicos. En suelos turbosos es común este tipo de absorción

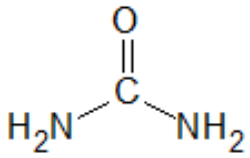
de aminoácidos. Estos pueden ser asimilados por la planta, pero su importancia es mínima desde el punto de vista de la cantidad. (Rodríguez, F. 1992)

2.16.10. Fertilizantes nitrogenados

Se pueden clasificarse en sentido amplio como orgánicos naturales o químicos. Los orgánicos naturales son de origen vegetal o animal; las fuentes químicas no son ni animales ni vegetales. (Tisdale, S. y Werner, N. 1991)

2.16.10.1. Urea

Urea, también conocida como carbamida, carbonildiamida o ácido arbamídico, es el nombre del ácido carbónico de la diamida. Cuya formula química es $(NH_2)_2CO$. Es una sustancia nitrogenada producida por algunos seres vivos como medio de eliminación del amoníaco, el cuál es altamente tóxico para ellos. En los animales se halla en la sangre, orina, bilis y sudor.



La urea se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular. Es una sustancia higroscópica, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor a amoníaco, comercialmente la urea se presenta en pellets, gránulos, o bien disuelta, dependiendo de la aplicación. (http://www.fertilizando.com/...../asp)

2.16.10.2. Propiedades

Peso molecular	60.06 g/mol
Densidad	768 Kg/m^3
Punto de fusión	132.7 ºC
Calor de fusión	5.78 a 6 cal/gr

Calor de combustión	2531 cal/gr Humedad crítica relativa (a 30°C): 73%
Acidez equivalente a carbonato de calcio	84 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de urea)
Índice de salinidad	75.4
Calor de disolución en agua	57.8 cal/gr (endotérmica)
Energía libre formación a 25°C	47120 cal/mol (endotérmica)
Corrosividad	Altamente corrosivo al acero al C. Poco al Al, Zn y Co. No lo es al vidrio y aceros especiales.

La urea es una sustancia no peligrosa, no tóxica, no cancerígena y tampoco es inflamable aunque si es levemente irritante en contacto en los ojos y piel. Es explosivo si se mezcla con agentes reductores fuertes, como hipoclorito y por termo descomposición, produce gases inflamables y tóxicos (NH_3 y CO_2). (http://www.fertilizando.com/...../asp)

2.16.10.3. Solubilidad

Es muy soluble en agua, alcohol y amoníaco. Poco soluble en éter y a temperatura ambiente. (http://www.mag.go.cr/...../acidez_suelo.)

2.16.10.4. Principales reacciones

Por termo descomposición, a temperaturas cercanas a los 150 – 160 ºC, produce gases inflamables y tóxicos y otros compuestos. Por ejemplo amoníaco, dióxido de carbono, cianato de amonio (NH_4OCN) y biurea $HN(CONH_2)_2$. Si se continúa calentando, se obtienen compuestos cíclicos del ácido cinabrio. Soluciones de urea neutra, se hidrolizan muy lentamente en ausencia de microorganismos, dando amoníaco y dióxido de carbono. La cinética aumenta a mayores temperaturas, con el agregado de ácidos o bases y con un incremento de la concentración de urea. (Domínguez, A. 1998)

2.16.10.5. Urea en la naturaleza

La urea es producida por los mamíferos como producto de la eliminación del amoníaco, el cuál es altamente tóxico para los mismos. El llamado ciclo de la urea, es el proceso que consiste en la formación de urea a partir de amoníaco. Es un proceso que consume energía, pero es indispensable para el quimismo vital. En los humanos al igual que en el resto de los mamíferos, la urea es un producto de desecho, producido cuando el cuerpo ha digerido las proteínas. Esta es llevada a través de la sangre a los riñones, los cuales filtran la urea de la sangre y la depositan en la orina. Un hombre adulto elimina aproximadamente unos 28 g de urea por día.

Por otra parte, se encuentran en el suelo numerosas bacterias que liberan una enzima llamada ureasa. La ureasa es una enzima hidrolítica que cataliza la reacción de descomposición de urea por el agua, con formación de una molécula de anhídrido carbónico y dos moléculas de amoníaco. De ésta forma vemos que en dos situaciones distintas, en la naturaleza se verifica la reacción en ambos sentidos. (http://www.fertilizando.com/...../asp)

2.16.10.6. Fertilizante

El 90% de la urea producida se emplea como fertilizante. Se aplica al suelo y provee nitrógeno a la planta. En el caso de aplicaciones foliares de urea, es muy importante utilizar urea libre de biuret, con un contenido no mayor al 0.25%. El biuret o carbamyl urea es un producto de condensación resultante de la descomposición por efecto térmico de la urea. El biuret es fitotóxico en aplicaciones al follaje únicamente (foliar), no así cuando se aplica al suelo. (http://www.fertilizando.com/...../asp)

La urea como fertilizante presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno, el cuál es esencial en el metabolismo de la planta ya que se relaciona directamente con la cantidad de tallos y hojas, las cuáles absorben la luz para la fotosíntesis. Además el nitrógeno está presente en las vitaminas y proteínas, y se relaciona con el contenido proteico de los cereales. (Domínguez, A. 1998)

2.16.10.7. La urea se adapta a diferentes tipos de cultivos.

Necesario fertilizar, ya que con la cosecha se pierde una gran cantidad de nitrógeno. El grano se aplica al suelo, el cuál debe estar bien trabajado y ser rico en bacterias. La aplicación puede hacerse en el momento de la siembra o antes. Luego el grano se hidroliza y se descompone: (Thompson, L. Troeh, F. 1997)

$$NH_2 - CO - NH_2 \rightarrow 2NH_3 + CO_2$$

Debe tenerse mucho cuidado en la correcta aplicación de la urea al suelo. Si ésta es aplicada en la superficie, o si no se incorpora al suelo, ya sea por correcta aplicación, lluvia o riego, el amoníaco se vaporiza y las pérdidas son muy importantes. La carencia de nitrógeno en la planta se manifiesta en una disminución del área foliar y una caída de la actividad fotosintética. (Thompson, L. Troeh, F. 1997 y Graetz, H. 2010)

2.16.10.8. Compatibilidad

La Urea es compatible con la mayoría de los fertilizantes, sin embargo existe una compatibilidad limitada con superfosfato triple (SPT) y superfosfato simple (SPS). En mezclas físicas que no se envían a almacenamiento, porque son producidas para su aplicación inmediata, es posible mezclarlos, ya que al aplicarse rápidamente se evita la reacción de la Urea y estos fosfatos poco compatibles. Es claramente incompatible con productos a base de nitrato de amonio, ya que la mezcla de ambos tiene una reacción inmediata aún en condiciones de bajos niveles de humedad relativa. (Thompson, L. Troeh, F. 1997)

2.16.11. Utilización de fertilizantes nitrogenados

Los fertilizantes nitrogenados que contiene o forman amonio (NH_4^+) incrementan la acidez del suelo a menos que la planta absorba NH_4^+ directamente. Ejemplos de estos fertilizantes son el sulfato de amonio [$(NH_4)_2SO_4$], nitrato de amonio (NO_3NH_4) y la urea [$CO(NH_2)_2$]. El $(NH_4)_2SO_4$ y el NO_3NH_4 aplicados al suelo se disocian liberando amonio (NH_4^+). Esta forma de N se convierte en nitrato NO_3^- a

través de oxidación biológica. El proceso que hace posible esta transformación se denomina nitrificación y se representa con estas reacciones:

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow[\text{Nitrosomas}]{} 2NO_2^- + 4H^+ + H_2O$$

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow[\text{Nitrobacter}]{} 2NO_3^-$$

(Espinosa, J. y Molina, E. 1999)

Como se observa la nitrificación produce un exceso de H^+ que acidifica el suelo. Este es un proceso natural necesario para transformar el NH_4^+ en NO_3^-, debido a que las plantas utilizan principalmente NO_3^- en su nutrición. Por otra parte, estas reacciones requieren oxígeno (O_2) por lo tanto es necesario que el suelo se encuentre bien aireado para que el proceso tenga lugar. La utilización de urea produce también acidificación del suelo, aun cuando las reacciones iniciales son diferentes. (http://www.mag.go.cr/...../acidez_suelo.)

Después de la aplicación al suelo, la urea es atacada por la enzima ureasa facilitando la hidrólisis del material. La primera reacción forma carbamato de amonio que es un compuesto inestable. Esta reacción eleva el pH en la inmediata vecindad del gránulo de urea a valores mayores que 8.0. En este ambiente alcalino el carbamato de amonio se descompone rápidamente en amoníaco (NH_3) y CO2, estas reacciones se describen a continuación:

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \xrightarrow[\text{Ureasa}]{} H_2NCOONH_4$$

$$H_2NCOONH_4 \longrightarrow 2NH_3\uparrow + CO_2\uparrow$$

(Thompson, L. Troeh, F. 1997)

El NH_3 formado al final de estas reacciones es gas que se volatiliza fácilmente de la superficie del suelo, pudiéndose perder de esta forma apreciable cantidad de N del sistema. El NH_3 en contacto con agua se trasforma en NH_4^+, permaneciendo

en esta forma estable en el suelo. Por esta razón, es aconsejable incorporar la urea en el suelo para evitar volatilización. (Thompson, L. Troeh, F. 1997)

El NH_4^+ formado después de la hidrólisis de la urea pasa por los mismos procesos de oxidación biológica o nitrificación al igual que el NH_4^+ de otras fuentes nitrogenadas. Como ya se discutió anteriormente, este proceso lleva inevitablemente a la acidificación del suelo. Es importante indicar que la mineralización de la materia orgánica también produce NH_4^+ como producto final del proceso de descomposición. Este NH_4^+ contribuye de igual forma a la acidificación del suelo después de que forzosamente pasa por el proceso de nitrificación descrito anteriormente. (http://www.mag.go.cr/...../acidez_suelo.)

2.16.12. Acidez producida por los fertilizantes nitrogenados

El efecto de los fertilizantes nitrogenados sobre el pH del suelo depende de:

- La forma inorgánica aplicada, NH_4+ o NO_3^-.
- El catión o anión acompañante
- El cultivo
- El destino final del N del fertilizante

Las fuentes amoniacales producen acidez durante la nitrificación. La acidez final será mayor si el anión acompañante es acidico como el caso del sulfato de amonio.

Fuentes nítricas como el nitrato de sodio pueden aumentar el pH por estar acompañadas por cationes básicos. La absorción de NO_3^- por los cultivos puede reducir el efecto acidificante de los fertilizantes al contrabalancearse con absorción de H+ o intercambiarse con HCO_3- de las raíces. Si el NO_3^- producido por nitrificación permanece como tal en el suelo o es perdido por lavado, el efecto acidificante será equivalente al teórico; pero si el NO_3^- es desnitrificado el efecto acidificante se anulará. (http://www.fertilizando.com/...../Maiz.asp)

2.16.13. Métodos de aplicación del fertilizante

El objetivo general que se persigue al decidir un método de aplicación de fertilizantes es maximizar la eficiencia de uso del fertilizante, reduciendo los costos energéticos y de tiempo y minimizando los impactos ambientales. Para maximizar la eficiencia de uso, el N debe estar disponible para el cultivo al comienzo del período de máxima absorción. Para el caso del maíz, el período de mayor absorción se inicia a partir de 5-6 hojas, mientras que para el trigo este período se inicia al finalizar el macollaje. Objetivos específicos que se persiguen son:

- Maximizar la eficiencia de uso del nutriente aplicado.
- Lograr que la aplicación sea lo más sencilla y económica posible.
- Evitar que el fertilizante afecte la germinación y posterior desarrollo de las plantas (toxicidad).

El logro de estos objetivos dependerá de las condiciones y propiedades del suelo (pH, capacidad buffer, textura, CIC, humedad, temperatura), de las características químicas del fertilizante (forma de N, anión o catión acompañante, acidez o alcalinidad, forma física, solubilidad), y del estado fenológico y desarrollo radicular del cultivo. (http://es.wikipedia.org/...../%C3%B3n)

En general, los métodos de aplicación se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Superficiales: al voleo, en franjas sobre el suelo, con el agua de riego.
- Sub superficiales: al voleo incorporado con reja o con disco, en bandas con la semilla o al costado y en profundidad, en bandas al costado de las plantas.
- Sobre las plantas: aspersión sobre el cultivo.
  (http://www.cimmyt.org/.../rotacion)

Los fertilizantes nitrogenados son en su mayoría solubles, y una vez aplicados al suelo se incorporan a la fracción de nitratos y/o amonio. El proceso de hidrólisis de la urea ya fue comentado, y en general se debe considerar que se produce rápidamente cuando la temperatura supera los 10-12 C° y no hay limitaciones de humedad.

La rápida nitrificación del amonio y la movilidad del nitrato excluyen los problemas de disponibilidad posicional que si se presentan en el caso del fósforo y el potasio. Por lo tanto, para los fertilizantes nitrogenados, la decisión en cuanto al método de aplicación a utilizar dependerá fundamentalmente de las reacciones que se producen durante la disolución del fertilizante y como las mismas afectan al suelo circundante. (http://www.cimmyt.org/..../rotacion)

2.16.14. Contaminación por nitratos

El N, es nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, se encuentra en el aire (es el elemento más abundante en la atmósfera), en el agua (disuelto en forma de amoníaco o nitratos) y en el suelo (en forma de nitrógeno orgánico y abonos nitrogenados). Pero en los últimos años, debido a la intervención humana, la disponibilidad de N es muy superior a la que el medio necesita y puede asumir, y las consecuencias de este hecho, muy graves, no se hacen esperar. Por un lado, los nitratos excedentes, solubles en agua, se filtran fácilmente y llegan a las aguas. Por otro, las plantas absorben muchos más nitratos de los que necesitan y acumulan cantidades excesivas de esta sustancia. Esto tiene muy serias repercusiones para el medio ambiente, salud, ya que a través del agua de bebida y de las verduras estas sustancias pueden llegar al consumidor. Pero, ¿es preocupante el nivel de nitratos de agua y alimentos? (http://www.miliarium.com/...../Welcome.asp)

2.16.14.1. En el medio ambiente

Un exceso de nitrógeno, que es fertilizante, tiene innegables repercusiones en el medio ambiente, amenazando el equilibrio, en tierra, mar y aire. De entrada, altera el equilibrio de las especies vegetales terrestres: las que asimilan mejor el

nitrógeno crecen más rápidamente y predominan, mientras que otras desaparecen. La situación se agrava en los sistemas acuáticos (a ríos, lagos y costas es donde van a parar los excedentes los diferentes nutrientes y demás residuos). (http://www.miliarium.com/...../Welcome.asp)

Ese exceso de nitrógeno estimula el proceso llamado "eutrofización": las plantas acuáticas crecen de forma desmesurada, cubren la superficie (impidiendo que pase el sol) y consumen más oxígeno del que producen. La falta de luz y de oxígeno acaba con muchos organismos acuáticos, y disminuye la capacidad de autodepuración del medio. Además, en determinadas zonas pueden crecer algas tóxicas, o bien aparecer organismos que se alimenten del exceso de plantas, alterando el equilibrio del hábitat.

La presencia en la atmósfera de gases ricos en nitrógeno también se deja sentir en el ambiente: el óxido nítrico es causante de fenómenos como el smog o la lluvia ácida y el óxido nitroso es sospechoso de producir efecto invernadero. Como vemos, el exceso de nitrógeno puede tener unos efectos tan devastadores como los gases de efecto invernadero. (http://www.miliarium.com/...../Welcome.asp)

2.16.14.2. En la salud humana

El riesgo que suponen los nitratos para el organismo humano, no tan inmediato como el del medio ambiente, pero igual de importante, está determinado por su conversión a nitritos (una transformación que se suele producir por efecto de bacterias que hay en la boca).

Los nitritos son unos compuestos que tienen un doble peligro.

Por un lado, pueden reaccionar con aminas para formar otros compuestos, las nitrosaminas, nocivos para la salud y potencialmente cancerígenos. Además, por las condiciones fisiológicas del organismo de los niños pequeños (que aún no está maduro), resultan muy peligrosos para ellos, ya que impiden la transferencia de oxígeno en la sangre: el nitrito oxida la hemoglobina y esta hemoglobina oxidada no es capaz de hacer que el oxígeno llegue a los tejidos, pudiendo causar graves

efectos, en casos extremos, incluso la muerte, especialmente a lactantes. (http://es.wikipedia.org/...../nitr%C3%B3geno)

2.16.14.3. ¿Por dónde llega al consumidor?

Los nitratos llegan a nuestro organismo por dos vías: los alimentos (en particular los vegetales) y el agua de bebida. El contenido de nitratos de las verduras varía en función de varios factores, como las condiciones climáticas, la especie, el tipo de cultivo, el momento de la recolección, etc. Las plantas absorben fácilmente el nitrato, pero el excedente que no aprovechan no pueden eliminarlo, por lo que lo acumulan, en particular en los órganos de tránsito, las raíces y las hojas de los vegetales (de ahí que espinacas, lechugas o coles estén entre las "sospechosas"). Por otro lado, algunas sales de nitrato y nitrito se usan como aditivos, en particular como conservadores en productos cárnicos. (http://www.consumer.es/...../php)

Su uso con ese fin está justificado, pues impide la formación de la toxina botulímica. A través del agua potable se ingiere un porcentaje de la ingesta total de nitrato; que en algunas zonas no es nada desdeñable. Los acuíferos pueden ser contaminados fácilmente (recordemos que los nitratos son muy solubles), por purines, fosas sépticas, fertilizantes. En aguas superficiales la concentración es mucho más baja, pero puede llegar a dispararse, por efecto sobre todo de las prácticas de agricultura y ganadería intensivas. Como vemos, los peligrosos nitratos están a la orden del día: llegan a nosotros por el plato o por el vaso. Si la cantidad de nitratos que se ingiere no es muy elevada, estas sustancias no tienen mayores efectos en la salud del consumidor.

Se ha establecido una ingesta diaria admisible, IDA, no superior a 3,7 mg de nitrato por kilo de peso. Esto supondría unos 259 mg por 100 gramos para un adulto de 70 kilos de peso. Obviamente, la cantidad sería mucho menor en una persona más liviana y, sobre todo, en un niño. Se ha calculado que en una dieta normal se ingieren entre 50 y 150 mg al día (sin contar el agua), cantidad que se supera fácilmente si la dieta es rica en verdura. (http://www.consumer.es/...../php)

2.16.14.4. En el agua

El exceso de nitratos en las reservas de agua puede afectar a la salud humana y ambiental. El efecto sobre la salud se conoce como metahemoglobinemia, un trastorno que causa limitaciones de la hemoglobina para transportar oxígeno a los tejidos. No obstante, si la cantidad de fertilizante utilizado es moderada, no tiene por qué originarse un exceso de nitratos. El riesgo surge cuando se sobrepasan las cantidades recomendadas en un intento de conseguir un mayor crecimiento de las plantas. Pero añadir más fertilizante no supone siempre un aumento de la productividad, ya que la causa del bajo rendimiento de los cultivos puede tener otro origen, tal y como revela el trabajo de la Universidad de Oregon, publicado en la revista Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). (http://es.wikipedia.org/...../nitr%C3%B3geno y Graetz, H. 2010)

Según el estudio, los compuestos químicos que se hallan en el suelo afectan al crecimiento de los cultivos de leguminosas, ya que reducen su capacidad de capturar y fijar nitrógeno (un proceso esencial en el crecimiento de este tipo de plantas). El insecticida metilparation aplicado a la alfalfa y al algodón reduce la productividad en un 35%, y el DDT que aunque ya no se usa, se encuentra en numerosos suelos agrícolas lo hace en un 45%. El bisfenol A, un compuesto usado en los plásticos, y que se ha convertido en un contaminante omnipresente, causa una reducción de la productividad en la alfalfa de un 50%. Otro contaminante, el pentaclorofenol, empleado para proteger la madera de los postes de teléfono y de otras infraestructuras, reduce el rendimiento de los cultivos hasta un 80%. Todo ello explicaría el descenso en la productividad de los últimos 40 años en todos los países, a pesar de la creciente aplicación de fertilizantes y pesticidas. (http://es.wikipedia.org/...../nitr%C3%B3geno)

2.16.14.5. En la agricultura

La contaminación acumulada en el suelo reduce la producción agrícola y amenaza la agricultura sostenible, por lo que es mayor la dependencia de los abonos nitrogenados, y por tanto, el riesgo de contaminación de las aguas por nitratos, cuando se habla de contaminación, el pensamiento y la mirada se dirigen al cielo

cada vez menos azul o al agua cada vez menos cristalina. Pero el suelo que se pisa también sufre sus efectos. (http://www.miliarium.com/...../Welcome.asp)

La pintura de un poste telefónico puede afectar a la productividad de los campos agrícolas, lo que a su vez repercute en la calidad de las aguas que llegan por diversas vías a los ciudadanos. Así se demuestra en una reciente investigación de la Universidad de Oregón (EEUU), que constata que los contaminantes acumulados en el suelo disminuyen la productividad de los cultivos, lo que dificulta aún más el objetivo de una agricultura sostenible. La razón: como se reduce la productividad, los agricultores recurren a la utilización de un mayor número de fertilizantes y pesticidas que, a su vez, aumentan la contaminación por nitratos del suelo y de las aguas subterráneas. El resultado es un círculo vicioso, un efecto perverso de la contaminación a largo plazo que se refleja en la calidad de la agricultura, acuíferos, agua de consumo doméstico. (http://www.miliarium.com/...../Welcome.asp)

2.16.15. Las consecuencias de utilizar fertilizantes

Este efecto de los contaminantes es doblemente negativo. Por un lado, disminuye la productividad del cultivo y, por otro, afecta a las leguminosas, una de las mejores bazas de las que dispone la agricultura para controlar el uso de fertilizantes. Las leguminosas (como la alfalfa, las judías o el trébol) se caracterizan por su capacidad de fijar el nitrógeno del aire gracias a unas bacterias que se hallan en sus raíces. La simbiosis entre bacterias y planta le permite alimentarse del nitrógeno que hay en el aire y, de paso, renovar las reservas de nitrógeno en la tierra, de forma que puede ser aprovechado por otras plantas. De ahí que el cultivo de leguminosas, alternado con otras especies, sea una de las prácticas agrícolas ecológicas recomendadas para aumentar la fertilidad del suelo sin abono o con pequeñas cantidades. (http://www.consumer.es/...../php)

En este ámbito, el estudio de la Universidad de Oregón muestra que los contaminantes merman el crecimiento de las plantas porque impiden esa capacidad de capturar el nitrógeno. Es una mala noticia porque augura que será difícil reducir la dependencia de los abonos nitrogenados. Además, en países en

desarrollo, donde los fertilizantes son muy caros para el agricultor, el cultivo rotatorio de leguminosas es una forma económica de mantener la fertilidad del suelo. Sobre este hecho, John McLachlan, del Centro Tulane para la Investigación Bioambiental (EE UU), avanzaba los resultados de sus experimentos aún sin publicar: han descubierto que los pesticidas afectan al proceso de fijación de nitrógeno de un centenar de plantas leguminosas tropicales y subtropicales. (http://www.consumer.es/...../php y Graetz, H. 2010)

Muchas de estas especies son árboles y arbustos, como la teca o el palisandro, que mejoran los suelos tropicales bajos en nutrientes. Y los agricultores de estas regiones más pobres no pueden permitirse perder estos fertilizantes naturales. A largo plazo, la consecuencia no es sólo una menor productividad, sino una mayor dependencia de los abonos nitrogenados y la prolongación de un modelo agrícola insostenible. Uno de los principales obstáculos para evitar el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados es la falta de entendimiento entre agricultores y la administración. Se sabe la cantidad de abono nitrogenado que hay que utilizar para no sobrepasar el límite y se publican folletos de información que se envían a los agricultores, pero no se realiza un seguimiento para comprobar su cumplimiento, tal y como alertan desde el Centro de Ciencias Medioambientales de Madrid y Ruena, una red de investigación sobre el uso eficiente del nitrógeno en agricultura.

La creencia falsa de que cuanto más abono se utiliza más aumenta la productividad sólo empeora la situación. Entre las estrategias diseñadas para evitar este problema sobresale la concienciación de los agricultores y una gestión integral de las cuencas de los ríos para declarar las zonas vulnerables, cuyas aguas superan o están en riesgo de superar la concentración máxima de nitratos permitida. (http://es.wikipedia.org/...../nitr%C3%B3geno)

2.16.16. Descenso de la productividad

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas. La producción agrícola, por tanto, consume el nitrógeno del suelo. Para evitar que se agote, la agricultura convencional ha optado por la aplicación masiva de fertilizantes

nitrogenados y el riego abundante. El problema es que las plantas sólo absorben la mitad de esos fertilizantes. El resto se filtra a través del suelo con las aguas de riego, por lo que se contaminan los acuíferos y ríos. (http://www.miliarium.com/...../Welcome.asp)

Estudios realizados en el Reino Unido han calculado que se filtran entre 50 y 60 kilogramos de nitrógeno por hectárea al año y que el 58% de los nitratos que contaminan los acuíferos proceden de la agricultura. En España éste es un problema muy extendido. Una de las zonas más afectadas, aunque no la única, es la Comunidad Valenciana. Muchos de sus acuíferos superan el límite de 50 miligramos de nitratos por litro de agua fijado por la Unión Europea. (http://www.miliarium.com/...../Welcome.asp y Palomino, K. 2008)

2.16.17. Evitar la contaminación por nitratos también en casa.

La contribución de reducir y evitar en lo posible la contaminación por nitratos no corresponde de manera exclusiva a la administración y los agricultores. También los ciudadanos que cultivan pequeños huertos o jardines juegan un importante papel, ya que no siempre tienen la información adecuada respecto al uso de fertilizantes. Tal como recoge un documento del Centro Rural de Información Europea, una de las principales herramientas para evitar esta contaminación es la agricultura ecológica y el uso de abonos que no sean muy solubles porque así se dispersan menos. (http://www.consumer.es/...../php)

2.16.17.1. Otros consejos son los siguientes:

- Consumir las verduras lo más frescas posibles. De esta forma, se evita que los posibles nitratos presentes en las mismas, se transformen a nitritos antes de ser consumidos.

- Eliminar las hojas y nervaduras, que son partes que tienen la mayor concentración de nitratos. Se ha comprobado que realizando esta práctica, en lechugas, se elimina alrededor del 30% de este compuesto.

- Lavar y cocinar en agua. Se ha observado en la escarola una reducción del 75% de nitratos.

- Limitar el consumo de hortalizas ricas en nitratos en invierno, ya que dichos compuestos se concentran en esta época. Reemplazarlos por zanahorias, todas las variedades de repollo.

- Evitar el abuso de abonos nitrogenados y los riegos excesivos.

- Mantener el suelo con vegetación. Aunque no sea un hermoso césped y se trate de vegetación silvestre o mixta, esa cubierta verde retiene el exceso de nitratos del suelo y evita su dispersión. Cuando se corta, el nitrógeno regresa al suelo, aunque en una forma orgánica difícil de ser arrastrada, por lo que resulta más inocuo desde el punto de vista ambiental.

- No hay que dispersar contaminantes al entorno natural. Hay que evitar el abuso de pesticidas ya que, como se acaba de descubrir, a largo plazo afectaría al crecimiento de las plantas y generaría una mayor dependencia de los abonos. (http://www.consumer.es/...../php y Graetz, H. 2010)

2.16.18. 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 y 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.

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 disponibilidad de agua o se incrementan las pérdidas. (http://www.elsitioagricola.com/...../asp)

En el caso de la fertilización de cereales con N, 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 un 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. (Graetz, H. 2010)

Se realizaron numerosos ensayos de fertilización de maíz con urea. En éstos se observó una gran dispersión en la respuesta al fertilizante con una eficiencia agronómica promedio de 12 kg de grano por kg de N aplicado, llegando a máximos de 30. Los resultados presentados en la última década indican que la respuesta del cultivo de maíz puede ser explicada en un 50 % por el N aplicado como urea, sin encontrarse diferencias entre siembra directa o convencional. La disponibilidad de nuevos materiales genéticos, junto con prácticas de manejo y control de malezas y plagas mas ajustadas, ha permitido que el promedio de eficiencia agronómica de la última década aumente a 20 kg de maíz/kg N, con máximos de 40.

Si consideramos que el maíz requiere de 20 a 25 kg de N para producir una tonelada de grano podemos estimar que la eficiencia promedio de utilización del N del fertilizante, está en el orden del 40 al 50 %, pudiendo llegar a un máximo de 90 %. (http://www.fertilizando.com/...../Maiz.asp)

2.16.19. Cómo se puede incrementar la eficiencia de uso del nitrógeno

Una de las prácticas recomendadas para incrementar la eficiencia de uso del N a valores que rondan el 70 %, es la fertilización foliar. Sin embargo esta alternativa

se ve limitada por las bajas cantidades que se pueden adicionar por aplicación (10 kg N/ha). Ante condiciones propicias para la pérdida de N, habría que tratar de incorporar el fertilizante al suelo o utilizar dosis bajas en más de una aplicación. Otra alternativa es la utilización de inhibidores de la actividad ureásica o de la nitrificación o fertilizantes de liberación lenta. (http://www.cimmyt.org/..../rotacion)

Utilizar fuentes alternativas de N como el nitrato de amonio calcáreo o el UAN puede contribuir a reducir las pérdidas gaseosas en algunas situaciones en particular. Sin duda la mejora genética de híbridos o cultivares capaces de utilizar con mayor eficiencia el N seria de gran utilidad, sin embargo esto se contrapone con la selección en ambientes de alta dotación de N. Las labranzas conservacionistas y la siembra directa tienden a reducir las pérdidas por escurrimiento y la erosión. Sin embargo es probable que en siembra directa las pérdidas por otros mecanismos sean superiores. (http://www.cimmyt.org/..../rotacion)

El riego frecuente, junto dosis bajas de N, incrementa la eficiencia de uso en la mayoría de los casos. La aplicación de fertilizantes en el riego, que representa una aplicación a las plantas más que al suelo, junto con la utilización de fertilizantes de liberación lenta es útil para controlar las pérdidas de N. Las rotaciones de cultivos con diferentes sistemas radicales y profundidad de enraizamiento permiten la mejor utilización y aprovechamiento del N.
(http://www.cimmyt.org/..../rotacion)

2.16.20. Significado económico

El significado económico de estos resultados es evidente la repercusión económica que tiene un incremente en la eficiencia de utilización del N. Para las relaciones de precios actuales, la fertilización del maíz es ampliamente conveniente dado que permite ganar en promedio más de un peso por cada peso gastado, lo que implica una alta rentabilidad en corto tiempo. La dosis óptima económica para el maíz es de 120 kg N/ha en este nivel se alcanza el máximo beneficio para el cultivo, sin embargo la dosis de máxima respuesta es de 170 y 120 kg N/ha para el maíz. (http://www.elsitioagricola.com/...../Maiz.asp)

2.17. RELACIÓN CARBONO – NITRÓGENO (C/N)

La relación carbono-nitrógeno determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él.

Cuanto menor sea el valor de la relación mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y por tanto la calidad edáfica será superior.

De esta manera tenemos:

C/N	**Calidad edáfica**
<8	Muy buena
8-12	Buena
12-15	Mediana
15-20	Deficiente
20-30	Mala
>30	Muy mala

Fuente: (http://www.manualdelombricultura.com/2272.html).

2.17.1. Relación C/N en un suelo

De los muchos elementos requeridos para la descomposición microbiana de la materia orgánica, el carbono y el nitrógeno son los mayoritarios.

La relación C/N es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos, es decir, determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él.

Cuanto menor sea el valor de esta relación, mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y, por tanto, la calidad edáfica será superior. (http://edafologia.fcien.edu.uy/...../suelo.)

Aquí se exponen de forma general los diferentes valores de relación C/N que dan lugar a diferentes calidades edáficas de la materia orgánica:

Los procesos de fermentación de materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos generados en cualquier población cumplen con el doble objetivo de tratar convenientemente los citados residuos, así como revalorizarlos obteniendo un producto final útil para la agricultura. Este producto, el compost, debe cumplir una serie de propiedades que garanticen su calidad, entre ellas, temperatura, granulometría, cantidad de elementos extraños, etc.

Pero es la relación carbono-nitrógeno del compost una de las más importantes, ya que tanto el carbono como el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo, en esta caso las especies vegetales, por lo que para una correcta fermentación deben encontrarse en las proporciones idóneas. (http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.a)

Esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno. Prácticamente la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es biodegradable y, por tanto disponible. Con el carbono orgánico ocurre lo contrario ya que una gran parte se engloba en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad en la agricultura. (http://www.infojardin.net/...../htm)

Un proceso de fermentación de materia orgánica procedente de residuos sólidos urbanos realizado correctamente tiene un índice C/N en la masa fermentable entre 25 y 35. Para valores menores, deben agregarse materiales ricos en carbono (paja, virutas de madera, etc.), y en el caso contrario, materiales ricos en nitrógeno (estiércoles, lodos de depuradora, etc.).

NITRÓGENO Y RELACIÓN C/N EN VARIAS MATERIAS			
MATERIAL		**% N_2**	**C/N**
Residuos de comida	Fruta mataderos	1,52	34,80
Estiércoles	Vaca	1,70	18
	Cerdo	3,75	20
	Aves	6,30	15
	oveja	3,75	22

Fangos activados	Digeridos	1,88	15,70
	Crudos	5,60	6,30
Madera y paja	Serrín	0,10	200-500
	Paja trigo	0,30	128
	Madera pino	0,07	723
Papel	Mezclado	0,25	173
	Periódico	0,05	983
	Revistas	0,07	470
Residuos de jardín	Césped	2,15	20,10
	Hojas caídas	0,5-1	40-80
Biomasa	General	1,96	20,90

Fuente: (http://www.infojardin.net/...../htm).

Durante el proceso de fermentación, la relación Carbono/Nitrógeno disminuye hasta valores entre 12 y 18 por pérdidas de carbono como dióxido de carbono. Si el material final obtenido, tras la fermentación, tiene un valor C/N alto, indica que no ha sufrido una descomposición completa y, si el índice es muy bajo, puede ser por una excesiva mineralización, aunque todo ello depende de las características del material de partida. (http://www.manualdelombricultura.com/2272.html).

2.18. ANÁLISIS DE SUELOS

El análisis del suelo es usado para lograr saber cuánto de un nutriente del suelo será disponible para las plantas, y cuánto debería ser adicionalmente aplicado en la forma de fertilizante mineral para obtener un rendimiento de cultivo esperado. Presenta una simple interpretación dado un nivel de nutriente y diferentes niveles de análisis del suelo.

Cuanto mayor sea el nivel de los nutrientes en el análisis de suelo, menor es la cantidad necesaria de fertilizantes. Aún a niveles altos probados, algunos nutrientes deberían provenir de los fertilizantes a fin de mantener la fertilidad del

suelo y la productividad. Hay diferentes clases de análisis de suelo. Sin embargo, el principal problema es relacionar el método pertinente de extracción de nutrientes por un suelo determinado con los rendimientos correspondientes (calibración). (http://www.infoagro.com/...../suelos.htm)

La estación experimental ha conducido los análisis de suelos y experimentos en el campo y ha relacionado (calibrado) los análisis de los suelos a las respuestas de los cultivos a los fertilizantes, usted debería llevarle las muestras del suelo. Ellos serían capaces de dar entonces una interpretación correcta del resultado del análisis de suelo y la correspondiente recomendación del fertilizante.

2.18.1. Cómo hacer un análisis de suelo

Un análisis de suelo por método químico de extracción de nutrientes extrae y mide la cantidad de nutrientes disponibles para los cultivos de una pequeña muestra de suelo que es tomada en la profundidad de la capa arable (profundidad arada). Los resultados encontrados están relacionados a los datos de respuesta del cultivo al fertilizante de los correspondientes experimentos en el campo.

Basados en tales datos calibrados, el resultado del análisis de suelo puede ser interpretado y las recomendaciones de fertilizantes pueden ser dadas (por supuesto, también tomando en cuenta los datos de cultivos anteriores / rotación de cultivos, uso de fertilizantes y las condiciones meteorológicas). (http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso)

2.18.2. Cómo tomar una muestra de suelo

Un análisis de suelo no puede ser mejor que la muestra que es analizada. La muestra debe tomarse muy cuidadosamente. Es de gran importancia seleccionar el área donde se va a tomar la muestra. No se debe mezclar diferentes tipos de suelos. Si en un campo alguna área del suelo parece diferente, o si el crecimiento del cultivo es significativamente diferente del resto, tomar una muestra separada de esa área.

Las herramientas para tomar una muestra son un taladro para suelos (barrena) o herramientas de muestreo o una pala y una cuchilla, y un cubo limpio o un contenedor (ser cuidadoso que el cubo o el contenedor no hayan sido utilizados previamente para esparcir fertilizante). (http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso)

Si usted usa una pala, excave y haga un corte en forma de V a una profundidad de 15 a 20 cm. Con su cuchilla separe ambos filos de la paleta dejando la franja central del suelo en la pala de 2 cm de ancho. Tome alrededor de 20 franjas centrales de palas o barrenas del terreno al azar (de 1 hectárea máxima) o de una parcela de terreno para una muestra compuesta. Ubique las franjas centrales en el cubo limpio y mézclelas a fondo. Tome una pequeña muestra de 0,5 kg del suelo mezclado (normalmente después de secarla al aire en una hoja de papel limpio) y ubicarla en una bolsa de papel limpia o en una pequeña caja.

Registre, etiquete y ponga la fecha apropiada de la muestra y haga un diagrama del área para una muestra particular, por el que usted pueda relacionar los resultados de la prueba del suelo correctamente al campo.

Usted logrará los resultados más confiables y útiles del análisis de suelo cuando la muestra del suelo es tomada después de la cosecha del cultivo y antes de sembrar y fertilizar el siguiente cultivo. (http://www.infoagro.com/...../suelos.htm)

2.19. ANÁLISIS DE LA PLANTA

Con los análisis de las plantas usted le está «preguntando a la planta» si el suelo y el fertilizante le suministran suficientemente de cada nutriente analizado y si los diferentes nutrientes necesarios están en proporción correcta unos a otros. La planta le dará información confiable de su estado nutricional global a la fecha de muestreo y, de este modo, indicará cualquier necesidad presente de fertilizante suplementario (del cultivo actual). Con el análisis de la planta, la concentración de los diferentes nutrientes (y consecuentemente sus proporciones) es determinada químicamente en la savia o en el material seco. Si un nutriente está por debajo de la concentración mínima («valor crítico»), que es diferente para cada nutriente, es posible que la aplicación de un fertilizante conteniendo ese nutriente aumentara los rendimientos. Es importante que los «valores críticos» establecidos estén

relacionados a los niveles esperados de rendimientos. Sin embargo, la gran ventaja es que, una vez que son establecidos adecuadamente, son aplicables al mismo cultivo mundialmente. Una ventaja adicional de este método es el número de nutrientes que pueden ser determinados y la exactitud lograda. (http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso)

2.20. NITRÓGENO REMOVIDO POR EL CULTIVO

Los expertos señalan que, por lo general, entre 30% y 60% del nitrógeno aplicado es directamente absorbido en los tejidos del cultivo. Para la mayoría de los cultivos de granos es normal que entre un cuarto y la mitad del nitrógeno absorbido regrese al suelo en forma de residuos del propio cultivo (incluyendo el nitrógeno de las raíces). La otra mitad del nitrógeno absorbido es removido junto con la cosecha. Otro 20% a 40% regresa al suelo en diferentes residuos, y 20% a 40% restante se pierde en el medio ambiente con el agua o en forma de gas en la atmósfera, siendo causa de contaminación nítrica.

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, 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. 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. (http://www.fertilizando.com/...../Maiz.asp)

BIOMASA

Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen, más restringida, se refiere a la biomasa 'útil' en términos energéticos formales: las plantas transforman la energía radiante del Sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esa energía química queda almacenada en forma de materia orgánica; la energía química de la biomasa puede recuperarse quemándola directamente o transformándola en combustible

Otro equívoco muy común es utilizar 'biomasa' como sinónimo de la energía útil que puede extraerse de ella, lo que genera bastante confusión debido a que la relación entre la energía útil y la biomasa es muy variable y depende de innumerables factores. Para empezar, la energía útil puede extraerse por combustión directa de biomasa (madera, excrementos animales, etc), pero también de la combustión de combustibles obtenidos de ella mediante transformaciones físicas o químicas (gas metano de los residuos orgánicos, por ejemplo), procesos en los que 'siempre' se pierde algo de la energía útil original. Además, la biomasa puede ser útil directamente como materia orgánica en forma de abono y tratamiento de suelos (por ejemplo, el uso de estiércol o de coberturas vegetales). Y por supuesto no puede olvidarse su utilidad más común: servir de alimento a muy diversos organismos, la humanidad incluida.

La biomasa de la madera, residuos agrícolas y estiércol continúa siendo una fuente principal de energía y materia útiles en países poco industrializados.

- La biomasa natural es la que se produce en la naturaleza sin intervención humana. Por ejemplo, la caída natural de ramas de los árboles (poda natural) en los bosques.

- La biomasa residual es el subproducto o residuo generado en las actividades agrícolas (poda, rastrojos, etc.), silvícolas y ganaderas, así como residuos de la industria agroalimentaria (alpechines, bagazos, cáscaras, vinazas, etc.) y en la industria de transformación de la madera

(aserraderos, fábricas de papel, muebles, etc.), así como residuos de depuradoras y el reciclado de aceites.

- Los cultivos energéticos son aquellos que están destinados a la producción de biocombustibles. Además de los cultivos existentes para la industria alimentaria (cereales y remolacha para producción de bioetanol y oleaginosas para producción de biodiésel), existen otros cultivos como los forestales y herbáceos. (http://es.wikipedia.org/wiki/Biomasa)

2.21. MATERIA SECA

Materia seca o extracto seco es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio. Es una noción usada principalmente en biología y agricultura.

En el laboratorio el procedimiento consiste en pesar y secar la materia (materia fresca, en su estado natural) por calentamiento en un horno de laboratorio, llegando a una temperatura de entre 103 y 105°C (en el caso de los alimentos) mientras que el tiempo que dura el calentamiento dependerá de cada substancia. Una vez pasado el tiempo de calentamiento se pesa el residuo, que será la materia seca. Al mismo tiempo que se extrae toda el agua posible, desaparecen de la muestra componentes orgánicos volátiles como el amoniaco y el alcohol.

2.21.1. Procedimiento

El procedimiento analítico es el siguiente: una cantidad conocida de producto se deseca a una determinada temperatura hasta obtener un peso constante. El peso obtenido después de la desecación, y calculado su porcentaje, representa el extracto seco. El agua, en los productos líquidos, o la humedad, en los sólidos, se calcula por diferencia.

$$\text{Materia Seca } (\%) = \frac{P'}{P} 100$$

P´ = Peso en gramos de la muestra después de la desecación.
P = Peso en gramos de la muestra antes de la desecación.

Conocer el extracto seco en determinados productos, como por ejemplo la leche, es muy importante ya que sirve para detectar fraudes, dado que este es un valor bastante constante. Es aplicable también a la cerveza, harinas, leche en polvo, mantequilla, carnes, queso, etc. (http://es.wikipedia.org/wiki/Materia_seca)

2.21.2. Uso de la materia seca

- Energías renovables: Se utiliza el concepto de materia seca absoluta (que difiere del concepto general de materia seca en que todavía hay un residuo de agua no extraída en un laboratorio convencional). Se aplica esta materia seca para conocer el rendimiento en el uso de energía de origen vegetal (leña, biocombustibles, biomasa, etcétera).

- Industria alimentaria: Se utiliza la materia seca determinada por un método gravimétrico. En el caso del queso el porcentaje de materia seca para el consumidor se da de forma diferente dependiendo del grupo al que pertenezca el queso: el contenido titiritéis en grasa se presenta como un porcentaje de grasa sobre la materia seca, pero en quesos blandos es el contenido absoluto referido a la materia fresca. (http://www.ahdairy.com/...../matter.)

2.22. CONTROL DE MALEZAS

Compiten por espacio, luz y nutrientes lo cual ocasiona perdidas económicas ya que disminuye en rendimiento, merma la calidad del producto y dificulta las labores de cosecha. Las malezas además, albergan insectos y enfermedades que atacan al maíz y obligan al agricultor a gastar más dinero en controles fitosanitarios. Por esto el control de malezas es uno de los factores importantes para una mayor producción de maíz. El control de malezas se consigue integrando los siguientes métodos: culturales, mecánicos y químicos. (Gabela, F. 1990)

2.22.1. Control cultural

El control cultural se realiza mediante un adecuado manejo del terreno; esto es, practicando rotación de cultivos, método que interrumpe los ciclos vegetativos de

las malezas; arando el terreno en descanso antes de que las antes de que las malezas inicien la floración y usando semilla certificada libre semillas de malas hierbas. La labor de arada en los terrenos en descanso impide la proliferación de semillas de malezas, las destruye y mejora las condiciones del suelo al incorporar materia orgánica. (Gabela, F. 1990)

2.22.2. Control mecánico

El control mecánico, consiste en extraer las malezas del suelo para causar su secamiento o cubrirlas con tierra para asfixiarlas, sin causar daño al cultivo. El control mecánico (deshierba en nuestro medio), generalmente se realiza con azadón o con lampa, sobre todo en pequeñas extensiones de terreno. En extensiones grandes se debe utilizar cultivadoras haladas por tractor o por bueyes, ajustados de manera que extraigan las malezas que se encuentran entre los surcos y, al mismo tiempo, cubran con tierra las del surco. (http://sian.inia.gob.ve/...../control.htm)

El control mecánico es eficaz cuando se realiza oportunamente y con la precisión necesaria. El número de deshierbas varía con la cantidad y desarrollo de las malezas y con el tiempo que permanece el cultivo en el campo. En la mayoría de los sectores de la sierra, se necesita de dos o tres deshierbas durante el ciclo del cultivo. La primera deshierba debe realizarse lo más pronto posible, entre 15 y 20 días de siembra, antes de que las malezas inicien la competencia con el cultivo y sean difíciles de eliminar. (Galarza, M. 1990 y Monar, C. 2009)

La segunda deshierba coincide con el medio aporque (chicta) cuando el cultivo tiene 20 a 30 cm de altura ósea entre 30 y 40 días de la siembra, luego de la aplicación de la segunda aplicación de nitrógeno. Si es necesario debe hacerse una tercera deshierba cuando el cultivo tenga de 70 a 80 cm de altura, o entre 60 a 70 días de la siembra. Esta labor coincide con el aporque definitivo que suele realizarse en ciertas localidades. (Galarza, M. 1990 y INIAP. 2000)

2.22.3. Control químico

Consiste en utilizar herbicidas (matamalezas) como complemento a los métodos culturales y mecánicos de control. En este caso, la aplicación del herbicida, remplaza la primera deshierba, que es la más importante, con la ventaja de que, en primer lugar es oportuno, pues, controla a las malezas desde que nacen lo que permiten obtener mayores rendimientos en la cosecha. En segundo lugar es bastante rápida. Además, utiliza poca mano de obra; y no estropea la sementera ya que si no se mueve la tierra no se lastima las raíces y no se pierde la humedad del suelo, sobre todo en época seca. (Gabela, F. 1990).

Una correcta aplicación de herbicidas, mas las labores de medio aporque completo (en ciertos lugares) permiten un control de malezas muy satisfactorio durante todo el ciclo del cultivo. Para obtener los mayores beneficios de los herbicidas es importante seguir las recomendaciones, especialmente en lo relacionado a dosis y épocas de aplicación. Para aplicar la dosis correcta es necesario calibrar el aspersor para herbicidas. (Galarza, M. 1990 y Palomino, K. 2008)

También se recomienda aplicar en horas de poco viento (generalmente en la mañana) para evitar que el producto sea llevado a otros cultivos a los cuales pueda causar daños. Terminada la aplicación se debe lavar el aspersor con abundante agua y jabón para eliminar los residuos del herbicida que siempre quedan en el tanque, mangueras y boquillas. (Galarza, M. 1990 e INIAP. 1997)

2.24. PLAGAS

2.24.1. Gusano trozador (Agrotis ípsilon Hunfnaget)

También llamados trazadores corresponden al orden Lepidóptera, familia Noctuidae (Agrotidae), son larvas de mariposas que alcanzan hasta 3,5 centímetros de largo; son de color gris, grisáceo o negro; tiene tres pares de patas anteriores y cinco pares de seudopatas posteriores. Durante el día permanecen en el suelo (debajo de terrenos), durante la noche en la superficie o follaje, la parte afectada son los tallos, follaje, plantas cortadas o huaqueadas por el tallo, su ciclo

de vida es de 4 a 5 semanas. El control cultural depende de la preparación oportuna del suelo y la utilización de cebos tóxicos. (Stansly, A. 1998)

2.24.2. Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)

El cogollero es la plaga más común en los cultivos de maíz. Las larvas en sus primeros estadios raspan la superficie de las hojas, dando la apariencia de manchas blancas dispersas sobre la superficie de las mismas. Posteriormente las larvas se dirigen hacia el cogollo donde consume el tejido tierno de las hojas, siendo este daño más importante. En la mazorca esta plaga se alimenta de los estigmas después del grano; en algunos casos puede causar perforaciones en el tallo. Además, puede actuar como gusano trozador cortando las plántulas a nivel del suelo o, como gusano ejercito causando defoliaciones severas en plantas desarrolladas. (Mendoza, J. 1994).

2.24.3. Mosca del choclo (Euxesta eluta)

Alrededor del 10 al 50% es la reducción del rendimiento de maíz, ya que aparte del daño directo sobre los granos, estas propician el desarrollo de hongos y bacterias.

Es una mosca de 0,5 centímetros de largo con las alas balanceadas, similar a un encaje, y se desliza lateralmente, con movimientos rápidos al desplazarse por el follaje, su ciclo biológico es corto y por esto en la temporada de cultivo se produce una serie de generaciones cuyas hembras ovopositan en la parte terminal de la mazorca, sus huevos son de color crema, alargado que miden 0,2 mm los mismos que son colocados en los estigmas frescos y/o algo secos de donde emergen pequeños gusanos de color crema obscuro que miden cerca de 6 mm de longitud cuando están totalmente desarrollados, estas larvas se alimentan de los estigmas en descomposición y en su desarrollo destruyen los granos lechosos. Su control es la utilización de aceite comestible, se aplica 3 gotas a los estigmas de la planta del maíz, en forma directa esto permitirá la muerte de las larvas por asfixia tapándose las vías respiratorias, como control químico podemos utilizar Cipermetrina 1cc por litro. (Valdivieso, J. 1994)

2.24.4. Gusano de la mazorca (Heliothis zea)

La mariposa efectúa la postura en forma individual sobre los pelos o estilos de la mazorca. Los huevos son esféricos con estrías longitudinales, de coloración amarillo-pálido. Después de la eclosión las larvas se alimentan inicialmente de los estilos y posteriormente de los granos situados en la punta de la mazorca; a veces penetran un poco más dejando un túnel lleno de excrementos. (Ortega, A. 1997)

Además, las perforaciones que realizan las larvas favorecen la entrada de microorganismos que ocasionan la pudrición de la mazorca y, en otros casos, permiten la infestación de la mazorca con insectos de granos almacenados. Tales como gorgojos y polillas. Este daño es más frecuente en mazorcas que presenta puntas abiertas. (http://www.inia.gob.pe/...../maiz.htm)

2.24.5. Gorgojo (Pagiocerus forii)

Denominado ″redondilla″ se encuentra distribuido en todas las aéreas maiceras del callejón interandino donde puede producir hasta el año total del grano, en condiciones de una alta población de la plaga, el daño al inicio de la infestación se desarrolla en forma lenta luego de lo cual alcanza progresivamente altos niveles. Se encontró que 3500 adultos en 100 libras de maíz sin protección provocan el 5% de perjuicio. Para el combate del insecto se recomienda tomar las siguientes medidas:

- Eliminar los granos de maíz atacado, proveniente del ciclo anterior.
- No almacenar granos que demuestren la presencia del insecto.
- Realizar la aplicación de cal (calcimina) o ceniza cernida y seca.
- Almacenar el maíz lo mas seco posible. (Gallegos, P. 1994.)

2.24.6. Control químico

Si el muestreo revela daños arriba de los niveles críticos, se recomienda el uso de insecticidas comerciales selectivos, en las dosis correctas, utilizando equipo

protector de aplicación. Cuando las plantas están pequeñas se recomiendan usar los siguientes Insecticidas: Lorsban 48% (Clorpirifos), Curacrón (Profenofos) Karate 25% (Lambda sihalotrina) y Zero 27% (Dióxido de hidrogeno). (Mendoza, J. 1994)

El manejo integrado de plagas, la selección del insecticida, dosis, tiempo y forma de aplicación, deben ser cuidadosamente coordinados a fin de evitar perturbaciones ecológicas derivadas del mal uso de los mismos. El umbral económico sirve para identificar cuando y donde la aplicación de insecticidas es verdaderamente justificada. (http://www.fao.org/...../x5027S0h.htm)

2.25. ENFERMEDADES

2.25.1. Carbón del maíz (Ustilago maydis).

Se caracteriza por la aparición de grandes tumores en los tallos e incluso en las hojas. Este polvo constituye las clamidosporas del hongo, las cuales son arrastradas por el viento. Se dispone en el mercado de variedades hibridas resistentes a este hongo. (Herrera, J. 1999)

2.25.2. Tizón foliar (Helminthosporium maydis).

Las lesiones jóvenes son pequeñas y romboides, pueden unirse llegando a producir la quemadura total del área foliar. A medida que maduran se alargan, pero el crecimiento se ve limitado por la nervaduras adyacentes, de manera que la forma final de la lesión es rectangular (2-3cm de largo). (De León, C. 1994)

2.25.3. Tizón foliar (Helminthosporium turcicum).

Son manchas ovaladas y acuosas que se producen en las hojas, luego estas lesiones se transforman en zonas necróticas alargadas. Las lesiones aparecen primeramente en las hojas mas bajas y continúa aumentando de tamaño y en número a medida que se desarrolla la planta, hasta llegar a producir una quemadura total del follaje. Cuando la infección tiene lugar durante la aparición de los estigmas y si las condiciones son optimas, puede causar un daño económico de consideración. (De León, C. 1994 y Monar, C. 2002)

2.25.4. Pudrición de mazorca (Gibberella fujikuroi y Fusarium moniliforme)

Estas dos especies de hongos causan pudriciones de la mazorca, pudrición del tallo y tizón en las plántulas. Posiblemente es el patógeno más común de la mazorca en todo el mundo, tanto en ambientes calientes y húmedos, como en los ambientes secos. El daño se circunscribe principalmente a granos individuales o a áreas limitadas de la mazorca. Los granos infectados desarrollan un moho algodonoso y pueden germinar estando aún en la mazorca (germinación prematura).

Cuando la infección es tardía, los granos muestran rayas en el pericarpio. Las mazorcas invadidas por barrenadores del tallo o gusano elotero, generalmente son infectadas por este hongo. Estos hongos producen compuestos orgánicos básicos para mamíferos y aves. (De León, C. 1994 e INIAP. 1997)

2.25.5. Control Preventivo

También llamado de Control Cultural, es uno de los métodos más económicos. Propone realizar las labores propias del manejo agrícola de manera efectiva y oportuna, para dificultar la aparición de enfermedades. De esa manera, el control preventivo supone realizar a tiempo y adecuadamente el riego de machaco, la preparación del suelo, los riegos posteriores, las deshierbas, los cambios de surco o aporques, la cosecha y los tratamientos propios de la post-cosecha. Consiste en retirar del campo de cultivo a las plantas enfermas o las partes de algunas de ellas que estén afectadas por la enfermedad y puedan dañar al resto. (http://maizedoctor.cimmyt.org/es/...../ear-rot)

2.25.6. 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.

Todos estos métodos cuentan además con un conjunto de normas y reglamentos de alcance nacional, que regulan las épocas de siembra y cosecha, el uso de semillas, el ingreso de determinados productos a zonas libres de plagas, entre otras prácticas, a fin de establecer períodos de campo limpio y cuidar la actividad agrícola. A este conjunto de normas se le conoce como método de control legal. (Pitty, A. 2002)

2.26. PRACTICA DE CONSERVACIÓN DEL SUELO

2.26.1 Rotación de cultivos

La rotación es la siembra sucesiva de diferentes cultivos en un mismo campo, siguiendo un orden definido. En contraste, el monocultivo es la siembra repetida de una misma especie en el mismo campo, año tras año. (CIMMYT. 2000)

2.26.2. Qué problemas se presentan con el monocultivo

Al paso del tiempo se observa un incremento de plagas y enfermedades específicas del cultivo. Asimismo, la cantidad de nutrientes disminuye, porque las plantas ocupan siempre la misma zona de raíces y en la temporada siguiente las raíces no se desarrollan bien. (CIMMYT. 1994)

2.26.3. Ventajas de la rotación de cultivos

Esta práctica tiene efectos positivos en los cultivos que siguen a otros en la rotación, lo cual aumenta la producción total.

- Se reduce la incidencia de plagas y enfermedades, al interrumpir sus ciclos de vida.

- Se puede mantener un control de malezas, mediante el uso de especies de cultivo asfixiantes, cultivos de cobertura, que se utilizan como abono verde o cultivos de invierno cuando las condiciones de temperatura, humedad de suelo o riego lo permiten.

- Proporciona una distribución más adecuada de nutrientes en el perfil del suelo (los cultivos de raíces más profundas extraen nutrientes a mayor profundidad).

- Ayuda a disminuir los riesgos económicos, en caso de que llegue a presentarse alguna eventualidad que afecte alguno de los cultivos.

- Permite balancear la producción de residuos: se pueden alternar cultivos que producen escasos residuos con otros que generan gran cantidad de ellos. (CIMMYT. 2000)

2.26.4. Datos importantes acerca de las rotaciones de cultivos

- Muchos de los beneficios de las rotaciones no se entienden. Por tanto, es necesario ensayarlos y compararlos en el campo y en los terrenos del agricultor.

- Las rotaciones no son suficientes para mantener la productividad, por lo cual es necesario reponer los nutrientes extraídos con fertilizantes o abonos.

Las rotaciones más seguras combinan cultivos con diferentes modos de crecimiento (enraizamiento profundo versus enraizamiento superficial; acumulación de nutrientes versus extracción de nutrientes; acumulación de agua versus consumo de agua, etc.). (CIMMYT. 2000 y Monar, C. 2009)

Aplicando buenas prácticas agrícolas, el agricultor dará atención particular a:

- Preparación apropiada y oportuna de la cama para la siembra.

- Variedades de cultivos (preferiblemente seleccionando variedades de altos rendimientos y resistentes)

- Densidad de siembra correcta: plantas por hectárea y espacio entre plantas o filas.

- Momento de siembra óptimo.

- Humedad suficiente (uso de riego donde sea disponible, un campo no plantado debería ser cubierto con residuos vegetales para evitar la erosión y conservar la humedad del suelo).

- Drenaje adecuado (eliminar el exceso de agua a través de drenaje de superficie o subterráneo).

- Control de malezas (escardar, cultivar o usar tratamientos químicos).

- Control de enfermedades de los cultivos (usar cultivos resistentes o tratamientos químicos aprobados).

- Control de plagas (usar medidas de control aprobadas y recomendadas).

- Mejorar la estructura del suelo (a través de la rotación de cultivos, abono verde o estiércol).

- Mantener la materia orgánica del suelo (a través de rotación de cultivo, estiércol voluminoso o suministro de materia orgánica). (http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.)

2.27. DOBLA

Generalmente el productor dobla su maíz una vez que su follaje se ha vuelto amarillo pálido; que es cuando, ha llegado a su madurez fisiológica. Esta práctica se realiza con el fin de secar el grano, no obstante, durante este periodo se presentan muchos daños en el maíz principalmente si se deja por mucho tiempo en el campo. (Aldrich, S. Leng, M. 2000)

2.28. COSECHA

Muchos productores logran obtener cultivos de maíz agronómicamente buenos, sin embargo, otros tipos de pérdida hacen que al final su actividad no sea rentable. Una de las causas de esas pérdidas se da cuando el productor no cosecha su maíz a tiempo, dejándolo en el campo y de esta forma la planta queda expuesto al volcamiento, al daño de roedores y pájaros; las altas precipitaciones inducen a

pudriciones de mazorca y germinación de la semilla. Esto trae como consecuencia perdida por mala calidad del grano y a la vez un aumento en la concentración de micotoxinas con los consecuentes daños que estas sustancias producen. La humedad óptima para cosecha es cuando el grano ha alcanzado entre 22 y 24% de humedad. (Maíz, Editorial Trillas, 2001)

2.29. ALMACENAMIENTO

Las evaluaciones hechas por el Proyecto Regional de Reducción de Perdidas Post cosecha en diferentes zonas, muestran que se pierde alrededor del 10% del grano almacenado en la troja tradicional. Un mal almacenamiento del grano provoca perdida de peso, calidad, capacidad alimentaría y consecuentemente reducción de ingresos. Estas razones son reales por lo que hay necesidad de familiarizarse con el secado y almacenamiento del grano, especialmente cuando se trata de pequeños productores que producen para subsistencia, aunque no menos importante es para el mediano y grande productor que almacena su maíz para venderlo después de un tiempo. (Aldrich, S. y Leng, M. 2000)

2.30. MANUAL DEL ÍNDICE DE NITRÓGENO

El Índice de N ver. 4.4 está escrito en lenguaje de programación Java e incluye el índice de N de California, México y el Caribe. Estos índices fueron desarrollados originalmente como programas de software independientes que trabajan dentro de Microsoft Excel® 2003. Los tres índices se encuentran disponibles en el Índice de N 4.4 tanto en inglés como en español. Esta versión también incluye dos opciones para el sistema de unidades de medición: Inglés y métrico. Además, se ha desarrollado el Índice de N y el Índice de Sustentabilidad para Bolivia y Ecuador.

Esta herramienta está diseñada para ayudar a los tomadores de decisión de la fertilización, a evaluar rápidamente el riesgo de pérdidas de nitrógeno relacionadas con el manejo de los cultivos forrajeros.

Para una descripción detallada de las ventajas y desventajas de los índices anteriores, revisar Shaffer y Delgado (2002). En este manual se utilizará un escenario de ejemplo para demostrar cómo utilizar el Índice de N. Actualmente se

encuentra en desarrollo una versión más avanzada del Índice de N que integra los Índices de N y P con bases de datos de sistemas de información geográfica (SIG).

Este manual es una adaptación y traducción al español de la publicación:

Delgado, J.A., P.M. Gagliardi, E.J. Rau, R. Fry, U. Figueroa, C. Gross, J. Cueto-Wong, M. Shaffer, K. Kowalski, D.Neer, D. Sotomayor-Ramirez, J. Alwang, C. Monar, L. Escudero, and A.K. Saavedra Rivera. 2011. Nitrogen Index 4.4 User Manual. USDA-SRS-SPNR, Fort Collins, CO. (USDA-ARS-SPNR and NRCS user manual).

El presente Índice de N estima un balance anual de las entradas y salidas de N en el suelo, así como el N residual que queda en el suelo y que es potencialmente disponible a los cultivos subsecuentes. Las pantallas que se presentarán a lo largo de este Manual corresponden al archivo *Ejem_MX_01.nin*, localizado en:

c:\ archivos de programa (x86) \ usda-ars-spnr\nitrogen index \ example files & manual \ examples_metric units \ examples_mexico \ [en equipos de 64 bits, se localiza en C:\ Archivos de programa (x86)]

Para familiarizarse con el Índice de N se recomienda iniciar un archivo nuevo con la opción *N-Indice* en la pantalla inicial (*Controlador*) y capturar los datos del ejemplo conforme se avanza en las ventanas del programa.



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Ubicación del experimento.

El presente trabajo de investigación se realizó en la Granja Laguacoto II:

PROVINCIA	Bolívar
CANTÓN	Guaranda
PARROQUIA	Veintimilla
SITIO	Laguacoto II

3.1.2. Situación geográfica y climática:

Altitud	2640 m.s.n.m
Latitud	01° 32’ S
Longitud	78° 59’ W
T. máxima	21° C
T. mínima	7° C
T. media anual	14° C
P. media anual	1 100 mm
Heliofanía	900 h/l/año
Humedad R.	70%

Fuente: Estación Meteorológica Laguacoto II (UEB). 2009.

3.1.3. Zona de vida.

De acuerdo a las zonas de vida de Holdridge, L., citadas por Cañadas (1999), la localidad se encuentra dentro del bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB).

3.1.4. Características físicas del suelo.

Textura: Franco Arcilloso.

3.1.5. Material experimental:

- Dos lotes de terreno en el sistema de rotación: fréjol - maíz y trigo - maíz.
- Nitrógeno (urea 46%).

3.1.6. Materiales de campo:

- Semilla certificada de maíz suave INIAP 111 guagal mejorado
- Cámara fotográfica
- Flexómetro
- Azadones
- Tractor
- Piola plástica
- Baldes
- Bomba de mochila
- Estacas de madera
- Envases (lonas)
- Barrenador
- Barra
- Fertilizante químico: 11-52-0 y urea
- Insecticidas: cipermetrina, y acefato.
- Herbicidas: glifosato, atrazina, y metsulfuron metil 60%.

3.1.7. Materiales de oficina:

- Computadora
- Impresora
- Internet
- Flash memory

- Hojas INEN 4
- Lápiz
- Reglas
- Libreta de campo
- Corrector
- Calculadora
- Programa estadístico MSTAT/C, INFOSTAD e ÍNDICE NITRÓGENO VERSIÓN ECUADOR 4.4.
- Bibliografía y entre otros.

3.1.8. Materiales de laboratorio:

- Balanza analítica
- Laboratorio de suelos del INIAP y de UEB.
- Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Factor en estudio

Los tratamientos correspondieron a cinco dosis de N en dos sistemas de rotación:

- **Sistema de Rotación Uno: Fréjol – Maíz**

TRATAMIENTOS N^0.	**DOSIS DE N Kg/Ha**	**DOSIS DE N Gr/parcela**	**DOSIS DE N Gr/surco**
T1	0	0	0
T2	40	400	100
T3	80	800	200
T4	120	1200	300
T5	160	1600	400

- **Sistema de Rotación Dos: Trigo – Maíz**

TRATAMIENTOS N^0.	DOSIS DE N Kg/Ha	DOSIS DE N Gr/parcela	DOSIS DE N Gr/surco
T1	0	0	0
T2	40	310	52
T3	80	620	104
T4	120	930	156
T5	160	1250	208

3.2.2. Procedimiento:

Tipo de diseño experimental.

El tipo de diseño experimental que se utilizó es el de Bloques Completos al Azar (DBCA), para cada uno de los dos sistemas de rotación.

- **Sistema de Rotación Uno: Fréjol – Maíz**

Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	15
Tamaño de parcela total	14,5 m x 3,2 m = 46 m^2
Tamaño de parcela neta	1,6 m x 13,5 m = 21 m^2
Área total del ensayo	46 m^2 x 15 = 690 m^2
Área neta del ensayo	21 m^2 x 15 = 315 m^2
Área total del ensayo con caminos	78,5 m x 17,6 m = 1382 m^2
Número de surcos por parcela total	4
Número de surcos por parcela neta	2
Distancia entre surcos	0,80 m

Distancia entre plantas	0,50 m
Número de plantas por sitio	2
Número de sitios por surco	24
Número de plantas por parcela	192

- **Sistema de Rotación Dos: Trigo – Maíz**

Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	15
Tamaño de parcela total	7,40 m x 4,80 m = 36 m^2
Tamaño de parcela neta	6,4 m x 3,2 m = 20,5 m^2
Área total del ensayo	36 m^2 x 15 = 540 m^2
Área neta del ensayo	20,5 m^2 x 15 = 308 m^2
Área total del ensayo con caminos	43 m x 22 m = 946 m^2
Número de surcos por parcela total	6
Número de surcos por parcela neta	4
Distancia entre surcos	0,80 m
Distancia entre plantas	0,50 m
Número de plantas por sitio	2
Número de sitios por surco	12
Número de plantas por parcela	144

3.2.3. Tipo de análisis.

- Análisis de varianza (ADEVA), para cada sistema de rotación.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS ESPERADOS
Bloques (r-1)	2	l^2e + 5l^2bloques.
Tratamientos (t-1)	4	l^2e + 3θ^2 t
Error experimental (t-1)(r-1)	8	l^2e
Total (t x r)-1	14	

∗Cuadrados Medios Esperados; Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de tratamientos.
- Análisis de correlación y regresión lineal.
- Análisis del Índice de Nitrógeno.
- Análisis de presupuesto parcial y Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

3.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS

3.3.1. Altura de plantas (AP)

Se midió con la ayuda del flexómetro en centímetros en la etapa de floración femenina en una muestra al azar de 10 plantas de cada parcela neta, desde la base del tallo hasta la inflorescencia masculina. Con estos datos se calculará la altura promedio por planta en centímetros para cada unidad experimental.

3.3.2. Diámetro del tallo (DT)

Se evaluó con la ayuda de un calibrador de Vernier en centímetros en 10 plantas al azar, en cada parcela neta en el momento de la floración femenina.

3.3.3. Días a la floración masculina (DFM)

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaron flores masculinas (estambres).

3.3.4. Días a la floración femenina (DFF)

Se registró los días trascurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaban flores femeninas (estigmas).

3.3.5. Altura de inserción de la mazorca (AIM)

Esta variable se evaluó con la ayuda de un flexómetro en centímetros en una muestra de 10 plantas de cada parcela neta y se midió desde la base de la planta hasta el nudo en donde se encontraba la inserción de la mazorca superior.

3.3.6. Número de hojas por planta (NHP)

Esta variable se la evaluó en 10 plantas de cada una de las parcelas netas, contabilizando en número total de hojas hasta cuando alcanzaron su floración femenina.

3.3.7. Días a la cosecha en choclo (DCCH)

Se contabilizaron los días trascurridos desde la siembra hasta cuando el cultivo estuvo en choclo (estado lechoso).

3.3.8. Porcentaje de acame de raíz (AR)

Se contaron el total de plantas que presentaron una inclinación de 45° o más, con respecto de la vertical. Esta variable se evaluó dos semanas antes de la cosecha y sus resultados se presentan expresados en porcentaje al total de plantas.

3.3.9. Porcentaje de acame de tallo (AT)

Se contaron el total de plantas que presentaron el tallo quebrado bajo la inserción de la mazorca superior. Esta variable se evaluó dos semanas antes de la cosecha y sus resultados se presentan expresados en porcentaje al total de plantas.

3.3.10. Días a la cosecha en seco (DCS)

Se contabilizaron los días trascurridos desde la siembra hasta cuando la parte inferior del embrión del grano de la mazorca presentó un color café obscuro (madurez fisiológica).

3.3.11. Número de plantas a la cosecha (NPC)

Se contabilizo el número total de plantas de cada parcela en la cosecha.

3.3.12. Número de plantas con y sin mazorca (NPC y SM)

Esta variable se registró en la cosecha, contabilizando el número de plantas con y sin mazorcas y el resultado se expresó en porcentaje.

3.3.13. Número de plantas proliferas (NPP)

Esta variable se registró en la cosecha, contabilizando el número de plantas que presentaron más de 1 mazorca y el resultado se expresó en porcentaje.

3.3.14. Diámetro de la mazorca (DM)

Se evaluó en cm en la parte media con la ayuda de un calibrador de Vernier en 10 mazorcas al azar en el momento de la cosecha de cada unidad experimental.

3.3.15. Longitud de mazorca (LM)

La longitud de mazorca se midió en cm con un flexómetro desde la base de la mazorca hasta el ápice terminal en 10 mazorcas tomadas al azar en el momento de la cosecha de cada unidad experimental.

3.3.16. Número de granos por mazorca (GM)

Esta variable se la evaluó en 10 mazorcas de cada una de las parcelas netas, contabilizando en número de granos de cada mazorca.

3.3.17. Número de hileras por mazorca (HM)

Esta variable se la evaluó en 10 mazorcas de cada una de las parcelas netas, contabilizando en número de hileras de cada mazorca.

3.3.18. Porcentaje de desgrane (PD)

Se tomaron 10 mazorcas al azar de cada parcela neta, se estimo utilizando la siguiente formula:

$$D = \frac{\text{Peso de grano (g)}}{\text{Peso de grano + pedúnculo de inflorescencia (g)}} \times 100$$

(Monar, C. 2010)

3.3.19. Porcentaje de humedad del grano (PHG)

Se tomaron cinco muestras al azar de la parcela neta de cada unidad experimental al momento de la cosecha comercial de mazorcas y se evaluaron el contenido de humedad con un determinador portátil y expreso en porcentaje.

3.3.20. Peso de 1000 granos (PMG)

Se contabilizo 1000 granos y se peso utilizando una balanza de precisión en gramos.

3.3.21. Rendimiento de maíz en Kg. /parcela (RMP)

Se evaluó el rendimiento de maíz, una vez cosechado las mazorcas en su madurez fisiológica de cada unidad experimental, se pesaron en una balanza de reloj en Kg/parcela neta.

3.3.22. Rendimiento de maíz en Kg/ha al 14% de humedad (RMH)

Se estimo utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$R = PCP \times \frac{10000\ m^2/ha}{ANC\ m^2/1} \times \frac{100 - HC}{100 - HE} \times D$$

R = Rendimiento de maíz en kg /ha al 14% de humedad.

PCP = Peso de campo por parcela en Kg.

ANC = Área neta cosechada en m^2

HC = Humedad de cosecha.

HE = Humedad estándar 14%

D = Porcentaje de desgrane.

3.3.23. Análisis del contenido de nitrógeno en restos vegetales, grano y tuza

Al momento de la cosecha se tomaron muestras de las partes medias de la planta, y de los granos medios de 10 mazorcas y se envió al laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina.

3.3.24. Biomasa (B)

Con los datos obtenidos de una muestra del peso de tres plantas a la cosecha se procedió a calcular la biomasa mediante la siguiente fórmula.

$$PTM \div 3pl/gr = \frac{P1pl\ gr}{1000\ gr} \times \#\ pl/Ha.$$

PTM = Peso total de las muestras.

3pl/gr = Tres plantas en gramos.

P1pl gr = Peso de una planta en gramos.

pl/Ha. = Número de plantas por hectárea.

FUENTE: (Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

3.3.25. Extracción total de nitrógeno (ETN)

Con los datos de la biomasa tanto de los restos vegetales como del grano se procedió a calcular la extracción total de nitrógeno empleando la siguiente fórmula matemática:

$$ETN = \frac{\text{Rend/ha x \% B.RV}}{\text{\% B.GR}} = \text{B Kg. Rend/ha RV}$$

ETN = Kg. Rend/ha RV x %N ÷ 100 = Kg N RV/Ha.

Kg. Rend/ha GR x %N ÷ 100 = Kg N GR/Ha.

ETN/Ha.

ETN = Extracción total de nitrógeno.

Rend/ha = Rendimiento por hectárea.

% B.RV = Porcentaje de la biomasa en restos vegetales.

% B.GR = Porcentaje de la biomasa en el grano.

%N = Porcentaje del nutriente (reporte del análisis foliar)

FUENTE: (Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

3.3.26. Eficiencia agronómica (EA)

Con los datos obtenidos de Rendimiento de maíz en Kg/ha e incrementos de los tratamientos con y sin nitrógeno se procedió a calcular la Eficiencia agronómica en Kg/ha. mediante la siguiente fórmula:

$$Ef.\ Agr. = \frac{\text{Rend. Kg/ha } [\Delta +N-(-N)]}{\text{Cantidad de N aplicado}}$$

Ef. Agr. = Eficiencia agronómica

Rend. Kg/ha = Rendimiento de maíz en Kg/ha

Δ = Incremento

+N = Tratamientos con Nitrógeno

-N = Tratamiento sin Nitrógeno

FUENTE: (Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

3.3.27. Eficiencia química (EQ)

Con los datos obtenidos de contenido de nutrientes y extracción de nitrógeno total se procedió a calcular la eficiencia química del fertilizante mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Ef. Q.} = \frac{\text{Ex T (+N) Kg/ha} - \text{T (-N)}}{\text{Tratamiento Aplicado}} \times 100$$

Ef. Q. = Eficiencia química del fertilizante

Ex T (+N) Kg/ha = Extracción total de nitrógeno en Kg/ha

T (-N) = Tratamiento sin nitrógeno

FUENTE: (Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO EN EL CAMPO

3.4.1. Toma de muestras de suelo

Se lo realizó quince días antes de la siembra del maíz, y después de la cosecha en cada unidad experimental de los dos sistemas de rotación del maíz, se tomaron dos muestras de suelo a 0 cm – 30 cm y 30 cm – 60 cm de profundidad para su análisis físico – químico completo en el laboratorio INIAP – Santa Catalina y de la UEB. En total se tomaron 60 muestras de suelo.

3.4.2. Selección de lotes

En un lote de maíz variedad INIAP – 111 guajal mejorado del proyecto de semillas, en rotación Fréjol – Maíz y Trigo – Maíz, se realizó el trazado de los ensayos con la ayuda de estacas, flexómetro y cal. La siembra de maíz en el lote C_2 del proyecto de semillas se realizó en labranza reducida, el surcado a 0,80 m y 0,50 m entre plantas, no se aplico fertilizante a la siembra.

3.4.3. Fertilización química

La fertilización química de inicio se realizó con P_2O_5 en una dosis de 40 Kg/ha.

La frecuencia de aplicación del N en los dos sistemas fue la siguiente:

TRATAMIENTOS N°	DOSIS DE N Kg/Ha	FRECUENCIA DE APLICACIÓN	APLICACIÓN DDS
T_1	0	--	--
T_2	40	1	50
T_3	80	3	50 - 100 – 150
T_4	120	3	50 - 100 – 150
T_5	160	3	50 - 100 – 150

3.4.4. Control de malezas

Se realizó en forma manual siendo complementario al químico donde se aplicó en pos emergencia atrazina en dosis de 2kg/ha y metsulfuron metil en dosis 1 gramo en 20 litros de agua a los 70 días después de la siembra (dds).

3.4.5. Control de insectos plaga del choclo

Para el control de Heliothis zea y Euxesta eluta cuando el maíz inició la floración femenina (menos del 30%), se aplicó el insecticida Acefato en dosis de 40 gr/20 litros de agua más 20cc de melaza con una bomba a motor. Este control se realizo por tres veces: 30%; 60%; 100; de floración femenina. (Monar, C. 2001).

3.4.6. Cosecha

La cosecha se realizo en forma manual cuando el cultivo estaba en madurez comercial.

3.4.7. Análisis del contenido de nitrógeno en restos vegetales, grano y tuza

Al momento de la cosecha, se tomaron tres plantas de cada unidad experimental, mismas que fueron secadas al medio ambiente, trituradas en una picadora y finalmente para su secado total en el Laboratorio de la UEB a 145 °C por 20 minutos.

Una vez secas, se tomaron al azar 10 muestras de los restos vegetales y 10 del grano, para su análisis en el Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP Santa Catalina.

3.4.8. Desgrane

Se realizo en forma manual.

3.4.9. Secado

Se lo efectuó al sol hasta cuando el grano tenga 14% de humedad.

3.4.10. Aventado

Con la fuerza del viento se separaron las impurezas físicas del grano.

3.4.11. Almacenamiento

Se realizo en un lugar limpio y fresco previamente colocando una pastilla de Gastoxin por quintal de grano para prevenir el daño de gorgojos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

Cuadro N° 1. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables: Altura de plantas (AP); Altura de inserción de la mazorca (AIM); Número de hojas por planta (NHP); Diámetro del tallo (DT); Días a la floración masculina (DFM); Días a la floración femenina (DFF); Días a la cosecha en choclo (DCCH); Días a la cosecha en seco (DCS); Acame de raíz (AR); Acame de tallo (AT); Número de plantas en la cosecha (NPC); Número de plantas con mazorca (NPCM); Número de plantas sin mazorca (NPSM); Número de plantas prolíferas (NPP); Diámetro de la mazorca (DM); Longitud de mazorca (LM); Número de granos por mazorca (NGM); Número de hileras por mazorca (HM); Peso de 1000 granos (PMG); Evaluación de sanidad de mazorcas (ESM) y Rendimiento de maíz en Kg/ha al 14% de humedad (RMH). Sistema uno: Rotación fréjol-maíz INIAP 111 Guajal Mejorado.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	TRATAMIENTOS/RANGO					MEDIA GENERAL	CV (%)
Altura de plantas/cm. (AP) *	T_4	T_2	T_5	T_3	T_1	272,46	3,40
	283,73 A	275,67 AB	275,40 AB	273,13 AB	254,37 B		
Altura inserción de la mazorca/cm. (AIM) NS	T_2	T_4	T_5	T_3	T_1	149,38	5,31
	155,27 A	153,87 A	152,27 A	150,47 A	135,03 A		
Número de hojas por planta (NHP) NS	T_5	T_4	T_2	T_1	T_3	13,80	3,86
	14,33 A	14,00 A	13,67 A	13,67 A	13,33 A		
Diámetro del tallo/cm. (DT) NS	T_4	T_3	T_2	T_5	T_1	2,11	3,43
	2,16 A	2,15 A	2,15 A	2,11 A	1,96 A		
Días a la floración masculina (DFM) NS	T_3	T_1	T_5	T_2	T_4	126,67	1,09
	127,33 A	127,33 A	126,67 A	126,33 A	125,67 A		
Días a la floración femenina (DFF) NS	T_1	T_5	T_3	T_4	T_2	135,27	1,42
	138,33 A	134,67 A	134,67 A	134,33 A	134,33 A		
Días a la cosecha en choclo (DCCH) **	T_1	T_4	T_3	T_2	T_5	176,27	1,68
	182,33 A	178,00 A	178,00 A	176,33 A	166,67 B		
Días a la cosecha en seco (DCS) **	T_4	T_5	T_3	T_1	T_2	224,73	0,96
	231,00 A	228,67 A	225,33 AB	219,67 BC	219,00 C		
Acame de raíz % (AR) *	T_1	T_2	T_3		T_5	15,73	24,60
	24,00 A	16,00 AB	13,67 AB	13,33 AB	11,67 B		
Acame de tallo % (AT) NS	T_1	T_2	T_4	T_3	T_5	5,47	51,31
	6,67 A	6,67 A	5,00 A	4,67 A	4,33 A		
Número de plantas a la cosecha (NPC) NS	T_5	T_2	T_3	T_4	T_1	63,60	0,95
	64,00 A	64,00 A	63,67 A	63,33 A	63,00 A		
Número de plantas con mazorca % (NPCM) NS	T_1	T_3	T_2	T_4	T_5	96,13	2,58
	98,00 A	97,33 A	96,67 A	94,67 A	94,00 A		

Número de plantas sin mazorca % (NPSM) NS	T_4	T_5	T_3	T_2	T_1	0,87	80,22
	1,33 A	1,00 A	1,00 A	0,67 A	0,33 A		
Número de plantas proliferas % (NPP) NS	T_5	T_4	T_2	T_3	T_1	3,00	64,98
	5,00 A	4,00 A	2,67 A	1,67 A	1,67 A		
Diámetro de la mazorca/cm. (DM) NS	T_3	T_5	T_4	T_2	T_1	5,23	3,01
	5,38 A	5,36 A	5,22 A	5,16 A	5,02 A		
Longitud de mazorca/cm. (LM) *	T_3	T_5	T_4	T_2	T_1	16,11	4,73
	16,99 A	16,79 A	16,52 AB	15,82 AB	14,41 B		
Número de granos por mazorca (NGM) NS	T_1	T_3	T_5	T_4	T_2	245,93	15,34
	255,33 A	245,67 A	245,00 A	242,33 A	241,33 A		
Número de hileras por mazorca (HM) NS	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	9,87	3,21
	10,00 A	10,00 A	10,00 A	9,67 A	9,67 A		
Peso de 1000 granos/gr. (PMG) **	T_3	T_2	T_4	T_5	T_1	604,00	1,22
	626,67 A	626,67 A	608,33 AB	605,00 B	553,33 C		
Evaluación de sanidad de mazorcas (ESM) NS	T_4	T_3	T_1	T_2	T_5	1,20	37,27
	1,33 A	1,33 A	1,33 A	1,00 A	1,00 A		
Rendimiento de maíz en Kg/ha al 14% de humedad (RMH) **	T_4	T_5	T_3	T_2	T_1	5585,60	5,06
	6466,33 A	6332,33 A	5846,67 AB	5172,33 B	4110,33 C		
Sistema dos: Rotación trigo-maíz							
Altura de plantas/cm. (AP) *	T_4	T_2	T_5	T_3	T_1	270,63	3,45
	282,17 A	273,60 AB	273,27 AB	271,07 AB	253,03 B		
Altura inserción de la mazorca/cm. (AIM) NS	T_2	T_4	T_5	T_3	T_1	147,45	5,59
	153,60 A	151,93 A	150,20 A	148,57 A	132,93 A		
Número de hojas por planta (NHP) NS	T_3	T_5	T_4	T_1	T_2	14,07	3,31
	14,33 A	14,00 A	14,00 A	14,00 A	14,00 A		

Diámetro del tallo/cm. (DT) *	T_4	T_2	T_3	T_5	T_1	2,09	3,48
	2,15 A	2,13 AB	2,12 AB	2,09 AB	1,94 B		
Días a la floración masculina (DFM) NS	T_1	T_3	T_2	T_5	T_4	124,47	1,06
	125,33 A	125,00 A	124,33 A	124,00 A	123,67 A		
Días a la floración femenina (DFF) NS	T_1	T_3	T_5	T_4	T_2	133,13	1,28
	136,00 A	133,00 A	132,33 A	132,33	132,00		
Días a la cosecha en choclo (DCCH) **	T_1	T_3	T_4	T_2	T_5	174,87	1,60
	180,67 A	177,00 A	176,67 A	175,00 A	165,00 B		
Días a la cosecha en seco (DCS) **	T_4	T_5	T_3	T_2	T_1	223,07	1,00
	229,00 A	227,33 A	223,67 AB	217,67 B	217,67 B		
Acame de raíz % (AR) *	T_1	T_2	T_4	T_3	T_5	14,07	26,26
	22,67 A	14,00 AB	12,00 B	12,00 B	9,67 B		
Acame de tallo % (AT) NS	T_2	T_1	T_4	T_3	T_5	3,93	70,24
	5,00 A	5,00 A	3,67 A	3,33 A	2,67 A		
Número de plantas a la cosecha (NPC) NS	T_5	T_3	T_2	T_4	T_1	63,80	0,95
	64,00 A	64,00 A	64,00 A	63,67 A	63,33 A		
Número de plantas con mazorca % (NPCM) NS	T_1	T_3	T_2	T_5	T_4	94,87	3,34
	97,67 A	96,00 A	95,33 A	92,67 A	92,67 A		
Número de plantas sin mazorca % (NPSM) NS	T_4	T_5	T_3	T_2	T_1	1,67	63,40
	2,33 A	2,00 A	1,67 A	1,67 A	0,67 A		
Número de plantas proliferas % (NPP) NS	T_5	T_4	T_2	T_3	T_1	3,47	75,13
	5,33 A	5,00 A	3,00 A	2,33 A	1,67 A		
Diámetro de la mazorca/cm. (DM) NS	T_5	T_3	T_4	T_2	T_1	5,19	2,81
	5,32 A	5,31 A	5,18 A	5,14 A	4,99 A		
Longitud de mazorca/cm. (LM) *	T_3	T_5	T_4	T_2	T_1	15,97	4,74

	16,90 A	16,53 A	16,42 AB	15,72 AB	14,29 B		
Número de granos por mazorca (NGM) NS	T_1	T_3	T_5	T_4	T_2	244,40	15,34
	254,00 A	243,67 A	243,33 A	241,00 A	240,00 A		
Número de hileras por mazorca (HM) NS	T_1	T_4	T_5	T_3	T_2	9,80	5,27
	10,33 A	9,67 A	9,67 A	9,67 A	9,67 A		
Peso de 1000 granos/gr. (PMG) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	605,34	0,56
	705,00 A	626,67 B	601,67 C	566,67 D	526,67 E		
Evaluación de sanidad de mazorcas (ESM) NS	T_2	T_1	T_5	T_4	T_3	1,20	34,02
	1,67 A	1,33 A	1,00 A	1,00 A	1,00 A		
Rendimiento de maíz en Kg/ha al 14% de humedad (RMH) **	T_4	T_5	T_3	T_2	T_1	5565,40	5,06
	6453,67 A	6330,33 A	5818,00 AB	5141,00 B	4084,00 C		

Promedios con la misma letra, son estadísticamente iguales al 5% y promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

- TRATAMIENTOS (Dosis de nitrógeno en Kg/ha.)

La respuesta de los tratamientos en el sistema de rotación uno: fréjol-maíz INIAP 111 en cuanto a las variables: Altura de plantas (AP); Días a la cosecha en choclo (DCCH); Días a la cosecha en seco (DCS); Acame de raíz (AR); Longitud de mazorca (LM); Peso de 1000 granos (PMG) y Rendimiento de maíz en Kg/ha al 14% de humedad (RMH) fueron diferentes (Cuadro N° 1). Sin embargo en las variables: Altura de inserción de la mazorca (AIM); Número de hojas por planta (NHP); Diámetro del tallo (DT); Días a la floración masculina (DFM); Días a la floración femenina (DFF); Acame de tallo (AT); Número de plantas a la cosecha (NPC); Número de plantas con mazorca (NPCM); Número de plantas sin mazorca (NPSM); Número de plantas prolíferas (NPP); Diámetro de la mazorca (DM); Número de granos por mazorca (NGM); Número de hileras por mazorca (NHM) y Evaluación de sanidad de mazorcas (ESM) fueron similares. (Cuadro N° 1)

En el sistema de rotación dos: trigo-maíz INIAP 111, el efecto de los tratamientos en relación a los componentes del rendimiento: Altura de plantas (AP); Diámetro del tallo (DT); Días a la cosecha en choclo (DCCH); Días a la cosecha en seco (DCS); Acame de raíz (AR); Longitud de mazorca (LM); Peso de 1000 granos (PMG) y Rendimiento de maíz en Kg/ha al 14% de humedad (RMH) fueron diferentes (Cuadro N° 1). En las variables: Altura de inserción de la mazorca (AIM); Número de hojas por planta (NHP); Días a la floración masculina (DFM); Días a la floración femenina (DFF); Acame de tallo (AT); Número de plantas a la cosecha (NPC); Número de plantas con mazorca (NPCM); Número de plantas sin mazorca (NPSM); Número de plantas proliferas (NPP); Diámetro de la mazorca (DM); Número de granos por mazorca (NGM); Número de hileras por mazorca (HM) y Evaluación de sanidad de mazorcas (ESM) fueron estadísticamente similares (NS). (Cuadro N° 1)

En la variable **Altura de plantas (AP)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 272,46 cm. y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 270,63 cm. (Cuadro N° 1)

En promedio general la rotación: fréjol-maíz, registró 1,83 cm. más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

El promedio más elevado de AP en los dos sistemas de producción se determinó en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 283,73 y 282,17 cm. (Cuadro N° 1). El promedio menor como es lógico se evaluó en el testigo T_1 (0 Kg/ha de N) con 254,37 y 253,03 cm. (Cuadro N° 1). Quizás bajo las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo, con la dosis 120 Kg/ha de N, se lograron plantas más altas, aunque esta variable es una característica varietal y depende de su interacción genotipo-ambiente.

En el componente **Diámetro del tallo (DT)** en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, se registró el promedio general más alto con 2,09 cm. (Cuadro N° 1)

Este promedio general es similar a los reportados por Monar, C. y Silva, E. 1997.

El promedio más elevado del DT en el sistema de producción dos trigo-maíz se registró en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 2,15 cm. (Cuadro N° 1) y el menor en el testigo T_1 (0 Kg/ha de N) con 1,94 cm. (Cuadro N° 1). Bajo las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo, con la dosis de 120 Kg/ha de N, se presentaron plantas más gruesas, aunque la variable DT es una característica varietal y depende de la interacción genotipo-ambiente, nutrición de la planta, densidad de siembra y entre otros.

Los **Días a la cosecha en choclo (DCCH)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 176,27 días y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 174,87 días (Cuadro N° 1). Estos resultados son similares a los reportados por INIAP 2000 con la variedad INIAP 111 en la provincia de Bolívar.

En promedio general de la rotación: fréjol-maíz, registró 1,4 días más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas, biológicas del suelo, condiciones ambientales, época de siembra, etc.

Los resultados más altos de DCCH en los dos sistemas de producción se evaluaron en el T_1 (0 Kg/ha de N) con 182,33 y 180,67 días (Cuadro N° 1). El promedio menor en los dos sistemas presentó el T_5 (160 Kg/ha de N) con 166,67 y 165,00 días (Cuadro N° 1). Bajo las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo que se presentaron fueron períodos de sequía las plantas con dosis bajas tardaron más en llegar al estado lechoso que las de dosis altas. Además el ciclo de cultivo es una característica varietal y depende de la interacción genotipo-ambiente; factores bio-climáticos determinantes son la altitud, temperatura, la cantidad y calidad de luz solar, el fotoperiodo, respiración, la evapotranspiración, la humedad del suelo y ambiental. (Monar, C. 2012 Comunicación personal)

En la variable **Días a la cosecha en seco (DCS)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 224,73 días y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 223,07 días (Cuadro N° 1). Estos resultados son similares a los reportados por Monar, C. y Silva, E. 1997.

En promedio general la rotación: fréjol-maíz, registró 1,66 días más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas, biológicas del suelo.

Los valores más altos de DCS en los dos sistemas de producción se determinaron en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 231,00 y 229,00 días (Cuadro N° 1). El menor valor en el sistema uno fréjol-maíz presentó el T_2 (40 Kg/ha de N) con 219,00 días y en el sistema dos: trigo-maíz en el T_1 (0 Kg/ha de N) con 217,67 días (Cuadro N° 1). Bajo las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo que presentaron periodos de sequía, las plantas con dosis bajas de N aceleraron su maduración en comparación a las dosis altas en que las plantas tardaron más en secarse. Además el ciclo de cultivo es una característica varietal y depende de la interacción genotipo-ambiente. Factores bio-climáticos determinantes son la altitud, temperatura, la cantidad y calidad de luz solar, el fotoperiodo, respiración, la evapotranspiración, la humedad del suelo y ambiental.

Para el **Acame de raíz (AR)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 15,73% y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 14,07%. (Cuadro N° 1)

En promedio general de la rotación: fréjol-maíz, registró 1,66% más en relación a trigo-maíz; en esta investigación la presencia de vientos se registró en la etapa de estado masoso o madurez fisiológica, lo que no causó un daño significativo en la reducción del rendimiento. La época de siembra es determinante en la zona, no se pueden realizar siembras en enero con el cultivar tardío INIAP 111.

Es conocido que dosis excesivas de N pueden inducir al acame de plantas. Por el contrario en trabajos de Valverde, F. 2012 Entrevista personal, afirma que dosis de 50 y 100 Kg/ha ayuda a tener un sistema radicular bien desarrollado y disminuye el porcentaje de acame en labranza cero, reducida y convencional.

Los resultados más altos de AR en los dos sistemas de producción se registraron en el testigo T_1 (0 Kg/ha de N) con 24,00 y 22,67% (Cuadro N° 1). El menor valor en los dos sistemas fue el T_5 (160 Kg/ha de N) con 11,67 y 9,67% (Cuadro N° 1). El AR es una característica varietal y depende de la interacción genotipo-ambiente. En trabajos de validación de tecnología de INIAP 111 Guagal Mejorado esta variedad es resistente al acame de tallo y raíz incluso con velocidad del viento hasta 20 km/hora. (Monar, C. 2011 Entrevista personal)

La variable **Longitud de mazorca (LM)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, presentó una media general de 16,11 cm. y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 15,97 cm. (Cuadro N° 1)

En promedio general la rotación: fréjol-maíz, registró 0,14 cm. ligeramente más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas, biológicas del suelo y las condiciones bio-climáticas.

Los valores más altos de LM en los dos sistemas de producción se calcularon en el T_3 (80 Kg/ha de N) con 16,99 y 16,90 cm. (Cuadro N° 1).). El promedio inferior se evaluó en el testigo T_1 (0 Kg/ha de N) con 14,41 y 14,29 cm. (Cuadro N° 1). La LM es una característica varietal y depende de la interacción genotipo-ambiente,

dosis más altas tuvieron mayor longitud de mazorca. También son importantes la altitud, temperatura, humedad del suelo sobre todo en floración y llenado de grano, la luz solar, los vientos, nutrición, la sanidad de planta y mazorca y entre otros.

En la provincia Bolívar los productores/as dentro de los cultivares locales y variedades mejoradas prefieren mazorcas gruesas y largas; grano grueso y color blanco, como son los Guagales Criollos, el Guagal de Leche, el Mama Sara e INIAP 111. El 80% de maíz se comercializa en choclo, pues la demanda prefiere mazorcas gruesas y largas (choclos de gran tamaño). (Monar, C. 2009)

En relación al **Peso de 1000 granos (PMG)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 604,00 gramos y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, 605,34 gramos. (Cuadro N° 1)

En promedio general en la rotación: trigo-maíz, registró 1,34 gramos más en relación a fréjol-maíz; quizá debido al azar y muestras del grano.

Los valores más altos del PMG en el sistema uno: fréjol-maíz se registró en el T_3 (80 Kg/ha de N) con 626,67 gramos y el sistema dos: trigo-maíz registró en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 705,00 gramos (Cuadro N° 1). El promedio menor en el testigo T_1 (0 Kg/ha de N) con 553,33 y 526,67 gramos (Cuadro N° 1). El PMG es una característica varietal y depende de la interacción genotipo-ambiente. Influyen también factores bio-climáticos como la altitud, temperatura, la cantidad y calidad de luz solar, el fotoperiodo, respiración, la evapotranspiración, la humedad del suelo y ambiental sobre todo en floración y llenado de grano, los vientos, nutrición, la sanidad de planta y mazorca.

Estos valores de promedios confirman la preferencia de los productores/as por los Guagales criollos e INIAP 111, porque son granos de tamaño grande y formas redondas y oblongas del grano. (Monar, C. 2012 Entrevista personal)

En cuanto al **Rendimiento de maíz en Kg/ha al 14% de humedad (RMH)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 5.585,60

Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 5.565,40 Kg/ha. (Cuadro N° 1)

En promedio general en la rotación: fréjol-maíz, se obtuvo 20,20 Kg/ha más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Estos resultados son superiores a los reportados por INIAP. 1997, 2000 y 2007.

Los promedios más altos del RMH en los dos sistemas de producción se calcularon en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 6.466,33 y 6.453,67 Kg/ha (Cuadro N° 1). El promedio inferior se evaluó en el testigo T_1 (0 Kg/ha de N) con 4.110,33 y 4.084,00 Kg/ha. (Cuadro N° 1). Quizás bajo las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo, con la dosis 120 Kg/ha de N se lograron plantas más altas, mayor diámetro de tallo, menor días a la cosecha en seco, además este tratamiento presentó valores más bajos de acame de raíz y pudrición de mazorcas.

Los resultados en el testigo T_1 con 0 Kg/ha de N; presentaron mayor ciclo de cultivo hasta la floración masculina y femenina, mayor acame de raíz y tallo, mayor número de plantas con mazorcas pequeñas y por ende menor número de granos y de tamaño pequeño.

En relación a la respuesta de las dosis de N, se presentó una respuesta de tipo cuadrática en los dos sistemas de producción en cuanto al rendimiento de maíz en Kg/ha al 14% de humedad; es decir el rendimiento se incrementó hasta el T_4: 120 Kg/ha de N y con T_5: 160 Kg/ha de N disminuyó el rendimiento, posiblemente por los períodos de sequía durante el ciclo de cultivo. (Gráfico N° 1 y 2)

Además el rendimiento es una característica varietal y depende de su interacción genotipo-ambiente. Son determinantes los factores bioclimáticos como la temperatura, la humedad del suelo, la cantidad y la calidad de luz, los vientos, la respiración, la evapotranspiración, el índice de área foliar, la tasa de fotosíntesis, la sanidad de plantas y mazorcas, la nutrición de la planta, la eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y entre otros (Monar, C. 2012. Entrevista personal).

Gráfico N° 1. Respuesta del maíz INIAP 111 a la aplicación de N; sistema de rotación uno: fréjol-maíz.

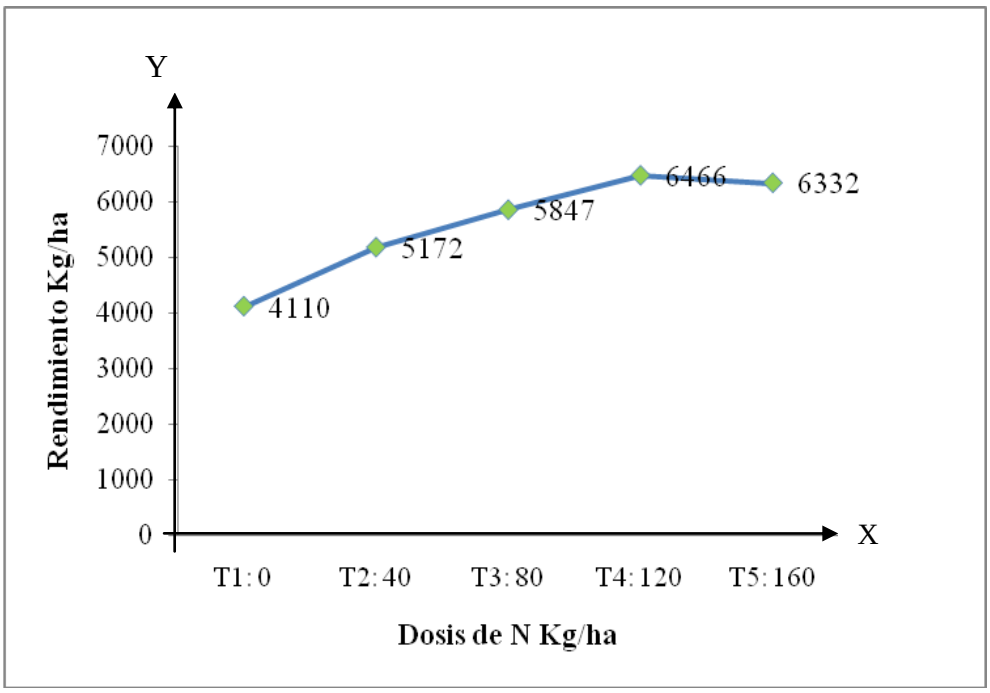
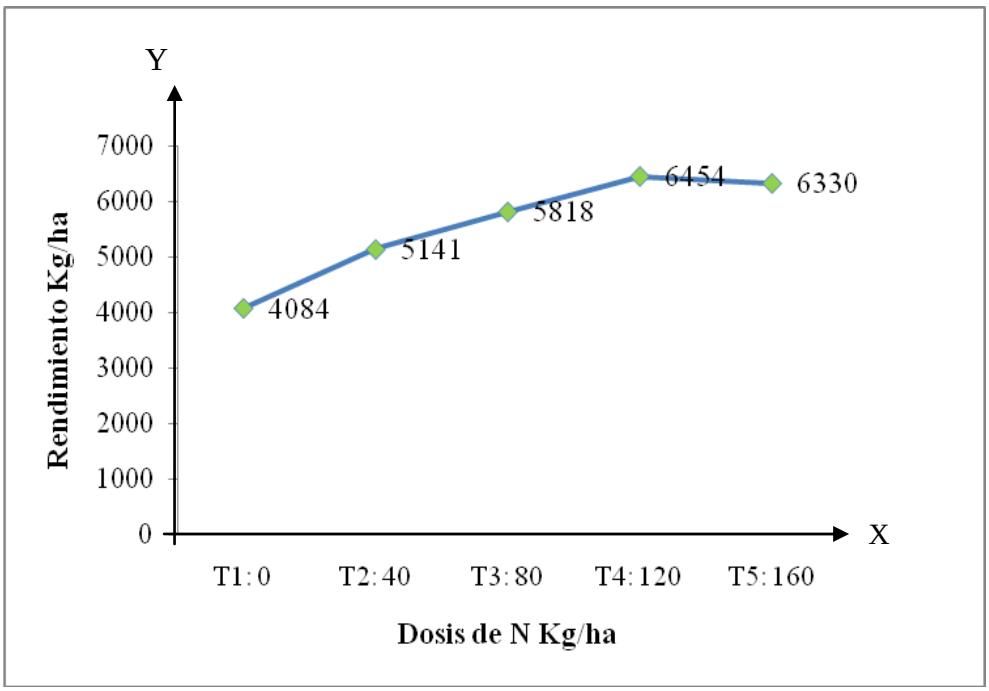


Gráfico N° 2. Respuesta del maíz INIAP 111 a la aplicación de N; sistema de rotación dos: trigo-maíz.



4.2. VARIABLES QUÍMICAS DEL SUELO

Cuadro N° 2. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables: Eficiencia agronómica (EA); Eficiencia química (EQ); 0-30 cm. pH; 0-30 cm. Amonio (NH_4^+); 0-30 cm. Materia orgánica (M.O.); 0-30 cm. Nitrato (NO_3^-); 30-60 cm. pH; 30-60 cm. Amonio (NH_4^+); 30-60 cm. Materia orgánica (M.O.); 30-60 cm. Nitrato (NO_3^-); Biomasa total en restos vegetales y mazorca (B.T.); Biomasa de restos vegetales (B.R.V.); Extracción total de Nitrógeno (E.T.N); Extracción de Nitrógeno en restos vegetales (E.N R.V.); Materia seca de los análisis foliares (M.S.A.F.); Biomasa de la mazorca (B.M.); Extracción de Nitrógeno en el grano (E.N GR.) y Materia seca del análisis del grano (M.S.A.GR.). Sistema uno: Rotación fréjol-maíz INIAP 111 Guajal Mejorado.

INDICADORES DE QUÍMICA DE SUELOS	TRATAMIENTOS/RANGO					MEDIA GENERAL	CV (%)
Eficiencia agronómica Kg/ha (EA) **	T_2	T_3	T_4	T_5	T_1	20,28	32,36
	26,55 A	21,04 A	19,63 A	13,89 AB	0,00 B		
Eficiencia química % (EQ) **	T_4	T_5	T_3	T_2	T_1	59,15	26,64
	72,51 A	57,99 A	55,56 A	50,52 A	0,00 B		
0-30 cm. pH **	T_5	T_1	T_2	T_4	T_3	6,44	0,48
	6,69 A	6,46 B	6,37 C	6,34 C	6,32 C		
0-30 cm. Amonio Kg/ha (NH_4^+) **	T_2	T_3	T_1	T_4	T_5	50,65	0,20
	69,03 A	57,02 B	55,15 C	39,03 D	33,02 E		
0-30 cm. Materia orgánica % (M.O.) **	T_2	T_1	T_5	T_3	T_4	2,52	0,13
	3,57 A	2,46 B	2,36 C	2,26 D	1,97 E		
0-30 cm. Nitrato Kg/ha (NO_3^-) **	T_3	T_2	T_5	T_4	T_1	9,30	0,07
	11,42 A	10,23 B	10,03 C	8,02 D	6,82 E		
30-60 cm. pH **	T_1	T_4	T_2	T_3	T_5	6,65	0,07
	6,80 A	6,74 B	6,67 C	6,65 D	6,37 E		
30-60 cm. Amonio Kg/ha (NH_4^+) **	T_5	T_3	T_2	T_4	T_1	45,34	0,01
	111,03 A	49,02 B	25,03 C	21,03 D	21,02 D		
30-60 cm. Materia orgánica % (M.O.) **	T_5	T_3	T_1	T_2	T_4	1,86	0,21
	2,46 A	1,86 B	1,76 C	1,76 C	1,46 D		
30-60 cm. Nitrato Kg/ha (NO_3^-) **	T_5	T_1	T_2	T_3	T_4	5,75	0,11
	9,51 A	6,31 B	5,32 C	4,51 D	3,12 E		
Biomasa total en restos vegetales y mazorca Kg/ha (B.T.) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	13401,67	0,13
	15883,33 A	15266,67 B	14666,67 C	11866,67 D	9325,00 E		
Biomasa de restos vegetales Kg/ha (B.R.V.) **	T_4	T_3	T_5	T_2	T_1	8053,33	0,28
	9358,33 A	9325,00 A	9300,00 A	6775,00 B	5508,33 C		

Extracción total de Nitrógeno en restos vegetales y mazorca Kg/ha(E.T.N) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	149,37	4,71
	193,27 A	187,49 A	144,92 B	120,69 C	100,48 D		
Extracción de Nitrógeno en restos vegetales Kg/ha (E.N R.V.) **	T_5	T_3	T_1	T_4	T_2	63,96	6,49
	89,21 A	74,05 B	59,28 C	57,97 C	39,31 D		
Materia seca de los análisis foliares % (M.S.A.F.) **	T_3	T_4	T_1	T_2	T_5	91,34	0,01
	92,15 A	91,76 B	91,66 C	91,26 D	89,85 E		
Biomasa de la mazorca Kg/ha (B.M.) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	5348,33	0,28
	6583,33 A	5908,33 B	5341,67 C	5091,67 D	3816,67 E		
Extracción de Nitrógeno en el grano Kg/ha (E.N GR.) **	T_4	T_5	T_2	T_3	T_1	85,41	3,70
	129,53 A	104,06 B	81,38 C	70,88 D	41,20 E		
Materia seca del análisis del grano % (M.S.A.GR.) **	T_4	T_5	T_1	T_2	T_3	90,64	3,80
	91,16 A	90,76 B	90,76 B	90,56 C	89,95 D		
Sistema dos: Rotación trigo-maíz							
Eficiencia agronómica Kg/ha (EA) **	T_2	T_3	T_4	T_5	T_1	20,47	30,56
	26,43 A	21,67 A	19,75 A	14,04 AB	0,00 B		
Eficiencia química % (EQ) **	T_3	T_2	T_4	T_5	T_1	69,15	23,21
	79,36 A	71,49 A	65,89 A	59,86 A	0,00 B		
0-30 cm. pH **	T_5	T_4	T_2	T_1	T_3	6,14	0,04
	6,19 A	6,16 B	6,14 C	6,12 D	6,11 E		
0-30 cm. Amonio Kg/ha (NH_4^+) **	T_5	T_4	T_1	T_3	T_2	113,02	0,01
	123,02 A	117,01 B	115,02 C	111,02 D	99,01		
0-30 cm. Materia orgánica % (M.O.) **	T_1	T_5	T_4	T_3	T_2	2,31	0,31
	2,56 A	2,28 B	2,27 B	2,27 B	2,17 C		
0-30 cm. Nitrato Kg/ha (NO_3^-) **	T_4	T_2	T_3	T_1	T_5	11,98	0,10
	16,41 A	13,23 B	10,82 C	10,42 D	9,02 E		

30-60 cm. pH **	T_2	T_4	T_3	T_1	T_5	6,48	0,08
	6,53 A	6,51 B	6,48 C	6,46 D	6,43 E		
30-60 cm. Amonio Kg/ha (NH_4^+) **	T_2	T_4	T_1	T_3	T_5	119,02	0,01
	145,03 A	133,03 B	119,01 C	111,01 D	87,01 E		
30-60 cm. Materia orgánica % (M.O.) **	T_4	T_1	T_3	T_2	T_5	1,82	0,71
	2,09 A	2,00 B	1,90 C	1,80 D	1,29 E		
30-60 cm. Nitrato Kg/ha (NO_3^-) **	T_5	T_1	T_4	T_3	T_2	8,46	0,40
	11,76 A	8,52 B	7,96 C	7,33 D	6,71 E		
Biomasa total en restos vegetales y mazorca Kg/ha (B.T.) **	T_4	T_5	T_3	T_2	T_1	13103,33	0,35
	15141,67 A	14866,67 B	14558,33 C	11741,67 D	9208,33 E		
Biomasa de restos vegetales Kg/ha (B.R.V.) **	T_4	T_3	T_5	T_2	T_1	7843,33	0,59
	9325,00 A	9308,33 A	8375,00 B	6750,00 C	5458,33 D		
Extracción total de Nitrógeno en restos vegetales y mazorca Kg/ha(E.T.N) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	153,74	5,22
	196,13 A	179,42 AB	163,84 B	128,94 C	100,35 D		
Extracción de Nitrógeno en restos vegetales Kg/ha (E.N R.V.) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	66,64	5,74
	92,11 A	82,41 AB	72,35 B	44,46 C	41,86 C		
Materia seca de los análisis foliares % (M.S.A.F.) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	92,44	0,03
	93,00 A	92,85 B	92,84 B	92,76 C	90,75 D		
Biomasa de la mazorca Kg/ha (B.M.) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	5260,00	0,15
	6491,67 A	5816,67 B	5250,00 C	4991,67 D	3750,00 E		
Extracción de Nitrógeno en el grano Kg/ha (E.N GR.) **	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	87,09	5,01
	104,02 A	97,01 AB	91,48 BC	84,48 C	58,49 D		
Materia seca del análisis del grano % (M.S.A.GR.) **	T_1	T_4	T_5	T_3	T_2	90,76	0,02
	92,94 A	90,66 B	90,58 C	89,84 D	89,78 E		

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

- TRATAMIENTOS (Dosis de nitrógeno en Kg/ha.)

En los sistemas de rotaciones uno: fréjol-maíz y trigo-maíz el efecto de los tratamientos en relación a los indicadores de química de suelos como: Eficiencia agronómica (EA); Eficiencia química (EQ); 0-30 cm. pH (pH); 0-30 cm. Amonio (NH_4^+); 0-30 cm. Materia orgánica (M.O.); 0-30 cm. Nitrato (NO_3^-); 30-60 cm. pH (pH); 30-60 cm. Amonio (NH_4^+); 30-60 cm. Materia orgánica (M.O.); 30-60 cm. Nitrato (NO_3^-); Biomasa total en restos vegetales y mazorca (B.T.); Biomasa de restos vegetales (B.R.V.); Extracción total de Nitrógeno (E.T.N); Extracción de Nitrógeno en restos vegetales (E.N R.V.); Materia seca de los análisis foliares (M.S.A.F.); Biomasa de la mazorca (B.M.); Extracción de Nitrógeno en el grano (E.N GR.) y Materia seca del análisis del grano (M.S.A.GR.) fueron muy diferentes. (Cuadro N° 2)

La **Eficiencia agronómica (EA)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 20,28 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 20,47 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

El promedio más elevado de EA en los dos sistemas de producción se registró en el T_2 (40 Kg/ha de N) con 26,55 y 26,43 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

Quizás con el nivel de 40 Kg/ha de N, tuvimos mayor eficiencia en comparación a la dosis de 160 Kg/ha de N, porque debido al estrés de sequía durante el ciclo de cultivo el N se volatilizo fácilmente de la superficie del suelo, pudiéndose perder de esta forma una apreciable cantidad de nitrógeno del sistema, además influyó la deficiente distribución de la precipitación (Anexo N° 3), rango amplio de temperatura (2°C a 24,5°C), la humedad del suelo, la cantidad y la calidad de luz, los vientos, la respiración, la evapotranspiración, el índice de área foliar, la tasa de fotosíntesis, la sanidad de plantas y mazorcas, la nutrición de la planta, la eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y densidad de plantas por hectárea, etc. (Monar, C. 2012 Entrevista personal)

En los dos sistemas de rotación por cada kilogramo de nitrógeno aplicado en el T_2 (40 Kg/ha de N) se logró 26,55 y 26,43 Kg/ha de grano. Este resultado bajo

condiciones de estrés de sequía y con el cultivar INIAP 111, es aceptable; dosis más altas funcionan adecuadamente con buenas condiciones bioclimáticas y edáficas.

La **Eficiencia química (EQ)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 59,15% y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio de 69,15%. (Cuadro N° 2)

En promedio general en la rotación: trigo-maíz, registró 10% más en relación a fréjol-maíz; quizás debido a las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

El valor más elevado de EQ en el sistema uno: fréjol-maíz de producción se evaluó en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 72,51% y en el sistema dos: trigo-maíz registró en el T_3 (80 Kg/ha de N) con 79,36% (Cuadro N° 2). La EQ del N, depende de los caracteres varietales, condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Además son determinantes las condiciones bioclimáticas como la cantidad y distribución de la precipitación (Anexo N° 3), la temperatura, la humedad del suelo, la cantidad y la calidad de luz, los vientos, la respiración, la evapotranspiración, el índice de área foliar, la tasa de fotosíntesis, la sanidad de plantas y mazorcas, la nutrición de la planta, la eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y la Eficiencia Agronómica, etc. (Monar, C. 2012 Entrevista personal)

En los indicadores de química de suelos; **pH** de **0-30 cm.** el en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se reportó un valor promedio de 6,44 y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 6,14 ligeramente ácido. (Cuadro N° 2)

Numéricamente en pH ideal cercano a 7.0, se presentó en la rotación fréjol-maíz, debido quizá a las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. (Anexo N° 2.3.)

El promedio más elevado del pH de 0-30 cm. al final del ensayo en los dos sistemas de producción, se evaluó en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 6,69 y 6,19 ligeramente ácido (Cuadro N° 2).

La presencia de mayor o menor cantidad de cationes H^+ determinan la reacción del suelo, un pH ácido impide la mineralización con la consecuencia disminución del nitrógeno del suelo, los efectos desfavorables de la acidez en el desarrollo de las plantas es la toxicidad por aluminio o manganeso, menor absorción de algunos nutrientes y disminución de la actividad microbiana.

La buena estructura y aeración del suelo son imperativos para el máximo rendimiento del cultivo, además el agua es el vehículo para el traslado de los elementos minerales necesarios para la nutrición de la planta, por ello el nivel de humedad del suelo tiene un pronunciado efecto sobre la absorción de cationes y aniones por la planta.

Para el contenido de **Amonio (NH_4^+)** de **0-30 cm.** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 50,65 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio de 113,02 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En promedio general la rotación: trigo-maíz, registró 62,37 Kg/ha más en relación a fréjol-maíz; quizás por el efecto de la pendiente arrastrando todos los coloides hacia las partes bajas, por la utilización directa de las plantas que lo extraen de la solución del suelo, por el consumo de los microorganismos que lo utilizan para sus funciones vitales y el amonio posee menos movilidad, además del tiempo que las bacterias aeróbicas los pasan a nitratos y el laboreo del suelo.

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.) 0-30 el NH_4^+ en el sistema uno fue de 130 Kg/ha después con el T_2 (40 Kg/ha de N) fue de 69,03 Kg/ha y antes del ensayo en el sistema dos (Anexo N° 2.2.) fue de 122 Kg/ha y al final fue el T_5 (160 Kg/ha de N) con 123,02 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El promedio menor en el sistema uno fréjol-maíz presentó el T_5 (160 Kg/ha de N) con 50,65 Kg/ha y en el sistema dos: trigo-maíz registró el T_2 (40 Kg/ha de N) con 99,01 Kg/ha. (Cuadro N° 2). En la aplicación de fertilizantes nitrogenados, es

importante el conocimiento de física y química del suelo, las posibilidades de pérdidas por el tipo de suelo, los ajustes necesarios de las dosis y la forma de aplicación.

Tomar en cuenta los factores bioclimáticos ya que las pérdidas de amonio se favorecen por la desecación del suelo así como las altas temperaturas, el viento, arrastres o lixiviación, por la extracción que realizan las cosechas, el nitrógeno al ser aplicado a un suelo, debe incorporarse con tiempo suficiente para que las plantas dispongan de el en el momento que lo necesiten.

Para **Materia orgánica (M.O.)** de **0-30 cm.** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se reportó una media general de 2,52% y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 2,31%. (Cuadro N° 2). Estos valores comprenden a un nivel medio de materia orgánica.

En promedio general la rotación: fréjol-maíz, registró 0,21% más de M.O. en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Además las leguminosas suministran la energía necesaria, el agua y los nutrientes a los microorganismos y reciben el nitrógeno que los microorganismos producen. Bajo condiciones favorables, las cantidades de nitrógeno fijadas a través de la bacteria **Rhizobium sp** varían entre 15 a 20 kg/ha N en promedio. El contenido de M.O. en el suelo, depende básicamente de la física de suelos, el manejo e incorporación de residuos de cosecha, el tipo de labranza, etc.

La M.O. proviene de los residuos y animales por ende la mayor parte se encuentra en la superficie y baja hacia los horizontes. Las condiciones que determinan la descomposición o mineralización son: la temperatura aumenta la actividad microbiana y las temperaturas bajas la detienen siendo mayor en verano que en invierno, aireación del suelo, humedad del suelo, tipos de residuos, el nivel constante de humus, en suelos de zonas frías y temperaturas medias el nivel de materia orgánica se estabiliza de 1 a 2% en zonas cálidas y húmedas es generalmente 5 al 10%.

El contenido de **nitrato (NO_3^-)** de **0-30 cm.** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se reportó una media general de 9,30 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio de 11,98 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.) 0-30 cm. el NO_3 en el sistema uno fue de 7,80 Kg/ha después el mayor en el T_3 (80 Kg/ha de N) con 11,42 Kg/ha y antes en el sistema dos (Anexo N° 2.2.) fue de 11,40 Kg/ha y al final del ensayo fue el T_4 (120 Kg/ha de N) con 16,41 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El menor contenido en el sistema uno fréjol-maíz tuvo el T_1 (0 Kg/ha de N) con 6,82 Kg/ha y en sistema dos: trigo-maíz registró el T_5 (160 Kg/ha de N) con 9,02 Kg/ha (Cuadro N° 2). Bajo las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo en que se presentaron periodos de sequía el nitrógeno tiende a reducir su perdida por lixiviación. Factores que influyen en el contenido de NO_3^- son: la extracción que realizan las cosechas, factores bio-climáticos como la altitud, temperatura, la cantidad y calidad de luz solar, el fotoperiodo, respiración, la evapotranspiración, cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de cultivo, densidad de plantas por hectárea, etc.

En los indicadores de química de suelos **30-60 cm.** el **pH** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se reportó una media general de 6,65 ligeramente ácido y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 6,48 ligeramente ácido. (Cuadro N° 2)

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.) 30-60 cm. el pH en el sistema uno fue de 6,50 después el mayor en el T_1 (0 Kg/ha de N) con 6,80 ligeramente ácido y antes en el sistema dos (Anexo N° 2.2.) con 6,10 y al final del ensayo en el T_2 (40 Kg/ha de N) con 6,53 ligeramente ácido (Cuadro N° 2). El menor valor en los dos sistemas presentó el T_5 (160 Kg/ha de N) con 6,37 y 6,43 ligeramente ácido (Cuadro N° 2). Estos resultados del valor del pH en cuanto a las profundidades de 0-30 y 30-60 cm. son similares y nos infieren que no hay procesos de lixiviación del N.

De **30-60 cm.** el **Amonio (NH_4^+)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 45,34 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio de 119,02 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En promedio general la rotación: trigo-maíz, registró 73,68 Kg/ha más en relación a fréjol-maíz; quizás por el efecto de la pendiente arrastrando todos los coloides hacia las partes bajas y lixiviándolo en algunos casos.

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.) 30-60 cm el contenido de NH_4^+ en el sistema uno fue de 86 Kg/ha y al final del ensayo el menor contenido estuvo en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 111,03 Kg/ha y antes en el sistema dos (Anexo N° 2.2.) fue de 106 Kg/ha y al final en el T_2 (40 Kg/ha de N) con 145,03 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El promedio menor en el sistema uno fréjol-maíz presentó el T_1 (0 Kg/ha de N) con 21,02 Kg/ha y en el sistema dos: trigo-maíz registró el T_5 (160 Kg/ha de N) con 87,01 Kg/ha. (Cuadro N° 2). Los factores que afectan la absorción de NH_4^+ son genéticos de la especie que determinen la capacidad de absorción de los distintos elementos del suelo, el estado vegetativo de la planta por ejemplo en floración se detiene relativamente la absorción pues la planta esta gastando una gran cantidad de energía en el proceso, el estado general de sanidad ya que una planta enferma posee menos capacidad de relación integral con el medio, temperatura del suelo, el oxígeno que determina la presión y se produzca una eficiente respiración, la luz necesaria para las distintas funciones fisiológicas, temperatura, humedad relativa, edad de las hoja; hojas jóvenes mayor capacidad de absorción que las viejas, características físicas, químicas y bilógicas del suelo.

El indicador en química de suelos **30-60 cm.** la **Materia orgánica (M.O.)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 1,86% y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 1,82%. (Cuadro N° 2)

En promedio general de la rotación: fréjol-maíz, registró 0,04% ligeramente más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.) 30-60 cm. la M.O. en el sistema uno fue de 1,80% después del ensayo el mayor en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 2,46 % y antes en el sistema dos (Anexo N° 2.2.) fue de 2,20% y al final del ensayo en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 2,09%. (Cuadro N° 2). El menor valor en el sistema uno fréjol-maíz presentó el T_4 (120 Kg/ha de N) con 1,46% y en el sistema dos: trigo-maíz se evaluó en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 1,29% (Cuadro N° 2). Los elementos que componen la M.O. son el carbono (C) que esta en mayor cantidad y el nitrógeno (N) además el oxígeno e hidrógeno , las pajas y las calchas y otros residuos pobres en N, llegan a una relación C/N superior a 50% es decir por cada gramo de N tienen 50 gramos de C, en cambio las leguminosas llegan a una relación C/N de 18% pues contienen una mayor cantidad de proteínas en sus tejidos, siendo estas las macromoléculas orgánicas que tienen nitrógeno en su estructura química. Los microorganismos, van descomponiendo el residuo orgánico, disminuyendo la relación C/N, cuando está entre 30 y 15% es la cantidad necesaria de nitrógeno para la actividad microbiana, cuando la relación C/N es inferior a 15% recién comienza la liberación de nitrógeno soluble al suelo y la descomposición sigue hasta un nivel estable aproximadamente 10% que es la correspondiente a humus.

El **Nitrato (NO_3^-)** de **30-60 cm.** el en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se reportó una media general de 5,75 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 8,46 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En promedio general la rotación: trigo-maíz, registró 2,71 Kg/ha más en relación a fréjol-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y factores bio-climáticos.

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.) 30-60 cm. el NO_3^- en el sistema uno fue de 6,40 Kg/ha y después del ensayo el mayor contenido se presentó en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 9,51 Kg/ha y antes en el sistema dos (Anexo N° 2.2.) fue de 8,60 Kg/ha y al final el mayor contenido igualmente en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 11,76 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El menor valor en el sistema uno fréjol-maíz presentó el T_4 (120 Kg/ha de N) con 3,12 Kg/ha y en el sistema dos: trigo-maíz registró en el T_2 (40 Kg/ha de N) con 6,71

Kg/ha. (Cuadro N° 2). Bajo las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo en que existieron periodos de sequía las pérdidas de NO_3^- se redujeron al mínimo por lixiviación. Los factores bio-climáticos determinantes que ayudan a conservar o gastar el NO_3^- son la temperatura, la cantidad y calidad de luz solar, el fotoperiodo, respiración, la evapotranspiración, la humedad del suelo y ambiental, tipo de suelo y cultivo, las características físicas, químicas y biológicas del suelo, etc.

La **Biomasa total en restos vegetales y mazorca (B.T.)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 13.401,67 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 13.103,33 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En promedio general la rotación: fréjol-maíz, registró 298,34 Kg/ha más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo lo que determinó en una mayor biomasa.

Los resultados más altos de B.T. en el sistema uno: fréjol-maíz de producción se determinó en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 15.883,33 Kg/ha y el sistema dos: trigo-maíz registró en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 15.141,67 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El menor valor en los dos sistemas presentó el T_1 (0 Kg/ha de N) con 9.325,00 y 9.208,33 Kg/ha. (Cuadro N° 2). Algunos investigadores indican que la temperatura es el factor que más influye sobre la cantidad de biomasa total de la planta, mientras que otros factores como la falta de agua o de nutrientes, afecta en menor medida ésta característica. Los resultados del presente estudio son una clara respuesta a la interacción del cultivar con el ambiente, el cual limita al vegetal para expresar su máximo potencial genético en cuanto a cantidad de los diferentes órganos y componentes del rendimiento del cultivo. Generalmente los cultivares criollos de maíz INIAP 111, son tardíos y altura de plantas superiores a 3 metros, reincidiendo en la cantidad de biomasa.

La **Biomasa de restos vegetales (B.R.V.)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 8.053,33 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 7.843,33 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En promedio general de la rotación: fréjol-maíz, registró 210 Kg/ha más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, así como eficiencia agronómica y química del N.

Los valores más altos de B.R.V. en los dos sistemas de producción se registraron en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 9.358,33 y 9.325,00 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El menor promedio en los dos sistemas presentó el T_1 (0 Kg/ha de N) con 5.508,33 y 5.458,33 Kg/ha. (Cuadro N° 2). La planta de INIAP 111 Guagal mejorado es robusta, con buen follaje, hojas anchas y crecimiento vigoroso, regulado tanto por factores genéticos como ambientales para competir con las malezas o bien soportar mayores niveles de daño de comedores de follaje, por lo cual aventaja a materiales de otras latitudes en grosor de tallos, tamaño de inflorescencias e integralmente en la producción de biomasa.

La **Extracción total de Nitrógeno (E.T.N)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 149,37 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 153,74 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En promedio general la rotación: trigo-maíz, registró 4,37 Kg/ha más en relación a fréjol-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los registros más altos de E.T.N. en los dos sistemas de producción se registró en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 193,27 y 196,13 Kg/ha. (Cuadro N° 2) El menor promedio en los dos sistemas se evaluó en el testigo T_1 (0 Kg/ha de N) con 100,48 y 100,35 Kg/ha. (Cuadro N° 2). En la extracción de nitrógeno hay muchos principios ecológicos como la diversificación productiva en el espacio y el tiempo, la conservación efectiva y el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la minimización de la tasa de degradación física, química y biológica del suelo, el fomento de la actividad de los microorganismos simbióticos y asimbióticos para incrementar la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, el cultivo y la interacción genotipo ambiente. A mayor extracción de N total en el sistema, mayor biomasa, rendimiento y calidad del grano.

La **Extracción de Nitrógeno en restos vegetales (E.N R.V.)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 63,96 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 66,64 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En promedio general la rotación: trigo-maíz, registró 2,68 Kg/ha más en relación a fréjol-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. El contenido de N en los restos vegetales incluido la tusa es alto, siendo vital la incorporación de los mismos al suelo, no a quemar ni venta como forraje. Es vital el reciclaje al suelo para un proceso más sostenible del N.

Los valores más altos de E.N R.V. en los dos sistemas de producción se evaluó en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 89,21 y 92,11 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El menor promedio en el sistema uno fréjol-maíz presentó el T_2 (40 Kg/ha de N) con 39,31 Kg/ha y en el sistema dos: trigo-maíz en el T_1 (0 Kg/ha de N) con 41,86 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+), los suelos pierden nutrientes por la extracción realizadas en las cosechas, el contenido de elementos químicos en la planta es muy variable ya que ella absorbe todo lo que se encuentra en el suelo, la absorción esta determinada por la especie la cual se manifiesta en su selectividad a través de sus transportadores, además la parte aérea puede incrementar la absorción de nutrientes en la raíz haciendo un uso rápido de dichos nutrientes para destinarlos a productos de crecimiento como: proteínas, ácidos nucleícos y clorofila por ejemplo, todo esto ayuda a un alto o bajo rendimiento del grano. Mayor contenido de N en el grano, mayor calidad del mismo.

La **Materia seca de los análisis foliares (M.S.A.F.)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 91,34% y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 92,44%. (Cuadro N° 2)

Los registros más altos de M.S.A.F. en el sistema uno: fréjol-maíz (Anexo N° 2.4) de producción se logró en el T_3 (80 Kg/ha de N) con 92,15% y en el sistema dos: trigo-maíz (Anexo N° 2.5) el T_5 (160 Kg/ha de N) con 93,00% (Cuadro N° 2). El

menor valor en el sistema uno fréjol-maíz presentó el T_5 (160 Kg/ha de N) con 89,85% y en el sistema dos: trigo-maíz registró en el T_1 (0 Kg/ha de N) con 90,75% (Cuadro N° 2). La materia seca es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio. La M.S. es un indicador usado principalmente en biología y agricultura, en el laboratorio el procedimiento consiste en pesar y secar la materia (materia fresca, en su estado natural) por calentamiento en un horno de laboratorio, llegando a una temperatura de entre 103 y 105 °C mientras que el tiempo que dura el calentamiento dependerá de cada substancia. Una vez pasado el tiempo de calentamiento se pesa el residuo, que será la materia seca.

Al mismo tiempo que se extrae toda el agua posible, desaparecen de la muestra componentes orgánicos volátiles como el amoniaco y el alcohol en los alimentos. La M.S. contiene principalmente: proteína, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, cenizas y la fibra.

La **Biomasa de la mazorca (B.M.)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 5.348,33 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 5.260,00 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

En promedio general de la rotación: fréjol-maíz, registró 88,33 Kg/ha más en relación a trigo-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los registros más altos de B.M. en los dos sistemas de producción se evaluó en el T_5 (160 Kg/ha de N) con 6.583,33 y 6.491,67 Kg/ha. (Cuadro N° 2) El menor valor como es lógico en los dos sistemas obtuvo el T_1 (0 Kg/ha de N) con 3.816,67 y 3.750,00 Kg/ha. (Cuadro N° 2). La altura, el diámetro del tallo, las hojas e inflorescencias aumentan la cantidad o calidad del grano además el hecho de tener hojas activas fotosintéticamente hasta la etapa de secamiento del grano favorece una mayor acumulación de materia seca en la mazorca, o sea, un mayor rendimiento de grano, mismo que contiene proteínas, grasas, hidratos de carbono, fibra, cenizas o minerales.

La **Extracción de Nitrógeno en el grano (E.N GR.)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 85,41 Kg/ha y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 87,09 Kg/ha.

En promedio general de la rotación: trigo-maíz, registró 1,68 Kg/ha más en relación a fréjol-maíz; quizás por las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los resultados más altos de E.N GR. en el sistema uno: fréjol-maíz de producción (Anexo N° 2.4) se evaluó en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 129,53 Kg/ha y el sistema dos: trigo-maíz (Anexo N° 2.5) registró el T_5 (160 Kg/ha de N) con 104,02 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El menor en los dos sistemas presentó el T_1 (0 Kg/ha de N) con 41,20 y 58,49 Kg/ha. (Cuadro N° 2). El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y el rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. Para lograr los rendimientos más altos posibles ningún nutriente debe ser limitado, los factores interactúan y un cultivo puede hacer mejor uso del factor que limita el crecimiento cuando los otros factores se acercan a su óptimo. El rendimiento del cultivo no puede ser mayor que lo que permita los nutrientes más limitantes del suelo.

La **Materia seca del análisis del grano (M.S.A.GR.)** en el sistema uno: fréjol-maíz INIAP 111, se calculó una media general de 90,64% y en el sistema dos: rotación trigo-maíz INIAP 111, un promedio general de 90,76%. (Cuadro N° 2)

Los registros más altos de M.S.A.GR. en el sistema uno: fréjol-maíz (Anexo N° 2.4) de producción se presentó en el T_4 (120 Kg/ha de N) con 91,16% y el sistema dos: trigo-maíz (Anexo N° 2.5) en el T_1 (0 Kg/ha de N) con 92,94% (Cuadro N° 2). El menor valor en el sistema uno fréjol-maíz tuvo el T_3 (80 Kg/ha de N) con

89,95% y el sistema dos: trigo-maíz el T_2 (40 Kg/ha de N) con 89,78%. (Cuadro N° 2) El porcentaje de materia seca se refiere a la cantidad de grano menos el agua contenida en dicho grano, en otras palabras, si una muestra de grano "X" se somete a un calor moderado (típicamente 65 °C por 48 horas) de tal modo que toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de ese grano, en que se encuentra la proteína, grasas, hidratos de carbono, minerales y la fibra.

4.3. ÍNDICE DE NITRÓGENO

Reporte de resultados del Índice de Nitrógeno.

Gráfico N° 3. Tratamiento 1 (0 Kg/ha de N)



Ecuador Indice de Nitrogeno

Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

Doris L. y Horacio Cl.
04/02/2012
Laguacoto
Maiz

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 113
Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0
Desnitrificacion (kg N / ha y): 1

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 88
Indice de Lixiviacion (milimetros): 36
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 3

Nitrato Residual (kg N / ha y): 21
Eficiencia del Sistema (%): 78
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0
Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 0,9
Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 5,54
Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 34,8

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		12			
Transporte Superficial		14			
Calidad Atmosferico	2				
Sosteni-bilidad	11				
Total		28			

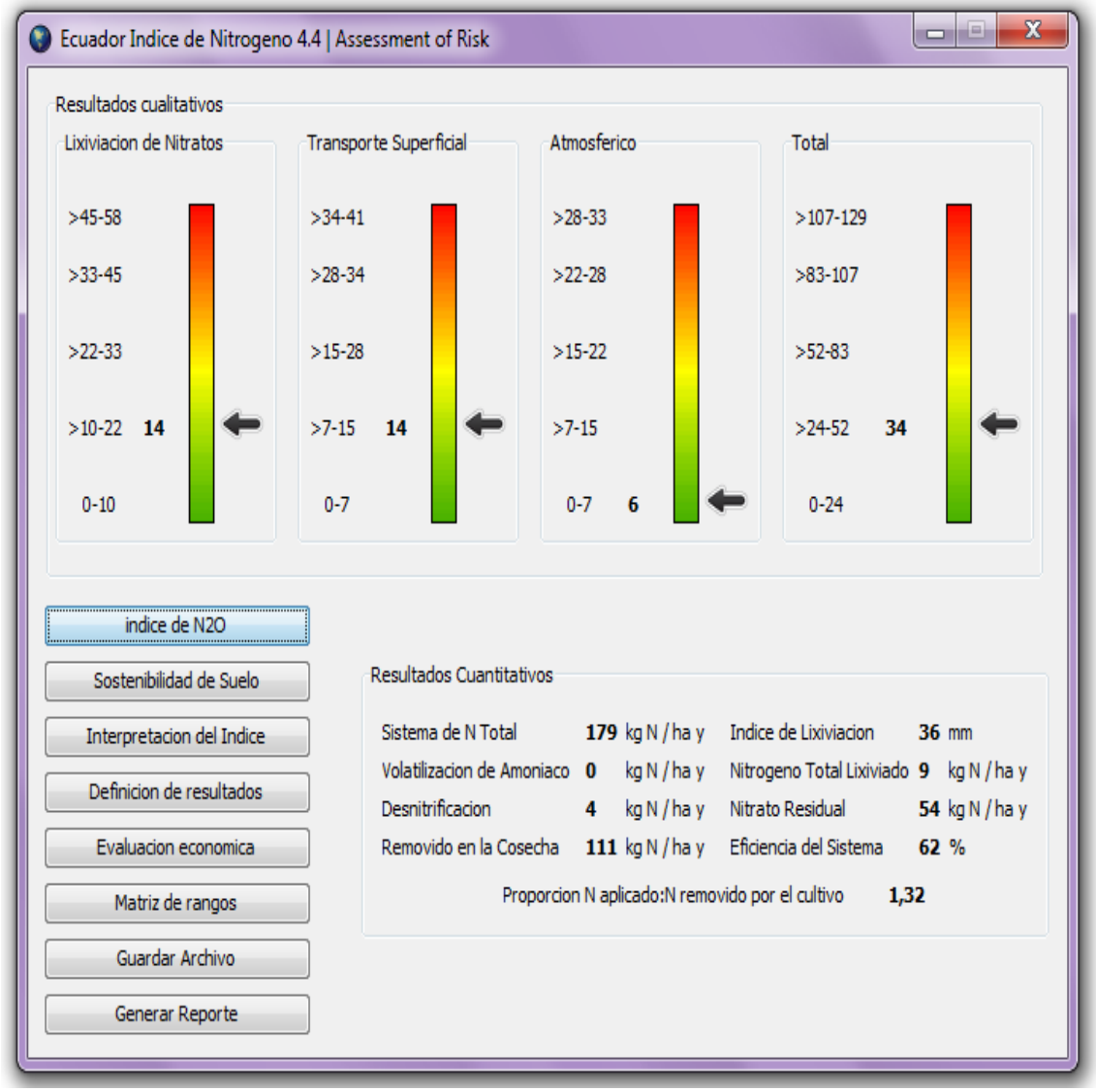
Para preguntas:

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email: Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Carlos Monar
Universidad Estatal de Bolivar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

Gráfico N° 4. Tratamiento 2 (40 Kg/ha de N)



Ecuador Indice de Nitrogeno

Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

Doris L. y Horacio Cl.
04/02/2012
Laguacoto
Maiz

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 179
Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0
Desnitrificacion (kg N / ha y): 4

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 111
Indice de Lixiviacion (milimetros): 36
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 9

Nitrato Residual (kg N / ha y): 55
Eficiencia del Sistema (%): 62
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,3

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0
Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 6,63
Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 14,48
Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 90,95

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		14			
Transporte Superficial		14			
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		34			

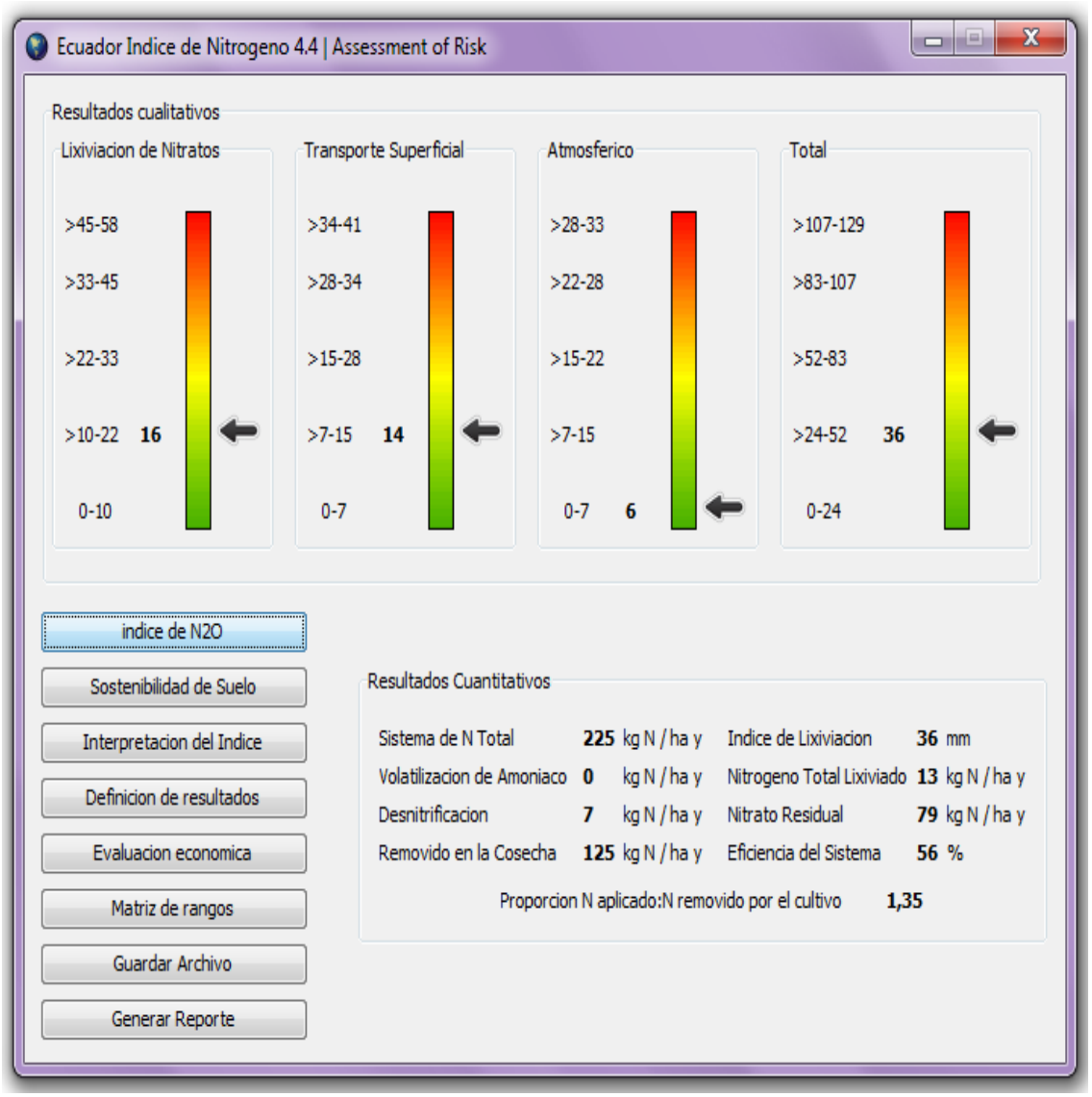
Para preguntas:

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email: Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Carlos Monar
Universidad Estatal de Bolivar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

Gráfico N° 5. Tratamiento 3 (80 Kg/ha de N)



Ecuador Indice de Nitrogeno

Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

Doris L. y Horacio Cl.
04/02/2012
Laguacoto
Maiz

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 225
Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0
Desnitrificacion (kg N / ha y): 7

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 125
Indice de Lixiviacion (milimetros): 36
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 13

Nitrato Residual (kg N / ha y): 80
Eficiencia del Sistema (%): 56
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,4

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0
Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 12,06
Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 20,92
Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 131,4

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		16			
Transporte Superficial		14			
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		36			

Para preguntas:

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email: Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Carlos Monar
Universidad Estatal de Bolivar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

Gráfico N° 6. Tratamiento 4 (120 Kg/ha de N)



Ecuador Indice de Nitrogeno

Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

Doris L. y Horacio Cl.
04/02/2012
Laguacoto
Maiz

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 211
Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0
Desnitrificacion (kg N / ha y): 8

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 139
Indice de Lixiviacion (milimetros): 36
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 9

Nitrato Residual (kg N / ha y): 56
Eficiencia del Sistema (%): 66
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,3

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0
Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 12,68
Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 14,65
Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 92,03

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		14			
Transporte Superficial		14			
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		34			

Para preguntas:

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email: Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Carlos Monar
Universidad Estatal de Bolivar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

Gráfico N° 7. Tratamiento 5 (160 Kg/ha de N)



Ecuador Indice de Nitrogeno

Reporte de calculo detallado

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Investigacion, Educacion y Economia
Servicio de Investigacion Agricola

Informacion Basica

Doris L. y Horacio Cl.
04/02/2012
Laguacoto
Maiz

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 350
Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0
Desnitrificacion (kg N / ha y): 14

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 136
Indice de Lixiviacion (milimetros): 36
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 28

Nitrato Residual (kg N / ha y): 173
Eficiencia del Sistema (%): 39
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,7

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0
Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 22,44
Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 45,51
Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 285,85

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		20			
Transporte Superficial		14			
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		40			

Para preguntas:

Dr. Jorge A. Delgado
Telefono: 970-492-7260
Email: Jorge.Delgado@ars.usda.gov

Carlos Monar
Universidad Estatal de Bolivar
Email: cmonar20@yahoo.es

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

Cuadro N° 3. Resumen de los principales resultados del análisis del Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, promedio de los dos sistemas de producción. 2012. (Anexo N° 4)

INDICADORES	TRATAMIENTOS				
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Evaluación del Riesgo					
Nitrógeno total en sistema (Kg/ha/año)	113	179	225	211	350
Desnitrificación (Kg N/ha/año)	1	4	7	8	14
Nitrógeno Removido Cosecha (Kg /ha/año)	88	111	125	139	136
Nitrógeno Total Lixiviado (Kg N/ha/año)	3	9	13	9	28
Nitrato Residual (Kg N/ha/año)	21	55	80	56	173
Eficiencia del Sistema (%)	78	62	56	66	39
Proporción N aplicado: N removido por el cultivo (Kg N/ha/año)	1	1,3	1,4	1,3	1,7
Evaluación Económica					
Desnitrificación [$/ha y (Pérdida)]	0,90	6,63	12,06	12,68	22,44
Nitrógeno Total Lixiviado [$/ha y (Pérdida)]	5,54	14,48	20,92	14,65	45,51
Nitrato Residual [$/ha y (Pérdida)]	34,80	90,95	131,40	92,03	285,85

De acuerdo con el Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, los resultados sistematizados de los cinco tratamientos en estudio, nos demuestran claramente que dependen de varios factores: agronómicos, condiciones físicos, químicos, biológicos del suelo y las condiciones climáticas básicamente la cantidad y distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo.

Las características físicas y químicas del suelo donde se realizó el ensayo, tienen una textura franco arcillosa, un pH entre 6 a 6.5, contenido de materia orgánica

menor al 3%, bajo a medio para N; medio para P y K; bajo para el S. (Monar, C. 2010)

Durante el ciclo del maíz INIAP 111 de diciembre/2010 a septiembre/2011, fue relativamente un año seco con períodos de estrés de sequía en la fase vegetativa y reproductiva lo que incidió en la eficiencia química, agronómica e índice de nitrógeno.

Obviamente bajo condiciones de sequía el mejor tratamiento fue el testigo (T_1: 0 Kg/ha de N) mismo que tuvo únicamente el N disponible en el suelo y de acuerdo al análisis químico del suelo antes y después del ensayo en alrededor de 40 y 45 Kg/ha.

El tratamiento T_1 presentó 113 Kg N total/ha/año; un proceso de desnitrificación mínima de 1 Kg de N/ha/año; la cosecha removió 88 Kg de N/ha/año, debido a las condiciones climáticas con baja cantidad de precipitación y mal distribuida, tan solo se lixivio 3 Kg de N/ha/año. En el suelo en forma de nitrato quedo 21 Kg de N/ha/año; se presentó una eficiencia del sistema del 78% con una proporción de N aplicado en este tratamiento el N existente en el suelo antes del cultivo, versus en N removido por el cultivo de 1 Kg de N/ha/año. (Cuadro N° 3)

La variedad de maíz INIAP 111 Guagal Mejorado tiene una baja respuesta a dosis altas de N; es decir no es exigente a dosis altas de N superiores a 80 Kg/ha. en comparación a otros cultivares mejorados como el INIAP 101 que necesita mínimo 120 Kg/ha. de N (Monar, C. 2010). Estos resultados nos confirman que utilizando el cultivar INIAP 111 y períodos de estrés de humedad las dosis mas eficientes de N están entre 40 y 80 Kg/ha de N/año.

El tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N) presentó una eficiencia total del sistema del 62%. (Cuadro N° 3)

El mayor riesgo de dosis elevadas de N, superiores a 80 Kg/ha, son la baja eficiencia del N, mayor volatilización en sequía y mayor lixiviación en eventos de alta precipitación.

Bajo condiciones normales del clima y si manejáramos con riego el maíz en particular tendría una respuesta lineal a las dosis de N; es decir a mayor cantidad de N, mayor rendimiento de maíz; sin embargo para un ensayo sostenible del N y reducir las pérdidas e incrementar la eficiencia es necesario un manejo integrado del cultivo con buenas prácticas de producción (BPP).

En términos económicos el tratamiento T_1 y el T_2 presentaron la menor pérdida económica. (Cuadro N° 3)

Por lo general entre 30% y 60% del nitrógeno aplicado es directamente absorbido en los tejidos del cultivo. Para la mayoría de los cultivos de granos es normal que entre un cuarto y la mitad del nitrógeno absorbido regrese al suelo en forma de residuos del propio cultivo (incluyendo el nitrógeno de las raíces). La otra mitad del nitrógeno absorbido es removido junto con la cosecha. Otro 20% a 40% regresa al suelo en diferentes residuos, y 20% a 40% restante se pierde en el medio ambiente con el agua o en forma de gas en la atmósfera, siendo causa de contaminación nítrica.

Ha sido demostrado que el Nitrógeno limita el rendimiento y /o afectan la calidad; el no puede ser sustituido por algunos otros nutrientes. En consecuencia, para algunas prácticas agrícolas, la fertilización equilibrada esencialmente significa una oferta de nitrógeno para tener un nivel elevado de fertilidad. Los principales factores determinantes de la fertilidad del suelo son: la materia orgánica (incluyendo la biomasa microbiana), la textura, la estructura, la profundidad, el contenido de los nutrientes, la capacidad de almacenamiento (capacidad de adsorción), la reacción del suelo y la ausencia de los elementos tóxicos (por ejemplo: aluminio libre). Los suelos difieren ampliamente en estos factores.

Es, por supuesto, difícil estimar en forma precisa las pérdidas causadas a través de estos factores que afectan el crecimiento de las plantas y los rendimientos del cultivo.

Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos quedan en el suelo y alteran su estructura, destruyendo las bacterias con la consiguiente reducción de fertilidad.

El nitrógeno no absorbido por las plantas se convierte en nitratos por acción de los microorganismos del suelo. Los nitratos pueden ser arrastrados por las aguas, o transformados en óxido de nitrógeno por la acción bacterial. Si los óxidos de nitrógeno escapan del suelo y se incorporan a la atmósfera, pueden alcanzar la estratosfera, donde a través de una serie de reacciones químicas contribuyen a la destrucción de la capa de ozono. Con la destrucción de la capa de ozono, aumenta la radiación ultravioleta que ejerce efectos negativos sobre las plantas y sobre el hombre, al ser las radiaciones causa del cáncer de la piel y además inciden en el calentamiento global.

4.4. COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV%)

El CV, es un indicador estadístico que mide la variabilidad de los resultados de una investigación se expresa en porcentaje.

En esta investigación se calcularon valores del CV muy inferiores al 20% con excepción en los dos sistemas de rotación en las variables agronómicas como acame de raíz, acame de tallo y evaluación de sanidad de mazorcas, en los dos sistemas de rotación en las variables químicas de suelo como la eficiencia agronómica y química. Estos resultados son normales porque son variables que no estuvieron bajo el control del investigador.

Valores del CV inferiores al 20% significan que los resultados son confiables y consistentes por lo tanto las inferencias, conclusiones y recomendaciones son validas para esta zona agro-ecológica y en las condiciones climáticas registradas durante el ciclo de cultivo.

Se calcularon valores altos del CV en los dos sistemas de rotación en las variables agronómicas como acame de raíz, acame de tallo y evaluación de sanidad de mazorcas porque son variables que tienen una fuerte interacción con el medio ambiente. Sin embargo cabe resaltar que el alto porcentaje de acame ocasionado por los vientos fuertes no incidió en un bajo rendimiento debido a que el cultivo ya estuvo en madurez fisiológica.

Se registró valores altos del CV en los dos sistemas de rotación en las variables químicas de suelo como la eficiencia agronómica y química; quizás por las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, factores bio-climáticos y entre otros, que no estuvieron bajo el control del investigador.

4.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN

Cuadro N° 4. Análisis de Correlación y Regresión de las variables independientes (componentes del rendimiento – X) que tuvieron una significancia estadística sobre el rendimiento (variable dependiente – Y) de maíz INIAP 111. 2012.

Sistema uno: Rotación fréjol-maíz

Componentes del rendimiento (Variables Independientes)	Coeficiente de correlación ″r″	Coeficiente de regresión ″b″	Coeficiente de determinación (R^2) %
Altura de plantas	0.722**	48.834**	49
Diámetro del tallo	0.684*	5668.8*	43
Días a la cosecha en seco	0.828**	140.87**	66
Diámetro de la mazorca	0.732**	3356.8**	50
Longitud de la mazorca	0.726**	591.39**	49
Eficiencia química	0.808**	27.980**	63
Biomasa total kg./ha.	0.914**	0.35037**	82
Biomasa de restos vegetales kg./ha.	0.892**	0.52128**	78
Extracción total de nitrógeno	0.936**	23.622**	87
Biomasa de la mazorca kg./ha.	0.879**	0.89772**	76
Extracción de nitrógeno en el grano kg./ha.	0.869**	27.082**	74

Sistema dos: Rotación trigo-maíz

Componentes del rendimiento (Variables Independientes)	Coeficiente de correlación ″r″	Coeficiente de regresión ″b″	Coeficiente de determinación (R^2) %
Altura de plantas	0.718**	49.392**	48
Diámetro del tallo	0.694**	5737.2**	44
Días cosecha en seco	0.852**	146.20**	71
Diámetro de la mazorca	0.712**	3698.9**	47
Longitud de la mazorca	0.721**	599.14**	48
Peso de 1000 granos	0.789**	12.492**	59
Eficiencia química	0.689*	21.477*	43
Biomasa total kg./ha.	0.916**	0.37966**	83
Biomasa restos vegetales kg./ha.	0.857**	0.53788**	71
Extracción total de nitrógeno	0.966**	25.411**	93
Extracción de nitrógeno en restos vegetales	0.908**	41.666**	81
Materia seca	0.810**	901.89**	63
Biomasa de la mazorca kg./ha.	0.881**	0.91804**	76
Extracción de nitrógeno en el grano	0.970**	55.551**	94

* = Significativo al 5% ** = Altamente significativo al 1%

- **Coeficiente de correlación ″r″**

Correlación es un estadístico que mide la relación o estrechez positiva o negativa entre dos variables. Su valor máximo es +/-1 y no tiene unidades. (Monar, C. 2010. Entrevista personal)

En el sistema de rotación uno: fréjol-maíz se evaluaron respuestas estadísticas significativas y altamente significativas en los componentes: Altura de plantas, Diámetro del tallo, Días a la cosecha en seco, Diámetro de la mazorca, Longitud de la mazorca, Eficiencia química, Biomasa total, Biomasa de restos vegetales, Extracción total de nitrógeno, Biomasa de la mazorca y Extracción de nitrógeno en el grano versus el rendimiento de maíz. (Cuadro N° 4)

En el sistema de rotación dos: trigo-maíz, se evaluaron estadísticas significativas y altamente significativas en los componentes: Altura de plantas, Diámetro del tallo, Días a la cosecha en seco, Diámetro de la mazorca, Longitud de la mazorca, Peso de 1000 granos, Eficiencia química, Biomasa total, Biomasa de restos vegetales, Extracción total de nitrógeno, Extracción de nitrógeno en restos vegetales, Materia seca, Biomasa de la mazorca y Extracción de nitrógeno en el grano versus el rendimiento de maíz. (Cuadro N° 4)

Los valores más altos del coeficiente de correlación en el sistema uno: fréjol-maíz de producción se calculo en la Extracción total de nitrógeno versus rendimiento de maíz (0.936) y en el sistema dos: trigo-maíz en la Extracción de nitrógeno en el grano versus el rendimiento de maíz (0.970). (Cuadro N° 4)

- **Coeficiente de regresión ″b″**

Se evaluaron cambios significativos y altamente significativos positivos en la variable dependiente (Y) por cada cambio único de los componentes del rendimiento (X).

En el sistema de rotación uno: fréjol-maíz los componentes que contribuyeron al incremento del rendimiento fueron; Altura de plantas, Diámetro del tallo, Días a la cosecha en seco, Diámetro de la mazorca, Longitud de la mazorca, Eficiencia

química, Biomasa total, Biomasa de restos vegetales, Extracción total de nitrógeno, Biomasa de la mazorca y Extracción de nitrógeno en el grano versus el rendimiento de maíz (Cuadro N° 4). Esto quiere decir que plantas más altas de mayor grosor con mazorcas largas y gruesas tuvieron mayor biomasa y grano, lo cual significó un mayor rendimiento del maíz evaluado en Kg/ha.

En el sistema de rotación dos: trigo-maíz los componentes que contribuyeron al incremento del rendimiento fueron: Altura de plantas, Diámetro del tallo, Días a la cosecha en seco, Diámetro de la mazorca, Longitud de la mazorca, Peso de 1000 granos, Eficiencia química, Biomasa total, Biomasa de restos vegetales, Extracción total de nitrógeno, Extracción de nitrógeno en restos vegetales, Materia seca, Biomasa de la mazorca y Extracción de nitrógeno en el grano versus el rendimiento de maíz (Cuadro N° 4). Esto quiere decir que plantas más altas de mayor grosor con mazorcas largas y granos de tamaño grande tuvieron una mayor biomasa y por lo tanto un mayor rendimiento de maíz.

- **Coeficiente de determinación (R^2) %**

El R^2 es un estadístico que nos indica en qué porcentaje se incrementó o redujo el rendimiento (variable dependiente – Y) por cada cambio único de las variables independientes (X). (Monar, C. 2010. Entrevista personal)

Valores más elevados del R^2, significan un mejor ajuste de datos de la línea de regresión lineal: $Y= a + bx$.

En el ensayo de la rotación uno: fréjol-maíz el 87% de incremento en el rendimiento de maíz fue debido a la mayor Extracción total de nitrógeno (Cuadro N° 4) y en el ensayo de la rotación dos: trigo-maíz el 94% de incremento en el rendimiento de maíz fue debido a la mayor Extracción de nitrógeno en el grano (Cuadro N° 4). Estos resultados confirman que el N está directamente relacionado con el rendimiento de maíz.

4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRESUPUESTO PARCIAL (AEPA)

Cuadro N° 5. Análisis económico de presupuesto parcial (AEPA)

Cultivo: Maíz suave. Año: 2012. Sistema uno: Rotación fréjol - maíz

VARIABLE	TRATAMIENTOS				
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Rendimiento en Kg/ha	4.110	5.172	5.847	6.466	6.332
Rendimiento ajustado al 10% Kg/ha	3.699	4.655	5.262	5.819	5.699
INGRESO BRUTO $/ha	2.885,22	3.630,90	4.104,36	4.538,82	4.445,22
Costos que varían/trat. $/ha					
Costo de urea $/ha	0	66,12	132,24	198,36	264,48
Costo de mano de obra $/ha	0	10,00	20,00	30,00	40,00
Costo de envases $/ha	24,66	31,03	35,08	38,79	37,99
Total de costos que varían $/ha	24,66	107,15	187,32	267,15	342,47
TOTAL BENEFICIO NETO $/ha	2.860,56	3.523,75	3.917,04	4.271,67	4.102,75

Cuadro N° 6. Análisis de dominancia.

TRATAMIENTO N°	TOTAL DE COSTOS QUE VARÍAN $/ha	TOTAL DE BENEFICIOS NETOS $/ha
T_1	24,66	2.860,56
T_2	107,15	3.523,75
T_3	187,32	3.917,04
T_4	267,15	4.271,67
T_5	342,47	4.102,75 D

D= Tratamiento dominado

Cuadro N° 7. Análisis Marginal de Retorno (TMR).

TRATAMIENTO N°	TOTAL DE COSTOS QUE VARÍAN $/ha	TOTAL DE BENEFICIOS NETOS $/ha	TMR %
T_1	24,66	2.860,56	
			804
T_2	107,15	3.523,75	
			491
T_3	187,32	3.917,04	
			444
T_4	267,15	4.271,67	

Cuadro N° 8. Análisis Económico de presupuesto parcial (AEPA)

Cultivo: Maíz suave. Año: 2012. Sistema dos: Rotación trigo - maíz

VARIABLE	TRATAMIENTOS				
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Rendimiento en Kg/ha	4.084	5.141	5.818	6.454	6.330
Rendimiento ajustado al 10% Kg/ha	3.676	4.627	5.236	5.809	5.697
INGRESO BRUTO $/ha	2.867,28	3.609,06	4.084,08	4.531,02	4.443,66
Costos que varían/trat. $/ha					
Costo de urea $/ha	0	66,12	132,24	198,36	264,48
Costo de mano de obra $/ha	0	10,00	20,00	30,00	40,00
Costo de envases $/ha	24,51	30,85	34,91	38,73	37,98
Total de costos que varían $/ha	24,51	10,97	187,15	267,09	342,46
TOTAL BENEFICIO NETO $/ha	2.842,77	3.502,09	3.896,93	4.263,93	4.101,20

Cuadro N° 9. Análisis de dominancia

TRATAMIENTO N°	TOTAL DE COSTOS QUE VARÍAN $/ha	TOTAL DE BENEFICIOS NETOS $/ha
T_1	24,51	2.842,77
T_2	10,97	3.502,09
T_3	187,15	3.896,93
T_4	267,09	4.263,93
T_5	342,46	4.101,20 D

D= Tratamiento dominado

Cuadro N° 10 Análisis marginal de retorno (TMR)

TRATAMIENTO N°	TOTAL DE COSTOS QUE VARÍAN $/ha	TOTAL DE BENEFICIOS NETOS $/ha	TMR %
T_1	24,51	2.842,77	
			799
T_2	106,97	3.502,09	
			492
T_3	187,15	3.896,93	
			459
T_4	267,09	4.263,93	

- **Análisis económico de presupuesto parcial**

El análisis económico de presupuesto parcial, se realizó de acuerdo a la metodología de Perrín, et.al. 1998, en que cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento, como fue en este estudio las dosis de N, mano de obra y costo de envases. El precio promedio de venta de un Kg. de maíz fue de 0,78 centavos de dólar, el Kg. de urea fue 0,76 centavos de dólar, el valor de un jornal por día fue de $10 y el costo de un envase con una capacidad de 45 Kg. a 0,30 centavos de dólar.

El mejor beneficio neto de maíz en los dos sistemas de producción se registró en el tratamiento T_4 (120 Kg/ha de N) con $ 4.271,67/ha. (Cuadro N° 5) y $ 4.263,93/ha. (Cuadro N° 8)

- **Análisis de dominancia**

En los dos sistemas de producción se registró la dominancia en el tratamiento T_5 (160 Kg/ha de N). (Cuadro N° 6 y 9).

Este tratamiento fue dominado principalmente por los valores más altos de los costos que varían en cada tratamiento y una reducción del rendimiento por la respuesta cuadrática que se evaluó con las dosis de nitrógeno.

- **Análisis marginal de retorno**

La tasa Marginal de Retorno (TMR), se calculó con la fórmula:

$$TMR = \frac{\Delta BN}{\Delta CV} \times 100$$

ΔBN = Incremento en el Beneficio Neto ($/ha.)

ΔCV = Incremento en los Costos que varían ($/ha.)

100 = porcentaje

Los valores promedios más altos de la TMR en los dos sistemas de producción se calcularon en el tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N) con 804% y 799% (Cuadro N° 7 y 10) esto quiere decir que el agricultor únicamente en función de los costos que varían en cada tratamiento gana 8,04 y 7,99 dólares respectivamente.

Estos resultados económicos se relacionan directamente con los resultados agronómicos, eficiencia agronómica, eficiencia química y el índice de nitrógeno; es decir bajo condiciones del suelo de Laguacoto II y el clima presentado durante el ciclo de cultivo, los productores aplicando 40 Kg/ha de N adicionalmente tienen la mejor TMR. Quizá productores/as con mejores condiciones climáticas y con riego los tratamientos de 80 y 120 Kg/ha de N sean más favorables.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez realizado los diferentes análisis estadísticos, agronómicos, Índice de nitrógeno y económico, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- No existieron diferencias estadísticas significativas entre los dos sistemas de rotación; sin embargo numéricamente el rendimiento promedio más alto se registro en el sistema de rotación uno: fréjol-maíz con 5.585,60 Kg/ha y en el sistema de rotación dos: trigo-maíz con 5.565,40 Kg/ha de maíz INIAP 111.

- La respuesta de la dosis de N en cuanto a la variable rendimiento de maíz fue diferente en los dos sistemas de rotación, registrándose en promedio más alto en los dos sistemas en el tratamiento T_4 (120 Kg/ha de N) con 6.466,33 Kg/ha en el sistema uno y 6.453,67 Kg/ha al 14% de humedad en el sistema dos.

- Los promedios más elevados de la eficiencia química en el sistema uno se evaluó en el tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N) con un valor promedio del 72,51% sin embargo en el sistema dos el promedio más alto se calculó en el tratamiento T_3 (80 Kg/ha de N) con 79,36%.

- Los promedios más altos de eficiencia agronómica en los dos sistemas se cuantificó en el tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N) con un promedio de 26,55 Kg de N aplicado en la relación fréjol- maíz y 26,43 de grano de maíz por cada Kg de N aplicado en la relación trigo- maíz.

- El promedio más elevado de extracción de nitrógeno total en los restos vegetales, tusa y en el grano en el sistema de relación uno, se calculó en el tratamiento T_5 (160 Kg/ha de N) con 193,27 Kg/ha, de los cuales el 53,84% se distribuyó en el grano y el 46,16% a los restos vegetales. En el sistema de producción dos, los resultados fueron similares con

196,13 Kg/ha de N total en el T_5 de los cuales el 53,04% fue al grano y el 46,96% de los restos vegetales.

- La mayor eficiencia del nitrógeno total en el sistema, se calculó en el tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N) con el 78%.

- Los componentes del rendimiento más importantes que contribuyeron a incrementar el rendimiento de maíz en los dos sistemas de producción fueron la biomasa total con el 82%, extracción total del nitrógeno con el 87% y la extracción de N en el grano con el 94%.

  Las condiciones climáticas principalmente la cantidad y distribución de la lluvia, las características físicas, químicas y biológicas del suelo así como el cultivar de maíz, influyeron netamente en la eficiencia del N en el sistema de producción.

- Económicamente el tratamiento con el valor más alto de la Tasa Marginal de Retorno en los dos sistemas fue el T_2 con un valor de 804% y en el sistema uno y 799 en el sistema dos.

- Finalmente este estudio nos generó información preliminar valiosa para contribuir a mejorar la eficiencia del N, para reducir el impacto ambiental, bajo los costos de producción con labranza reducida y dosis de N menores a 80 Kg/ha, haciendo más sostenible la producción de maíz suave en la provincia Bolívar.

5.2. RECOMENDACIONES

Con base a las principales conclusiones sistematizadas en esta investigación, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Para zonas agro ecológicas con períodos de estrés de sequía durante el ciclo de cultivo y en suelos franco arcillosos con el cultivar de maíz INIAP 111, se recomienda aplicar entre 40 y 80 Kg/ha de N, fraccionado en tres aplicaciones: 40 días después de la siembra; 80 y 120 días después de la siembra. La urea como fuente de N aplicar en cobertera y tapar con suelo húmedo.

- La variedad de maíz INIAP 111 se adapta muy bien en la zona agro ecológica del Laguacoto II, misma se debe cultivar en labranza reducida. La época de siembra del 15 de noviembre al 15 de diciembre. Los surcos realizar a 0,80 m y entre plantas a 0,50 m depositando tres semillas/sitio y hacer el raleo a los 20 días después de la siembra dejando dos plantas/sitio; es decir una población de 50.000 plantas/ha.

- Es necesario aplicar este estudio mínimo por 3 a 5 años para después obtener datos consistentes del Índice de Nitrógeno y en varios ambientes, porque la eficiencia del N está relacionada directamente con los factores climáticos, edáficos y el sistema de producción de maíz.

- Se recomienda validar este estudio de índice de nitrógeno en el sistema de producción asociado maíz-fréjol, en varios ambientes de las zonas agro ecológicas de producción de maíz suave como son dentro del Cantón Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes.

- El costo más elevado de estos estudios son los análisis físicos y químicos del suelo antes, durante y al final del ensayo y a diferentes profundidades así como los análisis foliares durante y al final del ciclo, siendo fundamental el apoyo a los estudiantes con el servicio de laboratorios de suelos y bromatológicos.

VI. RESUMEN Y SUMMARY

6.1. RESUMEN

El cultivo de maíz a nivel mundial esta entre los cuatro alimentos básicos de la población junto al trigo, arroz y papa. En el Ecuador y particularmente en la sierra el cultivo de maíz suave es el más importante de los sistemas de producción, mismo que contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria.

El nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes en el cultivo de maíz sin embargo debido a factores bióticos y abióticos la eficiencia es baja.

Esta investigación se realizó en la Granja Experimental de Laguacoto II en la Universidad Estatal de Bolívar. El sitio esta a una altitud de 2640 m, un tipo de suelo franco arcilloso. La fecha de siembra fue el 14 de diciembre de 2010. Los objetivos en esta investigación fueron: i) Estudiar la eficiencia de nitrógeno en dos sistemas de rotación, en el cultivo de maíz. ii) Medir el efecto de dos sistemas de rotación: Frejol–Maíz, y Trigo - Maíz, sobre el rendimiento del maíz en seco. iii) Estudiar la respuesta de cinco dosis de N en dos sistemas de rotación. iiii) Determinar la eficiencia del N en dos sistemas de rotación en el cultivo de maíz. iiiii) Realizar un análisis económico de presupuesto parcial y calcular la Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos (dosis de N) y tres repeticiones con dos sistemas de rotación: fréjol-maíz y trigo-maíz. Los tratamientos fueron; T_1: 0 (testigo); T_2: 40; T_3: 80; T_4: 120; T_5: 160 Kg/ha de N. Se utilizó la variedad de maíz INIAP 111 Guagal Mejorado. Se realizaron análisis de física y química de suelos antes y al final del ensayo así como análisis foliares. Se hicieron ADEVAS; prueba de Tukey, Índice de nitrógeno y análisis económico de presupuesto parcial.

Los principales resultados obtenidos fueron:

- No existieron diferencias estadísticas significativas entre los dos sistemas de rotación; sin embargo numéricamente el rendimiento promedio más alto se registro en el sistema de rotación uno: fréjol-maíz con 5.585,60 Kg/ha y en el sistema de rotación dos: trigo-maíz con 5.565,40 Kg/ha de maíz INIAP 111.

- La respuesta de la dosis de N en cuanto a la variable rendimiento de maíz fue diferente en los dos sistemas de rotación, registrándose en promedio más alto en los dos sistemas en el tratamiento T_4 (120 Kg/ha de N) con 6.466,33 Kg/ha en el sistema uno y 6.453,67 Kg/ha al 14% de humedad en el sistema dos.
- Los promedios más elevados de la eficiencia química en el sistema uno se evaluó en el tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N) con un valor promedio del 72,51% sin embargo en el sistema dos el promedio más alto se calculó en el tratamiento T_3 (80 Kg/ha de N) con 79,36%.
- Los promedios más altos de eficiencia agronómica en los dos sistemas se cuantificó en el tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N) con un promedio de 26,55 Kg de N aplicado en la relación fréjol- maíz y 26,43 de grano de maíz por cada Kg de N aplicado en la relación trigo- maíz.
- El promedio más elevado de extracción de nitrógeno total en los restos vegetales, tusa y en el grano en el sistema de relación uno, se calculó en el tratamiento T_5 (160 Kg/ha de N) con 193,27 Kg/ha, de los cuales el 53,84% se distribuyó en el grano y el 46,16% a los restos vegetales. En el sistema de producción dos, los resultados fueron similares con 196,13 Kg/ha de N total en el T_5 de los cuales el 53,04% fue al grano y el 46,96% de los restos vegetales.
- La mayor eficiencia del nitrógeno total en el sistema, se calculó en el tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N) con el 78%.
- Los componentes del rendimiento más importantes que contribuyeron a incrementar el rendimiento de maíz en los dos sistemas de producción fueron la biomasa total con el 82%, extracción total del nitrógeno con el 87% y la extracción de N en el grano con el 94%.

  Las condiciones climáticas principalmente la cantidad y distribución de la lluvia, las características físicas, químicas y biológicas del suelo así como el cultivar de maíz, influyeron netamente en la eficiencia del N en el sistema de producción.

- Económicamente el tratamiento con el valor más alto de la Tasa Marginal de Retorno en los dos sistemas fue el T_2 con un valor de 804% y en el sistema uno y 799 en el sistema dos.

Finalmente este estudio nos generó información preliminar valiosa para contribuir a mejorar la eficiencia del N, para reducir el impacto ambiental, bajo los costos de producción con labranza reducida y dosis de N menores a 80 Kg/ha, haciendo más sostenible la producción de maíz suave en la provincia Bolívar.

6.2. SUMMARY

The maize crop in the world is among the four basic food of the people next to wheat, rice and potatoes. In Ecuador and particularly in the Andean zona the soft corn is the most important production systems, it contributes to food security and sovereignty.

Nitrogen is one of the most important nutrients in the corn crop but due to biotic and abiotic efficiency is low.

This research was conducted at the Experimental Farm Laguacoto II in Bolivar State University. The site is at an altitude of 2640 m, a type of clay loam soil. The planting date was December 14, 2010. The proposed objectives in this research were: i) Study the efficiency of nitrogen in two rotation systems in maize. ii) Measure the effect of two rotation systems: Beans, Corn, and Wheat - Corn on the yield of corn dry. iii) Study the response of five doses of N into two sets of rotation. iiii) Determine the efficiency of N in two rotation systems in maize. iiiii) Conduct an economic analysis of partial budget and calculate the Marginal Rate of Return (TMR%).

Design was a randomized complete block (RCBD) with five treatments (N rate) and three replicates with two rotation systems: beans, corn and wheat-corn. The treatments were: T_1: 0 (control), T_2: 40; T_3: 80; T_4: 120; T_5: 160 Kg/ha of N. We used the maize variety Guagal INIAP 111 Enhanced. There were physical and chemical analyses of soils before and at the end of the test and leaf analysis. ADEVAS were made, Tukey test, Nitrogen Index and economic analysis of partial budget.

The main results were:

- There were no statistically significant differences between the two systems of rotation, but only the highest average yield was recorded in a rotation system: 5,585.60 Kg/ha bean-corn and the two rotation system: wheat-maize with 5,565.40 Kg/ha corn INIAP 111.
- The response of the dose of N in terms of variable corn yield was different in the two rotation systems, registering the highest average in the two systems in the treatment T_4 (120 Kg/ha N) and 6,466.33 Kg/ha in the one and 6,453.67 Kg/ha to 14% moisture in the system two.

- The highest average efficiency of a chemical in the system was evaluated in the T_2 (40 Kg N/ha) with an average of 72.51% however the two set the highest average was calculated on the T_3 (80 Kg N/ha) with 79.36%.
- The highest average agronomic efficiency in the two systems was measured at T_2 (40 Kg N / ha) with an average of 26.55 kg of N applied in relation beans, corn and grain 26.43 corn for each kg of N applied in wheat-corn ratio.
- The highest average total nitrogen removal vegetables rest and grain in relation to each system was calculated in the treatment T_5 (160 Kg/ha N) with 193.27 Kg/ha, which the 53.84% was distributed in the grain and 46.16% for plant remains. In the two production systems, the results were similar with 196.13 Kg/ha of total N in the T_5 of which 53.04% went to the grain and 46.96% of litter.
- Increased efficiency of total nitrogen in the system, was calculated for T_2 (40 Kg/ha N) to 78%.
- The most important yield components that contributed to increase the yield of maize in the two production systems were total biomass with 82% total nitrogen removal to 87% and removal of N in the grain with 94%.
- Weather conditions mainly the amount and distribution of rainfall, the physical, chemical and biological soil properties and maize cultivar, clearly influenced the efficiency of N in the production system.
- Economically treatment with the highest value of the marginal rate of return in the two systems was the T_2 with a value of 804% in the one system and 799% in the two systems.

Finally, this preliminary study we generated valuable information to help improve the efficiency of N, to reduce environmental impact, low production costs with reduced tillage and N rates below 80 Kg/ha, making it more sustainable production of soft corn in Bolivar province.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALDRICH, S. y LENG, M. 1994. Producción moderna de maíz traducido al español por Oscar Martínez y Patricio Leguisamon. Buenos Aires. Editorial Hemisferio Sur. Pp. 18.

2. ALDRICH, S. y LENG, M. 2000. Producción moderna del maíz. Agencia para el desarrollo internacional (AID). El Batan, México. Pp. 10-22.

3. ALGUNOS ASPECTOS DE LA NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS. 1995. L. Romero (Edd). Granada.

4. BRIZUELA, L. 1999. Guía técnica para la producción de maíz en Honduras. Programa nacional de maíz. Omonita, Cortes. Pp. 27-30.

5. CAÑADAS, C. 1999. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG-Pronareg. Quito. Pp. 155-156.

6. CIMMYT. 1994. Manejo de ensayos e informes de datos de ensayos internacionales de maíz. México DF. P. 23.

7. CIMMYT. 2000. Boletín técnico sobre La importancia de la rotación de cultivos. México, México. Disponible http://www.sap.uchile.cl / descargas/rotaciones/Rotaciones%20de%20cultivos%20y%20sus%20beneficios.pdf.

8. CHIMBO, C. y MALATAY, F. 2001. Tesis de ingeniero agrónomo. Control del gusano **Heliothis zea** y **Euxesta eluta** con aceite vegetal. UEB. Guaranda, Ecuador. Pp. 24-26.

9. DE LEÓN, C. 1994. Enfermedades del maíz. Una guía para su identificación en el campo. Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT). Tercera edición. México, México. P. 114.

10. DELGADO, J. y MONAR, C. 2010. Memoria anual. Guaranda, Ecuador.

11. DOMÍNGUEZ, A. 1998. Tratado de fertilización. Editorial. Mundi-presa. Madrid, España. Pp. 45-47

12. El Maíz. 2001. Editorial Trillas. P 12.

13. ESPINOSA, J. y MOLINA, E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. Quito, Ecuador. Edición primera. Pp 3-4, 20-26.

14. ESTACIÓN METEOROLÓGICA LAGUACOTO II. 2009. Informe anual de la situación geográfica y climática. UEB. Guaranda, Ecuador.

15. FUNDORA, O. y ARZOLA, N. 1993. Agroquímica. Editorial pueblo y educación. Habana, Cuba. Pp. 86-87, 95-101.

16. GABELA, F. 1990. Plagas Agrícolas. Editorial Serrahima. Barcelona, España. Pp. 220-224.

17. GALARZA, M. 1990. Maíz. recomendaciones para el cultivo en la sierra. INIAP. Quito, Ecuador. Pp. 171-176.

18. GALLEGOS, P. 1994. Combate del gorgojo del maíz suave en almacenamiento casero mediante el empleo de cal o ceniza. Quito, Ecuador. P. 56.

19. GARCÉS, N. 1998. Cultivos de la sierra, Universidad Central del Ecuador, Facultad de ciencias agronómicas. Quito. Pp. 5-9.

20. GRAETZ, H. 2010. Manuales para educación agropecuaria, Suelos y Fertilización. Editorial Trillas, Tercera Edición Trillas. México. P. 53.

21. HERRERA, J. 1999. Biblioteca práctica agrícola y ganadera. Editorial océano. Barcelona, España. Pp. 138-141.

22. INIAP. 1997. Informe anual 1992, Programa de maíz. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. P. 25.

23. INIAP. 2000. Programa de maíz Estación Experimental Santa Catalina. Plegable divulgativo N° 163. Quito, Ecuador. P. 15.

24. JUGENHEIMER, R. 1997. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical, Guía de Campo. México, CYMMYT Pp 33-38, 100-102.

25. LAFITTE, H. 1996. Efectos de la labranza mínima en el crecimiento y rendimiento del maíz. XI Seminario labranza de conservación en maíz. ICA-PROCIANDINO. El Batán, México. Pp. 83-87.

26. MANUAL AGROPECUARIO. Tecnologías orgánicas de la Granja Integral autosuficientes. 2004. Colombia. Pp. 23-34.

27. MARTIN, A. 1990. Introducción a la Microbiología del Suelo. Biol. Esperanza García. P. 243.

28. MASINO, A. et. al. 2002. Respuesta del cultivo de maíz a dosis crecientes de nitrógeno. INTA. Disponible htt://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/ documentos/extension/corr_Nmaiz10.pdf

29. MENDOZA, J. 1994. Guía para el manejo de insectos plagas en maíz en el litoral Ecuatoriano. Boletín divulgativo N° 248 Estación Experimental Pichilingue. Pp. 2-17.

30. MONAR, C. 2000. Memoria anual. INIAP-Bolívar. Guaranda, Ecuador. P. 43.

31. MONAR, C. 2002. Informe anual. Unidad de validación y transferencia de Tecnología-Bolívar. P. 86.

32. MONAR, C. 2009. Informe anual. Proyecto integral noreste de Bolívar (PI-NEB)-INIAP-FEPP. Guaranda, Ecuador. P. 34.

33. ORTEGA, A. 1997. Insectos nocivos del maíz, una guía para su identificación en el campo. Programa de maíz CIMMYT, México, México. Pp. 15-33.

34. PARDAVÉ, C. 2004. Cultivo y comercialización de maíz. Editora Palomino, Lima-Perú. Pp. 46-47.

35. PARSONS, D. 1998. Manual para le educación agropecuaria. Edición trillas. Pp. 35-38, 69-72.

36. PALOMINO, K. 2008. Colección de Agricultura tecnificada e Hidroponía comercial. Empresa Editora Macro EIRL, Surquillo-Perú. Pp. 61-62.

37. PITTY, A. 2002. Guía fotográfica para la identificación de malezas parte I. Escuela agrícola panamericana. Zamorano, Honduras. Pp. 35-70.

38. REYES, P. 1995. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, México. Pp. 384-388.

39. RODRÍGUEZ, F. 1992. Fertilizantes-Nutrición Vegetal. Editorial AGT, Editor. México. Pp 53-56.

40. SÁNCHEZ, H. y SEVILLA, R. 1995. Composición química y sus usos industriales del maíz. Quito, Ecuador. P. 10.

41. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 1992 El Cultivo del maíz. DGA, PRAIG. Honduras. Boletín técnico N° 32. Pp. 30-40.

42. STANSLY, A. 1998. Manejo integrado del maíz. Proyecto sistema de transferencia de tecnología rural. STTR. Pp. 10-11, 35-36.

43. SUQUILANDA, M. 1996. Agricultura orgánica. Fundación para el desarrollo agropecuario. Quito, Ecuador.P p. 172-239.

44. TÉCNICO EN AGRICULTURA, 2002. Madrid España. Cultural, S.A. Pp. 68, 334, 465, 466.

45. THOMPSON, L. TROEH, F. 1997. Los suelos y su fertilidad. Editorial reverté, S. A. España. Traducido al español por Juan Puigdefábregas tomás. Pp. 299-361.

46. TISDALE, S. y WERNER, N. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial limusa, S.A. México. Pp 141, 144-145, 171.

47. VADEMÉCUM AGRÍCOLA. 2010. Sexta edición. Quito-Ecuador. Pp. 803-810.

48. VALDIVIESO, J. 1994. Plagas del Maíz y sus enemigos naturales. Manual técnico N° 4. Lima, Perú. Pp. 34-38-45-47.

49. VERISSIMO, L. 1999. Enciclopedia practica de la agricultura y la ganadería. Pp. 309-314.

50. http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp. 13/09/2011

51. http://www.elsitioagricola.com/articulos/quintero/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp. 19/09/2011

52. http://www.monografias.com/trabajos14/ciclos-quimicos/ciclos-quimicos.shtml. 22/10/2011

53. http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.a. 23/10/2011

54. http://www.infojardin.net/.../relacion-carbono-nitrogeno.htm. 25/10/2010

55. http://es.wikipedia.org/wiki/Fijaci%C3%B3n_de_nitr%C3%B3geno. 27/10/2011

56. http://es.wikipedia.org/wiki/Desnitrificaci%C3%B3n. 11/11/2011

57. http://www.imexcor.com.ar/nitrogeno.htm. 18/11/2011

58. http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp. 29/11/2011

59. http://www.cimmyt.org/en/about-us/partnerships/countries/doc_view/4-importancia-de-la-rotacion. 02/12/2011

60. http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/2009/09/24/188203.php. 15/12/2011

61. http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/262834. 09/01/2012

62. http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografia/Nitratos/Welcome.asp 24/01/2012

63. http://www.lenntech.es/periodica/elementos/n.htm. 22/02/2012

64. http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776. 28/02/2012

65. http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/09/65262. 13/03/2012

66. http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso. 30/03/2012

67. http://edafologia.fcien.edu.uy/Reaccion%20del%20suelo. 07/04/2012

68. http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09. 21/04/2012

69. http://www.mag.go.cr/bibioteca_virtual_ciencia/acidez_suelo. 27/04/2012

70. http://www.buyersguidechem.com/Asimil.php. 06/05/2012

71. http://www.infoagro.com/abonos/analisis_suelos.htm. 19/05/2012

72. http://es.wikipedia.org/wiki/Biomasa. 21/05/2012

73. http://es.wikipedia.org/wiki/Materia_seca. 27/05/2012

74. http://www.ahdairy.com/uploads/articles/EL_Measuring_dry_matter. 31/05/2012

75. http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd23/texto/control.htm. 03/06/2012

76. http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S0h.htm. 07/06/2012

77. http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0015/gusano_maiz.htm. 12/06/2012

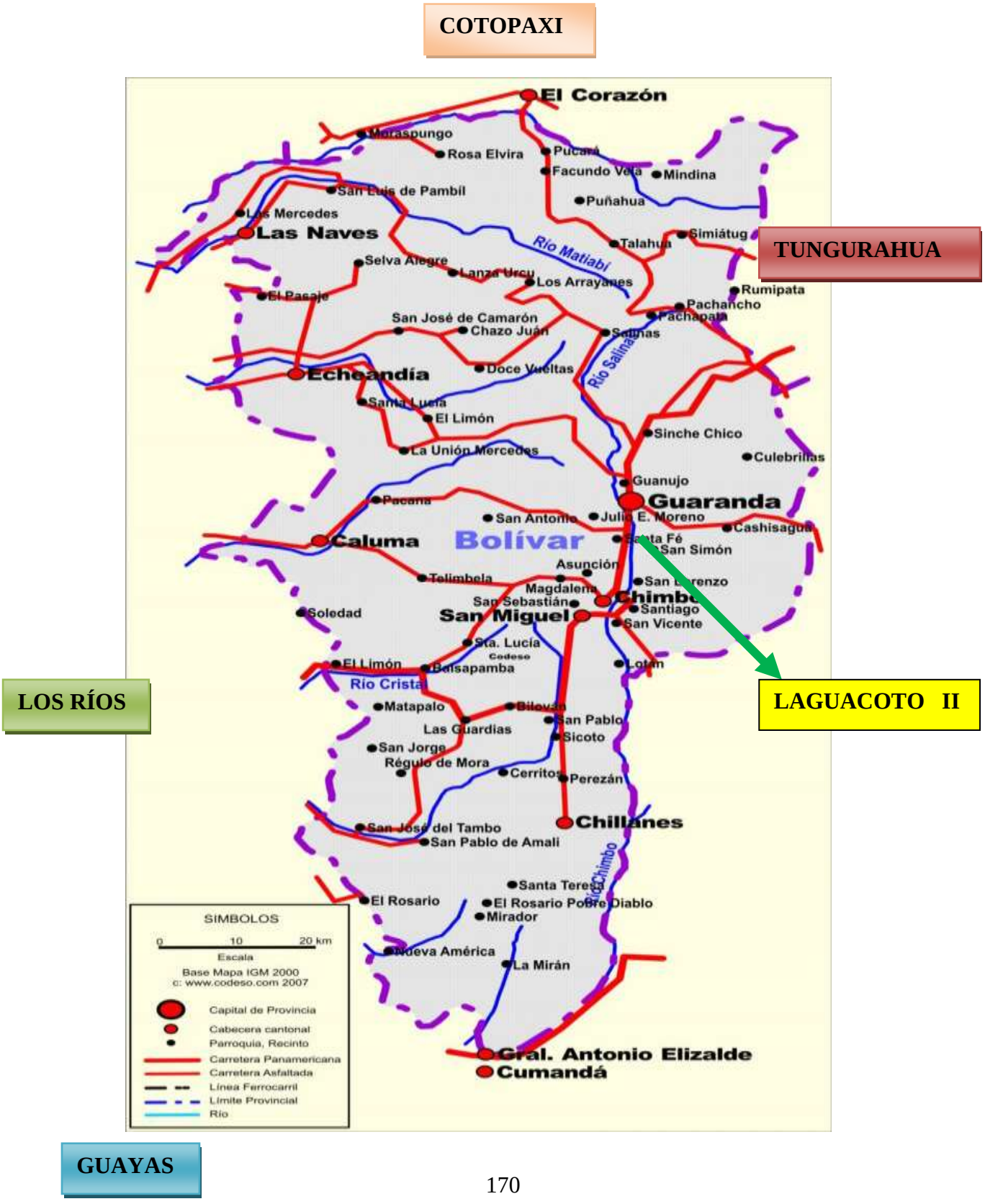
78. http://maizedoctor.cimmyt.org/es/component/content/article/213-fusarium-and-gibberella-ear-rot. 15/06/2012

79. http://www.manualdelombricultura.com/2272.html 15/06/2012

ANEXOS

ANEXO N° 1

Mapa de ubicación del ensayo.



ANEXO N° 2

2.1. Análisis de suelos antes del ensayo: fréjol-maíz

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre	: HORACIO CLAUDIO
Dirección	: GUARANDA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre	: GRANJA AGUACOTO
Provincia	: BOLIVAR
Cantón	: GUARANDA
Parroquia	: VEINTIMILLA
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual	: MAIZ
Fecha de Muestreo	: 16/12/2010
Fecha de Ingreso	: 20/12/2010
Fecha de Salida	: 06/01/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm			
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
83563	LOTE C2 0-30 cm	6,0 LAc	65,00 A	11,00 M	3,90 B	0,52 A	9,60 A	3,00 A	2,7 B	11,5 A	146,0 A	4,8 B	0,54 B
83564	LOTE C2 30-60 cm	6,5 LAc	43,00 M	11,00 M	5,70 B	0,71 A	12,20 A	4,10 A	3,0 M	12,6 A	116,0 A	1,4 B	0,10 B

INTERPRETACION

pH			Elementos	
Ac	= Acido	N = Neutro	B	= Bajo
LAc	= Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	M	= Medio
PN	= Prac. Neutro	Al = Alcalino	A	= Alto
		RC = Requieren Cal	T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : HORACIO CLAUDIO
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : GRANJA
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : MAIZ
Fecha de Muestreo : 16/12/2010
Fecha de Ingreso : 20/12/2010
Fecha de Salida : 14/06/2011

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
83565	LOTE C2 0-30 cm	5,80**LAc**	61,00 **A**	28,00 **A**	2,60 **B**	0,49 **A**	9,10 **A**	2,40 **A**	2,7 **B**	10,8 **A**	146,0 **A**	5,1 **M**	0,25 **B**
83566	LOTE C2 30-60 cm	6,10**LAc**	53,00 **M**	8,00 **B**	2,20 **B**	0,24 **M**	10,40 **A**	3,10 **A**	2,3 **B**	10,6 **A**	121,0 **A**	3,2 **B**	0,64 **B**

INTERPRETACION

pH				Elementos	
Ac	= Acido	N	= Neutro	B	= Bajo
LAc	= Liger. Acido	LAl	= Lige. Alcalino	M	= Medio
PN	= Prac. Neutro	Al	= Alcalino	A	= Alto
RC	= Requieren Cal			T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	**P K Ca Mg**	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	**Cu Fe Mn Zn**	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : HORACIO CLAUDIO
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : GRANJA
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : MAIZ
Fecha de Muestreo : 16/12/2010
Fecha de Ingreso : 20/12/2010
Fecha de Salida : 14/06/2011

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			
Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	N-NO3	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
83565					2,50 B	3,79	4,90	23,47	11,99		5,30	39	36	25	Franco
83566					2,20 B	3,35	12,92	56,25	13,74		4,10	39	34	27	Franco-Arcilloso

INTERPRETACION

Al+H, Al y Na		C.E.				M.O. y Cl	
B	= Bajo	NS	= No Salino	S	= Salino	B	= Bajo
M	= Medio	LS	= Lig. Salino	MS	= Muy Salino	M	= Medio
T	= Tóxico					A	= Alto

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Pasta Saturada
M.O. = Dicromato de Potasio
Al+H = Titulación NaOH

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

2.3. Análisis de suelos despúes del ensayo en los dos sistemas

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre	: UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR
Dirección	: GUARANDA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre	: LAGUACOTO II
Provincia	: BOLIVAR
Cantón	: GUARANDA
Parroquia	: VEINTIMILLA
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual	:
Fecha de Muestreo	: 23/09/2011
Fecha de Ingreso	: 29/09/2011
Fecha de Salida	: 17/10/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	meq/100ml					ppm																
			NH 4		P		S		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		B	
86281	T1 0-30 M102	6,50	LAc	28,00	B	26,00	A	2,20	B	0,63	A	13,40	A	3,80	A	3,5	M	16,4	A	170,0	A	4,7	B	0,26	B
86282	T1 30-60 M102	6,83	PN	11,00	B	16,00	M	3,40	B	0,66	A	12,80	A	4,20	A	3,5	M	17,4	A	128,0	A	2,5	B	0,27	B
86283	T2 0-30 M102	6,40	LAc	35,00	M	30,00	A	4,00	B	0,60	A	12,50	A	3,40	A	4,1	M	19,1	A	189,0	A	6,6	M	0,21	B
86284	T2 30-60 M102	6,70	PN	13,00	B	18,00	M	9,50	B	0,64	A	12,40	A	3,90	A	4,4	M	17,3	A	150,0	A	2,6	B	0,11	B
86285	T3 0-30 M102	6,29	LAc	29,00	B	25,00	A	2,60	B	0,47	A	10,80	A	3,20	A	3,6	M	19,4	A	192,0	A	6,7	M	0,23	B
86286	T3 30-60 M102	6,68	PN	25,00	B	14,00	M	2,90	B	0,31	M	11,00	A	3,70	A	3,6	M	18,7	A	147,0	A	2,7	B	0,12	B
86287	T4 0-30 M102	6,38	LAc	20,00	B	26,00	A	4,60	B	0,51	A	10,50	A	3,40	A	3,8	M	18,7	A	183,0	A	6,0	M	0,14	B
86288	T4 30-60 M102	6,77	PN	11,00	B	18,00	M	1,30	B	0,38	M	11,30	A	4,00	A	3,8	M	17,3	A	132,0	A	2,5	B	0,25	B
86289	T5 0-30 M102	6,71	PN	17,00	B	17,00	M	4,00	B	0,35	M	13,80	A	4,20	A	2,8	M	14,7	A	121,0	A	2,7	B	0,31	B
86290	T5 30-60 M102	6,40	LAc	56,00	M	14,00	M	3,00	B	0,49	A	13,90	A	3,70	A	3,7	M	17,6	A	188,0	A	5,6	M	0,29	B
86291	T1 0-30 M-111	6,16	LAc	58,00	M	32,00	A	3,00	B	0,49	A	9,94	A	2,50	A	3,3	M	16,9	A	212,0	A	11,0	M	0,21	B
86292	T1 30-60 M-111	6,49	LAc	60,00	M	21,00	A	1,80	B	0,30	M	11,70	A	3,30	A	2,9	M	15,3	A	171,0	A	6,8	M	0,22	B
86293	T2 0-30 M-111	6,18	LAc	50,00	M	28,00	A	4,70	B	0,40	M	10,00	A	2,50	A	3,1	M	15,1	A	201,0	A	10,0	M	0,33	B
86294	T2 30-60 M-111	6,56	PN	73,00	A	18,00	M	3,30	B	0,28	M	11,00	A	3,10	A	2,5	M	15,4	A	141,0	A	7,2	M	0,23	B
86295	T3 0-30 M-111	6,15	LAc	56,00	M	38,00	A	3,20	B	0,45	A	10,50	A	2,70	A	3,3	M	17,1	A	233,0	A	11,0	M	0,34	B
86296	T3 30-60 M-111	6,50	LAc	56,00	M	18,00	M	3,40	B	0,27	M	12,00	A	3,30	A	2,8	M	15,8	A	161,0	A	5,4	M	0,18	B
86297	T4 0-30 M-111	6,20	LAc	59,00	M	31,00	A	3,60	B	0,43	A	10,30	A	2,70	A	3,3	M	16,7	A	204,0	A	10,2	M	0,22	B
86298	T4 30-60 M-111	6,53	PN	67,00	A	20,00	M	3,00	B	0,29	M	11,60	A	3,40	A	3,1	M	15,0	A	161,0	A	5,6	M	0,06	B
86299	T5 0-30 M-111	6,22	LAc	62,00	A	27,00	A	4,10	B	0,43	A	10,00	A	2,70	A	2,9	M	16,0	A	214,0	A	9,4	M	0,25	B
86300	T5 30-60 M-111	6,46	LAc	44,00	M	22,00	A	2,10	B	0,29	M	11,30	A	3,10	A	2,7	M	15,5	A	164,0	A	7,1	M	0,24	B

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : LAGUACOTO II
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual :
Fecha de Muestreo : 23/09/2011
Fecha de Ingreso : 29/09/2011
Fecha de Salida : 17/10/2011

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			
Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	$N-NO_3^-$	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
86281					2,50 B	3,53	6,03	27,30	17,83		3,90				
86282					1,80 B	3,05	6,36	25,76	17,66		3,20				
86283					3,60 M	3,68	5,67	26,50	16,50		5,60				
86284					1,80 B	3,18	6,09	25,47	16,94		2,70				
86285					2,30 B	3,38	6,81	29,79	14,47		6,20				
86286					1,90 B	2,97	11,94	47,42	15,01		2,30				
86287					2,00 B	3,09	6,67	27,25	14,41		4,50				
86288					1,50 B	2,83	10,53	40,26	15,68		1,60				
86289					2,40 B	3,29	12,00	51,43	18,35		5,50				
86290					2,50 B	3,76	7,55	35,92	18,09		4,80				
86291					2,60 B	3,98	5,10	25,39	12,93		5,70				
86292					2,00 B	3,55	11,00	50,00	15,30		4,30				
86293					2,20 B	4,00	6,25	31,25	12,90		7,10				
86294					1,80 B	3,55	11,07	50,36	14,38		3,40				
86295					2,30 B	3,89	6,00	29,33	13,65		5,90				
86296					1,90 B	3,64	12,22	56,67	15,57		3,70				
86297					2,30 B	3,81	6,28	30,23	13,43		8,70				
86298					2,10 B	3,41	11,72	51,72	15,29		4,00				

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR
Dirección	: GUARANDA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: LAGUACOTO II
Provincia	: BOLIVAR
Cantón	: GUARANDA
Parroquia	: VEINTIMILLA
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	:
Fecha de Muestreo	: 23/09/2011
Fecha de Ingreso	: 29/09/2011
Fecha de Salida	: 13/10/2011

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			
Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	P-Olsen	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
86299					2,30 **B**	3,70	6,28	29,53	13,13		5,00				
86300					1,30 **B**	3,65	10,69	49,66	14,69		5,90				

INTERPRETACION

Al+H, Al y Na		C.E.				M.O. y Cl	
B	= Bajo	**NS**	= No Salino	**S**	= Salino	**B**	= Bajo
M	= Medio	**LS**	= Lig. Salino	**MS**	= Muy Salino	**M**	= Medio
T	= Tóxico					**A**	= Alto

ABREVIATURAS

C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA

C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

2.4. Análisis foliares y del grano sistema uno: fréjol-maíz

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre	: UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección	: GUARANDA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre	: LAGUACOTO 2
Provincia	: BOLIVAR
Cantón	: GUARANDA
Parroquia	: VEINTIMILLA
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo	: MAIZ S/R
Fecha de Muestreo	: 23/09/2011
Fecha de Ingreso	: 29/09/2011
Fecha de Salida	: 15/11/2011

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.S.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
18293	T1 PLANTA 102	1,00	0,18	0,95	0,73	0,07		91,50							
18294	T2 PLANTA 102	0,57	0,14	1,29	0,20	0,09		91,10							
18295	T3 PLANTA 102	0,71	0,14	1,47	0,35	0,08		92,00							
18296	T4 PLANTA 102	0,57	0,11	1,09	0,52	0,09		91,60							
18297	T5 PLANTA 102	1,00	0,13	1,29	0,37	0,06		89,70							
18298	T1 GRANO 102	1,00	0,28	0,42	0,01	0,03		90,60							
18299	T2 GRANO 102	1,57	0,30	0,03	0,03	0,03		90,40							
18300	T3 GRANO 102	1,21	0,34	0,05	0,04	0,04		89,80							
18301	T4 GRANO 102	2,00	0,30	0,08	0,04	0,03		91,00							
18302	T5 GRANO 102	1,64	0,32	0,03	0,10	0,09		90,60							

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO 2
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : MAIZ S/R
Fecha de Muestreo : 23/09/2011
Fecha de Ingreso : 29/09/2011
Fecha de Salida : 24/10/2011

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.S.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
18303	T1 PLANTA 111	0,71	0,13	1,24	0,48	0,24		90,60							
18304	T2 PLANTA 111	0,64	0,18	1,43	0,34	0,22		92,60							
18305	T3 PLANTA 111	1,57	0,24	1,26	0,28	0,22		92,70							
18306	T4 PLANTA 111	0,79	0,18	1,40	0,26	0,20		92,70							
18307	T5 PLANTA 111	1,14	0,13	1,35	0,28	0,24		92,90							
18308	T1 GRANO 111	1,43	0,33	0,19	0,02	0,14		92,80							
18309	T2 GRANO 111	1,64	0,33	0,20	0,07	0,16		89,60							
18310	T3 GRANO 111	1,71	0,34	0,21	0,02	0,16		89,70							
18311	T4 GRANO 111	1,50	0,30	0,21	0,08	0,16		90,50							
18312	T5 GRANO 111	1,64	0,33	0,26	0,04	0,16		90,40							

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

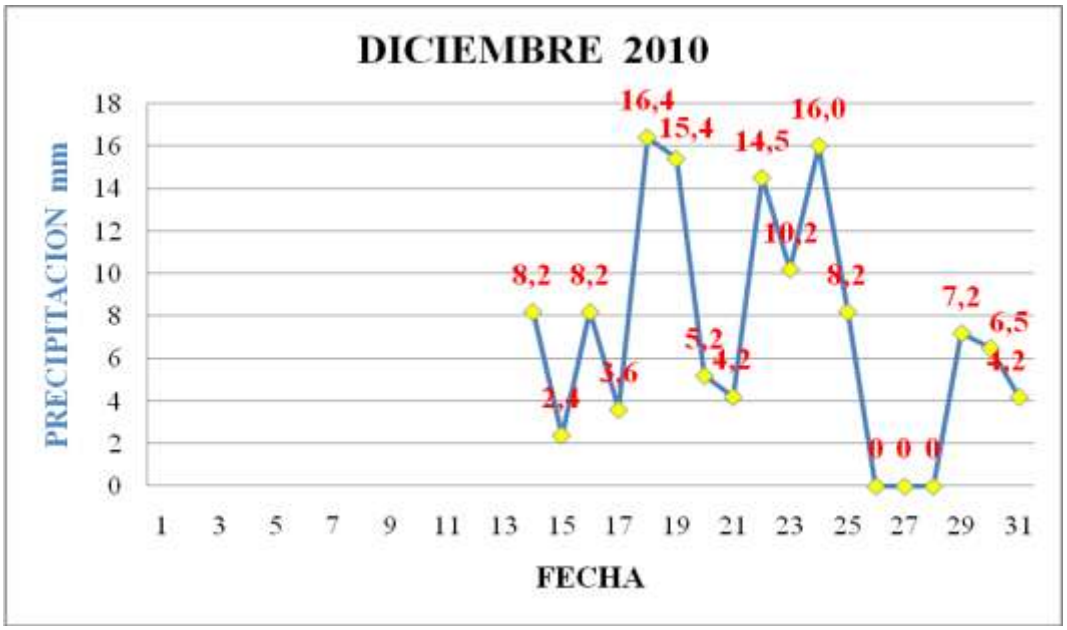
LABORATORISTA

ANEXO N° 3

Precipitación durante el período Diciembre 2010 a Noviembre 2011.

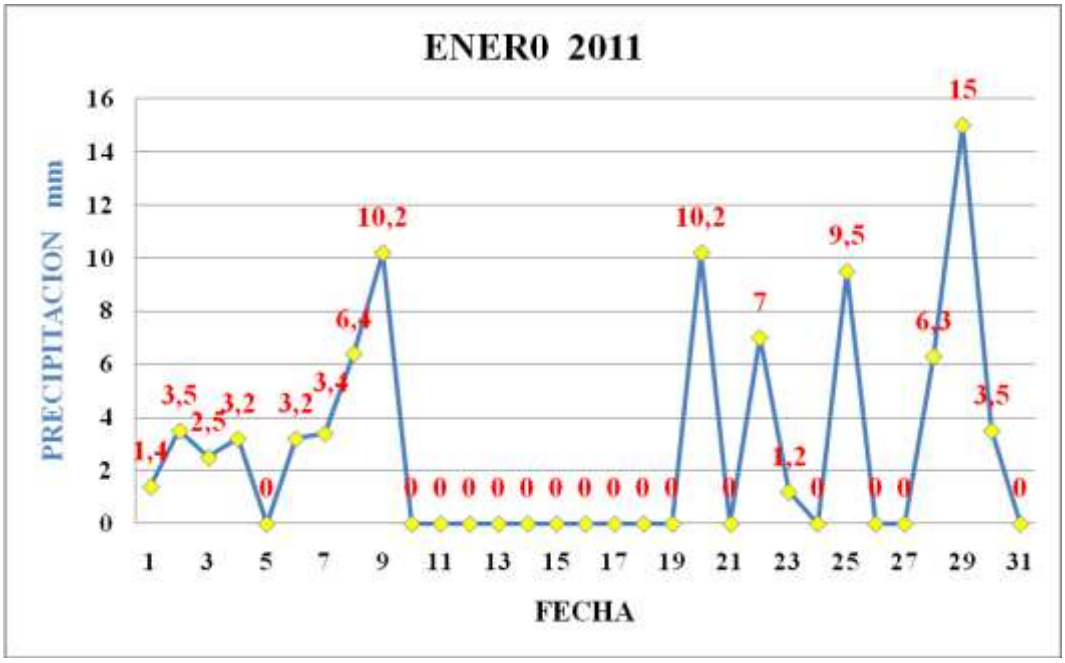
Diciembre del 2010 (del 14 al 31)

Cantidad y distribución de la precipitación: 130,4 mm.



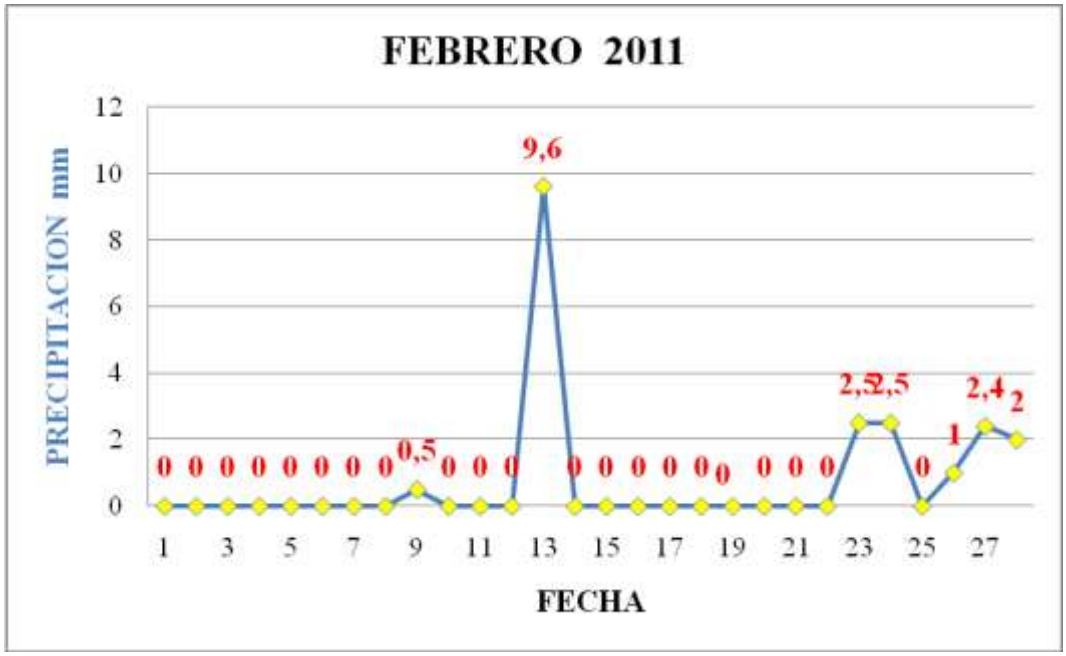
Enero del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 86,5 mm.



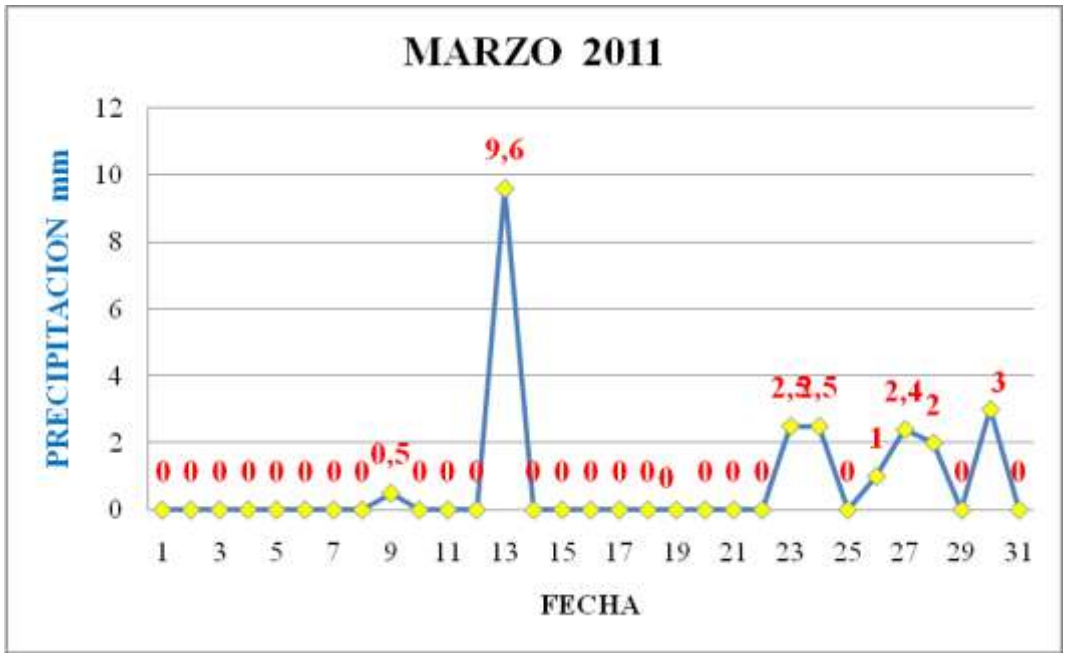
Febrero del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 175,5 mm.



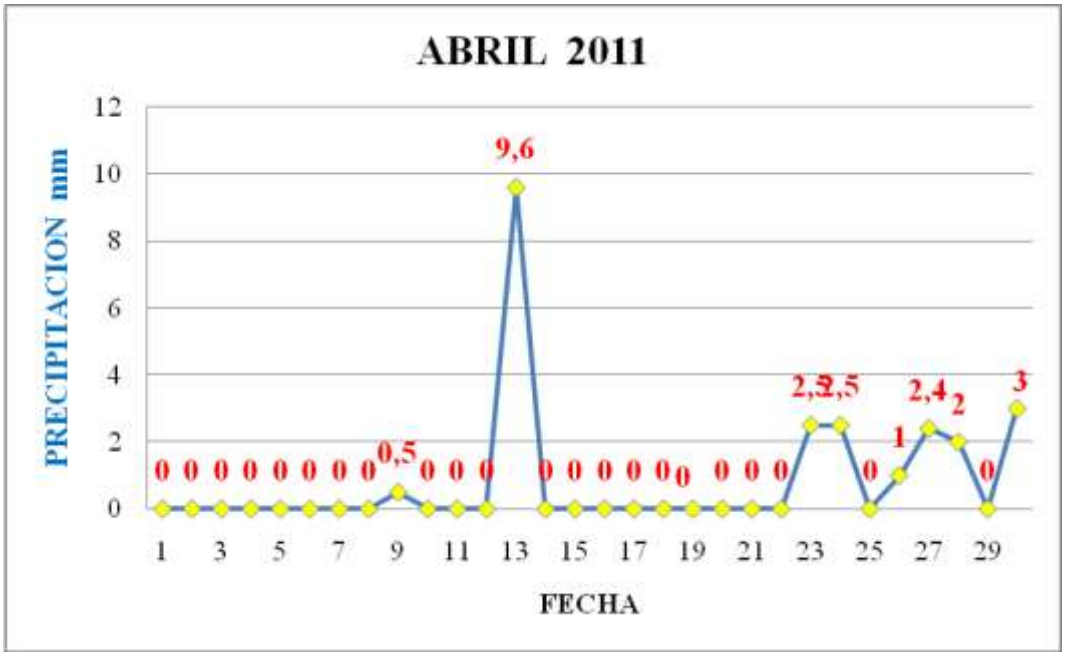
Marzo del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 99,2 mm.



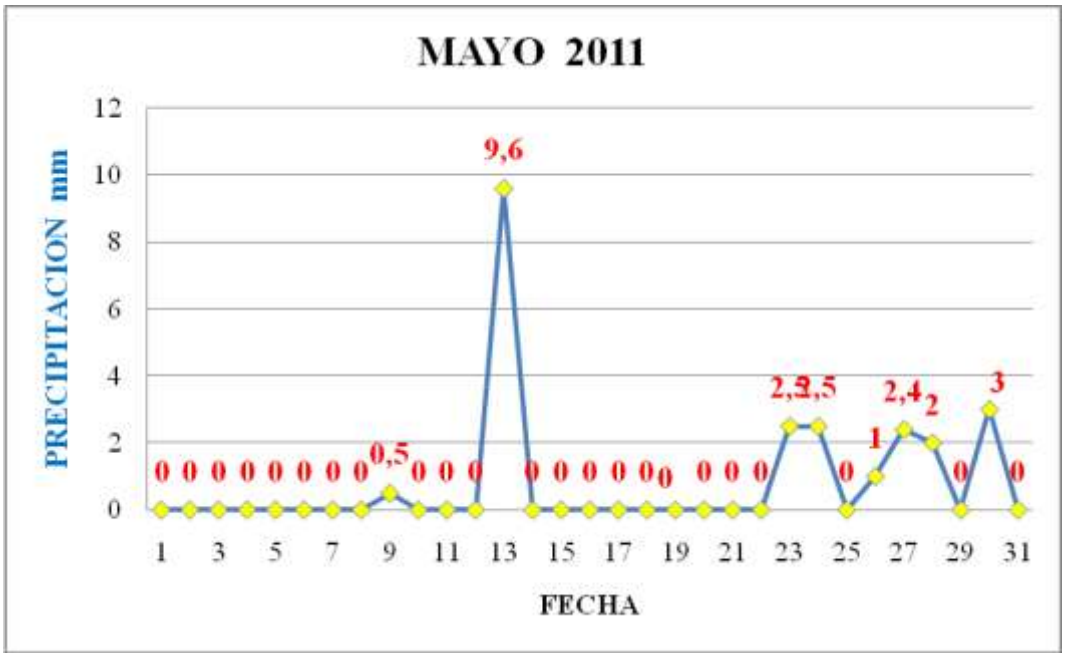
Abril del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 263,6 mm.



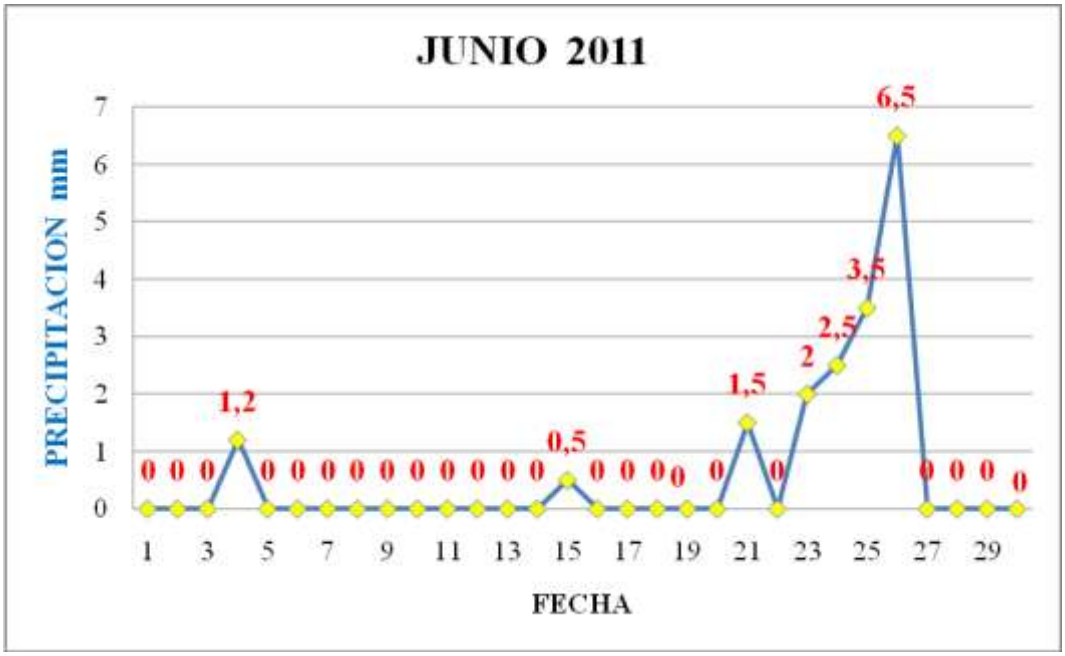
Mayo del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 23,5 mm



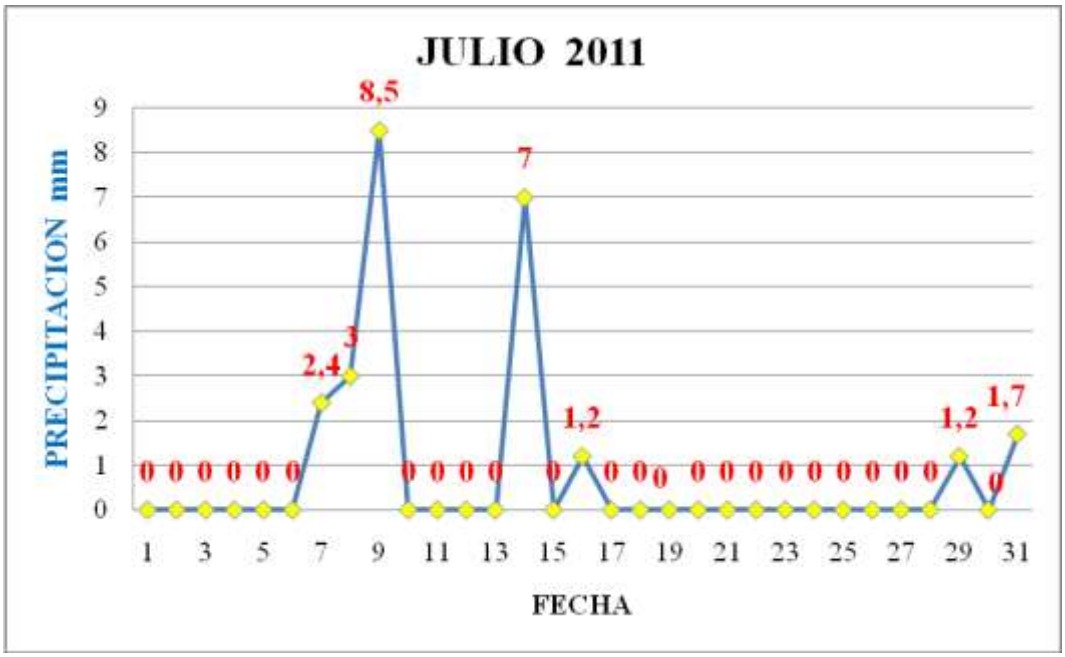
Junio del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 17,7 mm.



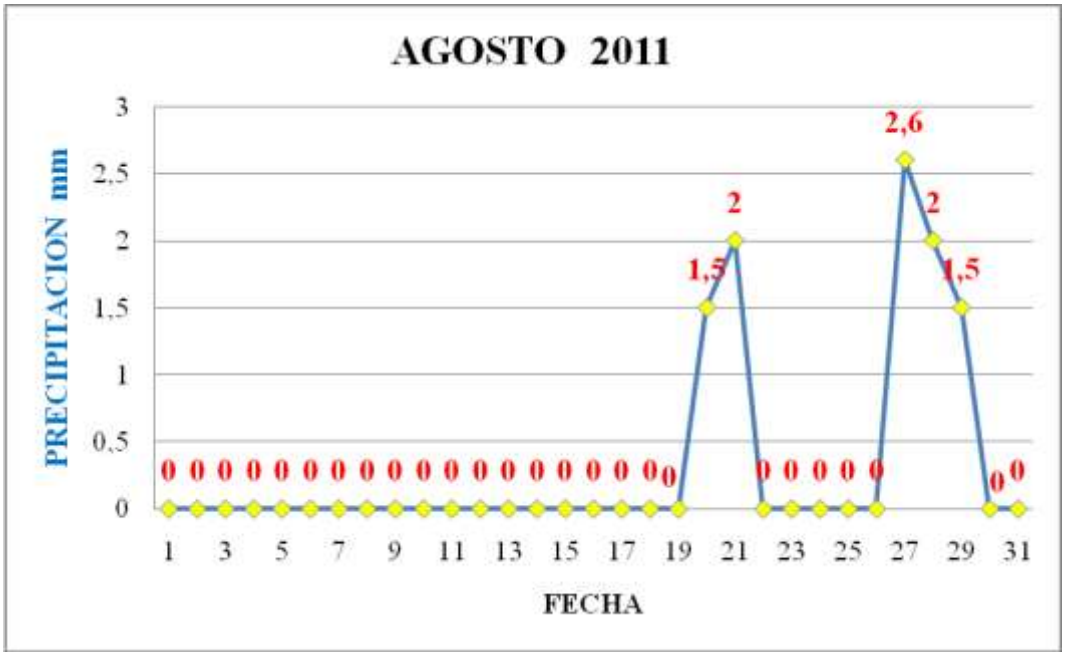
Julio del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 25 mm.



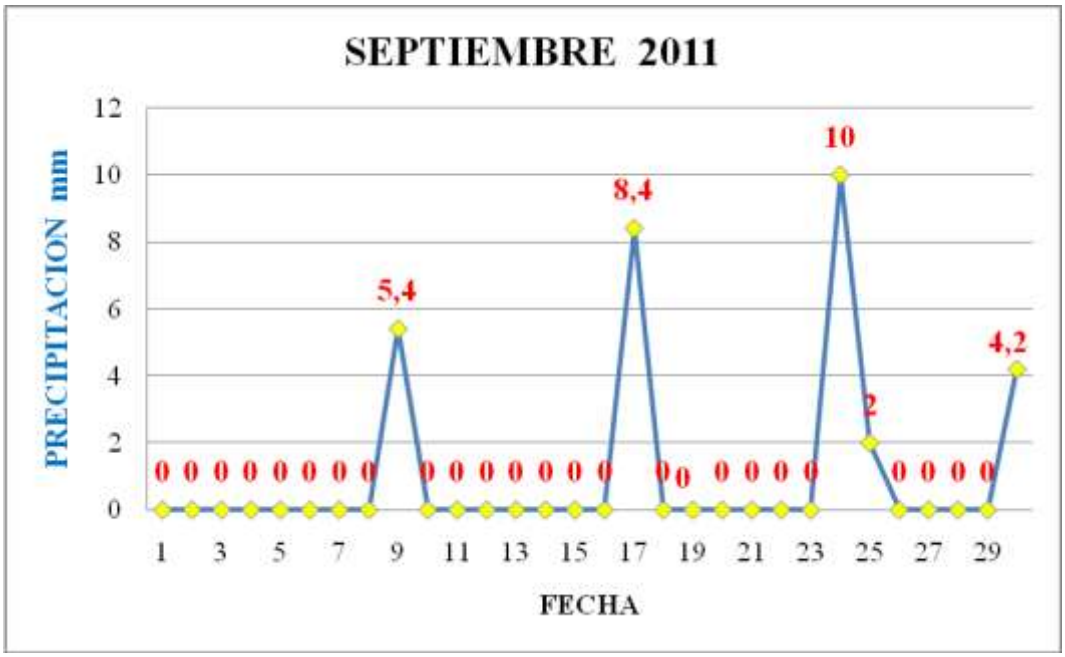
Agosto del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 9,6 mm.



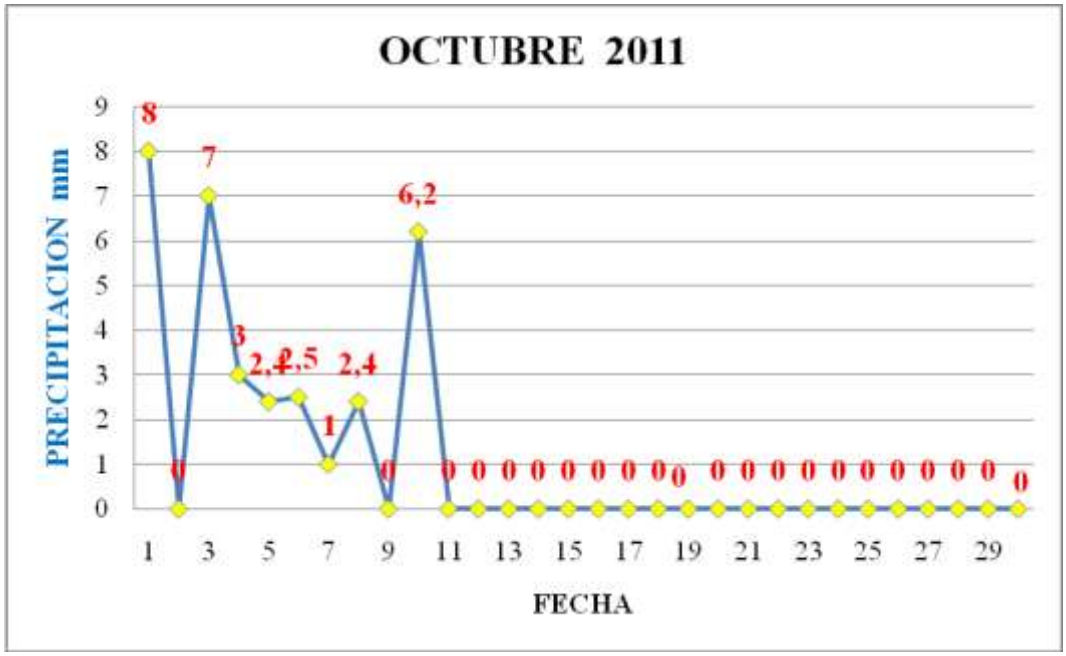
Septiembre del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 30 mm.



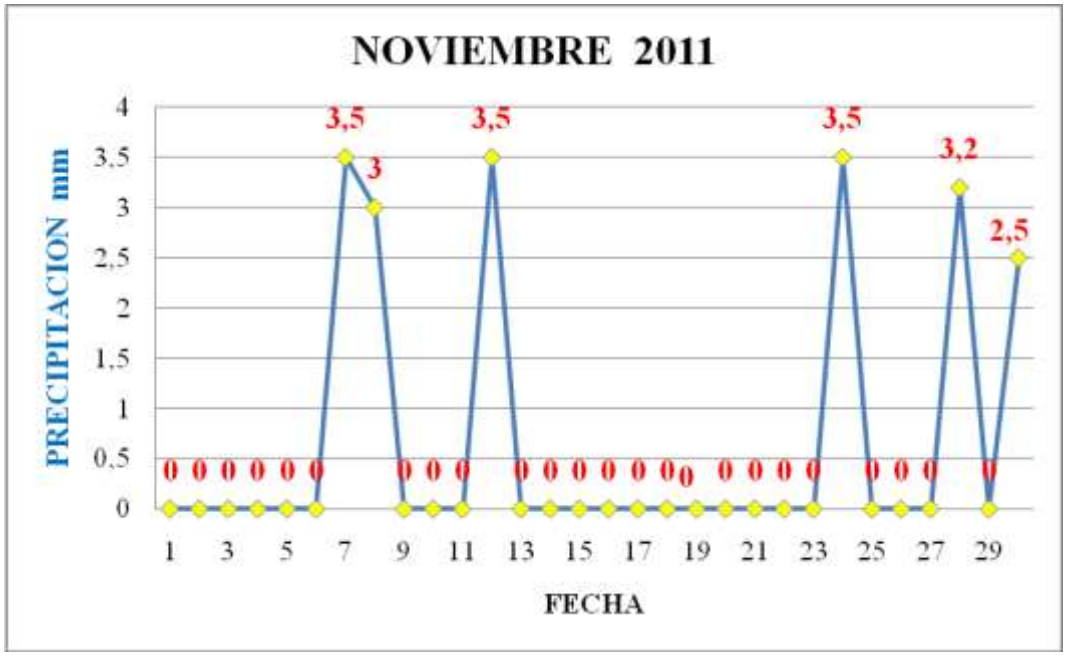
Octubre del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 32,5 mm.

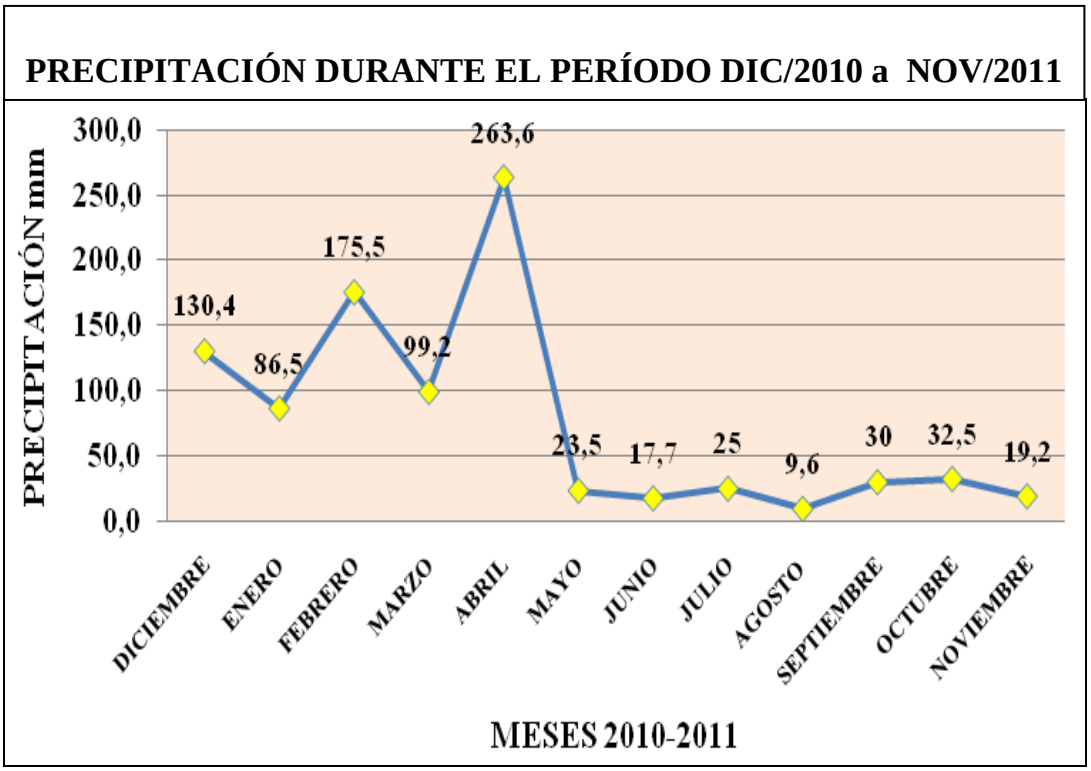


Octubre del 2011

Cantidad y distribución de la precipitación: 19,2 mm.



Precipitación durante en año 2010-2011



Precipitación durante el ciclo de cultivo fue de 831 mm.

Precipitación fuera de temporada fue 81.7 mm., con un total de 912.7 mm.

ANEXO N° 4

4.1. Base de datos; Variables Agronómicas; sistema uno: rotación fréjol-maíz

V1: Repetición

V2: Tratamiento

V3: Altura de plantas/cm.

V4: Diámetro del tallo/cm.

V5: Días a la floración masculina

V6: Días a la floración femenina

V7: Altura de inserción de la mazorca/cm.

V8: Número de hojas por planta

V9: Días a la cosecha en choclo

V10: Acame de raíz/%

V11: Acame de tallo/%

V12: Días a la cosecha en seco

V13: Número de plantas a la cosecha

V14: Plantas con mazorca/%

V15: Plantas sin mazorca/%

V16: Plantas prolíferas/%

V17: Diámetro de la mazorca/cm.

V18: Longitud de la mazorca/cm.

V19: Número de granos por mazorca

V20: Número de hileras por mazorca

V21: Evaluación de sanidad en mazorcas

V22: Peso de mil granos

V23: Rendimiento de maíz Kg/ha. al 14% de humedad

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23
1	1	234,10	1,83	129	139	121,50	14	183	31	10	218	63	98	0	2	4,75	15,09	280	10	1	550	3888
1	2	276,30	2,08	127	133	155,80	14	173	14	3	216	64	98	0	2	5,05	15,00	231	10	1	625	4876
1	3	263,50	2,07	128	132	141,90	14	178	15	3	225	64	96	1	3	5,23	17,90	244	10	1	630	5308
1	4	270,20	2,03	126	133	143,50	14	173	13	7	226	63	92	2	6	5,08	16,98	275	10	1	625	6203
1	5	266,40	2,06	127	132	142,70	14	168	10	2	228	64	95	1	4	5,40	16,67	198	10	1	610	6153
2	1	260,10	1,89	128	138	138,90	14	179	23	6	219	64	99	0	1	5,01	13,49	232	9	2	550	3740
2	2	286,20	2,15	126	137	162,40	13	177	21	8	218	64	96	1	3	5,32	15,61	266	9	1	625	5277
2	3	275,50	2,19	125	134	150,10	13	178	11	7	224	63	98	1	1	5,23	16,09	235	10	1	625	5505
2	4	289,60	2,21	126	136	162,90	14	176	15	3	229	64	93	2	5	5,29	15,42	276	10	2	600	6419
2	5	274,70	2,16	127	137	148,50	14	164	14	5	228	64	96	1	3	5,25	17,21	268	10	1	605	6351
3	1	268,90	2,17	125	138	144,70	13	185	18	4	222	62	97	1	2	5,29	14,64	254	10	1	560	4703
3	2	264,50	2,21	126	133	147,60	14	179	13	9	223	64	96	1	3	5,11	16,85	227	10	1	630	5364
3	3	280,40	2,18	129	138	159,40	13	178	15	4	227	64	98	1	1	5,67	16,99	258	10	2	625	6727
3	4	291,40	2,24	125	134	155,20	14	185	12	5	238	63	99	0	1	5,29	17,16	176	10	1	600	6777
3	5	285,10	2,11	126	135	165,60	15	168	11	6	230	64	91	1	8	5,44	16,50	269	10	1	600	6493

Base de datos; Variables Químicas del suelo; sistema uno: rotación fréjol-maíz

V24: Eficiencia agronómica Kg/ha.

V25: eficiencia química Kg/ha.

V26: 0-30 cm. pH

V27: 0-30 cm. Amonio (NH_4^+) Kg/ha

V28: 0-30 cm. Materia orgánica/%

V29: 0-30 cm. Nitrato (NO_3^-) Kg/ha

V30: 30-60 cm. pH

V31: 30-60 cm. Amonio (NH_4^+) Kg/ha

V32: 30-60 cm. Materia orgánica/%

V33: 30-60 cm. Nitrato (NO_3^-) Kg/ha

V34: Biomasa total en restos vegetales y mazorca Kg/ha

V35: Biomasa de restos vegetales Kg/ha

V36: Extracción total de Nitrógeno en restos vegetales y mazorca Kg/ha

V37: Extracción de Nitrógeno en restos vegetales Kg/ha

V38: Materia seca de los análisis foliares/%

V39: Biomasa de la mazorca Kg/ha

V40: Extracción de Nitrógeno en el grano Kg/ha

V41: Materia seca del análisis del grano/%

V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V40	V41
0,00	0,00	6,50	56,00	2,50	7,80	6,83	22,00	1,80	6,40	9225	5450	94,83	55,95	91,50	3775	38,88	90,60
24,70	46,40	6,40	70,00	3,60	11,20	6,70	26,00	1,80	5,40	11775	6700	113,39	36,84	91,10	5075	76,55	90,40
17,75	45,48	6,29	58,00	2,30	12,40	6,68	50,00	1,90	4,60	14550	9250	131,21	66,99	92,00	5300	64,22	89,80
19,29	70,44	6,38	40,00	2,00	9,00	6,77	22,00	1,50	3,20	15175	9300	179,36	55,30	91,60	5875	124,06	91,00
14,16	59,13	6,71	34,00	2,40	11,00	6,40	112,00	2,50	9,60	15800	9275	189,44	88,54	89,70	6525	100,90	90,60
0,00	0,00	6,42	54,04	2,42	5,84	6,77	20,04	1,72	6,22	9325	5500	93,05	54,90	91,81	3825	38,15	90,91
38,42	80,30	6,33	68,06	3,53	9,26	6,65	24,06	1,72	5,24	11875	6800	125,17	41,27	91,42	5075	83,90	90,72
20,08	57,63	6,35	56,04	2,22	10,44	6,61	48,04	1,82	4,42	14675	9325	139,15	71,44	92,29	5350	67,71	90,11
22,33	79,88	6,29	38,06	1,93	7,04	6,72	20,06	1,41	3,04	15250	9350	188,90	59,24	91,91	5900	129,66	91,32
16,32	64,19	6,66	32,04	2,32	9,06	6,34	110,06	2,42	9,42	15900	9300	195,76	90,33	89,99	6600	105,43	90,92
0,00	0,00	6,46	55,42	2,46	6,82	6,80	21,02	1,76	6,30	9425	5575	113,56	67,00	91,66	3850	46,56	90,76
16,53	24,85	6,37	69,04	3,57	10,24	6,67	25,04	1,75	5,32	11950	6825	123,50	39,82	91,26	5125	83,68	90,56
25,30	63,56	6,32	57,02	2,26	11,42	6,65	49,02	1,86	4,50	14775	9400	164,41	83,71	92,15	5375	80,70	89,95
17,28	67,22	6,34	39,04	1,97	8,02	6,74	21,04	1,46	3,12	15375	9425	194,22	59,36	91,76	5950	134,86	91,16
11,19	50,66	6,69	33,02	2,36	10,04	6,37	111,04	2,46	9,50	15950	9325	194,61	88,77	89,85	6625	105,84	90,76

4.2. Base de datos; Variables Agronómicas; sistema dos: rotación trigo-maíz

V1: Repetición

V2: Tratamiento

V3: Altura de plantas/cm.

V4: Diámetro del tallo/cm.

V5: Días a la floración masculina

V6: Días a la floración femenina

V7: Altura de inserción de la mazorca/cm.

V8: Número de hojas por planta

V9: Días a la cosecha en choclo

V10: Acame de raíz/%

V11: Acame de tallo/%

V12: Días a la cosecha en seco

V13: Número de plantas a la cosecha

V14: Plantas con mazorca/%

V15: Plantas sin mazorca/%

V16: Plantas prolíferas/%

V17: Diámetro de la mazorca/cm.

V18: Longitud de la mazorca/cm.

V19: Número de granos por mazorca

V20: Número de hileras por mazorca

V21: Evaluación de sanidad en mazorcas

V22: Peso de mil granos

V23: Rendimiento de maíz Kg/ha. al 14% de humedad

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23
1	1	232,10	1,81	127	137	119,50	14	181	29	8	216	64	98	0	2	4,73	15,07	279	10	2	525	3833
1	2	274,20	2,06	125	131	154,90	14	172	12	1	215	64	97	0	3	5,04	14,96	230	10	1	565	4826
1	3	261,30	2,04	125	131	140,30	14	177	14	2	223	64	95	1	4	5,21	17,70	243	9	1	600	5246
1	4	269,50	2,02	124	131	141,20	13	172	12	6	223	63	91	3	6	5,01	16,80	274	10	1	630	6190
1	5	264,20	2,04	124	131	140,50	14	167	8	1	227	64	94	2	4	5,37	16,10	197	9	1	700	6141
2	1	259,10	1,86	125	136	136,60	14	178	22	5	217	64	99	0	1	4,99	13,29	230	11	1	530	3728
2	2	284,10	2,14	124	134	160,30	14	175	19	6	217	64	94	3	3	5,29	15,49	264	10	2	570	5246
2	3	273,50	2,17	123	132	148,00	14	177	9	5	222	64	98	2	0	5,21	16,04	233	10	1	605	5493
2	4	287,60	2,20	124	134	162,00	14	175	14	2	228	64	89	3	8	5,27	15,32	274	10	1	625	6400
2	5	272,50	2,14	125	134	146,50	14	163	12	3	226	64	95	2	3	5,21	17,00	266	10	1	705	6345
3	1	267,90	2,14	124	135	142,70	14	183	17	2	220	62	96	2	2	5,26	14,51	253	10	1	525	4691
3	2	262,50	2,19	124	131	145,60	14	178	11	8	221	64	95	2	3	5,08	16,72	226	9	2	565	5351
3	3	278,40	2,16	127	136	157,40	15	177	13	3	226	64	95	2	3	5,50	16,97	255	10	1	600	6715
3	4	289,40	2,22	123	132	152,60	15	183	10	3	236	64	98	1	1	5,25	17,14	175	9	1	625	6771
3	5	283,10	2,08	123	132	163,60	14	165	9	4	229	64	89	2	9	5,37	16,48	267	10	1	710	6505

Base de datos; Variables Químicas del suelo; sistema dos: rotación trigo-maíz

V24: Eficiencia agronómica Kg/ha.

V25: eficiencia química Kg/ha.

V26: 0-30 cm. pH

V27: 0-30 cm. Amonio (NH_4^+) Kg/ha

V28: 0-30 cm. Materia orgánica/%

V29: 0-30 cm. Nitrato (NO_3^-) Kg/ha

V30: 30-60 cm. pH

V31: 30-60 cm. Amonio (NH_4^+) Kg/ha

V32: 30-60 cm. Materia orgánica/%

V33: 30-60 cm. Nitrato (NO_3^-) Kg/ha

V34: Biomasa total en restos vegetales y mazorca Kg/ha

V35: Biomasa de restos vegetales Kg/ha

V36: Extracción total de Nitrógeno en restos vegetales y mazorca Kg/ha

V37: Extracción de Nitrógeno en restos vegetales Kg/ha

V38: Materia seca de los análisis foliares/%

V39: Biomasa de la mazorca Kg/ha

V40: Extracción de Nitrógeno en el grano Kg/ha

V41: Materia seca del análisis del grano/%

V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V40	V41
0,00	0,00	6,16	116,00	2,60	11,40	6,49	120,00	2,00	8,60	9125	5425	93,97	39,16	90,60	3700	54,81	92,80
24,83	65,28	6,18	100,00	2,20	14,20	6,56	146,00	1,80	6,80	11625	6675	120,08	40,94	92,60	4950	79,14	89,60
17,66	63,25	6,15	112,00	2,30	11,80	6,50	112,00	1,90	7,40	14375	9175	144,57	62,21	92,70	5200	82,36	89,70
19,64	62,80	6,20	118,00	2,30	17,40	6,53	134,00	2,10	8,00	14950	9175	169,33	76,48	92,70	5775	92,85	90,50
14,43	59,90	6,22	124,00	2,30	10,00	6,46	88,00	1,30	11,80	14775	8325	189,81	89,10	92,90	6450	100,71	90,40
0,00	0,00	6,08	114,04	2,52	9,44	6,42	118,02	2,02	8,44	9200	5450	93,22	39,16	90,91	3750	54,06	93,09
37,95	99,40	6,10	98,02	2,13	12,26	6,50	144,04	1,83	6,62	11750	6750	132,98	45,90	92,92	5000	87,08	89,97
22,06	81,75	6,07	110,04	2,24	9,84	6,45	110,02	1,92	7,24	14575	9325	158,62	71,28	92,99	5250	87,34	89,99
22,27	73,87	6,12	116,02	2,23	15,42	6,48	132,04	2,13	7,90	15175	9350	181,86	84,58	92,99	5825	97,28	90,82
16,36	66,11	6,15	122,04	2,25	8,02	6,39	86,02	1,32	11,64	14875	8375	198,99	93,67	93,10	6500	105,32	90,76
0,00	0,00	6,12	115,02	2,56	10,42	6,46	119,02	1,99	8,52	9300	5500	113,86	47,25	90,75	3800	66,61	92,94
16,50	49,78	6,14	99,00	2,17	13,24	6,53	145,04	1,76	6,70	11850	6825	133,77	46,55	92,76	5025	87,22	89,78
25,30	93,08	6,11	111,02	2,27	10,82	6,48	111,02	1,88	7,34	14725	9425	188,32	83,57	92,84	5300	104,75	89,84
17,33	61,00	6,16	117,00	2,28	16,40	6,51	133,04	2,05	7,98	15300	9450	187,06	86,17	92,85	5850	100,89	90,66
11,34	53,58	6,19	123,02	2,29	9,04	6,43	87,02	1,24	11,84	14950	8425	199,58	93,55	93,01	6525	106,03	90,58

ANEXO N° 5

Fotografías del proceso de la investigación.

Toma y recolección de las muestras para los Análisis de suelos antes del ensayo.




Trazado de las parcelas en el cultivo de maíz.




Primera aplicación del nitrógeno a los 50 días después de la siembra.



Segunda aplicación del nitrógeno a los 100 días después de la siembra.



Tercera aplicación del nitrógeno a los 150 días después de la siembra.



Control manual de malezas antes de las aplicaciones de nitrógeno.



Vigor de las plantas en cuanto a la respuesta a los diferentes niveles de fertilización.



Vista total del ensayo a los 100 días después de la siembra.



Control químico de **Heliothis zea** y **Euxesta eluta** en floración femenina.



Selección e identificación de plantas para el registró de las variables.



Registro de datos y variables en el campo.


ALTURA DE PLANTAS/cm


ALTURA DE INSERCIÓN DE LA MAZORCA


DIÁMETRO DEL TALLO/cm


FLORACIÓN FEMENINA

Registró de la variable días a la cosecha en cholo.





Evaluación de enfermedades **Ustilago maydis** y **Helminthosporium maydis**



Visita del Tribunal de Tesis al ensayo.



Cosecha del ensayo en madurez comercial.



Recolección de los restos vegetales y grano.



Secado del grano al 14% de humedad.



Picado de restos vegetales.



Secado de los restos vegetales.



Preparación y envió de las muestras de restos vegetales, grano y tuza al laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Estación Experimental Santa Catalina.



Recoleccion de las muetras para los Análisis de suelos al final del ensayo de 0-30 y de 30-60cm.



Capacitación sobre el manual del Índice de Nitrógeno ver. 4.4. Ecuador y visita al ensayo del Dr. Jorge A. Delgado de Agricultural Research Service. USDA Fort Collins, CO. USA. dentro del Proyecto INIAP SANREM CRS IPM.



ANEXO N° 6

Glosario de términos técnicos.

Abono.- Toda materia que se agrega al suelo para elevar la capacidad de rendimiento y la calidad de sus productos cultivados. Se los clasifica en orgánicos, minerales, foliares y radiculares.

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.

Aerobio.- Organismo que requiere la combustión del oxigeno libre en el ambiente para sobrevivir.

Agricultura.- Forma más importante de cultivo del suelo. El método tradicional incluye: preparación del suelo (arado y abonado), la siembra (mecanizada o manual), fumigación de herbicidas o insecticidas (control), y la recolección (cosecha), todo lo cual ocurre en ciclos anuales o bianuales.

Aislado.- Una sola persona o cultivo y los cultivos que se derivan de ellos. Se utiliza también para indicar las colecciones de un patógeno obtenidas a diferentes tiempos.

Almidón.- Es el compuesto de almacenamiento de alimento más frecuente en las plantas. Es un carbohidrato complejo e insoluble, compuesto de muchas unidades

de glucosa. A través de la actividad enzimática es rápidamente degradado en unidades de glucosa.

Ambiente.- Conjunto de procesos y funciones con los que se desarrolla y opera un ecosistema; forma el entorno en el cual se presentan las cualidades específicas por la interacción de los factores limitados y la biota.

Amina.- Son compuestos químicos orgánicos que se consideran como derivados del amoníaco y resultan de la sustitución de los hidrógenos de la molécula por los radicales alquilo.

Anaerobio.- Relativo a un microorganismo que vive (o un proceso que se lleva a cabo) en ausencia de oxígeno molecular.

Análisis.- Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos. Examen de los componentes del discurso y de sus respectivas propiedades y funciones. Parte de las matemáticas basada en los conceptos de límite, convergencia y continuidad, que dan origen a diversas ramas: cálculo diferencial e integral, teoría de funciones, etc.

Anual.- Planta que completa su ciclo de vida (germina, crece vegetativamente, produce flores y semillas) en un sólo año o estación de crecimiento.

Bacteria.- Nombre que reciben ciertos organismos unicelulares visibles solo a través del microscopio y que constituyen uno de los tres dominios en que se dividen los seres vivos. Carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división celular sencilla. Son tan pequeñas que solo pueden observarse con ayuda de un microscopio que las amplíe 500 veces su tamaño real. Son muy variables en cuanto al modo de obtener la energía y el alimento, y viven en casi todos los ambientes, incluido el interior de los seres humanos, habitan en las zonas más profundas de los océanos y en el interior de las profundidades de la Tierra.

Biodiversidad.- La totalidad de genes, de especies y de ecosistemas de cualquier área del planeta.

Célula.- Unidad de la estructura vegetal y animal que consiste en una pared celular y el protoplasma (que incluye núcleo).

Celulosa.- Es el principal componente de la pared celular de la mayoría de las plantas y es un carbohidrato complejo formado por cadenas largas de glucosa que forman microfibrillas.

Ciclo de la enfermedad.- Todos los eventos comprendidos en el desarrollo de la enfermedad, incluyendo las etapas de desarrollo del patógeno y el efecto de la enfermedad sobre el hospedante.

Coleoptilo.- El coleoptilo, que es la estructura que emerge inicialmente desde la semilla hacia arriba, se aproxima a la superficie del suelo a través de la elongación del mesocotilo.

Competencia.- Demanda simultánea de un recurso ambiental limitado (alimento, agua, guarida, territorio, compañero de apareamiento, etc.) que hacen dos o más organismos compita por obtenerlo.

Contaminación.- impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas. Sobre la contaminación de la atmósfera por emisiones industriales, incineradoras, motores de combustión interna y otras fuentes como la contaminación atmosférica, del agua, los ríos, los lagos y los mares por residuos domésticos, urbanos, nucleares e industriales

Cotiledón.- Hoja embrionaria de la semilla que funciona como almacén de alimento y se vuelve fotosintética cuando la semilla germina. Las plantas dicotiledóneas tienen dos cotiledones, los cuales generalmente funcionan para almacenar alimento; las plantas monocotiledóneas tienen un sólo cotiledón en el que el alimento es generalmente absorbido a partir del endospermo y transferido al embrión.

Cultivo.- Explotación del suelo con fines económicos mediante la producción agrícola. Hay varios tipos, a saber: intensivo, extensivo, exhaustivo, de secano, de regadío, doméstico, industrial, de rotación, en franjas, hidropónico, entre otros.

Chapia.- Limpieza de hierbas y maleza de un terreno cultivado.

Daño económico.- Es la cantidad de daño que justifica el costo de una medida de control.

Datos.- Unidades de información. Los hechos, las observaciones y resultados que se obtienen de un estudio experimental u observacional.

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.- Es la óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados.

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. Un estrategia es la aplicación fraccionada de nitrógeno basada en el monitoreo del estado de N en la planta y el suelo.

Eficiencia de uso en el sistema.- Representa cuanto del Nitrógeno disponible esta siendo utilizado por los cultivos. Calculado por el contenido de Nitrógeno del cultivo / Nitrógeno total en el sistema.

Enfermedad.- Cualquier mal funcionamiento de las células y tejidos del hospedante, que resulta de la irritación continúa por un agente patogénico o factor ambiental y que lleva al desarrollo de síntomas.

Enzima.- Proteína catalítica compleja que se produce en las células vivas; funciona aun en concentraciones muy bajas acelerando la tasa de ciertas reacciones químicas. No se consume durante la reacción.

Fecundación.- Unión sexual de dos núcleos que da como resultado una duplicación del número cromosómico.

Fermentación.- cambios químicos en las sustancias orgánicas producidos por la acción de las enzimas. Esta definición general incluye prácticamente todas las reacciones químicas de importancia fisiológica. Actualmente, los científicos suelen reservar dicha denominación para la acción de ciertas enzimas específicas, llamadas fermentos, producidas por organismos diminutos tales como el moho, las bacterias y la levadura.

Fertilidad del suelo.- Capacidad de producir del suelo gracias a la presencia de los cationes que pueden intercambiarse con los minerales que de tal forma son asimilables por las plantas.

Fertilización.- Proceso de enriquecer un sistema para maximizar su producción (los fertilizantes y agroquímicos robustecen la producción agrícola).

Fertilizante.- Producto químico, usualmente con mezcla nitrogenada y/o fosforilada, que enriquece al suelo por el intercambio iónico incrementando y favorece el desarrollo de las plantas y aumenta la producción agrícola.

Fijación.- Acción y efecto de fijar o fijarse. Estado de reposo a que se reducen las materias después de agitadas y movidas por una operación química.

Floración.- Proceso por el cual las plantas emite las flores en una determinada estación o época, previo a fructificación.

Follaje.- Conjunto de las hojas de los árboles y otras plantas verdes. Las hojas recién desprendidas que han caído a la hojarasca del suelo todavía se consideran follaje, hasta que no empiecen el proceso de humificación.

Fotoquímica.- Parte de la química que estudia los efectos producidos por la absorción y la emisión de luz en las reacciones químicas.

Fotosíntesis.- Proceso mediante el cual la energía lumínica se convierte en energía química en presencia de la clorofila. Se producen carbohidratos a partir de carbono y oxigeno.

Fumigación.- Aplicación de un fumigante para desinfectar un área determinada.

Germinación.- Inicio del crecimiento de un embrión.

Gutación.- Exudación de agua por las plantas, en particular a lo largo del borde de la hoja.

Hábitat.- Sitio natural en el que vive un organismo.

Herbicida.- Sustancia toxica para las plantas; principio activo de los productos agroquímicos destinado a eliminar plantas no deseadas, sobre todo las malezas o malas hierbas hereditarias.

Hidrólisis.- Desdoblamiento de las moléculas de algunos compuestos orgánicos por acción del agua. La hidrólisis hace que las rocas se descompongan y formen suelos para la agricultura.

Hidroxilamina.- La hidroxilamina u oxiamoníaco de fórmula (NH_2OH), es un cuerpo que procede de sustituir un átomo de Hidrógeno del amoníaco por un hidroxilo. No se encuentra libre en la naturaleza.

Hormona.- Sustancia química orgánica producida en cantidades pequeñísimas en una parte del organismo y transportada a otra parte del mismo organismo donde intervienen en diversas funciones como el crecimiento.

Índice de nitrógeno.- La eficacia de los fertilizantes nitrogenados en la maximización de la producción agrícola y aumento de beneficios económicos para los agricultores ha llevado a su uso generalizado. Sin embargo, cuando este elemento se aplica a un sistema de producción, se puede entrar al ambiente circundante atravéz de la superficie de la atmósfera y las vías de lixiviación.

Insecticidas.- Agentes químicos usados para eliminar insectos nocivos para la agricultura; junto con los fungicidas, son los medios más importantes para la protección de plantas cultivables. Están elaborados por compuestos de flúor y Arsenio, aceites minerales o alquitranados, hidrocarburos clorados o son residuos fosfatados.

Interacción.- Acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuerzas, funciones, etc.

Iones.- Es una partícula cargada constituida por un átomo o conjunto de átomos neutros que ganaron o perdieron electrones, fenómeno que se conoce como ionización.

Leghemoglobina.- La leghemoglobina es una hemoproteína presente en los nódulos radiculares fijadores de nitrógeno de las leguminosas.

Lignina.- Sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen, constituye el 25% de la madera.

Lisina.- En las plantas y en los microorganismos la lisina se sintetiza a partir de ácido aspártico.

Lixiviar.- Tratar una sustancia compleja, como un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles.

Membrana.- Capa de proteína que forma la cubierta exterior de la célula vegetal y animal.

Metabolismo.- Proceso por el cual las células o los organismos utilizan compuestos nutritivos para sintetizar materia viva y componentes estructurales, o para degradar el material celular hasta sustancias simples y así llevar a cabo funciones especiales.

Mineralizar.- Comunicar a una sustancia las condiciones de mineral o mena. Dicho del agua: Cargarse de sustancias minerales.

Monoico.- Que tiene separadas las flores de cada sexo, pero en un mismo pie.

Nitrobacter.- Microorganismo aeróbico que convierte los nitritos en nitratos. Son bacterias benéficas en los acuarios.

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.

Ovario.- Estructura reproductiva femenina que produce o contiene a la célula reproductiva.

Óvulo.- Estructura que se encuentra en las angiospermas y gimnospermas y que después de que la célula que contiene ha sido fecundada, se desarrolla para formar una semilla.

Parámetro.- Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

Plántula.- Planta joven que se desarrolla a partir de una semilla que está germinando.

Población.- Grupo de organismos de la misma especie que vive en un área particular, a un mismo tiempo.

Polinización.- Mecanismo por el cual se lleva a cabo la transferencia del polen de una antera (que constituye la zona formadora de polen – espora haploide masculina – en el estambre) hasta el estigma (porción del carpelo en el polen germina) en las angiospermas.

Porción de nitrógeno aplicado y nitrógeno removido por el cultivo.- Es un reflejo de cuanto del nitrógeno aplicado al sistema, orgánico o inorgánico, está siendo utilizado por los cultivos.

Pudrición.- Reblandecimiento, decoloración y con frecuencia desintegración de los tejidos de una planta suculenta como resultado de infección bacteriana o fungosa.

Purificación.- Aislamiento y concentración de partículas virales en forma pura, libre de los componentes celulares.

Residuos.- fracción de los materiales de desecho que se producen tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo, que no se presentan en estado líquido o gaseoso.

Resistencia.- Capacidad que tiene un organismo para superar, totalmente o hasta cierto grado, el efecto de un patógeno u otro factor perjudicial.

Resistente.- Que tiene las cualidades para impedir el desarrollo de un determinado patógeno. Que no es infectado o si lo es, en grado mínimo.

Semilla.- Parte del fruto de las fanerógamas, que contiene el embrión de una futura planta, protegido por una testa, derivada de los tegumentos del primordio seminal. Grano que en diversas formas produce las plantas y que al caer o ser sembrado produce nuevas plantas de la misma especie. Fragmento de vegetal provisto de yemas, como tubérculos, bulbos, etc. Cosa que es causa u origen de que proceden otras. Granos que se siembran, exceptuados el trigo y la cebada.

Síntoma.- Reacciones o alteraciones internas y externas que sufre una planta como resultado de su enfermedad.

Sintomatología.- Es la respuesta visual del hospedante (cultivo) al ataque del hospedero (plaga).

Sistémico.- Que se difunde internamente por toda la planta; dícese de un patógeno o un compuesto químico.

Susceptibilidad.- Incapacidad de una planta para resistir el efecto de un patógeno u otro factor perjudicial.

Tolerancia.- Capacidad que tiene una planta para soportar los efectos de una enfermedad sin que muera, sufra daños serios o se pierda la cosecha. Es también la cantidad de residuos tóxicos tolerables en los órganos comestibles de la planta.

Toxina.- Compuesto producido por un organismo que es perjudicial para el crecimiento a la supervivencia de otro organismo de la misma o de distinta especie.

Transpiración.- Perdida de vapor de agua que presenta una planta a través de la superficie de sus hojas y otros órganos aéreos.

Variabilidad o variación.- Propiedad o capacidad que tienen los organismos para cambiar sus características de generación en generación.

Variedad.- Categoría especifica de una planta de cultivo, seleccionada tomando como base su homogeneidad fenotípica (algunas veces genotípica).

Volatilización de amoniaco.- Cantidad de nitrógeno perdido a la atmosfera como amoniaco.

Xilema.- Tejido leñoso de las plantas vasculares, que transporta principalmente agua y minerales de una parte a otra de estos organismos.