

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE TRIGO HARINERO (*Triticum vulgare* L.) VARIEDADES, UEB - CARNAVALERO E INIAP - MIRADOR CON CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA GRANJA LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR.

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:

IVAN JOSE ORTA YANGUA

LUIS HERNAN PISUÑA LLUGLLUNA

DIRECTOR DE TESIS:

ING. CARLOS MONAR BENAVIDES. M.Sc.

GUARANDA – ECUADOR

2012

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE TRIGO HARINERO (*Triticum vulgare* L.) VARIEDADES, UEB - CARNAVALERO E INIAP - MIRADOR CON CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA GRANJA LAGUACOTO III, 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. SONIA FIERRO BORJA. Mg.
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

DEDICATORIA

Dedico primeramente mi trabajo a Dios el creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para continuar mi formación profesional, y siendo un apoyo incondicional para lograrlo.

A mis padres, Isidro y Graciela, porque creyeron en mí, me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mis abuelos, Teresa y José por brindarme todo el cariño y apoyo incondicional y sus sabios consejos que me ayudaron para seguir adelante.

A mis hermanos, Eddy, Magali Patricio Walter, sobrinas, tíos, primos, por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Por su apoyo, comprensión y sus consejos en los momentos difíciles, y todo el cariño incondicional dado.

Iván

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre María Etelvina, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Antonio, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante. Además fue el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Este trabajo de investigación fruto del esfuerzo y sacrificio también dedico, a mis hermanos (as); Wilson, José Antonio, Jimena, Fanny, Javier, Nicolás; quienes en todo momento supieron brindarme su apoyo y comprensión para poder llegar a esta parte del camino.

Con gran esperanza e ilusiones de superación, también dedico a mis tíos, sobrinos, primos y amigos quienes estuvieron junto a mí en todos los momentos animándome y orientando mi vida por los senderos del progreso y bienes infinitos.

Luis

AGRADECIMIENTO

Nuestras primeras palabras de agradecimiento a Dios por guiarnos con su luz divina en la etapa más de nuestra vida estudiantil y profesional.

A nuestros queridos padres que a través de su sacrificio hicieron posible cumplir los sueños y lograr el éxito como personas de bien y como profesionales para nuestro bienestar.

A los catedráticos de la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, quienes depositaron la confianza en nosotros, dándonos su amistad desinteresada e incondicional, son estas personas las que han marcado una huella profunda en nuestras vidas y que recordaremos por todo lo que nos supieron impartir sus conocimientos.

Agradezco de todo corazón al Ing. Carlos Monar como Director de Tesis, amigo, compañero, profesor de nuestras vidas estudiantiles y que con su enseñanza supo dar fruto, he aquí una muestra de ello nuestras investigaciones.

Un agradecimiento leal y sincero al Ing. Kleber Espinoza en el área de Biometrista por su apoyo al establecimiento y desarrollo de este trabajo de investigación.

A los Miembros del Tribunal de Calificación de Tesis: Ing. Nelson Monar Área Técnica e Ing. Sonia Fierro Área de Redacción Técnica; ya que enriquecieron de sabiduría en nuestra formación profesional.

Nuestro agradecimiento 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 versión 4.4. Ecuador, dentro del Proyecto INIAP SANREM CRS IPM.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO	DENOMINACIÓN	PÁG.
I.	INTRODUCCIÓN……	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA……	4
2.1.	ORIGEN…….	4
2.2.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA…….....	4
2.3.	CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS……...	4
2.3.1.	Raíz……	4
2.3.2.	Tallo……	5
2.3.3.	Hojas…….....	6
2.3.4.	Inflorescencia……	6
2.3.5.	Espiga……	7
2.3.6.	Fruto……...	7
2.3.7.	Ciclo vegetativo……	8
2.4.	VARIEDAD DE TRIGO UEB – CARNAVALERO……	9
2.4.1.	Origen…….	9
2.4.2.	Zonificación……...	9
2.4.3.	Características principales……..	9
2.4.4.	Características morfológicas…….....	10
2.4.5.	Características de calidad……..	10
2.4.6.	Características de calidad industrial…….	11
2.5.	VARIEDAD DE TRIGO INIAP – MIRADOR…….....	11

2.5.1. Origen……. 11

2.5.2. Características principales…….. 11

2.5.3. Características morfológicas trigo INIAP - Mirador…. 12

2.5.4. Características de calidad……. 12

2.5.5. Zonificación……... 12

2.6. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO…….... 13

2.6.1. Época de siembra…… 13

2.6.2. Preparación del terreno……... 13

2.6.3. Desinfección de la semilla……..... 13

2.6.4. Densidad de siembra……... 13

2.6.5. Fertilización……... 13

2.6.6. Control de malezas……..... 14

2.6.7. Control de enfermedades…… 14

2.6.8. Cosecha……. 14

2.6.9. Secado y almacenamiento……. 14

2.7. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO..... 14

2.7.1. Pluviosidad…… 14

2.7.2. Heliofanía…….. 15

2.7.3. Temperatura……..... 15

2.7.4. Humedad relativa……. 15

2.7.5. Suelo……..... 16

2.8. FERTILIZACIÓN…….. 16

2.8.1.	Fertilización inorgánica……	16
2.8.2.	Nitrógeno……...	17
2.8.2.1.	Estado natural……...	17
2.8.3.	Ciclo del nitrógeno……	18
2.8.3.1.	Efectos……...	19
2.8.4.	Fijación y asimilación de nitrógeno……	20
2.8.4.1..	Fijación por Rhizobia……...	21
2.8.4.2.	Fijación por microorganismos……	21
2.8.4.3.	Fijación por descargas eléctricas…….....	23
2.8.4.4.	Aportaciones por lluvia……	23
2.8.4.5.	Fijación industrial……..	24
2.8.5.	Formas de ser absorbido por la planta…….	24
2.8.5.1.	Forma nítrica…….	24
2.8.5.2.	Forma amoniacal……..	25
2.8.5.3.	Compuestos nitrogenados solubles…….	25
2.8.6.	Fertilizantes nitrogenados……...	25
2.8.6.1.	Urea……	26
2.8.7.	Métodos de aplicación del fertilizante……...	29
2.8.8.	Utilización de fertilizantes nitrogenados……...	30
2.8.9.	Pérdidas del nitrógeno…….	32
2.8.9.1.	Volatilización de amoniaco…….	32
2.8.9.2.	Desnitrificación…….	32
2.8.9.3.	Lixiviación…….....	33

2.8.9.4.	Escurrimiento superficial…….	33
2.8.10.	Factores que inciden en la eficiencia agronómica y química del nitrógeno……..	33
2.8.10.1.	Eficiencia de uso del nitrógeno en Trigo……	34
2.8.10.2.	Incrementación de la eficiencia de uso del nitrógeno……	35
2.8.10.3.	Consideraciones finales……	36
2.8.11.	Necesidades de nitrógeno en el cultivo de trigo harinero…….....	36
2.8.11.1.	Nitrógeno……...	36
2.8.11.2.	Fósforo……...	37
2.8.11.3.	Potasio…….....	38
2.8.12.	Fuentes de N…….	38
2.8.12.1.	Fuentes químicas…….	38
2.8.12.2.	Fuentes orgánicas……	39
2.8.12.3.	Abonos verdes…….....	40
2.8.12.4.	Gallinaza……	40
2.8.12.5.	Ecoabonaza…….....	41
2.8.12.6.	La composta……..	41
2.8.13.	Amonificación……	41
2.8.14.	Nitrificación……	43
2.8.15.	Inmovilización……	44
2.8.16.	Desnitrificación…….	45

2.8.17.	Ventajas y desventajas del N en las plantas……...	46
2.8.17.1.	Ventajas…….	46
2.8.17.2.	Desventajas……..	46
2.8.17.3.	Cuando existe un exceso de N; presentan los siguientes síntomas……..	46
2.8.18.	Contaminación por el N……...	47
2.8.18.1.	Acidez producida por los fertilizantes nitrogenados...	47
2.8.18.2.	Contaminación por nitratos…….	48
2.8.18.3.	En el medio ambiente…….	48
2.8.18.4.	En la salud humana……	49
2.8.18.5.	En el agua…….	49
2.8.18.6.	En la agricultura……	50
2.9.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SUELO.....	51
2.9.1.	Orden Inceptosoles…….....	51
2.9.2.	Suborden Andeps…….	52
2.9.3.	Hídrandepis……...	52
2.9.4.	Suborden Dystrandepts……..	53
2.9.5.	Eutrandeps……	53
2.9.6.	Itrandepts……...	53
2.9.7.	Andisoles……...	53
2.9.8.	Suborden Udands……	54
2.10.	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO……..	54
2.10.1.	pH, acidez y alcalinidad……..	54

2.10.2.	Capacidad de Intercambio Catiónico……	54
2.10.3.	Materia orgánica…….....	55
2.10.4.	Conductibilidad eléctrica…….	55
2.10.5.	Macro y micro nutrientes…….	56
2.10.5.1.	Macronutrientes……	56
2.10.5.2.	Micronutrientes…….	58
2.11.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO……...	61
2.11.1.	Textura……	61
2.11.2.	Estructura del suelo y agregados…….....	62
2.11.2.1.	Clases y tipos de estructura del suelo…….....	62
2.11.3.	Densidad aparente…….....	63
2.11.4.	Compactación del suelo…….....	63
2.12.	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO…..	64
2.12.1.	Introducción……	64
2.12.2.	Macroorganismos…….	65
2.12.3.	Microorganismos…….....	65
2.13.	BIOMASA…….....	67
2.14.	MATERIA SECA……...	68
2.14.1.	Procedimiento……...	69
2.14.2.	Uso de la materia seca……	69
2.15.	RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO (C/N)……..	70
2.16.	MANUAL DEL ÍNDICE DE NITRÓGENO……	72
III.	MATERIALES Y MÉTODOS…….....	74

3.1.	MATERIALES……..	74
3.1.1.	Ubicación del ensayo……..	74
3.1.2.	Situación geográfica y climática…….	74
3.1.3.	Zona de vida…….	74
3.1.4.	Material experimental…….....	75
3.1.5.	Materiales de campo……	75
3.1.6.	Materiales de oficina……	75
3.2.	MÉTODOS……	76
3.2.1.	Factores en estudio…….	76
3.2.1.1.	Tratamientos…….	76
3.2.2.	Procedimiento……..	77
3.2.3.	Tipo de análisis…….....	77
3.3.	MÉTODOS DE EVALUACIÓN, DATOS TOMADOS.	78
3.3.1.	Indicadores de química de suelos y de la planta……	78
3.3.1.1.	Análisis de física y química de suelos antes y después del ensayo…….	78
3.3.1.2.	Toma de muestras de restos vegetales y grano…….	79
3.3.1.3.	Materia seca……..	79
3.3.1.4.	Determinación de N en tejido vegetal (tallos y hojas) y en el grano…….	79
3.3.1.5.	Biomasa total en Kg/Ha……..	80
3.3.1.6.	Extracción total del nitrógeno…….	80
3.3.1.7.	Eficiencia agronómica (EA)……..	80

3.3.1.8.	Eficiencia del fertilizante químico……	81
3.3.2.	Agronómicas…….	81
3.3.2.1.	Días a la emergencia de las plántulas…….....	81
3.3.2.2.	Número de plantas por metro cuadrado……	81
3.3.2.3.	Número de macollos por planta…….....	82
3.3.2.4.	Días a la floración…….....	82
3.3.2.5.	Altura de plantas…….	82
3.3.2.6.	Número de espigas por metro cuadrado…….	82
3.3.2.7	Número de espiguillas por espiga……..	82
3.3.2.8.	Número de granos por espiguillas…….....	82
3.3.2.9.	Número de granos por espiga…….	83
3.3.2.10.	Longitud de espiga…….....	83
3.3.2.11.	Acame del tallo…….	83
3.3.2.12.	Incidencia y severidad de enfermedades foliares…..	83
3.3.2.13.	Desgrane de espigas……...	85
3.3.2.14.	Días a la cosecha…….	85
3.3.2.15.	Rendimiento por parcela…….	85
3.3.2.16.	Porcentaje de humedad del grano……	85
3.3.2.17.	Rendimiento en kilogramo por hectárea……..	85
3.3.2.18.	Peso de 1000 semillas en gramos……	86
3.3.2.19.	Peso Hectolítrico…….....	86
3.3.3.	Económica…….	86
3.3.3.1.	Presupuesto parcial y Tasa Marginal de Retorno de	

	los tratamientos……	86
3.4.	MANEJO DEL EXPERIMENTO…….	86
3.4.1.	Selección del lote…….	86
3.4.2.	Toma de muestra del suelo……	86
3.4.3.	Preparación del terreno……...	87
3.4.4.	Fertilización química……	87
3.4.5.	Siembra……..	87
3.4.6.	Tape……	87
3.4.7.	Control químico de las malezas…….	87
3.4.8.	Fertilización complementaria con nitrógeno……	87
3.4.9.	Cosecha…….	88
3.4.10.	Trilla……	88
3.4.11.	Secado……...	88
3.4.12.	Aventado……	88
3.4.13.	Almacenamiento……...	88
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN…….....	89
4.1.	VARIABLES AGRONÓMICAS……...	89
4.2.	VARIABLES QUÍMICAS DEL SUELO Y DE LA PLANTA…….	106
4.3.	ÍNDICE DE NITRÓGENO……...	131
4.4.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN……	145
4.5.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL……...	146

4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRESUPUESTO PARCIAL…..... 149

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 153

5.1. CONCLUSIONES……..... 153

5.2. RECOMENDACIONES……... 155

VI. RESUMEN Y SUMMARY…… 157

6.1. RESUMEN……. 157

6.2. SUMMARY…… 159

VII. BIBLIOGRAFÍA…… 161

ANEXOS…….....

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO Nº	DENOMINACIÓN	PÁG.
Nº 1	Resultados del análisis del efecto principal de variedades en las variables: DEP; PMC; NMP; DF; AP; EMC; NEE; NGE; NGE; LE; ***Puccinia recóndita*** PR; Virus BYD (0 -9); ***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Helminthosporium spp***; ***Septoria tritici***; DC; RH; PS y PH……	89
Nº 2	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B dosis de nitrógeno en las variables: DEP; PMC; NMP; DF; AP; EMC; NEE; NGE; NGE; LE; ***Puccinia recóndita*** ; Virus BYD (0 -9); ***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Helminthosporium spp***; ***Septoria tritici***; DC; RH; PS; PH……..	97
Nº 3	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos (AxB) (Variedades x Dosis de nitrógeno) en las variables: DEP; PMC; NMP; DF; AP; EMC; NEE; NGE; NGE; LE; ***Puccinia recóndita*** (PR); Virus BYD (0 -9); ***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Helminthosporium spp***; ***Septoria tritici***; DC; RH; PS; PH……..	102
Nº 4	Resultados del análisis del efecto principal de variedades en los indicadores de química de suelos: EA; EQ; pH 0-30, 30-60 cm; NH_4^+ 0-30	

	30-60 cm; N-NO_3^- 0-30, 30-60 cm; BT; BR; ENT; ENR; MSR; BG; ENG; MSG……..	106
Nº 5	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B dosis de nitrógeno en los indicadores de química de suelos: EA; EQ; pH 0-30, 30-60 cm; NH_4^+ 0-30, 30-60 cm; N-NO_3^- 0-30, 30-60 cm BT; BR; ENT; ENR; MSR; BG; ENG; MSG……..	112
Nº 6	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos (AxB) (Variedades de trigo x Dosis de nitrógeno) en los indicadores de química de suelos: EA; EQ; pH 0 - 30, 30-60 cm; NH_4^+ 0-30, 30-60 cm; N-NO_3^- 0-30, 30-60 cm BT; ENT; ENR; MSR; BG; ENG; MSG...	122
Nº 7	Resumen de los principales resultados del análisis del Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador. Promedio de los tratamientos en estudio……	131
Nº 8	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que tuvieron una relación estadística significativa con el rendimiento de las variedades de trigo harinero (Variable Dependiente Y)……..	146
Nº 9	Análisis económico de presupuesto parcial (AEPP). Cultivo de trigo harinero……..	149
Nº 10	Análisis de dominancia……..	150
Nº 11	Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR%)..	150

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO Nº	DENOMINACIÓN	PÁG.
Nº 1	Respuesta de trigo a la aplicación de N; Factor B	101
Nº 2	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 1……	135
Nº 3	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 2……	136
Nº 4	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 3……	137
Nº 5	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 4……	138
Nº 6	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 5……	139
Nº 7	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 6……	140
Nº 8	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 7……	141
Nº 9	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 8……	142
Nº 10	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 9……	143
Nº 11	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4: Tratamiento Nº 10……	144

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de trigo (***Triticum vulgare L.***), es considerado el más importante a nivel mundial, constituyéndose en uno de los componentes básicos de la alimentación humana. El trigo ocupa aproximadamente el 32 % de la superficie destinada a cereales en el mundo, casi el 18 % de la superficie total arable. (Patín, J. 2007)

La producción mundial de trigo harinero en el año 2000, fue aproximadamente de 576 millones de toneladas. China fue el principal productor con 99,4 millones de toneladas. Le seguían India 74,3 millones, Estados Unidos 60,5 millones, Francia 37,6 millones, Rusia 36 millones y Canadá 26,8 millones. (Microsoft Encarta. 2009)

En Latinoamérica los países con mayor producción de trigo son Brasil con 9 millones de hectáreas y Argentina con 7 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 5.5 TM/ha. (Monar, C. 2008)

En el Ecuador en el año 1993, se cultivaron 34.456 hectáreas, con una producción total de 31.368 TM. (INEC. 2007. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

Para el año 2008, el Ecuador importó 600.000 TM, lo que significó el 99 % de la demanda nacional de trigo. (Monar, C. 2008)

Las provincias mayormente productoras de trigo en el Ecuador fueron: Bolívar 33 %, Chimborazo 14 %, Pichincha13 %, Carchi 13 % e Imbabura 12 %. (INEC. 2007)

En la provincia Bolívar, se cultivaron aproximadamente 8.250 has en el año 2000; principalmente en los cantones Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes, con un rendimiento promedio de 980 Kg/ha. (Monar, C. 2008)

El cultivo de trigo es una actividad de mucha importancia en las cadenas productivas de los sistemas de producción de los pequeños productores de nuestra provincia, como un producto de seguridad alimentaria e ingresos económicos, sin embargo la producción y productividad de este cultivo en la Provincia Bolívar, no es competitivo. (Monar, C. 2000)

El nitrógeno es uno de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta; ya que, procede de tres fuentes principales: las reservas orgánicas e inorgánicas del suelo; los fertilizantes minerales, los abonos orgánicos; y la Fijación Biológica del Nitrógeno que se encuentra en la atmósfera. Sin embargo, las reservas del suelo son muy limitadas y los fertilizantes son costosos por lo que la Fijación Biológica del N constituye una alternativa importante para aumentar la productividad de los cultivos. (Milano, E. 2007)

La capacidad de absorción del nitrógeno en el cultivo de trigo es de suma importancia, teniendo en cuenta que está directamente relacionada con el beneficio de la adición de fertilizante y su reflejo en la producción del cultivo.

La provincia Bolívar, es la principal productora de trigo harinero en el Ecuador; sin embargo no se han realizado estudios que permitan cuantificar la eficiencia del uso del nitrógeno. (Milano, E. 2007)

El factor limitante para la producción de este cultivo es por deficiencia y poca eficiencia de la fertilización nitrogenada. Se estima que entre el 20 y 50 % del fertilizante nitrogenado aplicado, es usado por la planta y mucho del remanente se pierde por procesos como la lixiviación, volatilización, entre otros.

Estudios realizados a nivel mundial y en nuestra provincia, demuestran una baja eficiencia del N, mismo que se lixivia como Nitratos, se

volatiliza como Amonio y NO_2, dando como efecto la contaminación de acuíferos y del ambiente. (Delgado, J. y Monar, C. 2010)

Esta investigación permitió contribuir con Buenas Prácticas de Manejo del cultivo de trigo harinero, particularmente los relacionados con el nitrógeno y de esta manera mejorar la eficiencia de los sistemas de producción.

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

- Evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de trigo harinero UEB - Carnavalero e INIAP - Mirador a la aplicación nitrogenada.

- Estudiar el efecto de cinco niveles de nitrógeno sobre los principales componentes del rendimiento de trigo harinero.

- Generar una base de datos del proceso de investigación de la eficiencia del uso de nitrógeno en el cultivo de trigo harinero.

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

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN

El origen del trigo cultivado se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Eufrates, habiendo numerosas gramíneas silvestres comprendidas en esta área y están emparentadas con el trigo. Desde Oriente Medio el cultivo del trigo se difundió a diferentes direcciones. Las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre hace más de doce mil años eran del tipo ***Triticum monococcum*** y ***T. dicocccum***, caracterizadas fundamentalmente por tener espigas frágiles. (http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm)

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El trigo taxonómicamente pertenece a:

Reino: Vegetal

División: Trachophyta

Clase: Angiosperma

Subclase: Monocotiledonea

Familia: Gramineal

Género: Triticum

Especie: vulgare. L. (http://es.scribd.com/doc/7256867/Trigo.htm)

2.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

2.3.1. Raíz

Posee una raíz fasciculada, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad. (Fierro, H. 1997)

El crecimiento de las raíces comienza en el período de ahijado, estando todas poco ramificadas. El desarrollo de las raíces se considera completo al final del "encañado". En condiciones de secano la densidad de las raíces entre los 30-60 cm. de profundidad es mayor, aunque en regadío el crecimiento de las raíces es mayor como corresponde a un mayor desarrollo. (http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm)

Por otra parte en suelo franco arcilloso se ha determinado que las raíces dependiendo de la variedad llegan hasta 30 cm de profundidad y en suelos francos el sistema radicular puede alcanzar hasta los 40 y 50 cm de profundidad. (Rojas, M. 2003)

2.3.2. Tallo

El tallo del trigo es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0,50 a 2 m de altura, es poco ramificado. El tallo, al comienzo de la fase vegetativa se halla dentro de una masa celular que constituye el nudo de ahijamiento. Este tallo presenta brotes auxiliares a partir de los cuales se originan los tallos hijos. Se vuelve después hueco, salvo en los nudos, donde permanece compacto. (Rojas, M. 2003)

El tallo se una caña y está formado por nudos y entrenudos; son cilíndricos o comprimidos, huecos o macizos. El nudo verdadero es un tabique que se manifiesta más abultada o algo contraído y es el punto donde nace la hoja y la yema. El papel del nudo verdadero es dar consistencia a la caña y junto al nudo vaginal que es el engrosamiento de la base de la vaina que envuelve el entrenudo. El nudo y tamaño de los entrenudos es variable según las especies, estando muy influenciados por las condiciones del suelo y clima. (Monar, C. 2004)

2.3.3. Hojas

Las hojas son cintiformes, paralelinervadas y terminan en punta. Las hojas constan de vaina, lígula y lámina. La vaina tiene formas de tubo, nace en el nudo y cubre el entrenudo. La lígula es una membrana que se halla en la parte superior interna de la hoja y existen dos apéndices que se llaman aurícula. La lámina es lanceolada de tamaño variable. (Biblioteca de la Agricultura. 1997)

Las hojas del trigo tienen una forma lineal lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas. Entre el limbo y la porción envainadora se encuentran un tejido de color blanco y sutil, de naturaleza membranosa, denominada lígula su forma y tamaño sirve para diferenciar el trigo de los demás géneros de cereales cuando las plantas aún no han echado las espigas. (Rojas, M. 2003)

2.3.4. Inflorescencia

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas, lodículos o glomélulas, las que albergan los órganos sexuales, integrados por tres estambres y un pistilo. Este pistilo posee un estigma bífido, el ovario encierra un solo óvulo. (Esquinas, J. 2006)

Una de las glumulas puede estar provistas de arista, entonces el trigo se llama de barba o aristado. Se han requerido un porcentaje entre dos y cuatro por ciento de polinización cruzada debido a factores ambientales, varietales y bióticos. (CIMMYT. 2007. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo)

2.3.5. Flor (espiga)

Consta de un pistilo y tres estambres. Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados. (http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htrn)

La flor es muy pequeña y desprovista de atractivo visual, su fecundación constituye un hecho importante, tiene lugar antes de la apertura de flor, es decir, antes que las anteras aparezcan al exterior. El trigo es una planta autogama, la cual tiene consecuencias importantes, en la práctica de la selección del cruzamiento y la reproducción de la planta. (Rojas, M. 2003)

Las flores se reúnen en espigas. Cada espiga consta de un eje principal o raquis sobre las que se distribuyen lateralmente las espiguillas. Estas constan de un eje principal del que nacen unos filamentos terminados por las glumas que encierran las flores hasta que estas empiezan a madurar. Además de las glumas se encuentran protegidas por otras dos brácteas: La interior, denominada palea y la exterior, llamada lema. Las flores son muy poco vistosas. No presentan pétalos ni sépalos. (Rojas, M. 2003)

Cada flor femenina consta de un ovario del que salen dos estilos terminados en dos estigmas plumosos pegajosos cada uno. Las flores masculinas presentan tres estambres que pueden ser dorados, verdes o violetas. (http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm)

2.3.6. Fruto

Es un cariopsis con el pericarpio soldado al tegumento. El endospermo contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano. (http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm)

El fruto es seco llamado botánicamente cariópside, comúnmente se conoce como granos o semilla. El fruto contiene un pequeño embrión y un

endospermo y un albumen muy desarrollado, ambos envueltos por unas capas de aleurona y una cáscara. (Enciclopedia Estudiantil. 1998)

Los granos presentan forma ovalada con sus extremos redondeados. El germen sobresale en uno de ellos y en el otro hay un mechón de pelos finos. El resto del grano, denominado endospermo, es un depósito de alimentos para el embrión, que representa el 82 % del peso del grano. A lo largo de la cara ventral del grano hay una depresión (surco): una invaginación de la aleurona y todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada. El pericarpio y la testa, juntamente con la capa aleurona, conforman el salvado de trigo. El grano de trigo contiene una parte de la proteína que se llama gluten. El gluten facilita la elaboración de levaduras de alta calidad, que son necesarias en la panificación. (INEC. 2007)

2.3.7. Ciclo vegetativo

En el ciclo vegetativo del trigo se distinguen tres períodos:

- **Período vegetativo**, que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.

- **Período de reproducción**, desde el encañado hasta la terminación del espigado.

- **Período de maduración**, que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección del total de trigo. (http://apuntes.rincondelvago.com/cultivo-del-trigo.html)

2.4. VARIEDAD DE TRIGO UEB – CARNAVALERO 2008

2.4.1. Origen

Después de nueve años de investigación, los docentes, alumnos, egresados de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB), técnicos del INIAP y productores obtuvieron un grano precoz harinero con el cruce de genética nacional y suiza en las zonas agroecológicas trigueras de los cantones Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes. (Monar, C. 2007)

2.4.2. Zonificación

Esta variedad se cultiva en la provincia Bolívar en altitudes comprendidas entre los 2.200 y 2.850 msnm. (Monar, C. 2007)

2.4.3. Características principales

Características agronómicas de trigo UEB - Carnavalero

Características	**Descripción**
Atura de planta	70 -80
Días a la floración	60-70
Ciclo del cultivo (días)	135-150
Rendimiento promedio rango kg/ha	2500-4000
Respuesta a estrés hídrico	Tolerante
Reacción a enfermedades: Roya amarilla: ***Puccinia striiformis*** Roya de la hoja: ***P. recondita*** Roya del tallo: ***P. graminis*** Mancha foliar: ***Fusarium nivale*** Carbón común: ***Tilletia caries***	 Resistencia intermedia Resistente Resistencia intermedia Resistencia intermedia Resistente
Color de grano	Rojo
Forma y tipo de grano	Ovoide, vítreos

Fuente: (Monar, C. 2007)

2.4.4. Características morfológicas

Características morfológicas

Características	Descripción
Tipo de espiga	Barbada
Color de espiga	Blanca
Desgrane de la espiga	Resistente al viento
Densidad de espiga	Compacta
Tipo de grano	Normal, bien formado y limpio
Número de macollas por planta	3-5
Tallo	Resistente al acame
Número de espiguillas por espiga	13-15
Número de granos por espiguilla	3
Número de granos por espiga	39-45

Fuente: (Monar, C. 2007)

2.4.5. Características de calidad

Características de calidad industrial del trigo UEB - Carnavalero

Características	Porcentaje (%)
Ceniza	1,57
Extracto etéreo	1,56
Proteína	13,61
Fibra	4,35
Extracto libre de nitrógeno	78,62

Fuente: (Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP Santa Catalina. 2007)

2.4.6. Características de calidad industrial

Características de calidad industrial trigo UEB - Carnavalero

Peso de 1.000 semillas	40-45 granos
Peso hectolítrico	81-82 puntos
Rendimiento harinero	80 %
Aptitud panadera	Buena a muy buena.

Fuente: (Monar, C. 2007)

2.5. VARIEDAD DE TRIGO INIAP - MIRADOR 2010

2.5.1. Origen

INIAP - Mirador 2010 es una variedad de trigo con calidad para panificar desarrollada por el INIAP. La variedad desarrollada por el INIAP, proviene de la cruza: TINAMOU/MILAN, realizada en la Estación Experimental Santa Catalina en el año 1997. A partir del año 2000, INIAP Mirador 2010 fue evaluado en varias localidades de la provincia Bolívar (Monar, C. et, al. 2010)

2.5.2. Características principales

Características agronómicas de trigo INIAP - Mirador

Características	**Descripción**
Ciclo del cultivo	160-170
Días al espigamiento	80-85
Rendimiento (t/ha)	4.0
Peso de 1000 granos /g)	44
Resistencia a sequia	Tolerante
Reacción a enfermedades: Roya amarilla: ***Puccinia striiformis*** Roya de la hoja: ***P. recondita*** ***Fusarium nivale*** a la espiga	 Resistencia parcial Resistencia parcial Resistente

Fuente: (Monar, C. et, al. 2010)

2.5.3. Características morfológicas trigo INIAP – Mirador 2010

Características

Características	Descripción
Número de macollas	6
Número de granos por espiga	47
Tipo de es espiga	Barbada compacta
Tipo de grano	Oblongo
Color de grano	Blanco
Tipo de tallo	Tolerante al vuelco
Altura de planta (cm)	92
Tamaño de espiga (cm)	11

Fuente: (Monar, C. et, al. 2010)

2.5.4. Características de calidad

Características de calidad industrial del trigo INIAP - Mirador

Características	Porcentaje (%)
Peso hectolítrico.	75-79 puntos
Proteína (%)	11.0-12.0
Aptitud panadera.	Buena
Rendimiento harinero.	70-75

Fuente: (Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP. 2010)

2.5.5. Zonificación

La variedad INIAP - Mirador 2010, se adapta a las zonas de producción de cereales ubicadas entre los 2200 y 2950 msnm, en los cantones Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes (Bolívar), Alausi y Chunchi (Chimborazo). (Monar, C. et, al. 2010)

2.6. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

2.6.1. Época de siembra

Para zona agroecológica media (2550 a 2950 msnm), la época de siembra adecuada es la del 15 de febrero hasta 15 marzo en los cantones de Guaranda y Chimbo y para la zona de Chillanes desde 15 de marzo hasta el 15 abril. (Monar, C. 2007)

2.6.2. Preparación del terreno

La preparación del suelo consiste en un pase de arado un mes antes de la siembra y un pase de rastra, 10 días antes de la siembra. (Monar, C. et, al. 2010)

2.6.3. Desinfección de la Semilla

Cuando se utilice semilla seleccionada antes de la siembra es necesario desinfectar con Carboxin más Captan, en una dosis de 90 gramos por quintal de semilla, utilizando equipos de protección: guantes, overol, mascarilla, gafas y botas. (Monar, C. 2007)

2.6.4. Densidad de siembra

Si la siembra la realiza con máquina, se recomienda usar 120 Kg/ha de semilla. Si la siembra es manual al voleo, la cantidad recomendada es de 135 Kg/ ha. (Monar, C. et, al. 2010)

2.6.5. Fertilización

Debe ser basada en el análisis de suelo, de no disponer del análisis, la fertilidad puede ser basada en la extracción de nutrientes del cultivo, es decir de 80-60-30-20 Kg/ha de N, P, K y S; lo cual se consigue con una aplicación de; dos sacos de 11-52-00 y 1 saco de sulpomag o de 3 sacos

de 10-30-10 a la siembra. Luego aplicar 1 saco de urea a los 40 días y otro saco de urea a los 70 días. (Monar, C. et, al. 2010)

2.6.6. Control de malezas

Para controlar malezas de hoja ancha se puede aplicar el herbicida Metsulfuron metil (Ally) en una dosis de 15 g/ha a los 20 y 30 días después de la siembra. (Monar, C. et, al. 2010)

2.6.7. Control de enfermedades

INIAP - Mirador 2010, es resistente a las principales enfermedades de trigo en Ecuador, por lo cual no requiere la aplicación de fungicidas. (Monar, C. et, al. 2010)

2.6.8. Cosecha

La cosecha debe ser realizada en época seca y cuando la humedad del grano se encuentre cerca al 14 %. Es recomendable secar al 13 % o menos antes de almacenarlo. (Monar, C. et, al. 2010)

2.6.9. Secado y almacenamiento

Después de la trilla secar en tendales o gangochas hasta un 13 % de humedad del grano, hacer un aventado y guardar en un sitio limpio y ventilado. (Monar, C. 2007)

2.7. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO

2.7.1. Pluviosidad

Por lo regular la planta de trigo requiere de 600 a 700 mm de precipitación desde la siembra hasta la cosecha. (López, A. 1999)

Sin embargo en la Granja Laguacoto II el cultivo de trigo UEB – Carnavalero 2008 e INIAP – Mirador han cumplido su ciclo de cultivo con

precipitaciones menos a 500 mm por ser un poco más precoces. (Monar, C. 2007)

2.7.2. Heliofanía

La luz es un factor importante. Necesitan de 1500 a 2000 horas de sol durante el ciclo de cultivo. En la época de floración, el trigo requiere un período de días largos es decir, con más de doce horas por día. Cuando la duración del día no es suficiente en la época de floración, éstas se tardan o no florecerán. Sin embargo algunas variedades son insensibles a la duración del día. (INIAP. 2001. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias)

2.7.3. Temperatura

El trigo se cultiva principalmente en zonas templadas. Sin embargo las plantas pueden crecer en áreas con altas temperaturas a condición que no haya alta humedad. La temperatura en que se cultiva en nuestro país está ubicada entre rangos de 8 a 18 °C. (Roja, M. 2003)

Por otra parte en algunos lugares el trigo germina a 0 °C, la temperatura más adecuada para el cultivo de trigo va de los 10 a los 20 °C pudiendo notarse que las temperaturas de 16 a 19 °C son las mejores. En cuanto a las unidades de calor, el trigo necesita 2200 unidades distribuidas de la siguiente manera: siembra a la floración: 1000 unidades. Floración a la madurez: 1200 unidades. (CIMMYT. 1986)

2.7.4. Humedad relativa

Requiere una humedad relativa entre 40 y 70 %; desde el espigamiento hasta la cosecha para un óptimo desarrollo y excelente producción. (http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo2.htm)

2.7.5. Suelo

El trigo se puede cultivar en suelos de la más diversa naturaleza con un buen porcentaje de arcilla, además de cierta cantidad de cal, es decir que son buenos para el cultivo de trigo suelos francos de tipo suelto y bien drenado. (Rojas, M. 2003)

El trigo requiere suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular. Al ser poco permeables los suelos arcillosos conservan demasiada humedad durante los inviernos lluviosos. En general se recomienda que las tierras de secano dispongan de un buen drenaje. (http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo2.htm)

De acuerdo a las investigaciones se ha comprobado que los suelos franco arcillosos y franco arenosos son los más indicados para este cultivo. (INIAP. 2006)

2.8. FERTILIZACIÓN

2.8.1. Fertilización inorgánica

El fertilizante resulta imprescindible para los altos rendimientos en las cosechas. Mediante la fertilización inorgánica, son añadidas al suelo cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros elementos minerales, las disponibilidades de éstos son muy bajas, ya que es bien conocido que una fracción queda inmovilizada en el suelo formando compuestos insolubles no asimilables por las plantas y otra es lavada mediante un proceso de lixiviación, lo cual además de pérdidas económicas, genera un importante problema de contaminación ambiental.

La fertilización de fondo, se efectúa antes de la siembra, con objeto de cubrir las necesidades del cultivo. Los fertilizantes que generalmente se utilizan son los de solubilidad lenta, para evitar el lavado de nutrientes. (Suquilanda, M. 2006)

2.8.2. Nitrógeno

Fue descubierto, aislado y estudiado por Rutherford en 1772 estudiando la respiración. Scheele y Lavoisier demostraron su existencia libre en el aire y la proporción en volumen en que se encuentra en este, mezclado con el oxígeno 4/5 partes. Primeramente fue llamado ázoe en griego significa sin vida, más tarde fue llamado nitrógeno del latín nitrum recordando que este es componente esencial del salitre o nitro. (http://html.rincondelvago.com/nitrogeno_1.html)

Según la geoquímica, el nitrógeno que ahora se encuentra en la atmósfera, existía originalmente como compuestos de amonio y nitratos 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 amoníaco. Posteriormente cuando la atmósfera se enriqueció con el oxígeno como resultado de la fotosíntesis, el amoníaco se oxidó a nitrógeno elemental. 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. (Fundora, O. y Arzola, N. 1993)

2.8.2.1. Estado natural

Abunda en el aire al estado libre; combinado se encuentra en el salitre de potasio (KNO_3) y en el nitro de Chile ($NaNO_3$) es constituyente esencial del protoplasma celular, por lo que se encuentra en toda materia viviente. (http://html.rincondelvago.com/nitrogeno_1.html)

El Nitrógeno es esencial para el crecimiento de la planta. Forma parte de cada célula viviente, éste promueve el rápido crecimiento e incrementa el tamaño de las hojas y el número de espiguillas por panoja, el N afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento.

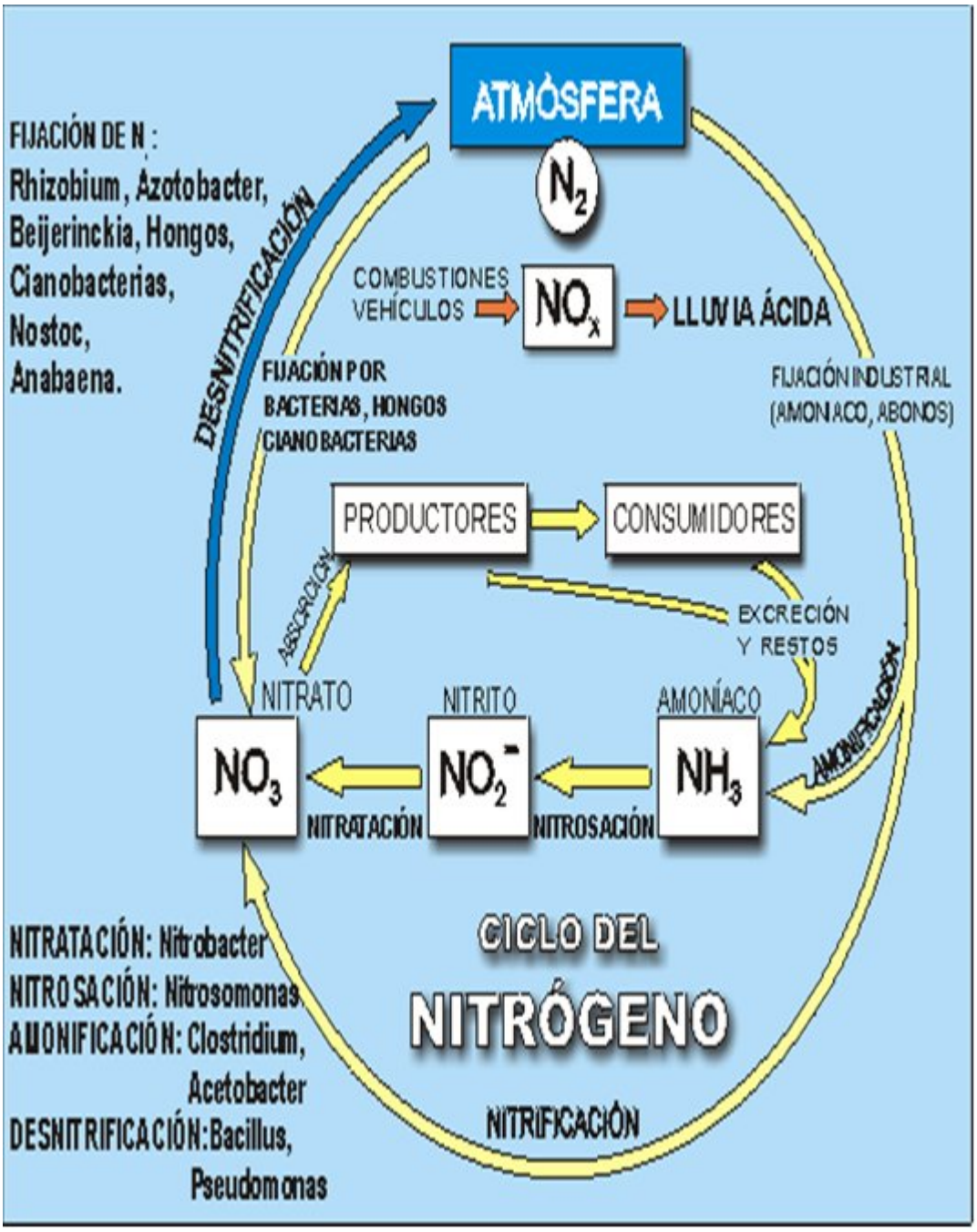
Las plantas absorben la mayoría de N en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-), algo de urea se absorbe directamente por las hojas y pequeñas cantidades de N se obtienen de aminoácidos solubles en agua. (Witt, C. 2002)

El N resulta esencial para el desarrollo de la planta. El N es necesario para la formación de las proteínas de las plantas. Entre todas estas, la clorofila es una de las más importantes. La falta de este componente se manifiesta en el amarillamiento de la misma en épocas de crecimiento de las cañas. Tradicionalmente el N era incorporado al suelo a través de la rotación de cultivos de trigo con leguminosas, lo que suponía no añadirlo. (http://www.botanical-online.com/buscadordebotanica.htm)

Las principales fuentes de nitrógeno para las plantas son la materia orgánica del suelo y el nitrógeno añadido con los fertilizantes. Las plantas toman preferentemente el nitrógeno en forma nítrica, pero, aunque en bastante menos proporción, pueden tomarlo en forma amoniacal. Los fertilizantes nitrogenados de forma nítrica se usarán cuando se encuentre avanzado el estado de cultivo, ya que, al no ser el ión NO_3^- retenido por los suelos, puede lavarse con lluvias abundantes. El Nitrógeno estimula la vegetación y la macolla y enriquece los granos de gluten, por lo que mejoran en calidad. La escasez de nitrógeno hace que las plantas tomen un color verde pálido, que el crecimiento sea lento y que la planta se endurezca. Un exceso de nitrógeno prolonga el ciclo vegetativo de la planta. (INIAP. 2006)

2.8.3. Ciclo del nitrógeno

El ciclo del nitrógeno es cada uno de los procesos biológicos y abióticos en que se basa el suministro de este elemento a los seres vivos. Es uno de los ciclos biogeoquímicos importantes en que se basa el equilibrio dinámico de composición de la biósfera.



(http://www.lenntech.es/ciclo-nitrogeno.htm)

2.8.3.1. Efectos

Los seres vivos cuentan con una gran proporción de nitrógeno en su composición química. El Nitrógeno oxidado que reciben como nitrato (NO_3^-) a grupos amino, reducidos (asimilación). Para volver a contar con nitrato hace falta que los descomponedores lo extraigan de la biomasa

dejándolo en la forma reducida de ión amonio (NH_4^+), proceso que se llama amonificación; y que luego el amonio sea oxidado a nitrato, proceso llamado nitrificación. (Ramírez, M. 2004)

Así parece que se cierra el ciclo biológico esencial. Pero el amonio y el nitrato son sustancias extremadamente solubles, que son arrastradas fácilmente por la escorrentía y la infiltración, lo que tiende a llevarlas al mar. Al final todo el nitrógeno atmosférico habría terminado, tras su conversión, disuelto en el mar. Los océanos serían ricos en nitrógeno, pero los continentes estarían prácticamente desprovistos de él, convertidos en desiertos biológicos, si no existieran otros dos procesos, mutuamente simétricos, en los que está implicado el nitrógeno atmosférico (N_2). Se trata de la fijación de Nitrógeno, que origina compuestos solubles a partir del N_2, y la desnitrificación, una forma de respiración anaerobia que devuelve N_2 a la atmósfera. De esta manera se mantiene un importante depósito de nitrógeno en el aire (donde representa un 78 % en volumen). (Pérez, S. y Torralba, A. 1997)

2.8.4. Fijación y asimilación de nitrógeno

El primer paso en el ciclo es la fijación (reducción) del nitrógeno atmosférico(N_2) a formas distintas susceptibles de incorporarse a la composición del suelo o de los seres vivos, como el ión amonio (NH_4^+) o los iones nitrito (NO_2^-) o nitrato (NO_3^-) (aunque el amonio puede ser usado por la mayoría de los organismos vivos, las bacterias del suelo derivan la energía de la oxidación de dicho compuesto a nitrito y últimamente a nitrato); y también su conversión a sustancias atmosféricas químicamente activas, como el dióxido de nitrógeno (NO_2^-), que reaccionan fácilmente para originar alguna de las anteriores. (FAO. 1996. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

2.8.4.1. Fijación por Rhizobia

Estas bacterias aerobias pertenecen al género ***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)

2.8.4.2. 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. y Werner, N. 1991)

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 esté 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 más 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)

2.8.4.3. 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, NO_3^-, y óxido 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, NO_3^-. La presencia de amoniaco, NO_3^- ha sido atribuida a su formación durante las descargas eléctricas atmosféricas, pero estudios recientes sugieren que tan solo un 10 o un 20 %, del amoniaco, NO_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.

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. (Tisdale, S. y Werner, N. 1991)

2.8.4.4. 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 y poco común, si lo comparamos con las necesidades que habitualmente se cubren con fertilizantes químicos. (http://www.miliarium.com/proyectos/nitratos/Nitrato/CicloNitrogeno.asp)

2.8.4.5. 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)

2.8.5. Formas de ser absorbido por la planta

2.8.5.1. 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.textos.cientificos.com urea.htm)

2.8.5.2. 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 biamonico	PO_4H	$(NH_4)_2$	18%	46%	0	0

(http://www.textos.cientificos.com urea.htm)

2.8.5.3. Compuestos nitrogenados solubles

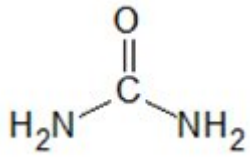
Es el caso de los aminoácidos (moléculas que poseen N y conforman las proteínas) y ácidos nucleicos. En suelos turbosos es común este tipo de absorción de aminoácidos. Estos pueden ser asimilados por la planta, pero su importancia es mínima desde el punto de vista de la cantidad. (Rodríguez, F. 1992)

2.8.6. 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)

2.8.6.1. Urea

Urea, también conocida como carbamida, carbonildiamida o ácido arbamídico, es el nombre del ácido carbónico de la diamida. Cuya fórmula 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.textos.cientificos.com urea.htm)

- **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.textos.cientificos.com urea.htm)

- **Solubilidad**

Es muy soluble en agua, alcohol y amoníaco. Poco soluble en éter y otros a temperatura ambiente. (Domínguez, A. 1998)

- **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)

- **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 las 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 o no similares, en la naturaleza se verifica la reacción en ambos sentidos. (http://www.textos.cientificos.com urea.htm)

- **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.

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

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. y Troeh, F. 1997)

- **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)

2.8.7. 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 los fertilizantes afecten, dañen, perjudiquen, inhiban, a la germinación y posterior el desarrollo de las plantas (toxicidad).

El logro de estos objetivos dependerá de las condiciones y propiedades del suelo (pH, capacidad buffer, textura, capacidad de intercambio catiónico, humedad, temperatura), de las características químicas del fertilizante (forma de Nitrógeno, anión o catión acompañante, acidez o alcalinidad, forma física, solubilidad), y del estado fenológico y desarrollo radicular de los cultivos existentes. (http://www.jardinyplantas.com/suelos-y-fertilizantes/tecnicas-de aplicacion-de-fertilizantes.html)

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.

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 grados centígrados 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 fosforo y potasio. Por lo tanto, para los fertilizantes nitrogenados, la decisión a tomarse 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.fertilizer.org/ifa/HomePage/FERTILIZERS-THE-INDUSTRY.html)

2.8.8. 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:

$$2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + H_2O$$

Nitrosomas

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$$

Nitrobacter

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

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:

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \longrightarrow H_2NCOONH_4$$

Ureasa

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

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.

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. (Thompson, L. Troeh, F. 1997)

2.8.9. Pérdidas del nitrógeno

2.8.9.1. 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 pérdidas totales de N, 52 a 73 % se perdió por esta vía en maíz y de 21 a 41 % en trigo. (http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2001/a2001_108.htm)

2.8.9.2. 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 por ciento bajo

labranza convencional y pueden duplicarse en siembra directa. (Miller, A. y Smith, S. 1996)

2.8.9.3. 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 %. (Miller, A. y Smith, S.1996)

2.8.9.4. Escurrimiento superficial

Las pérdidas son inferiores a 15 % y se presentan cuando el fertilizante se aplica en la superficie, sin incorporación, en suelos con pendientes mayores del 5 %. Las pérdidas son menores en siembra directa. (http://www.monografias.com/trabajos904/efecto-sistema-laboreo/efecto-sistema-laboreo2.shtml)

2.8.10. Factores que inciden en la eficiencia agronómica y química del nitrógeno

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización. La eficiencia puede ser expresada (%) en unidades de producto, o como la proporción del nutriente para la planta. (Uhart, S. y Echeverría H. 1997)

La eficiencia agronómica con la que las plantas utilizan el nitrógeno, depende de las características de la especie y la disponibilidad de nitrógeno. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, por ejemplo para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de nitrógeno absorbido en toda la planta, mientras que para el trigo la

eficiencia fisiológica media está alrededor de 30 kg de grano/kg de N. Los coeficientes de requerimientos de N que se utilizan en los modelos de balance son la inversa de esta eficiencia, lo que da para maíz unos 20 a 25 kg de N/t de grano y para trigo unos 30 a 35 kg N/t grano. (Díaz, R. 1992)

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. En el caso de la fertilización de cereales con nitrógeno, la eficiencia de utilización del N ha sido estimada en el orden del 33 % a nivel mundial. Esta estimación se realizó teniendo en cuenta la producción mundial de cereales, la concentración de N en los granos, el consumo de fertilizantes y suponiendo que el suelo y la atmósfera aportan un 50 % del N total removido. (Urquiaga, S. Zapata, F. 2000)

En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de nitrógeno aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del nitrógeno se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de nitrógeno se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia que luego se manifiestan. (http://html.rincondelvago.com/fertilidad-y-fertilizantes.html)

2.8.10.1. Eficiencia de uso del nitrógeno en trigo

La respuesta del trigo al nitrógeno es substancialmente menor a la que manifiesta el maíz. Esto puede atribuirse seguramente a la calidad superior del grano de trigo, ligado a una menor eficiencia fisiológica. Sin embargo, los ensayos realizados en la última década muestran una

respuesta promedio de 6 a 7 kg de trigo por cada kg de N aplicado, con máximos de 12 a 14. Esto significa que si el trigo requiere de 30 a 35 kg de N para producir una tonelada de grano, la eficiencia de utilización del nitrógeno de la urea es en promedio de 18 al 25 %, llegando en el mejor de los casos al 50 %, valores significativamente inferiores a los que presenta el maíz. Estos resultados están evidenciando que las pérdidas de nitrógeno o las ineficiencias para su aprovechamiento en el cultivo de trigo son elevadas y que existen substanciales posibilidades de mejorar. (http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp)

2.8.10.2. Incrementación de 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 nitrógeno, 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. Utilizar fuentes alternativas de nitrógeno 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 nitrógeno seria de gran utilidad, sin embargo esto se contrapone con la selección en ambientes de alta dotación de nitrógeno.

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. El riego frecuente, junto a dosis bajas de nitrógeno, incrementa la eficiencia de uso en la mayoría de los casos. La aplicación de los fertilizantes con el

agua de 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 nitrógeno y maximizar la eficiencia. Las rotaciones de cultivos con diferentes sistemas radicales y profundidad de enraizamiento permiten la mejor utilización y aprovechamiento del N. La aplicación de fertilizantes en campos cultivados se hace en una dosis única para potreros usualmente mayores a 10 hectáreas, sin considerar la variabilidad natural o adquirida dentro del potrero. La agricultura de precisión permite la aplicación precisa de fertilizantes teniendo en cuenta las necesidades de los cultivos y la variación de la fertilidad del suelo, incrementando la eficiencia de uso del nitrógeno en los cultivos. (http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp)

2.8.10.3. Consideraciones finales

Mediante un conjunto de prácticas de manejo, tecnologías y mejoramiento genético pueden lograrse eficiencias superiores al 85 %. Cada mejora en la eficiencia de uso del nitrógeno, que implica una reducción en la pérdida del mismo y un incremento en la absorción, repercute proporcionalmente en el retorno económico. Existen posibilidades concretas y vale el esfuerzo encararlas. Este es un aspecto que deberá ser considerado con mayor importancia en el futuro, si continúa la tendencia de disminución en valor relativo de los cereales y el aumento del costo de los fertilizantes. (http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp)

2.8.11. Necesidades de nitrógeno en el cultivo de trigo harinero

2.8.11.1. Nitrógeno

Las principales fuentes de nitrógeno para las plantas son la materia orgánica del suelo y el nitrógeno añadido con los fertilizantes. Las plantas

toman preferentemente el nitrógeno en forma nítrica, pero, aunque en bastante menos proporción, pueden tomarlo en forma amoniacal. Los fertilizantes nitrogenados de forma nítrica se usarán cuando se encuentre avanzado el estado de cultivo, ya que, al no ser el ión NO_3^- retenido por los suelos, puede lavarse con lluvias abundantes. El nitrógeno estimula la vegetación y la macolla y enriquece los granos de gluten, por lo que mejoran en calidad. La escasez de nitrógeno hace que las plantas tomen un color verde pálido, que el crecimiento sea lento y que la planta se endurezca. Un exceso de nitrógeno prolonga el ciclo vegetativo de la planta. (INIAP. 2006)

2.8.11.2. Fósforo

Si el contenido, de ($P_2 O_5$), se encuentra entre 5 y 15, se puede rebajar de un 30 a un 40 % del fósforo que se ha indicado como necesario. Si el contenido es normal se puede eliminar todo el fósforo.

El fósforo comienza a hacerse disponible a las plantas a partir de pH 6. La máxima disponibilidad se encuentra entre 6,5 y 7,5. A partir de un pH 8, la disponibilidad disminuye rápidamente. En otro aspecto, con pH superior a 8, se produce el fenómeno de "retrogradación", por el cual una parte del fósforo disponible, de ser soluble al agua y a los ácidos débiles, pasa a insoluble, y, por consiguiente, no disponible para la cosecha. En los suelos con pH inferior a 6 se hace necesario un encalado previo a la realización de fertilizante fosfatado.

A principio de la vida vegetativa del trigo, el fósforo favorece mucho el desarrollo de las hojas, que se encuentran más enderezadas, y beneficia también notablemente el desarrollo radicular. El fósforo es un correctivo del nitrógeno en el sentido de que da más rigidez a la planta, También resiste las heladas, así como el nitrógeno retrasa la maduración, el fósforo la anticipa. (CIMMYT. 2007)

2.8.11.3. Potasio

Corrientemente se denomina "potasa" al óxido de potasio, K_2O, y en potasa se expresan las riquezas de los fertilizantes potásicos.

La potasa queda enterrada por los coloides del suelo, por lo que debe incorporarse con una rastra para ponerla al alcance de las raíces.

El potasio disminuye la transpiración, por lo que la resistencia a la sequía aumenta; también hace a la planta más resistente al frío. La necesidad máxima de potasio para el trigo es en el encañado donde necesita más. (http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp)

2.8.12. Fuentes de N

El nitrógeno no se encuentra en la fracción mineral del suelo. De tal manera; que el nitrógeno existente en el suelo proviene de diferentes fuentes como:

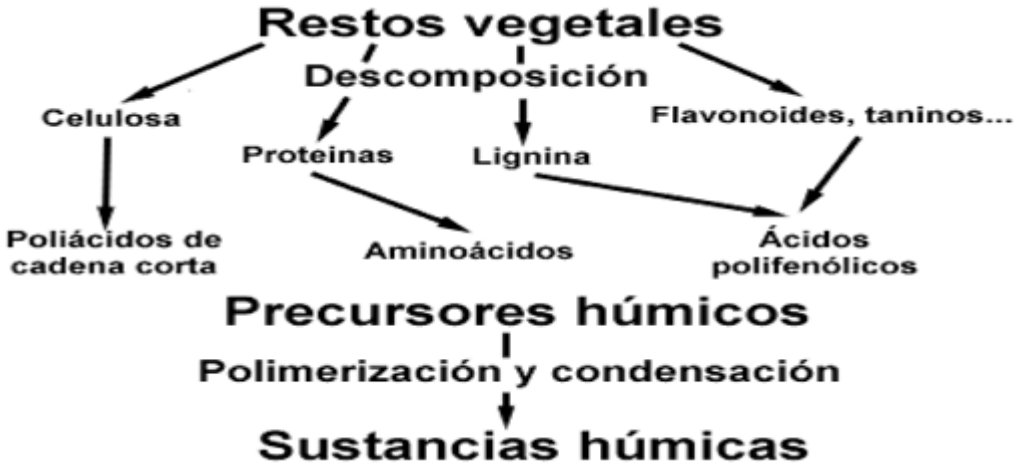
2.8.12.1. Fuentes químicas

	N %
• Amoníaco Anhidro, NH_3	82
• Cianamida de Calcio, $CaCN_2$	21
• Cloruro de Amonio, NH_4Cl	26
• Diacianodiamida, (cianogunidina, lenta liberación) $C_2N_4H_4$	65
• Fosfato de Amonio	25
• $(NH_4)_2HPO_4$	18
• $(NH_4)H_2PO_4$	11
• Hidróxido de Amonio (AquaAmonia), NH_4OH	16
• Melamina, (muy lenta liberación) $C_3H_6N_6$	66
• Metafosfato de Amonio, NH_4PO_3	16
• Nitrato de Amonio, NH_4NO_3	32

- Nitrato de Calcio Ca $(NO_3)_2$-$_4H_2O$ 16
- Nitrato de Calcio y Amonio Decahidratado, 5Ca $(NO_3)_2$-NH_4NO_3-$10H_2$ 17
- Nitrato de Potasio, KNO_3 13
- Nitrato de Sodio, $NaNO_3$ 16
- Oxamida, (lenta liberación) $C_2H_4N_2O_2$ 28
- Sulfato de Amonio, $(NH_4)_2\ SO_4$ 21
- Tiosulfato de Amonio $(NH_4)_2S_2O_3$ (liquido) 12
- Tiazona, $C_3H_7N_3O$ 26
- Urea, NH_2CONH_2 46
- Urea cubierta de Azufre, (lenta liberación) S+ NH_2CONH_2 30
- Urea cubierta por polímeros, (lenta liberación)+A15 NH_2CONH_2 40

(http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/2DF664B109C4C2AC05256B9E002AECBA?opendocument&navigator=herramientas.html)

2.8.12.2. Fuentes orgánicas



La materia orgánica tiene un efecto contrario, todo el proceso de humificación es una constante fuente de grupos ácidos por lo que la tendencia inicial es una reducción del pH. (Fairhurst, T. 2002)

La descomposición de los restos vegetales genera una serie de sustancias cuya característica principal es la presencia de varios grupos carboxílicos dentro de moléculas de masa baja o media, por lo que su importancia relativa es elevada. Ello genera una acidez elevada. A medida que se inicia el proceso de humificación propiamente dicho, caracterizado por una polimerización y condensación de algunos de los compuestos anteriores, y de la incorporación de otros como cadenas laterales del gran núcleo formado. La importancia relativa de los grupos carboxílicos decrece a medida que aumenta el tamaño de la molécula. La consecuencia es una disminución de la acidez con la maduración de las sustancias húmicas. (Maschner, H. 1986.)

2.8.12.3. Abonos verdes

Es una práctica que consiste en cultivar plantas, especialmente leguminosas (como trébol, alfalfa, fréjol, etc.) o gramíneas (como avena, cebada, reygrass, etc.), luego son incorporadas al suelo en estado verde sin previa descomposición, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y de la misma manera producir nutrientes como el N, K, que ayuden en el desarrollo de los cultivos. (http://www.rolf-derpsch.com/abonoverde.html)

2.8.12.4. Gallinaza

Se obtiene del secado de las camas de los gallineros, en las que por tanto se encuentran mezclados los excrementos, el orín, restos de plumas y el material absorbente empleado en estas (generalmente paja, serrín y papel. Dependiendo del sistema de recogida de excrementos que se utilice en la granja de origen, los contenidos de humedad variarán, así como la proporción de elementos absorbentes que tiene un pobre valor como abono. (Técnico en Agricultura. 2002)

2.8.12.5. Ecoabonaza

Se deriva de la pollinaza de la granja de engorde de PRONACA, la cual es compactada, clasificada y procesada para potenciar sus cualidades. Por su alto contenido de materia orgánica, mejora la calidad de los suelos y provee los elementos básicos para el desarrollo apropiado a los cultivos. (http://agrofuerte.com/vercatalogo.php?id_producto=753&id=1951&TB_iframe=1&width=800&height=475.html)

2.8.12.6. La composta

Es un tipo de abono orgánico que se prepara con diferentes materiales orgánicos, presentando grandes beneficios para los cultivos como: Aumenta las cosechas, si la tierra es arenosa la hace más firme e incorpora macronutrientes y micronutrientes al suelo y lo mantiene siempre fértil. (http://www.geocities.com/raaapero/ao.html)

2.8.13. Amonificación

La amonificación es la conversión a ión amonio del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino ($-NH_2$) o imino (-NH-). Los animales, que no oxidan el nitrógeno, se deshacen del que tienen en exceso en forma de distintos compuestos. Los acuáticos producen directamente amoníaco (NH_3^-), que en disolución se convierte en ión amonio. Los terrestres producen urea, $(NH_2)_2CO$, que es muy soluble y se concentra fácilmente en la orina; o compuestos nitrogenados insolubles como la guanina y el ácido úrico, que son purinas, y ésta es la forma común en aves o en insectos y, en general, en animales que no disponen de un suministro garantizado de agua. El nitrógeno biológico que no llega ya como amonio al sustrato, la mayor parte en ecosistemas continentales, es convertido a esa forma por la acción de microorganismos descomponedores.

Amonificación es una etapa importante en el ciclo del nitrógeno. Al igual que muchos otros ciclos naturales, el ciclo del nitrógeno puede ser interrumpido por las actividades humanas que pueden conducir a desequilibrios en las diversas etapas, a veces causando problemas ambientales. Amonificación puede ser un área problemática importante en el ciclo del nitrógeno cuando se produce la intervención humana, como acumulaciones de amoníaco puede causar problemas de salud y el medio ambiente. (Medina, N. y Pino, M. 1992)

El proceso de amonificación es el resultado de la descomposición de materia orgánica, como los animales muertos y las plantas o los residuos como excremento. Este reparto se lleva a cabo por decenas de microorganismos que utilizan materia orgánica muerta de la energía y producir amoníaco y compuestos relacionados como un subproducto de su metabolismo. Amonificación clásicamente se produce en el suelo, en un ambiente aeróbico que da a las bacterias y otros microorganismos de oxígeno. (http://www.manualdelombricultura.com/index.html)

Una vez la amonificación se ha logrado, la siguiente etapa de nitrificación, puede ocurrir. En la nitrificación, el amoníaco se utiliza para producir energía por otros microorganismos que a su vez producen nitrógeno como subproducto. Algunos de los que el nitrógeno es absorbido por las plantas en la zona, y algunos de ellos escapan a la atmósfera. Nitrógeno atmosférico que flotan libremente a su vez puede ser “arreglado” por las plantas que con el tiempo se come o se mueren, comenzando el ciclo de nuevo. (http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_nitrógeno.html)

Si hay un exceso de materia orgánica, tales como los desbordamientos de las piscinas de contención de estiércol, amonificación de que el material puede causar una peligrosa acumulación de amoníaco, que puede dañar el medio ambiente. Los compuestos de amoníaco y el amoníaco pueden también entrar en la vía acuática, lo que significa que puede propagarse a

través de grandes distancias y causar daños a la salud humana y animales. Amonificación puede ser un problema si las poblaciones de bacterias que contribuyen a la nitrificación son incapaces de mantenerse al día con la cantidad de amoníaco y compuestos relacionados en el suelo. (Medina, N. y Pino, M. 1992)

Algunos jardineros añaden enmiendas al suelo que están específicamente diseñados para promover la amonificación y nitrificación del suelo para que sus plantas tengan un suministro constante de nutrientes. Estos aditivos también promueven la salud general de los suelos y el equilibrio correcto de microorganismos útiles que se pueden beneficiar del jardín, y el suelo puede estar más integrado con el uso de otras enmiendas para asegurar que estos microorganismos tienen siempre algo en qué trabajar. En situaciones en las acumulaciones de materia orgánica están causando problemas ambientales, compuestos para promover la descomposición y reciclaje de los materiales se utilizarán como parte de la remediación ambiental. (http://www.manualdelombricultura.com/index.html)

2.8.14. Nitrificación

La nitrificación es la oxidación biológica del amonio al nitrato por microorganismos aerobios que usan el oxígeno molecular (O_2) como receptor de electrones, es decir, como oxidante. A estos organismos el proceso les sirve para obtener energía, al modo en que los heterótrofos la consiguen oxidando alimentos orgánicos a través de la respiración celular. El C lo consiguen del CO_2 atmosférico, así que son organismos autótrofos. El proceso fue descubierto por Sergéi Vinogradski y en realidad consiste en dos procesos distintos, separados y consecutivos, realizados por organismos diferentes:

- **Nitritación**. Partiendo de amonio se obtiene nitrito (NO_2^-). Lo realizan bacterias de, entre otros, los géneros Nitrosomonas y Nitrosococcus.

- **Nitratación**. Partiendo de nitrito se produce nitrato (NO_3^-). Lo realizan bacterias del género Nitrobacter.

La combinación de amonificación y nitrificación devuelve a una forma asimilable por las plantas, el nitrógeno que ellas tomaron del suelo y pusieron en circulación por la cadena trófica. (Ramírez, M. 2004)

El nitrógeno nítrico es la forma en la que la planta absorbe la mayor cantidad de nitrógeno. Es muy soluble en agua y no es retenido por el poder absorbente del suelo, sino que desciende a capas profundas del terreno arrastrado por el agua. Durante este transporte es cuando las raíces deben tomarlo para no perderlo. Si el nitrógeno aportado con los fertilizantes está en esta forma química, gran parte del mismo puede perderse al subsuelo sin que las raíces tengan tiempo para tomarlo. (http://es.wikipedia.org/wiki/Nitrificación.html)

Es muy importante que se produzca en el suelo toda la cadena de transformación del nitrógeno. Esta se consigue de forma natural en un corto espacio de tiempo y asegura un suministro "controlado" del nutriente sin pérdidas importantes del mismo por lixiviación con el consiguiente beneficio para la planta y el medio ambiente. (Ramírez, M. 2004)

2.8.15. Inmovilización

La mineralización es la transformación del nitrógeno orgánico en amonio (NH_4^+) mediante la acción de los microorganismos del suelo. La inmovilización es el proceso contrario. Como ambos actúan en sentido opuesto, su balance se denomina mineralización neta. La mineralización neta de la materia orgánica del suelo depende de muchos factores, tales como el contenido en materia orgánica, la humedad y la temperatura del suelo. En climas templados la mineralización neta anual es, aproximadamente, el 1 -2 por ciento del nitrógeno total, y esto supone una

producción de nitrógeno mineral de unos 40 a 150 kg/ha, en los primeros 30 cm del suelo. (Ramírez, M. 2004)

2.8.16. Desnitrificación

La desnitrificación es la reducción del ión nitrato (NO_3^-), presente en el suelo o el agua, a nitrógeno molecular o diatómico (N_2) la sustancia más abundante en la composición del aire. Por su lugar en el ciclo del nitrógeno este proceso es el opuesto a la fijación del nitrógeno. (Martínez, R.et, al. 2008)

Lo realizan ciertas bacterias heterótrofas, como ***Pseudomonas fluorescens***, para obtener energía. El proceso es parte de un metabolismo degradadito de la clase llamada respiración anaerobia, en la que distintas sustancias, en este caso el nitrato, toman el papel de oxidante (aceptor de electrones) que en la respiración celular normal o aerobia corresponde al oxígeno (O_2). El proceso se produce en condiciones anaerobias por bacterias que normalmente prefieren utilizar el oxígeno si está disponible. (Domínguez, A. 1989)

Como se ha dicho, la desnitrificación es fundamental para que el nitrógeno vuelva a la atmósfera, la única manera de que no termine disuelto íntegramente en los mares, dejando sin nutrientes a la vida continental. Sin él la fijación de nitrógeno, abiótica y biótica, habría terminado por provocar la depleción (eliminación) del N_2 atmosférico.

La desnitrificación es empleada, en los procesos técnicos de depuración controlada de aguas residuales, para eliminar el nitrato, cuya presencia favorece la eutrofización y reduce la potabilidad del agua, porque se reduce a nitrito por la flora intestinal, y éste es cancerígeno. (http://es.scribd.com/doc/3855413/Desnitrificacion-resumen)

2.8.17. Ventajas y desventajas del N en las plantas

El nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes para las plantas, pero a la vez uno de los más limitantes en los suelos de Latinoamérica. Por lo tanto presenta las siguientes ventajas y desventajas:

2.8.17.1. Ventajas

- Fomenta el crecimiento rápido en las plantas.
- Es fundamental para formar los órganos vegetativos y de reproducción de las plantas.
- Aumenta el contenido de proteínas en los granos.
- Síntesis de aminoácidos.

2.8.17.2. Desventajas

- Pérdida uniforme del color verde del follaje.
- Las hojas nuevas alcanzan tamaño pequeño y color amarillento.
- Crecimiento lento y raquítico.
- Cuando la deficiencia es grave, disminuye considerablemente la floración, y por tanto, la cosecha.

En los cereales principalmente presenta un deficiente desarrollo aéreo de la planta; los tallos pueden presentar una coloración rojiza o púrpura. (Técnico en Agricultura. 2002)

2.8.17.3. Cuando existe un exceso de N; presentan los siguientes síntomas:

- Exceso de follaje con un rendimiento pobre en frutos.
- Las plantas crecen demasiado rápido.

- Desarrollo radicular mínimo frente al desarrollo foliar.
- Retraso en la floración y formación de la semilla.
- Todas las estructuras están más propensas a enfermedades.

Hay desproporción entre el crecimiento de las raíces, que es más lento, y el crecimiento del tallo, más rápido. Por ello, puede presentarse volcamiento de la planta. (Técnico en Agricultura. 2002)

2.8.18. Contaminación por el N

2.8.18.1. 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^+ ONO_3.
- El catión o anión acompañante.
- El cultivo.
- El destino final del N del fertilizante.

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/articulos/Los%20Fertilizantes%20Nitrogenados%20y%20la%20Acidificacion%20del%20Suelo.asp)

2.8.18.2. Contaminación por nitratos

El Nitrógeno, 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 l 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. (http://edafologia.ugr.es/conta/tema14/nitrog.htm)

2.8.18.3. 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 (ríos, riachuelos, lagunas, lagos y costas es donde van a parar los excedentes de los diferentes nutrientes y demás residuos).

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. (http://eurocontaminacion...blogspot...com/2009/05/repunta-la-contaminacion-por-nitratos.html)

La presencia en la atmósfera de gases ricos en N 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 efectos invernaderos. Como vemos, los excesos de N pueden tener unos efectos tan devastadores y peligrosos como son los gases de efecto invernadero. (http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Nitratos/Welcome.asp)

2.8.18.4. 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 y que en lo posterior causan daño).

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 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 menores de un año de vida. (http://fgonzalesh.blogspot.com/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html)

2.8.18.5. 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).

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 y el abuso de dosis de los mismos. (http://www.botanical-online.com/aguacontaminantes.htm)

2.8.18.6. 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 lo tanto, el riesgo de contaminación de las

aguas por nitratos, cuando se habla de contaminación, el pensamiento y la mirada 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.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamNitr.htm)

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 y ambiente disminuyen las productividades 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 y agua de consumo doméstico y de los animales y agua de riegos (http://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/39819-El-papel-del-nitrogeno-en-la-agricultura-y-la-contaminacion-por-nitrato.html)

2.9. Clasificación taxonómica del Suelo

2.9.1. Orden Inceptosoles

Suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados; los procesos de traslocación y acumulación puede presentarse. Constituye una etapa subsiguiente de la evolución, en relación o igualdad con los Entisoles. (http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_de_suelos#Inceptisoles.html)

Los Incéptisoles ocurren en cualquier tipo de clima y se han originado a partir de diferentes materiales parentales (materiales resistentes o cenizas

volcánicas); en posiciones o lugar de relieve extremo, fuerte pendiente de presiones o superficies geomorfológicos jóvenes. La definición de los Incéptisoles es inevitablemente complicada. Abarca suelos que son muy pobremente drenados a suelos bien drenados y como ya se ha indicado en la presencia de algunos horizontes diagnósticos, sin embargo el perfil ideal del Inceptisoles incluiría una secuencia de un epipedonócrico sobre un horizonte cámbrico. (Baver, G. 1991)

El uso de estos suelos es muy diverso y variado, las áreas de pendientes más apropiadas para la reforestación mientras que los suelos de depresiones drenaje artificial pueden ser cultivados intensamente.

Dentro de este orden se identifican tres subórdenes caracterizados por la humedad, temperatura y mineralogía del suelo. (Jackson, M. 1982)

2.9.2. Suborden Andeps

Son los Inseptisoles originados de las cenizas volcánicas y se encuentran cerca de las montañas que tienen actividad volcánica (principalmente en el callejón interandino). Son suelos que se presentan más o menos sin restricciones de drenaje, tiene una baja densidad aparente (<0.8 g/cc), apreciable cantidad de alófana, alta cantidad de intercambio catiónico y alto contenido de minerales piroplásticos. Características principales de estos suelos debido a que pueden ser originados de diferentes aportes volcánicos, presentan muchas veces horizontes “enterrado” que corresponden a anteriores capas superficiales ricas en materia orgánica. Los grandes grupos se definen en función de los criterios: saturación en baja retención de humedad. (Baver, G. 1991)

2.9.3. Hídrandepis

Son los Andeps negros de regiones con muy alta pero bien distribuida precipitación. Estos suelos tienen siempre un contenido de húmeda por

debajo de la capacidad de campo. La lixiviación es casi un proceso continuo. (Martin, A. 1990)

2.9.4. Suborden Dystrandept

Poseen gran cantidad de carbón orgánico y materiales amorfos y un bajo contenido de bases. Se han desarrollo en climas húmedos. Poseen un alto poder de fijación del fósforo, lo cual limita su capacidad de uso. Son profundos de color muy negro en las zonas frías y amarillentas en las zonas cálidas y templadas. (Martin, A. 1990)

2.9.5. Eutrandeps

Son los Andeps con gran cantidad de materiales amorfos y carbón orgánico y alto contenido de bases. (Baver, G. 1991)

2.9.6. Itrandepts

Son los Andeps caracterizados por la presencia de grandes cantidades; de materiales piroplásticos como vidrio, ceniza y pómez. De texturas francas. (http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_de_suelos#Inceptisoles.html)

2.9.7. Andisoles

Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica, cercanos a áreas volcánicas que tienen baja densidad aparente (menor de (0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo. Son suelos de color muy oscuro. Sin embargo por sus mismas características y las posiciones que en algunos casos ocupan en el relieve tienden a erosionarse con facilidad. Una característica de los andisoles es su alta retención de fosfatos (arriba del 85 %) lo cual es una limitante para el manejo, por lo que se debe de considerar en los planes de fertilidad. (Jackson, M. 1982)

2.9.8. Suborden Udands

Andisoles que no están secos en su interior, por más de 90 días en el año. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año, se halla presente en climas húmedos. (Baver, G. 1991)

2.10. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO

2.10.1. pH, acidez y alcalinidad

Desde el punto de vista del cultivo de las plantas 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. (http://qiimiica2viiriirsszkawaii.blogspot.com/2011/02/acidez-del-suelo.html)

2.10.2. Capacidad de Intercambio Catiónico

Es una de las propiedades químicas más importante del suelo porque 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. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se expresa en miliequivalentes 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)

2.10.3. 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. (Técnico en agricultura. 2002)

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)

La materia orgánica ha sido considerada tradicionalmente uno de los factores fundamentales de la fertilidad de los suelos. Es el reservorio de alrededor del 95% del nitrógeno edáfico e influye favorablemente sobre propiedades físicas como la estabilidad de la estructura, la erodabilidad y la densidad aparente. Se la considera también uno de los componentes principales de la sustentabilidad de los agroecosistemas. (Echeverría, H. et, al. 1993)

2.10.4. 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. (Jackson, M. 1982)

2.10.5. Macro y micro nutrientes

2.10.5.1. Macronutrientes

Los macronutrientes son aquellos elementos primordiales para el desarrollo de los cultivos y son absorbidos por las raíces de las plantas en grandes proporciones para su buen desarrollo .Dentro de los macronutrientes tenemos los siguientes elementos:

- **Nitrógeno (N)**

El nitrógeno es importante en el cultivo porque es un componente esencial de los aminoácidos, proteínas, clorofila, de las enzimas y otros componentes que se encuentran en las membranas celulares. La mayor parte del nitrógeno presente en el tejido vegetal de la planta se presenta como proteína enzimática en los cloroplastos y formando parte de las proteína en las semillas.

La principal función del nitrógeno es estimular el crecimiento de la planta, especialmente en la etapa inicial de crecimiento vegetativo, generando un alto índice de área foliar y prolongando el período útil de las hojas a través del tiempo. El N además, incrementa el número de ejes durante de floración, el número de flores, número y peso de la vaina, aumentando por lo tanto el rendimiento. Además regula la cantidad de hormonas dentro de las plantas. (http://clubensayos.com/Ciencia/Micro-Y-Macronutrientes-Del-Suelo/64525. html)

- **Fósforo (P)**

El P es esencial para el transporte y almacenamiento de energía en la planta. El P es móvil dentro de la planta, promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz, la floración temprana y la maduración. Es particularmente importante en las primeras fases de crecimiento. (Witt, C. 2002)

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, aparece en la planta de maíz en otros cultivos sensibles al déficit de P especialmente a bajas temperaturas, adicionalmente la falta de P retarda la madurez. (Milano, E. 2007)

- **Potasio (K)**

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. (Witt, C. 2002)

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 completamente y grano de mal aspecto. (Milano, E. 2007)

- **Calcio (Ca)**

El Ca pertenece a los llamados nutrientes secundarios, este es absorbido por la planta en forma de catión Ca^{++}, una vez dentro de la planta, el Ca funciona en varias formas: estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, ayuda a activar varios procesos enzimáticos, influye indirectamente en el rendimiento. (Witt, C. 2002)

La deficiencia de Ca generalmente aparece primero en las hojas jóvenes. La deficiencia de Ca también limita la función de las raíces y puede predisponer la toxicidad de Fe. Un adecuado suplemento de Ca incrementa la resistencia a enfermedades causado por ***Xanthomonas*** **o** ***Helminthosporium***. (Witt, C. 2002)

- **Magnesio (Mg)**

El Mg es constituyente de la clorofila y por lo tanto está involucrado en la fotosíntesis. El Mg es muy móvil puede translocarse fácilmente de hojas viejas a hojas jóvenes, por esta razón, los síntomas de deficiencia aparecen primero en hojas viejas. Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas inferiores (viejas), las hojas presentan un color amarillento, bronceado o rojizo, mientras que las venas se mantienen verdes, en el maíz se presentan fajas amarillentas a lo largo de las hojas. (Martin, A. 1990)

2.10.5.2. Micronutrientes

Consideramos micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en planta es menor a 0.1% en peso seco. Actualmente se consideran micronutrientes a los siguientes elementos: Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Molibdeno.

Los micronutrientes presentan dos características generales que les diferencian de los macronutrientes:

El orden de magnitud de las concentraciones de micronutrientes en los tejidos vegetales es significativamente inferior a los de los macronutrientes. Los micronutrientes no participan en procesos que dependen de concentración, como los osmóticos, pH, antagonismo catiónico, Una excepción es el cloro que puede tener un papel osmótico, tampoco suelen desempeñar funciones estructurales, a excepción del B

en la pared celular de la planta. (http://clubensayos.com/Ciencia/Micro-Y-Macronutrientes-Del-Suelo/64525.html)

- **El Zinc (Zn)**

Es esencial para varios procesos bioquímicos en la planta de maíz. El Zn se acumula en las raíces, pero puede traslocarse hacia las partes de la planta en desarrollo. Sin embargo, debido a que existe poca re-taslocación de Zn deficiencia de N, los síntomas de la deficiencia de Zn son más comunes en las hojas jóvenes. La deficiencia de Zn en maíz hace que el ápice se torne de color amarillento claro a blanco en las etapas iniciales de crecimiento de la planta, las hojas desarrollan franjas de color amarillento (clorosis) localizadas a un lado o a ambos lados de la nervadura central. (Witt, C. 2002)

- **Azufre (S)**

El S es absorbido por la planta desde la solución del suelo en forma de SO_4 siendo el S parte de todas y cada una de las células vivientes participa en la síntesis de proteínas, forma parte 2 de los 21 aminoácidos. También interviene en el metabolismo de los carbohidratos, ayuda a la formación de la semilla. (Witt, C. 2002)

Las plantas que tienen deficiencia de S presentan un color verde pálido y crecimiento lento, las hojas se arrugan a medida que la deficiencia avanza, los síntomas de deficiencia son similares a los de N con la diferencia que siendo menos móvil que este les deficiencias de S son más visibles en las hojas más jóvenes. (Martin, A. 1990)

- **Silicio (Si)**

El Si es un nutriente “benéfico” para el maíz. La planta requiere este elemento para desarrollar hojas, tallos y raíces fuertes. La eficiencia del

uso del agua se reduce en plantas que tienen deficiencia de Si. (Witt, C. 2002)

- **Hierro (Fe)**

El Fe es un metal que cataliza la formación de la clorofila y actúa como un transportador del oxígeno, también ayuda a formar ciertos sistemas enzimáticos que actúan en los procesos de respiración. La deficiencia de Fe puede ser causada por un desbalance con otros metales como Mo, Cu o Mn, también puede influir un exceso de P en el suelo, niveles bajos de materia orgánica en el suelo. (Witt, C. 2002)

- **Manganeso (Mn)**

El Mn está involucrado principalmente en el sistema enzimático de la planta, activa varias reacciones metabólicas importantes. El Mn acelera la germinación y la maduración de las plantas e incrementa la disponibilidad de P y Ca. (Baver, G. 1991)

Debido a que el Mn no se trasloca en la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes como un amarillamiento entre las venas, en algunas ocasiones aparecen una serie de puntos de color café oscuros, las deficiencias de Mn ocurren con más frecuencia en suelos con alto contenido de materia orgánica y con pH de neutro a alcalinos. (Martin, A. 1990)

- **Cobre (Cu)**

El Cu tiene un papel importante en los siguientes procesos: metabolismo de N, proteínas y hormonas, fotosíntesis y respiración, formación y fertilización del polen. (Witt, C. 2002)

Los síntomas comunes de la deficiencia de Cu en cereales son la falta de formaciones de panoja o granos, las hojas pierden la turgencia, que luego

desarrollan un color azul-verdoso y luego se tornan cloróticas finalmente enrollándose. Estas plantas no llegan a florecer. Los suelos orgánicos son los más propensos a ser deficientes en Cu, por lo general tienen cantidades adecuadas de Cu sin embargo esta tan fuertemente retenido que muy poca cantidad está disponible para el cultivo, mientras los suelos arenosos presentan deficiencia debido a las perdidas por lixiviación, son los suelos pesados (arcillosos) los que presentan menores índices de deficiencia de Cu. (Martin, A. 1990)

- **Boro (B)**

El B es esencial para la germinación de los granos de polen, el crecimiento del tubo polínico y para la formación de semillas, además tiene un importante constituyente de la pared celular. (Witt, C. 2002)

Debido a que el B no se transloca al crecimiento nuevo, los síntomas de deficiencia generalmente aparecen primero en las hojas jóvenes, otro síntoma de deficiencia es la detención en el crecimiento de las plantas. La respuesta de los cultivos a la fertilización es muy variada siendo los cereales los que menos responden, existe un estrecho rango entre la deficiencia de B y la toxicidad por lo cual los fertilizantes que contengan este nutriente deberán ser aplicados con sumo cuidado y uniformemente. (http://clubensayos.com/Ciencia/Micro-Y-Macronutrientes-DelSuelo/64525 html)

2.11. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

2.11.1. 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)

2.11.2. Estructura del suelo y agregados

2.11.2.1. Clases y tipos de estructura del suelo

Por definición, la clase de estructura describe 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. (Baver, G. 1991)

2.11.3. 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.

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 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. (Romero, L. 1995)

2.11.4. 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. (Romero, L. 1995)

2.12. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO

2.12.1. Introducción

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).

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)

2.12.2. 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. (Técnico en agricultura. 2002)

2.12.3. 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 *fototróficasan oxigénicas*:** 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:** 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.

Los microorganismos presentan los siguientes beneficios:

- Reciclado de nutrientes: los microorganismos son responsables del reciclado de la materia 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, soja, alfalfa, judías, guisantes, lentejas, garbanzos cuya simbiosis con la bacteria ***Rhizobium* sp**.

- 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. 1990)

2.13. 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). (http://www.wordreference.com/definicion/biomasa.html)

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 que son utilizados para el mismo caso. (http://es.wikipedia.org/wiki/Biomasa.html)

2.14. 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 el amoniaco y el alcohol. (http://es.wikipedia.org/wiki/Materia_seca.html)

2.14.1. 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 las cervezas, harinas, leches en polvo, mantequillas, carnes, quesos, embutidos, etc. (http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/materia-seca-t3585/089-p0.htm)

2.14.2. 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, etc).

- 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. (http://es.wikipedia.org/wiki/Materia_seca.html)

2.15. 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:

Relación 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/foro/mensajes/2272.html)

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 este caso las especies vegetales, por lo que para una correcta fermentación deben encontrarse en las proporciones idóneas. (http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=433)

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 o campo. (http://www.infojardin.net/glosario/regadera/relacion carbono nitrogeno.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 Cerdo Aves oveja	1,70 3,75 6,30 3,75	18 20 15 22
Fangos activados	Digeridos Crudos	1,88 5,60	15,70 6,30
Madera y paja	Serrín Paja trigo Madera pino	0,10 0,30 0,07	200-500 128 723
Papel	Mezclado Periódico Revistas	0,25 0,05 0,07	173 983 470
Residuos de jardín	Césped Hojas caídas	2,15 0,5-1	20,10 40-80
Biomasa	General	1,96	20,90

Fuente: (http://organicsa.net/relacion-cn-en-el-compost.html)

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.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=433)

2.16. 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\nitrogenindex \ example files & manual \ examples_metricunits \ 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-Índice 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 ensayo

Provincia:	Bolívar
Cantón:	Guaranda
Parroquia:	Veintimilla
Sitio:	Granja Laguacoto III de la UEB.

3.1.2. Situación geográfica y climática

PARÁMETRO	VALOR
Altitud:	2.622 msnm
Latitud:	1º 36´52´´ S
Longitud:	78º 59´54´´ W
Temperatura máxima:	21 ºC
Temperatura mínima:	7 ºC
Temperatura media: anual	14.4 ºC
Precipitación media: anual	980 mm
Heliofania: promedio anual	900/h/l/año
Humedad Relativa: promedio anual	70 %
Velocidad promedio del viento:	6 m/s

Fuente: (Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar. Monar, C. 2009).

3.1.3. Zona de vida

La localidad en estudio de acuerdo a la zona de vida de Holdrije, L. citadas por Cañadas (1999), se encuentra en el Bosque Seco Montano Bajo (bs- MB).

3.1.4. Material experimental

Se utilizó semilla certificada de trigo de las variedades UEB - Carnavalero, e INIAP - Mirador y como fuente de N la urea al 46 % de N.

3.1.5. Materiales de campo

- Lote de terreno de 1403 m^2
- Cámara fotográfica
- Balde plástico
- Botas de campo
- Libro de campo
- Flexómetro
- Estacas
- Herramientas manuales (Azadones, rastrillos, machetes, etc.).
- Piola
- Fundas plásticas
- Cal
- Balanza de reloj y precisión de peso"
- Hoz
- Envases
- Bomba de mochila
- Trilladora experimental
- Insecticida (cloripirifos), fungicida, (vitavax 300), herbicida (Metsulfuron Metil 60%).

3.1.6. Materiales de oficina

- CPU e impresora
- Resmas de papel bon
- Internet
- Transporte

- Bibliografía
- Copias Xerox
- Lápices
- Flash memory
- Programa estadístico: MSTAT/C, INFOSTAD, Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Factores en estudio

Factor A: Variedades de trigo con dos tipos:

A_1= UEB - Carnavalero

A_2= INIAP - Mirador

Factor B: Niveles de nitrógeno en Kg/ha según el siguiente detalle:

B_1= 0

$B_{2=}$ 40

B_3= 80

B_4= 120

B_5= 160

3.2.1.1. Tratamientos

Los 10 tratamientos resultaron de la combinación de los factores en estudio (AxB) variedades de trigo, por niveles de nitrógeno.

Número de tratamientos: AxB: 2x5 = 10, según el siguiente detalle:

Trat. No	Código	Descripción
T1	A1B1	Variedad de trigo harinero UEB Carnavalero con 0 Kg/ha de N
T2	A1B2	Variedad de trigo harinero UEB Carnavalero con 40 Kg/ha de N
T3	A1 B3	Variedad de trigo harinero UEB Carnavalero con 80 Kg/ de N
T4	A1 B4	Variedad de trigo harinero UEB Carnavalero con 120 Kg/ de N

T5	A1 B5	Variedad de trigo harinero UEB Carnavalero con 160 Kg/ha de N
T6	A2 B1	Variedad de trigo harinero I- Mirador con 0 Kg/ha de N
T7	A2 B2	Variedad de trigo harinero I- Mirador con 40 Kg/ha de N
T8	A2 B3	Variedad de trigo harinero I- Mirador con 80 Kg/ha de N
T9	A2 B4	Variedad de trigo harinero I- Mirador con 120 Kg/ha de N
T10	A2 B5	Variedad de trigo harinero I- Mirador con 160 Kg/ha de N

3.2.2. Procedimiento

Tipo de diseño experimental:	Bloques Completos al Azar (DBCA), en arreglo factorial 2x5
Número de tratamientos:	10
Número de repeticiones:	3
Número de unidades experimentales:	30
Superficie total de la unidad experimental:	25 m^2 (5 m. x 5 m.)
Superficie de la unidad experimental neta:	16 m^2 (4 m. x 4 m.)
Área total del ensayo:	750 m^2 (25 m^2 x 30 ue)
Área neta total del ensayo:	480 m^2 (16 m^2 x 30 ue)
Área total del ensayo con caminos:	990 m^2 (55 m x 18)

3.2.3. Tipo de análisis

- Análisis de varianza (ADEVA) según el siguiente detalle:

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CME*
Bloques (r-1)	2	$\int^2 e + 10\int^2$ bloques
Factor A variedades (A-1)	1	$\int^2 e + 15\ \Theta^2$ A
Factor B niveles de N (B-1)	4	$\int^2 e + 6\ \Theta^2$ B
Fac. A x Fac. B (A-1) (B-1)	4	$\int^2 e + 3\ \Theta^2$ AxB
Error experimental (t-1) (r-1)	18	$\int^2 e$
Total (t x r)-1	29	

*Cuadrados Medios Esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5 % para comparar promedios de interacciones AxB y factor B.

- Efecto principal del factor A Variedades.

- Análisis de correlación y regresión lineal.

- Análisis económico del presupuesto parcial y Tasa Marginal de Retorno.

- Análisis de eficiencia agronómica y química del Nitrógeno.

3.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS

3.3.1. Indicadores de química de suelos y de la planta

3.3.1.1. Análisis de física y química de suelos antes y después del ensayo

Un mes antes de instalar el ensayo, se tomaron dos muestras de suelos: de 0 - 30 cm y 30 – 60 cm de profundidad, los mismos que fueron enviados al Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP, Santa Catalina, para determinar la textura y química del suelo.

Después de cosechado el ensayo, se recolectaron 10 muestras de suelo de 0- 30 cm y 10 muestras de 30 – 60 cm de profundidad para determinar la física y química completa del suelo en el Laboratorio del INIAP, Santa Catalina.

Estos análisis químicos antes y después del ensayo, sirvieron como insumos para determinar la eficiencia del Índice de Nitrógeno. Versión 4.4. Ecuador.

3.3.1.2. Toma de muestras de restos vegetales y grano

Se procedió a tomar una sub muestra de cada repetición con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m antes de la cosecha. Se colocó en sacos de lona y llevó a la bodega del proyecto de semillas donde se realizó la separación de los restos vegetales y grano, una vez separados se picó los residuos vegetales y luego se tomo su peso total con una balanza analítica.

Finalmente se empacó los residuos vegetales en fundas de papel con un peso de 500 gr y el grano con 200 gr, mismos que fueron enviados a la Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de suelos y aguas para sus respectivos análisis foliares.

3.3.1.2. Materia seca

Se expresó en porcentaje. Se cosecharon 5 plantas al azar de cada parcela neta al inicio de la senescencia, se pesaron las muestras en fresco para luego introducirlas en la estufa a 65 ºC hasta obtener un peso constante y obtener la muestra seca. Se utilizó la siguiente ecuación (INIAP/PNRT-papa, 2008).

% Matéria seca = (Peso seco/Peso fresco) x 100

Con estos datos se calculó la producción de materia seca de la planta en Kg/ha.

3.3.1.3. Determinación de N en tejido vegetal (tallos y hojas) y en el grano

Con el material que se utilizó para materia seca, se determinó el contenido de nitrógeno; mediante la metodología de micro Kjeldahl, establecida en el Laboratorio de Análisis de Plantas del INIAP Santa Catalina.

Con los resultados obtenidos de concentración de nutrientes y rendimiento de materia seca de la planta; se calculó la extracción de nitrógeno y se expresó en Kg/ha.

3.3.1.4. Biomasa total en Kg/Ha

Con los datos que se obtuvieron del peso de una muestra; representada en un área de 0.75 $m^{2,}$ en el momento de la cosecha, se procedió a calcular mediante una regla de tres simple:

Peso Muestra en Kg ---------- 0.75m^2

x 10.000m^2 =

(Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

3.3.1.5. Extracción total del nitrógeno

Se obtuvo la biomasa, tanto del grano como de los residuos y con el reporte del N de los análisis foliares, se procedió a calcular mediante una regla de tres simple:

100Kg/N ----------Reporte de N

Biom.Total Kg/ha χ =

(Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

3.3.1.6. Eficiencia agronómica (EA)

Se utilizó el rendimiento en Kg/ha de cada unidad experimental y con la cantidad de fertilizante aplicado, se procedió a calcular la eficiencia agronómica mediante la siguiente ecuación.

$$Ef.Agro = \frac{R.T\ (+N) - R.T\ (-N)}{\text{Cantidad N Aplicado}} \text{ ; donde}$$

Ef.Agro. = Eficiencia Agronómica

R.T (+N) = Rendimiento con nitrógeno

R.T (-N) = Rendimiento sin nitrógeno (testigo)
(Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

3.3.1.7. Eficiencia del fertilizante químico

Con la extracción del nitrógeno en Kg/ha de cada unidad experimental y la cantidad de nitrógeno aplicado multiplicado por cien, se procedió a calcular mediante la siguiente ecuación.

$$EfF. = \frac{Ext.T(+N) - Ext.\ T(-N)}{Kg\ E\ a} \text{ ; donde}$$

EfF = Eficiencia del fertilizante.

Ext.T (+N) = Extracción del nitrógeno (+N)

Ext. T(–N) = Extracción del nitrógeno (-N)

Kg E a = Cantidad de elemento aplicado al suelo.
(Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

3.3.2. Agronómicas

3.3.2.1. Días a la emergencia de las plántulas (DEP)

Se registró el número de días desde la siembra a la emergencia de las plántulas tomando en consideración el 50 % de las plántulas que hayan emergido en toda la parcela.

3.3.2.2. Número de plantas por metro cuadrado (PMC)

La población de PMC, se determinó mediante el conteo directo antes del período de ahijamiento entre los 15 y 20 días después de la siembra en cuatro muestras al azar dentro de cada parcela neta, con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m^2.

3.3.2.3. Número de macollos por planta (NMP)

Concluido el período de ahijamiento, en la parcela neta, se tomaron al azar 20 plantas en las que se conto de forma directa el número de macollos y se calculó un promedio por planta. Dependiendo de las variedades de trigo estas concluyen el ahijamiento entre los 35 a 45 días después de la siembra.

3.3.2.4. Días a la floración (DF)

Esta variable se registró en días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50 % de las plantas de la parcela total estuvieron en espigamiento y floración.

3.3.2.5. Altura de plantas (AP)

Cuando el cultivo estuvo en madurez fisiológica, se evaluó en 20 plantas al azar en cada parcela neta con un flexómetro la altura total de las plantas en cm, desde la corona del tallo hasta la última espiguilla.

3.3.2.6. Número de espigas por metro cuadrado (EMC)

En madurez fisiológica, se conto el número de EMC en cuatro muestras al azar en cada parcela neta, con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m^2.

3.3.2.7. Número de espiguillas por espiga (NEE)

En la fase de madurez fisiológica, se conto el número de espiguillas por espiga en una muestra al azar de 20 espigas de la parcela neta y se obtuvo un promedio de espiguillas por espiga.

3.3.2.8. Número de granos por espiguillas (NGE)

En la etapa de madurez fisiológica, se tomó al azar 20 espiguillas de la parcela neta y se contó el número de granos por espiguilla.

3.3.2.9. Número de granos por espiga (NGE)

En la fase de madurez fisiológica, se contó el número de granos por espiga en una muestra al azar de 20 espigas de la parcela neta y/o multiplicando el número de granos de cada espiguilla por el correspondiente número de espiguillas por espiga.

3.3.2.10. Longitud de espiga (LE)

En la etapa de madurez fisiológica, se medió la longitud de las espigas en cm. en una muestra al azar 20 espigas de la parcela neta. La (LE) se medió con un flexómetro desde la base del raquis, hasta la espiguilla terminal de la espiga.

3.3.2.11. Acame del tallo (AT)

Cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica, se tomó cuatro muestras al azar en la parcela neta con la ayuda de un cuadrante de 0.25 m^2, en donde se registró el número de plantas acamadas y se expresó en porcentaje.

3.3.2.12. Incidencia y severidad de enfermedades foliares

Se realizaron evaluaciones cuantitativas y cualitativas de la incidencia y severidad de royas (roya amarilla, ***Puccinia striiformis***, roya del tallo, ***Puccinia graminis***, roya de la hoja, ***Puccinia recóndita***, y carbones, ***Tilletia indica***) en las fases de la emisión de la espiga (antesis), y madurez fisiológica. Estas evaluaciones se realizaron en cada parcela neta. Las royas se evaluaron en cuanto a la severidad (% de infección en las plantas) y en la respuesta de campo (tipo de reacción a la enfermedad).

La severidad se evaluó basándose en la escala de COBB modificada:

REACCIÓN	SÍNTOMAS Y SIGNO
5/0	Sin infección visible.
10R	Resistente; clorosis o necrosis visible, no hay uredias presentes y si las hay son muy pequeñas.
20MR	Moderadamente resistente; uredias y rodeadas ya sea por área clorótica o necróticas.
40MR	Intermedias. Uredias de tamaño variable, algunas clorosis, necrosis o ambas.
60MS	Moderadamente susceptibles: Uredias de tamaño mediano y posiblemente rodeado por aéreas cloróticas.
100S	Susceptible: Uredias grandes y generalmente con poca ausencia de clorosis, no hay necrosis.

Fuente: (CIMMYT. 1986)

A partir de la fase de embuchamiento hasta el estado masoso duro en la parcela total se iniciaron evaluaciones cuantitativas de las enfermedades foliares causadas por***: Fusarium nivale***, ***Helminthosporium sativum, septorias tritici*** de acuerdo a la siguiente escala:

Escala de evaluación de enfermedades foliares a partir de la fase de embuchamiento hasta el estado masoso duro.

VALOR DE ESCALA	REACCIÓN
1 a 3	Resistencia (baja incidencia)
4 a 6	Medianamente resistente (media incidencia)
7 a 9	Susceptible (alta incidencia)

Fuente: (CIMMYT. 1985)

3.3.2.13. Desgrane de espigas (DE)

En la etapa de madurez comercial, se evaluó el DE, en toda la parcela mediante la siguiente escala:

1: Resistente
2: Medianamente resistente
3: Susceptible. (Monar, C. 2005)

3.3.2.14. Días a la cosecha (DC)

Cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez comercial, se registró los días a la cosecha a partir de la fecha de la siembra.

3.3.2.15. Rendimiento por parcela (RP)

Una vez trillado el trigo de cada parcela neta se pesó en una balanza de reloj en Kg/ parcela.

3.3.2.16. Porcentaje de humedad del grano (PHG)

Esta variable se evaluó con la ayuda de un determinador portátil de humedad en porcentaje después de la cosecha en dos muestras de cada unidad experimental.

3.3.2.17. Rendimiento en kilogramo por hectárea (RH)

El rendimiento (Kg/Ha) al 14 % de humedad, se calculó, mediante la siguiente relación matemática:

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

R = Rendimiento en Kg/ha al 14 % de humedad

PCP = Peso de Campo por Parcela en Kg

ANC = Área Neta Cosechada en m²

HC = Porcentaje Humedad de Cosecha (%)

HE = Porcentaje de Humedad Estándar (14 %). (Monar, C. 2007)

3.3.2.18. Peso de 1000 semillas en gramos (PS)

Esta variable, se determinó en una muestra al azar de 1000 semillas de cada unidad experimental en una balanza de precisión con un contenido del 14 % de humedad y se expresó en gramos.

3.3.2.19. Peso Hectolítrico (PH)

El PH, se evaluó en el Laboratorio del Programa de Cereales del INIAP.-Santa Catalina en una balanza de precisión en una muestra de un Kg, de cada unidad experimental y se expresó en puntos.

3.3.3. Económica

3.3.3.1. Presupuesto parcial y Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos

Para el Análisis de Presupuesto Parcial y Tasa Marginal de Retorno se utilizó el método propuesto por Perrint, et. al. 1998, que considera para el análisis: los resultados de los rendimientos obtenidos ajustados con un factor de ajuste del 20 %, el precio actual del trigo, los costos que varían entre los tratamientos y el precio de campo del fertilizante.

3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.4.1. Selección del lote

El lote fue seleccionado de acuerdo a la topografía del terreno, y al programa de rotación de cultivos que tiene el proyecto de semillas.

3.4.2. Toma de muestra del suelo

Un mes antes de la siembra se tomaron14 sub muestras con la ayuda de un barreno de 0- 30 y 30- 60 cm de profundidad. Se homogenizó y se llevó un Kg de muestra al laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina y se realizaron los análisis de física y química del suelo.

3.4.3. Preparación del terreno

La preparación del suelo se realizó un mes antes de la siembra con el uso de maquinaria agrícola: un pase de arado de discos y dos pases de rastra de discos.

3.4.4. Fertilización química

Se aplicó a la siembra 40 Kg/ha de P_2O_5 en todo el ensayo, utilizando como fuente el fertilizante 11-52-0.

3.4.5. Siembra

La siembra, se realizó manualmente al voleo en cada unidad experimental de acuerdo a una densidad de 140 Kg /Ha (Monar, C. 2005).

3.4.6. Tape

El tape, se realizó en forma manual con la ayuda de rastrillos, a una profundidad de 5 cm.

3.4.7. Control químico de las malezas

A los 20 días después de la siembra, se aplicó el herbicida Ally (Metsulfuron Metil 60%) en una dosis de un gramo/20 litros de agua para el control de malezas de hoja ancha, con una bomba de mochila y boquilla de abanico de 2 m de luz. (Monar, C. 2004).

3.4.8. Fertilización complementaria con nitrógeno

La dosis total del nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones: 30; 60 y 90 días después de la siembra (dds), para lo cual se utilizó como fuente de nitrógeno la urea al 46%, misma que se aplicó al voleo.

Las dosis de urea aplicadas por tratamiento y por parcela de 25 m^2 fueron: T1: Testigo (sin urea); T2: 73 gr/ aplicación; T3: 146 gr; T4: 219 gr y T5: 292 gr/ aplicación.

3.4.9. Cosecha

Esta actividad se realizó en forma manual con el uso de una hoz, cuando el cultivo estuvo en madurez comercial.

3.4.10. Trilla

Se utilizó una trilladora (Estacionaria Experimental) del Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP.

3.4.11. Secado

El secado, se efectuó en forma natural en un tendal, hasta cuando el grano tuvo un contenido del 14% de humedad.

3.4.12. Aventado

Se realizó con una limpiadora experimental del Programa de Cereales del INIAP Santa Catalina.

3.4.13. Almacenamiento

El germoplasma, debidamente etiquetado, se guardó en sacos de lona en la bodega del Proyecto de semillas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

Cuadro N° 1. Resultados del análisis del efecto principal de variedades en las variables: Días a la emergencia de las plantas (DEP); Número de plantas por metro cuadrado (PMC); Número de macollos por planta (NMP); Días a la floración (DF); Altura de plantas (AP); Número de espigas por metro cuadrado (EMC); Número de espiguillas por espigas (NEE); Número de granos por espiguilla (NGE); Número de granos por espiga (NGE); Longitud de espiga (LE); ***Puccinia recóndita*** (PR); Virus BYD (0 -9); ***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Helminthosporium spp***; ***Septoria tritici***; Días a la cosecha (DC); Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); Peso de 1000 semillas en gramos (PS) y Peso hectolítrito (PH). Laguacoto. 2011.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	VARIEDADES		EFECTO PRINCIPAL	MEDIA GENERAL	CV %
Días a la emergencia (DE) **	A1	A2	A2 - A1= 1	7,93	8,68
	7,47	8,47			
Número de plantas por metro cuadrado (PMC)**	A1	A2	A1 - A2= 65,73	265,33	20,49
	289,2	223,47			
Número de macollos por planta (NMP)**	A1	A2	A2 - A1= 1,33	3,53	20,16
	2,87	4,2			

Días a la floración (DF)**	A1	A2	A2 - A1= 3,94	79,9	2,73
	77,93	81,87			
Altura de plantas en cm (AP)**	A1	A2	A2 - A1= 9,39	72,89	3,38
	68,2	77,59			
Número de espigas por metro cuadrado (NEMC)**	A1	A2	A1- A2= 91,86	331,6	11,77
	377,53	285,67			
Número de espiguillas por espiga (NEE)**	A1	A2	A2- A1= 1,46	12,92	7,73
	12,27	13,73			
Número de granos por espiguiilas (NGE) NS	A1	A2	A2 - A1= 0,13	2,93	16,85
	2,87	3, 0			
Número de granos por espiga (NGE) *	A1	A2	A2 - A1= 6,13	38,13	17,84
	35,07	41,2			
Longitud de espiga (LE) NS	A1	A2	A1 - A2= 0,32	4,59	6,17
	7,65	7,43			
Puccinia recóndita (PR) NS	A1	A2	A1 - A2= 1	7,83	30,34
	8,33	7,33			
Virus BYD (0 -9) NS	A1	A2	A1 - A2= 0,13	6,06	6,26
	6,13	6			
Fusarium nivale (Hoja) **	A1	A2	A2 - A1= 0,33	1,77	17,9
	1,6	1,93			
Fusarium nivale (Espiga) **	A1	A2	A1 - A2= 0,53	1,46	34,47
	1,73	1,2			
Helminthosporium spp *	A1	A2	A2 - A1= 0,27	1,73	17,2
	1,6	1,87			

Septoria tritici *	A1	A2	A1 - A2= 0	1,73	23,29
	1,73	1,73			
Días a la cosecha (DC) **	A1	A2	A2 - A1= 2,66	146,8	1,36
	145,47	148,13			
Rendimiento en Kilogramos por hectárea (RH) NS	A1	A2	A1 - A2= 163,43	2271,48	12,33
	2353,19	2189,76			
Peso de mil semillas en gramos (PS) *	A1	A2	A2 - A1= 0,79	36,86	2,56
	36,47	37,26			
Peso hectolítrico (PH) **	A1	A2	A1 - A2= 0,75	81,41	0,87
	81,79	81,04			

NS = No significativo

* = Significativo al 5 %

** = Altamente significativo al 1 %

- **FACTOR A (VARIEDADES)**

La respuesta de las variedades de trigo UEB - Carnavalero e INIAP – Mirador en cuanto a las variables: Días a la emergencia de las plantas (DEP); Número de plantas por metro cuadrado (PMC); Número de macollos por planta (NMP); Días a la floración (DF); Altura de plantas en cm (AP); Número de espigas por metro cuadrado (EMC); Número de espiguillas por espigas (NEE); Número de granos por espiga (NGE) ;***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Helminthosporium spp***; ***Septoria tritici***; Días a la cosecha (DC); Peso de 1000 semillas en gramos (PS); Peso hectolítrico (PH) fueron estadísticamente diferentes. (Cuadro Nº 1) Sin embargo en las variables: Número de granos por espiguilla (NGE); Longitud de espiga (LE); ***Puccinia recóndita*** (PR); Virus BYD (0 -9) y Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); fueron estadísticamente similares. (Cuadro Nº 1)

En la variable **Días a la emergencia de plantas (DE),** se determinó que el promedio más alto se registró en A2 (INIAP – Mirador) con 8,47 (9) días, y el más precoz fue A1 (UEB – Carnavalero) con 7,47 (8) días. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: INIAP - Mirador, registró 1 día más en relación a la variedad UEB – Carnavalero por las características varietales y su interacción genotipo – ambiente.

La variable (DE) dependió de otros factores determinantes como calidad y cantidad de semilla, profundidad de siembra, humedad, O_2, CO_2 y la temperatura.

El **Número de plantas por metro cuadrado (PMC),** se registró un promedio de 269,2 (269) plantas en la variedad A1 (UEB – Carnavalero) mientras que en la variedad A2 (INIAP – Mirador) se calculó un promedio de 223,47 (223) plantas. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: UEB – Carnavalero registró 65,73 (66) plantas más en relación a la variedad INIAP – Mirador quizá por la calidad de la semilla y su interacción genotipo – ambiente.

En **Número de macollos por planta (NMP),** se observó que el promedio más elevado se evaluó en A2 (INIAP – Mirador) con 4,2 (4) macollos, y en la variedad UEB – Carnavalero con 2,87 (3) macollos por planta. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: INIAP - Mirador, registró 1 macollo más en relación a la variedad UEB – Carnavalero por las características varietales y su interacción genotipo – ambiente.

Otros factores que influyeron en (NMP), quizá fueron la cantidad y distribución de la precipitación, número de plantas por metro cuadrado, etc.

En el componente **Días a la floración (DF),** se registró un promedio de 81, 87 (82) días en la variedad A2 (INIAP – Mirador) y en el cultivar A1 (UEB – Carnavalero) con 77,93 (78) días. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: INIAP – Mirador registró 3,94 (4) días más en relación a la variedad UEB – Carnavalero, por ser un genotipo más tardío. Factores determinantes en la variable DF, son las condiciones bioclimáticas, altitud, temperatura, humedad, cantidad y calidad de luz solar.

La variable (DF), es una característica varietal y dependen de su interacción genotipo - ambiente.

Estos valores de DF, son similares a los reportados por Monar, C. 2007.

En la variable **Altura de plantas en cm (AP),** se observó que el mayor promedio se evaluó en A2 (INIAP – Mirador) con 77,59 cm, y el menos alto A1 (UEB – Carnavalero) con 68,20 cm. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: INIAP - Mirador, presentó 9,39 cm más alto en comparación a UEB – Carnavalero. La AP es una característica varietal y depende de su interacción genotipo - ambiente. Estos resultados son similares a los reportados por Monar, C. 2010.

Otros factores que quizá incidieron en la (AP), son la competencia entre plantas, la nutrición, sanidad de las plantas y la humedad.

En el componente **Número de espigas por metro cuadrado (NEMC),** el mayor promedio con 377,53 (378) NEMC se registró en la variedad A1 (UEB – Carnavalero) y el menor en la variedad A2 (INIAP – Mirador). Con 285,67 (286) NEMC. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: UEB – Carnavalero registró 91,86 (92) espigas más en relación a la variedad INIAP – Mirador debido a las características varietales y de su interacción genotipo ambiente. Esta variable tiene una relación directa con la calidad de semilla, porcentaje de emergencia, número de plantas por metro cuadrado, humedad del suelo y sobrevivencia de las plántulas.

En la variable **Número de espiguillas por espiga (NEE),** el promedio más alto se presento en A2 (INIAP – Mirador) con 13,73 (14) espiguillas, y en A1 (UEB – Carnavalero) con 12,27 (12) espiguillas. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: INIAP - Mirador, registró 2 espiguillas más en relación a la variedad UEB – Carnavalero debido a las características genotípicas de la variedad. Quizás otros factores que incidieron en esta variable son sanidad de las plantas, nutrición, eficiencia de la tasa fotosintética, índice de área foliar, vientos, temperaturas muy altas y muy bajas. (Monar, C. 2010)

Estos resultados son menores a los reportados por Monar, C. 2009, quizás debido a que durante el ciclo del cultivo se presento sequía.

En la variable **Número de granos por espiga (NGE),** se registró un mejor promedio de 41,20 (41) granos en la variedad A2 (INIAP – Mirador) mientras que en la variedad A1 (UEB – Carnavalero) se calculó un promedio de 35,07 (35) granos. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: INIAP – Mirador registró 6,13 (6) granos más en relación a la variedad UEB – Carnavalero. Estas diferencias pudieron darse por sus características varietales y de su interacción genotipo – ambiente.

Otros factores determinantes que influyeron en (NGE), fueron: Cantidad y calidad de la luz solar, precipitación, altura de planta, longitud de espiga, número de granos por espiguilla, y temperatura.

Para la **Incidencia y severidad de enfermedades foliares** y a la espiga como ***Fusarium nivale***; ***Helminthosporium spp*** y ***Septoria tritici*** las variedades de trigo harinero en estudio como UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador fueron resistentes con lecturas inferiores a 3. Además durante la fase reproductiva, existió estrés de sequía lo que incidió en una baja influencia de enfermedades foliares. (Cuadro Nº 1)

En la **Incidencia y severidad de enfermedades foliares** y a la espiga como ***Puccinia recóndita***; Virus BYD (0 -9) según la escala del (CIMMYT. 1986). Las variedades de trigo harinero en estudio como UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador fueron resistentes con lecturas inferiores a 10. Además durante la fase reproductiva, existió estrés de sequía lo que incidió en una baja influencia de enfermedades foliares. (Cuadro Nº 1)

Con el componente **Días a la cosecha (DC),** el cultivar más tardío fue INIAP – Mirador con 148,13 (148) días y el más precoz fue UEB – Carnavalero con un promedio de 145,47 (145) días. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: INIAP – Mirador registró 2,66 (3) días más en relación a la variedad UEB – Carnavalero debido a las

características varietales e interacción genotipo – ambiente. Son determinantes la temperatura, humedad, textura del suelo, calidad y cantidad de luz solar, viento, fotoperíodo, etc.

En la variable **Peso de mil semillas en gramos (PS),** se determinó un promedio más alto con 37,26 gramos en la variedad A2 (INIAP – Mirador) y el menor en (UEB – Carnavalero) con 36,47 gramos. (Cuadro Nº 1)

En promedio general la variedad: INIAP – Mirado registró 0,77 gramos más en relación a la variedad UEB – Carnavalero quizá por ser un carácter varietal y una fuerte interacción genotipo – ambiente. Otros factores que incidieron en este carácter varietal fueron tamaño y sanidad del grano, temperatura, humedad del suelo, cantidad y calidad de luz solar, fotoperiodo, índice de área foliar, número de granos por espiga y calidad del grano.

En el componente **Peso hectolítrico (PH),** se determinó que el promedio más elevado se registró en A1 (UEB – Carnavalero) con 81,79 puntos, y el promedio menor en A2 (INIAP – Mirador) con 81,04 puntos. (Cuadro Nº1)

En promedio general la variedad UEB – Carnavalero, registró 0,75 puntos más en relación a la variedad INIAP – Mirador debido a las características varietales y de su interacción genotipo – ambiente. Otros factores que incidieron fueron calidad y sanidad del grano, nutrición de la planta, y tamaño del grano. Estos resultados son similares a los reportados por Monar, C. 2010.

Cuadro Nº 2. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B dosis de nitrógeno en las variables: Días a la emergencia de las plantas (DEP); Número de plantas por metro cuadrado (PMC); Número de macollos por planta (NMP); Días a la floración (DF); Altura de plantas (AP); Número de espigas por metro cuadrado (EMC); Número de espiguillas por espiga (NEE); Número de granos por espiguilla (NGE); Número de granos por espiga (NGE); Longitud de espiga (LE); ***Puccinia recóndita*** (PR);Virus BYD (0 -9); ***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Helminthosporium spp***; ***Septoria tritici***; Días a la cosecha (DC); Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); Peso de 1000 semillas en gramos (PS); Peso hectolítrito (PH). Laguacoto. 2011.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	DOSIS DE NITRÓGENO EN Kg/ha					MEDIA GENERAL	CV %
Días a la emergencia (DE) NS	B1	B4	B5	B3	B2	7,97	8,68
	8,17 A	8,0 A	8,0 A	7,83 A	7,83 A		
Número de plantas por metro cuadrado (PMC) NS	B5	B1	B4	B3	B2	256,33	20,94
	275,33 A	271,50 A	247 A	245,5 A	242,33 A		
Número de macollos por planta (NMP)**	B4	B5	B2	B3	B1	3,53	20,16
	4,83 A	4 AB	3,33 BC	283 BC	2,67 C		
Días a la floración (DF) NS	B4	B2	B3	B5	B1	79,9	2,73
	80,50 A	80,50 A	80,17 A	79,83 A	78,50 A		
Altura de plantas en cm (AP) NS	B5	B3	B4	B2	B1	72,89	3,58
	74,38 A	73,82 A	73,55 A	71,47 A	71,25 A		
Número de espigas por metro cuadrado (EMC) NS	B2	B5	B4	B3	B1	331,6	11,77
	354,17 A	342,83 A	333,17 A	323,50 A	304,33 A		
Número de espiguillas por espiga (NEE) NS	B4	B3	B1	B5	B2	13	7,73
	13,50 A	13,17 A	13 A	12,83 A	12,50 A		

Número de granos por espiguillas (NGE) **	B5	B4	B3	B2	B1	2,93	16,85
	3,50 A	3,17 AB	2,83 AB	2,83 AB	2,33 B		
Número de granos por espiga (NGE) *	B5	B4	B3	B2	B1	38,13	17,84
	44,50 A	42,67 A	37,17 AB	35,83 AB	30,50 B		
Longitud de espiga (LE) NS	B2	B4	B3	B5	B1	7,59	6,17
	7,83 A	7,65 A	7,63 A	7,52 A	7,32 A		
Puccinia recóndita (PR) NS	B5	B2	B1	B3	B4	7,83	30,34
	8,33 A	8,33 A	8,33 A	7,50 A	6,67 A		
Virus BYD (0 -9) NS	B3	B1	B2	B5	B4	6,06	6,26
	6,33 A	6,33 A	6,0 A	5,83 A	5,83 A		
Fusarium nivale (Hoja) NS	B2	B1	B5	B4	B3	1,77	17,9
	2,0 A	1,83 A	1,67 A	1,67 A	1, 67 A		
Fusarium nivale (Espiga) NS	B3	B5	B4	B1	B2	1,47	34,47
	1,67 A	1,50 A	1,50 A	1,33 A	1,33 A		
Helminthosporium spp NS	B2	B5	B4	B3	B1	1,73	17,2
	2,0 A	1,67 A	1,67 A	1,67 A	1, 67 A		
Septoria tritici NS	B4	B2	B5	B3	B1	1,73	23,29
	1,83 A	1,83 A	1,67 A	1,67 A	1,67 A		
Días a la cosecha (DC) NS	B1	B5	B4	B2	B3	146,39	1,36
	147,33 A	147,33 A	146,83 A	146,33 A	146,17 A		
Rendimiento en Kilogramos por hectárea (RH) **	B4	B3	B5	B2	B1	2271,47	12,33
	2732,76 A	2548,37 A	2340,97 A	2332,78 A	1402,50 B		
Peso de mil semillas en gramos (PS) NS	B2	B3	B1	B4	B5	36,86	2,56
	37,57 A	37,17 A	37,08 A	36,33 A	36,17 A		
Peso hectolítrico (PH) NS	B1	B2	B3	B4	B5	81,41	0,87
	81,70 A	81,60 A	81,35 A	81,22 A	81,2 A		

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

- **FACTOR B (NIVELES DE NITRÓGENO)**

La respuesta de los niveles de nitrógeno (B1: 0 Kg/ha; B2: 40 Kg/ha; B3: 80 Kg/ha; B4: 120 Kg/ha; B5: 160 Kg/ha) en relación a los componentes del rendimiento: Número de macollos por planta (NMP); Número de granos por espiguilla (NGE); Número de granos por espiga (NGE); Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); fueron estadísticamente diferentes. (Cuadro Nº 2). Sin embargo en las variables: Días a la emergencia de las plantas (DEP); Número de plantas por metro cuadrado (PMC); Días a la floración (DF); Altura de plantas (AP); Número de espigas por metro cuadrado (EMC); Número de espiguillas por espigas (NEE); Longitud de espiga (LE); ***Puccinia recóndita*** (PR); Virus BYD (0 - 9); ***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Helminthosporium spp***; ***Septoria tritici***; Días a la cosecha (DC); Peso de 1000 semillas en gramos (PS); Peso hectolítrico (PH) fueron estadísticamente similares. (Cuadro Nº 2)

En la variable **Número de macollos por planta (NMP),** el promedio más elevado se registró en B4 (120 Kg/ha de N) con 4,83 (5) macollos, mientras que el promedio más bajo se evaluó en el testigo B1 (0 Kg/ha de N) con 2,67 (3) macollos. (Cuadro Nº 2)

Esta variable (NMP), es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente. En promedio general se presento una respuesta cuadrática es decir de 0 a 120 Kg de N subió y con 160 Kg de N bajo el NMP. (Cuadro Nº 2)

Estos resultados confirman que el componente NMP, es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente.

En el componente **Número de granos por espiguilla (NGE),** el resultado más alto se evaluó en el B5 (160 Kg/ha de N) con 3,50 (4) granos. El

promedio menor se observó como es lógico en el B1 (0 Kg/ha de N) con 2,33 (2) granos. (Cuadro Nº 2)

Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo con la dosis 160 Kg/ha de N se logró un mayor número de granos por espiguilla. Además los factores que influyeron en esta variable son longitud de espiga, estrés de sequía, temperaturas altas y bajas (- 2 ºC a 24.5 ºC). El NGE, es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente.

En la variable NGE, se presentó en promedio una respuesta lineal; es decir a mayor dosis de N, mayor número de granos por espiguilla. (Cuadro Nº 2)

En la variable **Número de granos por espiga (NGE),** el promedio más elevado se registró en B5 (160 Kg/ha de N) con 44,50 (45) granos mientras que el promedio más bajo se determinó en el testigo B1 (0Kg/ha de N) con 30,50 (31) granos. (Cuadro Nº 2)

Otros factores que influyeron en la variable NGE, son altura de planta, longitud de espiga, número de granos por espiguilla, temperatura, humedad, vientos, etc.

Además el NGE, es una característica varietal y depende de su interacción genotipo - ambiente y en particular de cantidad y calidad de luz solar. En promedio general para los componentes NGES y NGE se presentó una respuesta lineal. (Cuadro Nº 2); es decir más nitrógeno mayor número de granos.

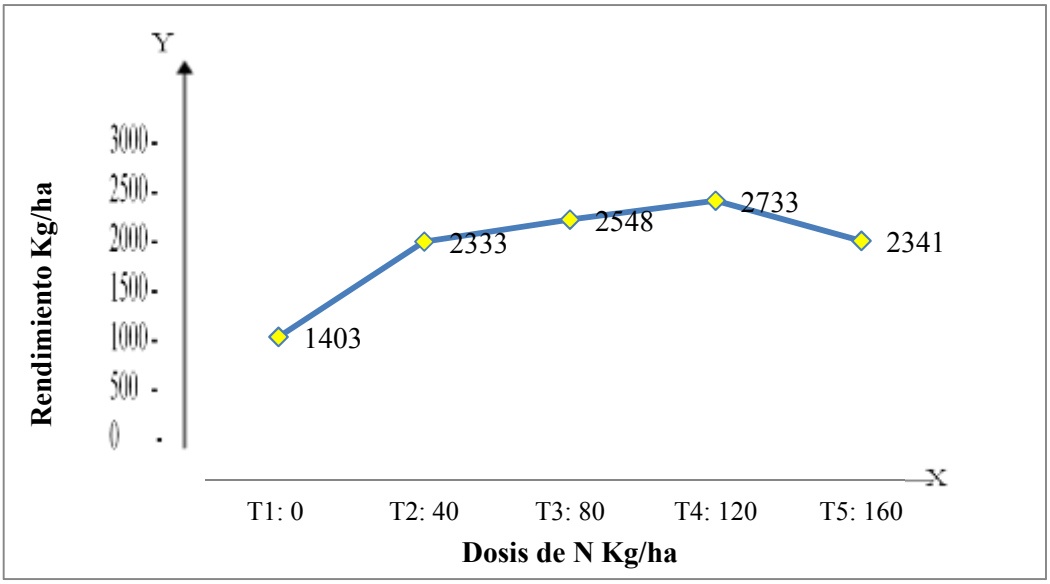
En el **Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH),** el promedio más elevado se registró en B4 (120 Kg/ha de N) con 2.732,76 Kg/ha, mientras que el promedio menor se evaluó en el testigo B1 (0 Kg/ha de N) con 1.402,50 Kg/ha. (Cuadro Nº 2)

Como existió estrés de sequía durante el ciclo del cultivo el rendimiento se incremento hasta los 120 Kg de N y con la dosis más alta se redujo el rendimiento, porque bajo la eficiencia química y agronómica del N por la sequía.

El Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH), es un carácter varietal y tiene una fuerte interacción genotipo – ambiente. Otros factores que inciden en este carácter varietal son tamaño del grano, sanidad del grano, temperatura, humedad del suelo, cantidad y calidad de luz solar, fotoperíodo, altitud, índice de área foliar, tasa de fotosíntesis, longitud de espiga, número de granos por espiga, peso de mil semillas, calidad del grano, peso hectolítrico, eficiencia química y agronómica, entre otros. (Monar, C. 2010)

En relación a la respuesta de las dosis de N, se presentó una respuesta de tipo cuadrática, es decir el rendimiento se incrementó hasta el T4: 120 Kg/ha de N y con T5: 160 Kg/ha de N disminuyó por los períodos de sequía durante el ciclo de cultivo y particularmente en la floración y llenado del grano. (Gráfico N° 2)

Gráfico N° 1. Respuesta de trigo a la aplicación de N; Factor B



Cuadro Nº 3. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos (AxB) (Variedades x Dosis de nitrógeno) en las variables: Días a la emergencia de las plantas (DEP); Número de plantas por metro cuadrado (PMC); Número de macollos por planta (NMP); Días a la floración (DF); Altura de plantas (AP); Número de espigas por metro cuadrado (EMC); Número de espiguillas por espiga (NEE); Número de granos por espiguilla (NGE); Número de granos por espiga (NGE); Longitud de espiga (LE); ***Puccinia recóndita*** (PR); Virus BYD (0 -9); ***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Helminthosporium spp***; ***Septoria tritici***; Días a la cosecha (DC); Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); Peso de 1000 semillas en gramos (PS); Peso hectolítrito (PH). Laguacoto, 2011.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	TRATAMIENTOS										MEDIA GENERAL	CV %
Días a la emergencia (DE) NS	T9	T6	T7	T8	T10	T1	T5	T2	T3	T4	7,97	8,68
	8,67 A	8,67 A	8,33 A	8,33 A	8,33 A	7,67 A	7,67 A	7,33 A	7,33 A	7,33 A		
Número de plantas por metro cuadrado (PMC) NS	T1	T5	T3	T4	T2	T10	T9	T7	T8	T6	256,33	20,94
	348 A	306,67 A	277,67 A	258,67 A	255 A	244 A	235,33 A	229,67 A	213,33 A	195 A		
Número de macollos por planta (NMP) NS	T9	T10	T7	T4	T6	T5	T8	T2	T3	T1	3,53	20,16
	6,0 A	4,67 AB	4,0 ABC	3,67 AB	3,33 BC	3,33 BC	3,0 BC	2,67 BC	2,67 BC	2,0 C		
Días a la floración (DF) NS	T7	T9	T10	T8	T6	T4	T3	T2	T5	T1	79,9	2,73
	83 A	82,33 A	82 A	82 A	80 A	78,67 A	78,33 A	78 A	77,67 A	77 A		
Altura de plantas en cm (AP) NS	T8	T10	T6	T7	T9	T5	T4	T3	T2	T1	72,89	3,58
	79,73 A	77,93 AB	77 AB	76,93 AB	76,33 AB	70,83 BC	70,77 BC	67,90 C	66 C	65,50 C		
Número de espigas por metro cuadrado (EMC) NS	T2	T5	T4	T1	T3	T7	T9	T10	T8	T6	331,6	11,77
	402,67 A	394 AB	369 AB	361,67 AB	360,33 ABC	305,67 ABC	297,33 ABC	291,67 ABC	286,67 BC	247 C		
Número de espiguillas por espiga (NEE) NS	T8	T9	T7	T6	T10	T4	T1	T5	T3	T2	12,99	7,73
	14,33 A	14,33 A	13,33 A	13,33 A	13,33 A	12,67 A	12,67 A	12,33 A	12 ,0 A	11,67 A		

Número de granos por espiguiilas (NGE) NS	T5	T7	T4	T10	T9	T3	T8	T6	T2	T1	2,93	16,85
	3,67 A	3,33 AB	3,33 AB	3,33 AB	3,0 AB	3,0 AB	2,67 AB	2,67 AB	2,33 AB	2,0 B		
Número de granos por espiga (NGE) NS	T7	T5	T10	T9	T4	T8	T3	T6	T2	T1	38,13	17,84
	44,67 A	44,67 A	44,33 A	43 A	42,33 A	38,33 A	36 A	35,67 A	27 A	25,33 A		
Longitud de espiga (LE) NS	T2	T4	T5	T8	T7	T1	T3	T9	T10	T6	7,59	6,17
	7,97 A	7,90 A	7,83 A	7,83 A	7,70 A	7,63 A	7,43 A	7,40 A	7,20 A	7,0 A		
Puccinia recóndita (PR) NS	T3	T6	T7	T10	T5	T1	T2	T4	T9	T8	7,83	30,34
	10,0 A	8,33 A	8,33 A	8,33 A	8,33 A	8,33 A	8,33 A	6,67 A	6,67 A	5,0 A		
Virus BYD (0 -9) NS	T3	T1	T6	T7	T8	T2	T10	T9	T5	T4	6,06	6,26
	6,67 A	6,67 A	6,0 A	6,0 A	6,0 A	6,0 A	6,0 A	6,0 A	5,67 A	5,67 A		
Fusarium nivale (Hoja) *	T9	T8	T7	T1	T2	T10	T6	T4	T5	T3	1,77	17,9
	2,0 A	2,0 A	2,0 A	2,0 A	2,0 A	2,0 A	1,67 A	1,33 A	1,33 A	1,33 A		
Fusarium nivale (Espiga) NS	T3	T4	T5	T1	T2	T8	T9	T10	T7	T6	1,48	34,47
	2,0 A	1,67 A	1,67 A	1,67 A	1,67 A	1,33 A	1,33 A	1,33 A	1,0 A	1,0 A		
Helminthosporium spp **	T9	T8	T7	T1	T2	T10	T5	T6	T3	T4	1,73	17,2
	2,0 A	2,0 A	2,0 A	2,0 A	2,0 A	2,0 A	1,33 A	1,33 A	1,33 A	1,33 A		
Septoria tritici NS	T10	T9	T2	T1	T7	T8	T4	T3	T6	T5	1,73	23,29
	2,0 A	2,0 A	2,0 A	2,0 A	1,67 A	1,67 A	1,67 A	1,67 A	1,33 A	1,33 A		
Días a la cosecha (DC) NS	T6	T8	T7	T10	T5	T9	T4	T2	T1	T3	146,79	1,36
	150,33 A	148,33 AB	147,67 AB	147,33 AB	147,33 AB	147 AB	146,67 AB	145 AB	144,33 B	144 B		
Rendimiento en Kilogramos por hectárea (RH) NS	T9	T4	T3	T5	T2	T8	T7	T10	T1	T6	2271,48	12,33
	2737,33 A	2728,19 A	2682,07 A	2477,47 A	2423,89 A	2414,67 A	2241,67 AB	2204,48 AB	1454,33 BC	1350,67 C		
Peso de mil semillas en gramos (PS) NS	T7	T6	T3	T9	T8	T1	T2	T10	T5	T4	36,86	2,56
	38,47 A	37,50 AB	37,33 AB	37 AB	37 AB	36,67 AB	36,67 AB	36,33 AB	36 AB	35,67 B		
Peso hectolítrico (PH) NS	T2	T1	T3	T4	T6	T5	T10	T7	T8	T9	81,41	0,87
	82,23 A	81,90 A	81,80 A	81,70 A	81,50 A	81,30 A	81,10 A	80,97 A	80,90 A	80,73 A		

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

- **INTERACCIÓN DE FACTORES AxB (VARIEDADES x DOSIS DE NITRÓGENO)**

La respuesta para interacción de factores AxB (Variedades de trigo x Niveles de nitrógeno) en cuanto a las variables: ***Fusarium nivale*** (Hoja); ***Helminthosporium spp***; fueron estadísticamente diferentes. (Cuadro Nº 3). Sin embargo en las variables: Días a la emergencia de las plantas (DEP); Número de plantas por metro cuadrado (PMC); Número de macollos por planta (NMP); Días a la floración (DF); Altura de plantas (AP); Número de espigas por metro cuadrado (EMC); Número de espiguillas por espiga (NEE); Número de granos por espiguilla (NGE); Número de granos por espiga (NGE); Longitud de espiga (LE); ***Puccinia recóndita*** (PR);Virus BYD (0 -9); ***Fusarium nivale*** (Espiga); ***Septoria tritici***; Días a la cosecha (DC); Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); Peso de 1000 semillas en gramos (PS); Peso hectolítrico (PH) fueron estadísticamente similares. (Cuadro Nº 3)

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto a la variable **Incidencia y severidad de enfermedades foliares como: *Fusarium nivale*** a la hoja y ***Helminthosporium spp,*** dependieron de las dosis de nitrógeno.

Sin embargo los valores fueron inferiores a 3 según la escala del (CIMMYT. 1985), por lo que se puede deducir que las dos variedades UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador fueron resistentes (baja incidencia), a estas enfermedades. Quizá esto se explica porque durante el período reproductivo del cultivo hubo sequía y por lo tanto una menor incidencia y severidad de enfermedades foliares, además de resistencia, tolerancia o susceptibilidad es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente.

En cuanto al rendimiento promedio del trigo evaluado en Kg/ha al 14 % de humedad el promedio más alto se evaluó en el T9: A2B4 (trigo I – Mirador con 120 Kg/ha de N) con 2.737 Kg/ha, seguido del T4: A1B4 (trigo UEB – Carnavalero con 120 Kg/ha de N) con 2.728 Kg/ha. (Cuadro Nº 3)

La variedad INIAP – Mirador, presentó granos de tamaño más grande en comparación a UEB – Carnavalero, pero este último en cambio presentó promedios más altos del Peso Hectolítrico. (Cuadro Nº 3); por lo tanto estos componentes tuvieron una relación directa con el rendimiento.

Los rendimientos de trigo obtenidos durante este ciclo son inferiores a los reportados por varios autores como: García, G. 2000; Patín, J. 2007 y Monar, C. 2010; quizá debido al estrés de sequía particularmente en la formación y llenado del grano.

4.2. VARIABLES QUÍMICAS DEL SUELO Y DE LA PLANTA

Cuadro Nº 4. Resultados del análisis del efecto principal de variedades en los indicadores de química de suelos: Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA); Eficiencia química en % (EQ); pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+); $N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm ($N\text{-}NO_3^-$); pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+); $N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm ($N\text{-}NO_3^-$); Biomasa total en Kg/ha (BT); Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR); Extracción del N total en Kg/ha (ENT); Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR); Materia seca en % de los residuos (MSR); Biomasa del grano en Kg/ha (BG); Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG); Materia seca en % del grano (MSG). Laguacoto, 2011.

INDICADORES DE QUÍMICA DE SUELOS Y DE LA PLANTA	VARIEDADES		EFECTO PRINCIPAL	MEDIA GENERAL	CV%
Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA) NS	A1	A2	A2 - A1= 0,54	11,57	33,48
	11,3	11,84			
Eficiencia química en % (EQ) NS	A1	A2	A2 - A1= 4,13	20,86	37,6
	18,79	20,92			
pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH) NS	A1	A2	A1 - A2= 0,01	6,47	0,37
	6,48	6,47			
NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+) **	A1	A2	A2 - A1= 13,2	50,73	4,86
	44,13	57,33			
$N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm ($N\text{-}NO_3^-$) **	A1	A2	A1 - A2= 1,91	17,81	3,16
	18,77	16,86			

pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH) **	A1	A2	A1 - A2= 0,07	6,96	0,72
	7	6,93			
NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+) **	A1	A2	A2 - A1= 20,27	44,26	2,58
	34,13	54,4			
$N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm ($N\text{-}NO_3^-$) **	A1	A2	A1 - A2= 3,65	17,53	6,69
	19,36	15,71			
Biomasa total en Kg/ha (BT) **	A1	A2	A1 - A2= 483,55	7817,77	1,78
	8059,55	7576			
Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR) **	A1	A2	A1 - A2= 279,23	5229,77	2,38
	5369,77	5089,77			
Extracción del N total en Kg/ha (ENT) NS	A1	A2	A1 - A2= 2,89	84,67	4,6
	86,11	83,22			
Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR) NS	A1	A2	A1 - A2= 0,24	29,96	5,35
	30,08	29,84			
Materia seca en % de los residuos (MSR) NS	A1	A2	A2 - A1= 0,02	92,64	0,54
	92,63	92,65			
Biomasa del grano en Kg/ha (BG) **	A1	A2	A1 - A2= 236,44	2580,44	8,57
	2698,66	2464,22			
Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG) *	A1	A2	A1 - A2= 3,12	54,48	6,74
	56,04	52,92			
Materia seca en % del grano (MSG) **	A1	A2	A2 - A1= 0,53	89,18	0,24
	88,92	89,45			

NS = No significativo

* = Significativo al 5 %

** = Altamente significativo al 1 %

- **FACTOR A (VARIEDADES)**

La respuesta de las variedades de trigo UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador en cuanto a los indicadores de química de suelo: NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+); N-NO_3^- en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (N-NO_3^-); pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+); N-NO_3^- en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (N-NO_3^-); Biomasa total en Kg/ha (BT); Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR); Biomasa del grano en Kg/ha (BG); Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG); Materia seca en % del grano (MSG); son estadísticamente diferentes. (Cuadro Nº 4). Sin embargo en las variables: Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA); Eficiencia química en % (EQ); pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH); Extracción del N total en Kg/ha (ENT); Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR); Materia seca en % de los residuos (MSR) fueron estadísticamente similares. (Cuadro Nº 4)

En el indicador de química de suelos **NH_4^+ en Kg/ha a dos profundidades de 0-30 y 30-60 cm (NH_4^+),** se observó que el promedio más alto se presentó en A2 (INIAP – Mirador) con 57,33 (0-30 cm) y 54,4 (30-60 cm) Kg/ha y el menor promedio se evaluó en A1 (UEB – Carnavalero) con 44,13 (0-30 cm) y 34,13 (30-60 cm) Kg/ha. (Cuadro Nº 4)

Esto quiere decir que el cultivar A1 al ser más precoz, fue más eficiente en cuanto al uso del N en comparación a INIAP – Mirador que es más tardío y como hubo sequía este cultivar fue más afectado y por lo tanto menor eficiencia del N.

En promedio general la variedad: INIAP - Mirador, registró 13,2 Kg/ha (0-30 cm) y 20,27 Kg/ha (30-60 cm) más en relación a la variedad UEB – Carnavalero por el consumo de los microorganismos que lo utilizan para sus funciones vitales y el amonio posee menos movilidad. Además quizá

el amonio pudo contribuir a reducir las pérdidas gaseosas en algunas situaciones en particular, ya que es de fácil metabolización para la planta.

Algunos factores como temperatura y pH, parecen afectar de modo distinto a la absorción del mismo, ya que el amonio parece más favorecido a baja temperatura, es beneficioso para el desarrollo, quizás a causa del ahorro de energía de la planta.

El contenido de **NH_4^+ en Kg/ha a una profundidad de 0-30 cm,** determinó mayor cantidad en comparación a la profundidad **de 30-60 cm.** Quizá por factores determinantes como textura de suelo, pH, compactación del suelo y el estrés de sequia durante la fase reproductiva del cultivo. (Cuadro Nº 4)

En el indicador de química de suelos **N-NO_3^- en Kg/ha a dos profundidades de 0-30 y 30-60 cm (N-NO_3^-),** se determinó que el mejor promedio se presento en A1 (UEB – Carnavalero) con 18,77 (0-30 cm) y 19,36 (30-60 cm) Kg/ha y el menor promedio en A2 (INIAP – Mirador) con 16,86 (0-30 cm) y 15,71 (30-60 cm) Kg/ha. (Cuadro Nº 4)

En promedio general la variedad: UEB – Carnavalero, registró 1,19 Kg/ha (0-30 cm) y 3,65 Kg/ha (30-60 cm) más en relación a la variedad INIAP - Mirador, quizá el ion nitrato es absorbido por la planta con actividad metabólica es decir con consumo de energía, otros factores determinantes para la absorción son el pH, capacidad de campo, textura del suelo, capacidad de intercambio catiónico y de la relación suelo – planta.

En promedio general **el pH del suelo de 30-60 cm** de profundidad, fue similar en las dos variedades con un promedio de 7 en UEB – Carnavalero y 6,93 en INIAP – Mirador. (Cuadro Nº 4)

Esta respuesta es lógica porque las variedades de trigo no modifican el pH del suelo.

En la **Biomasa total en Kg/ha (BT),** se calculó que el mejor promedio esta dado por A1 (UEB – Carnavalero) con 8.059,55 Kg/ha mientras tanto que con el menor promedio se registró A2 (INIAP – Mirador) con 7.576 Kg/ha. (Cuadro Nº 4)

En promedio general la variedad: UEB – Carnavalero, registró 483,55 Kg/ha más en relación a la variedad INIAP – Mirador; quizás por algunos factores determinantes como altura de plantas, número de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud de espiga, porcentaje de materia seca y en el ciclo del cultivo INIAP – Mirador es un cultivar más tardío y como hubo estrés de sequía se afectó mas su rendimiento normal.

En este indicador de BT, dependió de las características varietales y de su interacción genotipo – ambiente.

En el indicador **Biomasa de residuos en Kg/ha (BR),** se observó que el mejor promedio se presentó en A1 (UEB – Carnavalero) con 5.369,77 Kg/ha y el menor promedio en A2 (INIAP – Mirador) con 5.089,77. (Cuadro Nº 4)

En promedio general la variedad: UEB – Carnavalero, registró 279,23 Kg/ha más en relación a la variedad INIAP – Mirador. En este indicador la BR, dependió de las características varietales y de su interacción genotipo – ambiente y del contenido de BT.

Además quizá por factores determinantes como porcentaje de materia seca, número de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud de espiga, condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, así como eficiencia agronómica y química del N.

En la **Biomasa del grano en Kg/ha (BG),** se determinó que el mejor promedio fue A1 (UEB – Carnavalero) con 2.698,66 Kg/ha, mientras que con el menor promedio se registró en A2 (INIAP – Mirador) con 2.464,22. (Cuadro Nº 4)

En promedio general la variedad: UEB – Carnavalero, registró 236,44 Kg/ha más en relación a la variedad INIAP – Mirador. Quizá los factores determinantes para esta diferencia fueron calidad, sanidad del grano, tamaño del grano, peso hectolítrico, porcentaje de materia seca, longitud de espiga, eficiencia química y agronómica del N, ciclo del cultivo, etc.

En este indicador la Biomasa del grano en Kg/ha, dependió de las características varietales y de su interacción genotipo – ambiente, de la BT y la BR.

En el indicador de la **Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG),** se determinó que el mejor promedio se presentó en A1 (UEB – Carnavalero) con 56,04 Kg/ha y el menor promedio, se registró en A2 (INIAP – Mirador) con 52,92 Kg/ha. (Cuadro Nº 4)

En promedio general la variedad: UEB – Carnavalero, registró 3,12 Kg/ha más en relación a la variedad INIAP – Mirador; quizás influyeron el ciclo de cada variedad, fisiología de las variedades, disponibilidad del N, condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

La Extracción del N del grano, también dependió de las características varietales y de su interacción genotipo – ambiente

En la **Materia seca en % del grano (MSG),** se observó que el mejor promedio se registró en A2 (INAP - Mirador) con 89,45 %, mientras que con el menor promedio se registró en A1 (UEB – Carnavalero) con 88,92 %. (Cuadro Nº 4)

En promedio general la variedad: INAP- Mirador, registró 0,53 % más en relación a la variedad UEB – Carnavalero 2007. Quizá los factores determinantes fueron, tamaño del grano, contenido de hidratos de carbono, etc. Además él % de Materia seca del grano, dependió de las características varietales y de su interacción genotipo – ambiente.

Cuadro Nº 5. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B dosis de nitrógeno en los indicadores de química de suelos: Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA); Eficiencia química en % (EQ); pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+); $N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm ($N\text{-}NO_3^-$); pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+); $N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm ($N\text{-}NO_3^-$); Biomasa total en Kg/ha (BT); Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR); Extracción del N total en Kg/ha (ENT); Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR); Materia seca en % de los residuos (MSR); Biomasa del grano en Kg/ha (BG); Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG); Materia seca en % del grano (MSG). Laguacoto, 2011.

INDICADORES DE QUÍMICA DE SUELOS Y DE LA PLANTA	DOSIS DE NITRÓGENO EN Kg/ha					MEDIA GENERAL	CV%
Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA) **	B2	B3	B4	B5	B1	14,46	33,48
	26,71 A	14,32 B	10,95 BC	5,86 CD	0, 0 D		
Eficiencia química en % (EQ) **	B3	B4	B2	B5	B1	26,07	37,6
	32,97 A	29,25 A	22,47 A	19,59 A	0,0 B		
pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH) **	B1	B2	B3	B4	B5	6,47	0,37
	6,56 A	6,52 A	6,45 B	6,44 B	6,39 C		
NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+) **	B2	B4	B5	B3	B1	50,74	4,86
	55,67 A	54,67 A	52,67 A	47 B	43,67 B		
$N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm ($N\text{-}NO_3^-$) **	B5	B3	B4	B1	B2	17,81	3,16
	23,45 A	20,55 B	19,78 B	14,45 C	10,83 D		
pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH) *	B2	B4	B1	B5	B3	6,96	0,72
	7,02 A	6,97 AB	6,96 AB	6,94 AB	6,93 B		

NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+) **	B5	B4	B1	B3	B2	44,26	2,58
	75,33 A	42,33 B	39 C	35,67 D	29 E		
$N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm ($N\text{-}NO_3^-$) **	B3	B5	B4	B1	B2	17,53	6,59
	25,52 A	19,60 B	15,93 C	13,93 CD	12,67 D		
Biomasa total en Kg/ha (BT) **	B4	B5	B3	B2	B1	7817,78	1,78
	8797,77 A	8226,76 B	7964,44 C	7280 D	6820 E		
Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR) **	B4	B3	B5	B2	B	5229,78	2,38
	5604,44 A	5317,78 B	5313,33 B	4991,11 C	4922,22 C		
Extracción del N total en Kg/ha (ENT) **	B4	B5	B3	B2	B1	84,67	4,6
	99,31 A	95,68 AB	90,71 B	73,31 C	64,33 D		
Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR) **	B5	B3	B4	B1	B2	29,96	5,35
	33,07 A	32,26 A	30,42 AB	27,72 BC	26,34 C		
Materia seca en % de los residuos (MSR) **	B5	B4	B2	B3	B1	92,64	0,54
	93,25 A	93,18 A	92,45 AB	92,38 AB	91,95 B		
Biomasa del grano en Kg/ha (BG) **	B4	B5	B3	B2	B1	2580,44	8,57
	3224,44 A	2913,33 AB	2646,66 BC	2297,77 C	1820 D		
Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG) **	B4	B5	B3	B2	B1	54,48	6,74
	68,89 A	62,61 AB	57,28 B	46,97 C	36,63 D		
Materia seca en % del grano (MSG) **	B1	B5	B4	B3	B2	89,18	0,24
	89,42 A	89,32 A	89,30 A	89,27 A	88,63 B		

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

- **FACTOR B (DOSIS DE NITRÓGENO)**

La respuesta de los niveles de nitrógeno (B1: 0 Kg/ha; B2: 40 Kg/ha; B3: 80 Kg/ha; B4: 120 Kg/ha; B5: 160 Kg/ha) en relación a los indicadores de química de suelos y de la planta. Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA); Eficiencia química en % (EQ); pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+); N-NO_3^- en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (N-NO_3^-); pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+); N-NO_3^- en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (N-NO_3^-); Biomasa total en Kg/ha (BT); Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR); Extracción del N total en Kg/ha (ENT); Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR); Materia seca en % de los residuos (MSR); Biomasa del grano en Kg/ha (BG); Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG); Materia seca en % del grano (MSG) fueron estadísticamente diferentes. (Cuadro Nº 5)

En el indicador **Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA),** se registró el promedio más elevado en B2 (40 Kg/ha) con 26,71 Kg/ha, mientras que el resultado menor se calculó en B5 (160 Kg/ha) con 5,86 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

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 y particularmente en la fase reproductiva el N se volatilizó 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), humedad del suelo, textura del suelo, cantidad y la calidad de luz, respiración, evapotranspiración, índice de área foliar, tasa de fotosíntesis, nutrición de la planta, eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra, etc. (Monar, C. 2012, entrevista personal).

Otros factores determinantes en la (EA), son las características de la especie, eficiencia fisiológica, proporción del N disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo. A medida que la absorción de N se ve limitada por otro factor como disponibilidad de agua, se incrementan las pérdidas.

El promedio m*á*s elevado de **Eficiencia química en % (EQ),** se determinó en B3 (80 Kg/ha de N) con 32,97 %, mientras que el promedio más bajo se evaluó en el B5 (160 Kg/ha de N) con 19,59 %. (Cuadro Nº 5)

Quizá por las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo con la dosis de 80 Kg/ha de N se logró una mayor eficiencia química debido a la poca cantidad y deficiente distribución de la precipitación que durante el ciclo del cultivo apenas fue de 339,4 mm. (Anexo Nº 3)

Otros factores determinantes en la (EQ) del N, son la genética del cultivar capaz de utilizar con mayor eficiencia el N, rotación de cultivos con diferentes sistemas radicales, profundidad del suelo, temperatura, humedad, etc.

En el **pH del suelo a una profundidad de 0-30 cm (pH),** se registró el promedio más elevado en B1 (0 Kg/ha de N) con 6,56 y el pH más ácido en B5 (160 Kg/ha de N) con 6,39. (Cuadro Nº 5)

Numéricamente el pH ideal cercano a 7.0, se presentó en B1 (0 Kg/ha de N) debido quizá a las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y la aplicación del N. A mayor dosis de N, el pH del suelo disminuyó ligeramente. (Anexo N° 2.2)

Bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo con la dosis 0 Kg/ha de N, se mantuvo con un suelo ligeramente ácido porque poseen mayor cantidad de iones hidrógeno (H+) que iones hidroxilo. Además quizá dependió del intercambio de cationes en la fase sólida adsorbente del suelo.

El indicador **NH_4^+ en Kg/ha a una profundidad de 0-30 cm (NH_4^+),** el promedio más alto se registró en B2 (40 Kg/ha de N) con 55,67 Kg/ha mientras que el menor promedio se evaluó con B1 (0 Kg/ha de N) 43,67 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

Esta respuesta es lógica porque en B1 no se aplicó N, y el reporte de 43,67 Kg/ha es lo que dispuso el suelo después de la cosecha de trigo. En las dosis más altas de N quizá se perdió por volatización.

Quizá con las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo con la dosis de 40 Kg/ha de N, se alcanzó una mayor concentración de amonio ya que los iones del amonio son retenidos por coloides del suelo con textura gruesa.

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.

Algunos factores determinantes para que exista mayor concentración de amonio en la profundidad de 0-30 cm son baja concentración de materia orgánica, suelo seco, bajas temperaturas del suelo, etc.

En el indicador **N-NO_3^- en Kg/ha a una profundidad de 0-30 cm (N-NO_3^-)** el promedio más alto se evaluó en B5 (160 Kg/ha de N) con 23,45 Kg/ha mientras que el menor en B2 (40 Kg/ha de N) con 10,83 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

Quizá con la dosis de 160 Kg/ha de N, y las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo se alcanzó una mayor concentración del ion nitrito, ya que este ion, no se volatiliza con facilidad. En tanto que con 40 Kg/ha de N la concentración fue menor ya que existió una mayor eficiencia de adsorción del nutriente y está sujeta a una regulación positiva y depende de los niveles de N existentes y aplicados al suelo.

Otros factores determinantes para que exista mayor cantidad de nitrato en la profundidad de 0-30 cm son la mayor cantidad de N aplicado al suelo, las características físicas, químicas y biológicas del suelo, etc.

El **pH del suelo** en términos generales se mantuvo; sin embargo numéricamente a mayor cantidad de N aplicado, menor valor del pH; es decir mayor proceso de acides del suelo. (En B2, se determinó un pH de 7,2 y con B3, un pH de 6,93). (Cuadro Nº 5)

Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo con la dosis de 40 Kg/ha de N, se alcanzó un pH neutro porque posee igual concentración de iones hidrógeno que iones hidroxilo.

Además quizá dependió de otros factores determinantes como tipo de minerales presentes en un suelo, humificación en sentido amplio (descomposición de la materia orgánica), dinámica de nutrientes entre la solución y los retenidos por los agregados, propiedades de los agregados del suelo, etc.

A mayor profundidad del suelo (30-60 cm) se determinó un pH neutro y de (0-30 cm) un pH ligeramente ácido, quizá debido a la sequía no hubo proceso de lixiviación importantes.

En **NH_4^+ en Kg /ha a una profundidad de 30-60 cm (NH_4^+),** el promedio más alto se determinó en B5 (160 Kg/ha de N) con 75,33 Kg/ha y el menor en B2 (40 Kg/ha de N) con 29 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

Estos resultados nos impiden y debido a la sequía, a mayor dosis de N aplicado mayor fue el contenido de NH_4^+.

Los factores que afectan la absorción de NH_4^+ son genéticos de la especie que determinen la capacidad de absorción, el estado vegetativo de la planta, estado general de sanidad, temperatura del suelo, luz necesaria

para las distintas funciones fisiológicas, humedad relativa, características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Algunos factores determinantes para que exista mayor concentración de amonio en la profundidad de 30-60 cm, son una menor presencia del sistema radicular de la planta, reducción del contenido de materia orgánica, suelos secos y menor pérdida por volatización.

El **N-NO_3^- en Kg/ha a una profundidad de 30-60 cm (N-NO_3^-),** el promedio más elevado se determinó en B3 (80 Kg/ha de N) con 25,52 Kg/ha y el menor en B2 (40 Kg/ha de N) con 12,67 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

Quizá con la dosis de 80 Kg/ha de N, y las condiciones climáticas que se presentaron durante el ciclo del cultivo se alcanzó una mayor cantidad del ion nitrito. Otros factores determinantes son mayor cantidad de N aplicada al suelo, textura de suelo, temperatura, cantidad y calidad de luz solar, fotoperiodo, respiración, evapotranspiración, humedad del suelo y ambiental, cultivo, características físicas, químicas y biológicas del suelo, etc.

En el indicador de **Biomasa total en Kg/ha (BT),** el promedio más alto se registró en B4 (120 Kg/ha de N) con 8.797,77 Kg/ha y el menor en B1 (0 Kg/ha de N) con 6.820 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

Con la dosis de 120 Kg/ha de N aplicado al suelo, se alcanzó una mayor producción de biomasa, quizás por algunos factores determinantes como la temperatura, altura de plantas, número de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud de espiga y porcentaje de materia seca.

El rendimiento de Biomasa Total, dependió de los niveles de N y de su interacción genotipo - ambiente.

En el indicador de **Biomasa de residuos/parcela en Kg/ha (BR),** el mayor promedio se registró en B4 (120 Kg/ha de N) con 5.604,44 Kg/ha y el más bajo en B1 (0 Kg/ha de N) con 4.922,22 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

El rendimiento de BR, dependió de los niveles de N, de los procesos fotosintéticos realizados por las plantas y del ambiente.

Para **Extracción del N total en Kg/ha (ENT),** el mayor promedio se determinó en B4 (120 Kg/ha de N) con 99,31 Kg/ha y el menor en B1 (0 Kg/ha de N) con 64,33 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

El rendimiento de ENT, dependió de la cantidad de N aplicado, relación paja/grano, concentración de N en los tejidos, nutrientes en el suelo, cultivo y la interacción genotipo ambiente. A mayor extracción de N total en el sistema, mayor biomasa, rendimiento y calidad del grano.

En la **Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR),** el promedio más alto, se registró en B5 (160 Kg/ha de N) con 33,07 Kg/ha y el menor en B2 (40 Kg/ha de N) con 26,34 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

Con la dosis 160 Kg/ha de N, se alcanzó una mayor extracción de N en los residuos, quizá por algunos factores determinantes como tipo de suelo, disponibilidad de nitrógeno, humedad del suelo, cantidad y calidad de luz solar durante el ciclo de cultivo y asimilación del N, etc.

El contenido de ENR, dependió de las condiciones climatológicas, relación paja/grano, concentración de N en los tejidos y de su interacción suelo/planta.

En la **Materia seca en % de los residuos (MSR),** el promedio más elevado se determinó en B5 (160 Kg/ha de N) con 93,25 %; y el promedio inferior en B1 (0 Kg/ha de N) con 91,95 %. (Cuadro Nº 5)

Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo, con la dosis de 160 Kg/ha de N, se logró un mayor porcentaje de MS, aunque

esta variable es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente.

La MS, contiene principalmente: proteína, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, cenizas y la fibra.

Para **Biomasa del grano en Kg/ha (BG),** el mayor promedio se registró en B4 (120 Kg/ha de N) con 3.224,44 Kg/ha y el menor en B1 (0 Kg/ha de N) con 1.820 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

Otros factores determinantes son las condiciones climáticas, cantidad y calidad de luz solar que se presentaron durante el ciclo del cultivo, altura de plantas, longitud de la espiga y número de granos por espiga.

El contenido de BG, dependió de las condiciones climáticas, humedad del suelo y de la relación suelo-planta.

Para la **Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG),** el promedio más elevado se calculó en B4 (120 Kg/ha de N) con 68,89 Kg/ha y el más bajo en B1 (0 Kg/ha de N) con 36,63 Kg/ha. (Cuadro Nº 5)

Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo, con la dosis de 120 Kg/ha de N, se logró una mayor extracción del N en el grano.

Otros factores determinantes son la humedad del suelo, cantidad y calidad de luz solar durante, ciclo de cultivo, eficiencia química y agronómica del N, etc.

El contenido de ENG, dependió de las condiciones climatológicas, tipo de suelo, humedad del suelo y de la interacción suelo-planta.

Para la **Materia seca en % del grano (MSG),** el mayor promedio se registró en B1 (0 Kg/ha de N) con 89,42 %; mientras el promedio menor en B2 (40 Kg/ha de N) con 88,63 %. (Cuadro Nº 5)

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 se somete a un calor moderado, 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.

Cuadro Nº 6. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos (AxB) (Variedades de trigo x Dosis de nitrógeno) en los indicadores de química de suelos: Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA); Eficiencia química en % (EQ); pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+); N-NO_3^- en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (N-NO_3^-); pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+); N-NO_3^- en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (N-NO_3^-); Biomasa total en Kg/ha (BT); Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR); Extracción del N total en Kg/ha (ENT); Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR); Materia seca en % de los residuos (MSR); Biomasa del grano en Kg/ha (BG); Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG); Materia seca en % del grano (MSG). Laguacoto, 2011.

INDICADORES DE QUÍMICA DE SUELOS	TRATAMIENTOS										MEDIA GENERAL	CV%
Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA) NS	T7	T2	T3	T8	T9	T4	T5	T10	T1	T6	14,45	33,48
	29,27 A	24,14 AB	15,34 BC	13,30 BC	11,29 CD	10,61 CD	6,39 CD	5,33 CD	0,0 D	0,0 D		
Eficiencia química en % (EQ) NS	T3	T9	T8	T7	T4	T10	T5	T2	T6	T1	26,07	37,6
	35,02 A	32,13 A	30,93 A	30,44 A	26,36 A	21,11 AB	18,08 AB	14,50 AB	0, 0 B	0,0 B		
pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH) **	T6	T2	T10	T7	T8	T9	T3	T5	T4	T10	6,47	0,37
	6,58 A	6,56 A	6,53 AB	6,48 BC	6,46 C	6,45 C	6,44 C	6,43 C	6,42 C	6,35 D		
NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+) **	T2	T10	T8	T4	T6	T9	T7	T5	T3	T1	50,73	4,86
	71,33 A	71,33 A	66 AB	63,33 B	63,33 B	46 C	40 CD	34 DE	28 DF	24 F		
N-NO_3^- en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (N-NO_3^-) **	T3	T5	T9	T10	T6	T4	T8	T7	T1	T2	17,81	3,16
	28,53 A	28,40 A	22,73 B	18,50 C	18,37 CD	16,83 D	12,57 E	12,13 DF	10,53 FG	9,53 G		

pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH) *	T2	T3	T7	T1	T9	T4	T5	T10	T6	T8	6,96	0,72
	7,03 A	7,03 A	7,0 A	7,0A	6,98 A	6,97 AB	6,95 AB	6,93 AB	6,92 AB	6,82 B		
NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+) **	T10	T9	T6	T5	T2	T8	T3	T10	T4	T7	44,26	2,58
	104 A	63,33 B	54 C	46,67 D	46 D	38,67 E	32,67 F	24 G	21,33 G	12 H		
$N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm ($N\text{-}NO_3^-$) **	T8	T3	T5	T2	T9	T4	T10	T6	T1	T7	17,54	6,69
	26,50 A	24,53 A	24,43 A	19,40 B	16,77 BB	15,10 C	14,77 C	14,60 C	13,33 C	5,93 D		
Biomasa total en Kg/ha (BT) **	T4	T9	T3	T5	T10	T2	T8	T7	T1	T6	7817,77	1,78
	8964,44 A	8631,11 AB	8586,66 ABC	8231,11 BC	8222,22 C	7573,33 D	7342,22 DE	6986,66,66 DF	6942,22 DF	6697,77 F		
Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR) **	T4	T3	T5	T9	T10	T8	T2	T7	T6	T1	5229,77	2,38
	5955,55 A	5528,89 B	5413,33 BC	5253,33 BCD	5213,33 BCD	5106,66 CD	5040 C	4942,22 D	4933,33 D	4911,11 D		
Extracción del N total en Kg/ha (ENT) NS	T9	T4	T5	T3	T10	T8	T7	T2	T1	T6	84,67	4,6
	99,75 A	98,87 A	96,16 AB	95,25 AB	95,20 AB	86,17 B	73,59 C	73,03 C	76,23 CD	61,42 D		
Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR) **	T5	T8	T3	T4	T10	T9	T7	T10	T6	T2	29,96	5,35
	35,90 A	33,19 AB	31,33 ABC	31,19 BC	30,25 BC	29,64 BC	28,50 BCD	27,81 CD	27,62 CD	24,71 D		
Materia seca en % de los residuos (MSR) **	T4	T10	T5	T9	T2	T6	T3	T7	T8	T1	92,64	0,54
	93,70 A	93,60 AB	92,90 AB	92,67 ABC	92,67 ABC	92,60 ABC	92,60 ABC	92,23 ABC	92,17 BC	91,30 C		
Biomasa del grano en Kg/ha (BG) **	T9	T4	T3	T10	T5	T2	T8	T1	T7	T6	2580,44	8,57
	3408,89 A	3039,99 AB	3022,22 AB	3008,89 AB	2817,77 ABC	2551,11 BCD	2271,11 CD	2062,22 DE	2044,44 DE	1577,77 E		
Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG) **	T9	T4	T10	T3	T5	T8	T2	T7	T1	T6	54,48	6,74
	70,11 A	67,68 A	64,95 A	63,92 A	60,27 AB	50,64 BC	48,86 CD	45,09 CD	39,45 DE	33,80 E		
Materia seca en % del grano (MSG) **	T6	T10	T8	T4	T9	T7	T1	T5	T3	T2	89,19	0,24
	89,70 A	89,53 AB	89,50 AB	89,30 AB	89,30 AB	89,23 AB	89,13 AB	89,10 AB	89,03 B	88,03 C		

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

- **INTERACCIÓN DE FACTORES AxB (VARIEDADES DE TRIGO x DOSIS DE NITRÓGENO)**

La respuesta para interacción AxB (Variedades de trigo x Niveles de nitrógeno) en cuanto a los indicadores de química de suelos: pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+); $N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 0 – 30 cm ($N\text{-}NO_3^-$); pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm (pH); NH_4^+ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+); $N\text{-}NO_3^-$ en Kg/ha profundidad de 30 – 60 cm ($N\text{-}NO_3^-$); Biomasa total en Kg/ha (BT); Biomasa de los residuos en Kg/ha (BR); Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR); Materia seca en % de los residuos (MSR); Biomasa del grano en Kg/ha (BG); Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG); Materia seca en % del grano (MSG) fueron estadísticamente diferentes. (Cuadro Nº 6). Sin embargo en los indicadores: Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA); Eficiencia química en % (EQ); Extracción del N total en Kg/ha (ENT) fueron estadísticamente similares. (Cuadro Nº 6)

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **pH del suelo a una profundidad de 0 – 30 cm (pH),** dependió de las dosis de nitrógeno, encontrándose el promedio más elevado en T6 (A2B1), con 6,58 mientras tanto que el menor promedio se registró en T10 (A2B5), con 6,35. (Cuadro Nº 6)

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 respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **NH_4^+ en Kg/ha a una profundidad de 0 – 30 cm (NH_4^+),** dependió de las dosis de nitrógeno,

encontrándose la mejor respuesta en T2 (A1B2), con 71,33 Kg/ha mientras tanto que con la menor respuesta se encontró en T1 (A1B1), con 24 Kg/ha. (Cuadro Nº6)

A menor contenido de materia orgánica (como fuente de carbón para las bacterias), suelos secos, bajas temperaturas de suelo; etc, disminuyen la nitrificación, debido a la baja actividad de los microorganismos de suelo.

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.), 0-30 cm el NH_4^+ fue de 70 Kg/ha, al final del ensayo el T2 (40 Kg/ha de N) presentó 71,33 Kg/ y el menor como es lógico en el testigo T1 (0 Kg/ha de N), con 24 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

En la aplicación de fertilizantes nitrogenados, es importante el conocimiento de física y química del suelo, posibilidades de pérdidas por el tipo de suelo, los ajustes necesarios de las dosis y la forma de aplicación, así como las condiciones bioclimáticas.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **N-NO_3^- en Kg/ha a una profundidad de 0 – 30 cm (N-NO_3^-),** dependió de las dosis de nitrógeno, determinándose el promedio más alto en T3 (A1B3), con 28,53 Kg/ha y el menor en T2 (A1B2), con 9,53 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.), 0-30 cm para el N-NO_3^-, reportó 27,60 Kg/ha, y al final del ensayo el promedio más alto se determinó en T3 (80 Kg/ha de N) con 28,53 Kg/hay el menor en T2 (40 Kg/ha), con 9,53 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

Además Influyeron factores determinantes como textura de suelo, extracción que realizan las cosechas, factores bio-climáticos como la altitud, temperatura, cantidad y calidad de luz solar, fotoperiodo, respiración, evapotranspiración, cantidad y distribución de la precipitación, tipo de cultivo, densidad de plantas por hectárea, etc.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **pH del suelo a una profundidad de 30 – 60 cm (pH),** dependió de las dosis de nitrógeno, encontrándose el promedio más elevado en T2 (A1B2), con 7,03 y el menor promedio en T8 (A2B3), con 6,82. (Cuadro Nº 6)

Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo con la variedad UEB – Carnavalero y la dosis 40 Kg/ha de N, se mantuvo un pH neutro, porque posee igual concentración de iones hidrógeno que iones hidroxilo.

En consecuencia en la profundidad de 30-60 cm se determinó un pH neutro en relación a la profundidad de 0-30 cm que presentó un pH ligeramente ácido, quizá por factores determinantes como precipitación, dosis de nitrógeno y textura de suelo, etc.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **NH_4^+ en Kg/ha a una profundidad de 30 – 60 cm (NH_4^+),** dependió de las dosis de nitrógeno, encontrándose la mejor respuesta en T10 (A2B5), con 104 Kg/ha y el menor promedio en T7 (A2B2), con 12 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.), 30-60 cm el NH_4^+ fue de 56 Kg/ha y la final del ensayo el mayor contenido se determinó en el T9 (120 Kg/ha de N) con 104 Kg/ha; y el menor en el T7 (40 Kg/ha de N), con 12 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

Este reporte es lógico, porque a mayor dosis de N aplicado al suelo mayor fue el contenido de NH_4^+. Además algunos factores determinantes para que exista mayor concentración de amonio en la profundidad de 30-60 cm son una menor presencia de sistema radicular de la planta, reducción del contenido de materia orgánica, suelos secos y menor pérdida por volatización.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **N-NO_3^- en Kg/ha a una profundidad de 30 – 60 cm (N-NO_3^-),** dependió de las dosis de nitrógeno, encontrándose el mejor promedio en T8 (A2B3), con 26,50 Kg/ha y el menor en T7 (A2B2), con 5,93 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

En los reportes de análisis de suelos antes del ensayo (Anexo N° 2.1.), 30-60 cm para el N-NO_3^-. Se reportó 44 Kg/ha y al final del ensayo con el promedio mayor en el T8 (80 Kg/ha de N) con 26,50 Kg/ha y el menor en el T7 (40 Kg/ha), con 5,93 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

Los factores bio-climáticos determinantes que ayudan a conservar o gastar el NO_3^- son la temperatura, cantidad y calidad de luz solar, fotoperiodo, respiración, evapotranspiración, humedad del suelo y ambiental, tipo de suelo y cultivo, características físicas, químicas y biológicas del suelo.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **Biomasa total en Kg/ha (BT),** dependió de las dosis de nitrógeno, encontrándose el mejor promedio en T4 (A1B4), con 8.964,44 Kg/ha, y el menor en T6 (A2B1), con 6.697,77 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

Otros factores determinantes en la cantidad de BT son la altura de plantas, número de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud de espiga y porcentaje de materia seca.

La Biomasa total en Kg/ha, dependió de otros factores como el proceso de fotosíntesis que producen moléculas de alto contenido energético, procesos de transformación de la materia orgánica, y del ambiente.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **Biomasa de residuos en Kg/ha (BR),** dependió de las dosis de nitrógeno, reportándose el mejor promedio

en T4 (A1B4), con 5.955,55 Kg/ha mientras que el menor en T1 (A1B1), con 4.911,11 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo con la variedad UEB – Carnavalero y la dosis de 120 Kg/ha de N, se alcanzó una mayor producción de biomasa en los residuos, además influyeron algunos factores como cantidad y calidad de luz solar, altura de plantas, número de hojas por planta, diámetro del tallo, % de materia seca, ciclo del cultivo más precoz y escape a la sequía, etc.

El contenido de BR, dependió de los procesos fotosintéticos realizados por las plantas y el ambiente.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **Extracción del N de residuos en Kg/ha (ENR),** dependió de las dosis de nitrógeno, encontrándose el promedio más elevado en T5 (A1B5), con 35,90 Kg/ha y el menor en T2 (A1B2), con 24,71 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

Con la variedad UEB – Carnavalero y la dosis de 160 Kg/ha de N, se logró obtener una mayor extracción del N en los residuos, además otros factores determinantes son el tipo de suelo, disponibilidad de nitrógeno, humedad del suelo, cantidad y calidad de luz solar durante el ciclo de cultivo, etc.

El contenido de ENR, dependió del tipo de suelo, relación paja/grano, concentración de N en los tejidos y de interacción suelo/planta.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **Materia seca en % de los residuos (MSR),** dependió de las dosis de nitrógeno calculándose el promedio mayor en T4 (A1B4), con 93,70 %, mientras que el menor en T1 (A1B1), con 91,30 %. (Cuadro Nº 6)

Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo, con la variedad UEB – Carnavalero y de la dosis de 160 Kg/ha de N, se logró un mayor porcentaje de materia seca en los residuos, aunque esta variable es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente.

La MS, es un indicador usado principalmente en biología y agricultura, 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 MS, contiene principalmente: proteína, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, cenizas y la fibra.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **Biomasa del grano en Kg/ha (BG),** dependió de las dosis de nitrógeno, encontrándose el mejor promedio en T9 (A2B4), con 3.408,89 Kg/ha, y el menor en T6 (A2B1), con 1.577,77 Kg/ha. (Cuadro N º 6)

El contenido de BG, dependió de la relación suelo-planta de los procesos fotosintéticos, características genéticas de variedad y de la interacción genotipo – ambiente.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG),** dependió de las dosis de nitrógeno, encontrándose el mejor promedio en T9 (A2B4), con 70,11 Kg/ha, mientras que el menor en T6 (A2B1), con 33,80 Kg/ha. (Cuadro Nº 6)

El contenido de ENG, dependió de las características varietales, disponibilidad de nitrógeno, interacción suelo-planta; por lo tanto el nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta y suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta.

La respuesta de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) en cuanto al indicador **Materia seca en % del grano (MSG),** dependió de las dosis de nitrógeno. El promedio más alto se determinó en T6 (A2B1), con 89,70 % y al menor en T2 (A1B2), con 89,03 %. Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo, con la variedad INIAP – Mirador y de la dosis 0 Kg/ha de N, se determinó un mayor porcentaje de materia seca en los residuos, aunque esta variable es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente.

El porcentaje de materia seca se refiere a la cantidad de grano menos el agua contenida en dicho grano en el que se encuentra la proteína, grasas, hidratos de carbono, minerales y la fibra.

4.3. ÍNDICE DE NITRÓGENO

Cuadro N° 7. Resumen de los principales resultados del análisis del Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador. Promedio de los tratamientos en estudio. Laguacoto, 2011.

INDICADORES	TRATAMIENTOS									
	T1 A1B1	T2 A1B2	T3 A1B3	T4 A1B4	T5 A1B5	T6 A2B1	T7 A2B2	T8 A2B3	T9 A2B4	T10 A2B5
Evaluación del riesgo										
N. Total en el sistema (Kg N/ha/año)	134	249	260	300	358	211	172	288	331	430
Desnitrificación (Kg N/ha/año)	1	4	9	11	15	1	4	7	11	14
Removido en la Cosecha (Kg N/ha/año)	44	73	80	82	74	40	67	72	82	66
Nitrógeno Total Lixiviado (Kg N/ha/año)	5	10	10	12	15	10	6	12	14	20
Nitrato Residual (Kg N/ha/año)	84	164	161	195	254	159	94	196	224	329
Eficiencia del Sistema (%)	32	29	31	27	21	19	39	25	25	15
Proporción N aplicado: N removido por el cultivo (Kg N/ha/año)	2,2	2,5	2,5	3,2	3,9	3,5	2,3	3,1	3	4,7
Evaluación económica										
Desnitrificación [$/ha y (Pérdida)]	1,39	6,54	14,32	18,06	24,86	2,44	6,88	12,21	18,84	23,56
Nitrógeno Total Lixiviado [$/ha y (Pérdida)]	8,47	16,27	16,14	19,59	25,48	16	9,48	19,7	22,5	31,1
Nitrato Residual [$/ha y (Pérdida)]	139,1	267,1	265,1	321,8	418,4	263	155,6	323,6	369,5	543,7

De acuerdo con los resultados obtenidos del Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, los resultados de los diez tratamientos en estudio, nos demuestran claramente que dependen de varios factores: agronómicos, condiciones físicas, químicas, 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 6.9, 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 cultivo de las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) de marzo/2011 a agosto/2011, fue un año seco; con períodos de estrés hídrico hasta la fase de ahijamiento y de sequía en parte de la fase vegetativa, reproductiva lo que incidió en la eficiencia química, agronómica e índice de nitrógeno.

En el tratamiento T1 registró 134 Kg N total/ha/año; un proceso de desnitrificación mínima de 1 Kg de N/ha/año; en la cosecha se removió 44 Kg de N/ha/año, debido a las condiciones climáticas con baja cantidad de precipitación y mala distribución, únicamente se lixivio 5 Kg de N/ha/año. En el suelo en forma de nitrato quedaron 84 Kg de N/ha/año; se presentó una eficiencia del sistema del 32%. (Cuadro N° 7 y Gráfico Nº 2)

Las variedades de trigo harinero (UEB – Carnavalero e INIAP – Mirador) tuvieron una mejor respuesta a dosis altas de N superiores a 80 Kg/ha; siempre y cuando existan adecuadas condiciones agroclimáticas como precipitación, temperatura, textura, o riego en calidad y cantidad requerida por el cultivar.

Por lo contrario al no existir las adecuadas condiciones agroclimáticas, es decir por períodos y estrés de sequía; no es recomendable dosis

superiores a 80 Kg/ha. Estos resultados nos confirman que utilizando los cultivares INIAP – Mirador y UEB – Carnavalero en períodos de estrés de sequía las dosis más eficientes de N están entre 40 y 80 Kg/ha de N/año.

El tratamiento T2 y T7 (40 Kg/ha de N) presentaron una eficiencia total del sistema del 29 y 39 % respectivamente. (Cuadro N° 7; Gráfico Nº 3 y Gráfico Nº 8)

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

Bajo condiciones normales del clima y si manejáramos con riego el cultivo de trigo en particular tendría una respuesta lineal a las dosis de N; es decir a mayor cantidad de N, mayor rendimiento de trigo; 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).

Los tratamiento T3 (80 Kg/ha de N), T4 (120 Kg/ha de N), T5 (160 Kg/ha de N), T6 (0 Kg/ha de N), T8 (80 Kg/ha de N), T9 (120 Kg/ha de N), y T10 (160 Kg/ha de N) presentaron una eficiencia total del sistema del 31 %, 27 %, 21 %, 19 %, 25 %, 25 %, 15 % respectivamente. (Cuadro N° 7; Gráfico Nº 4, Gráfico Nº 5, Gráfico Nº 6, Gráfico Nº 7, Gráfico Nº 9, Gráfico Nº 10 y Gráfico Nº 11 respectivamente)

En términos económicos el tratamiento T1 y el T7 presentaron la menor pérdida económica. (Cuadro N° 7), esto se explica porque no se aplicó N adicional al suelo y en períodos de sequía, es mejor reducir las dosis de N.

Por lo general, se estima que entre el 50 y el 80 % de nitrógeno aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del

nitrógeno se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental.

Ha sido demostrado que el nitrógeno limita el rendimiento y/o afectan la calidad; el nitrógeno 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), textura, estructura, profundidad, contenido de los nutrientes, capacidad de almacenamiento (capacidad de adsorción), reacción del suelo y ausencia de los elementos tóxicos (por ejemplo: aluminio libre). Los suelos difieren ampliamente en estos factores. Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos quedan en el suelo y alteran su estructura, destruyendo las bacterias con la consiguiente reducción de fertilidad.

Con base a los resultados en resumen del análisis del Índice de N, para zonas agroecológicas con estrés de sequía la mayor eficiencia del sistema se da con variedades más precoces de trigo y de la aplicación adicional de N en dosis inferiores a 80 Kg/ha y fraccionado en tres aplicaciones.

Gráfico Nº 2. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T1

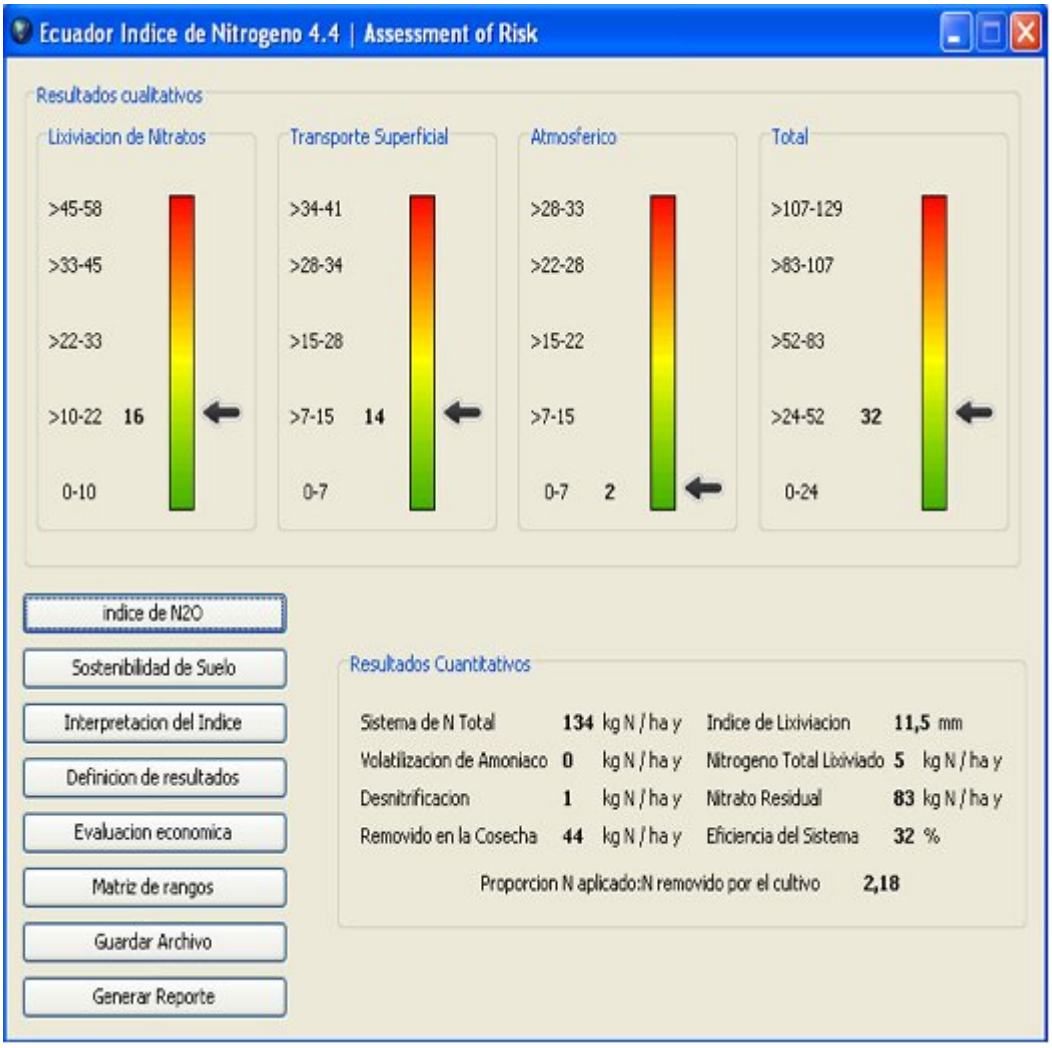


Gráfico Nº 3. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T2

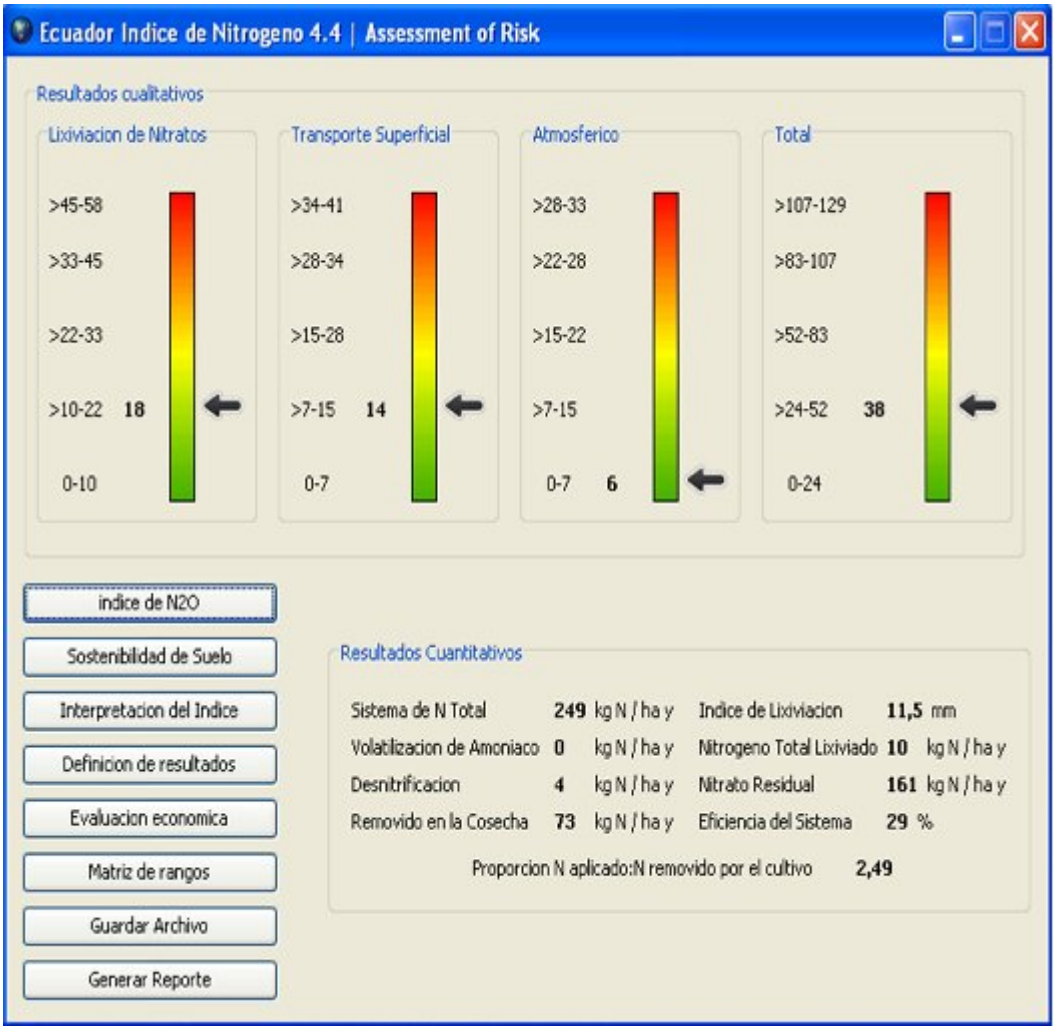


Gráfico Nº 4. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T3

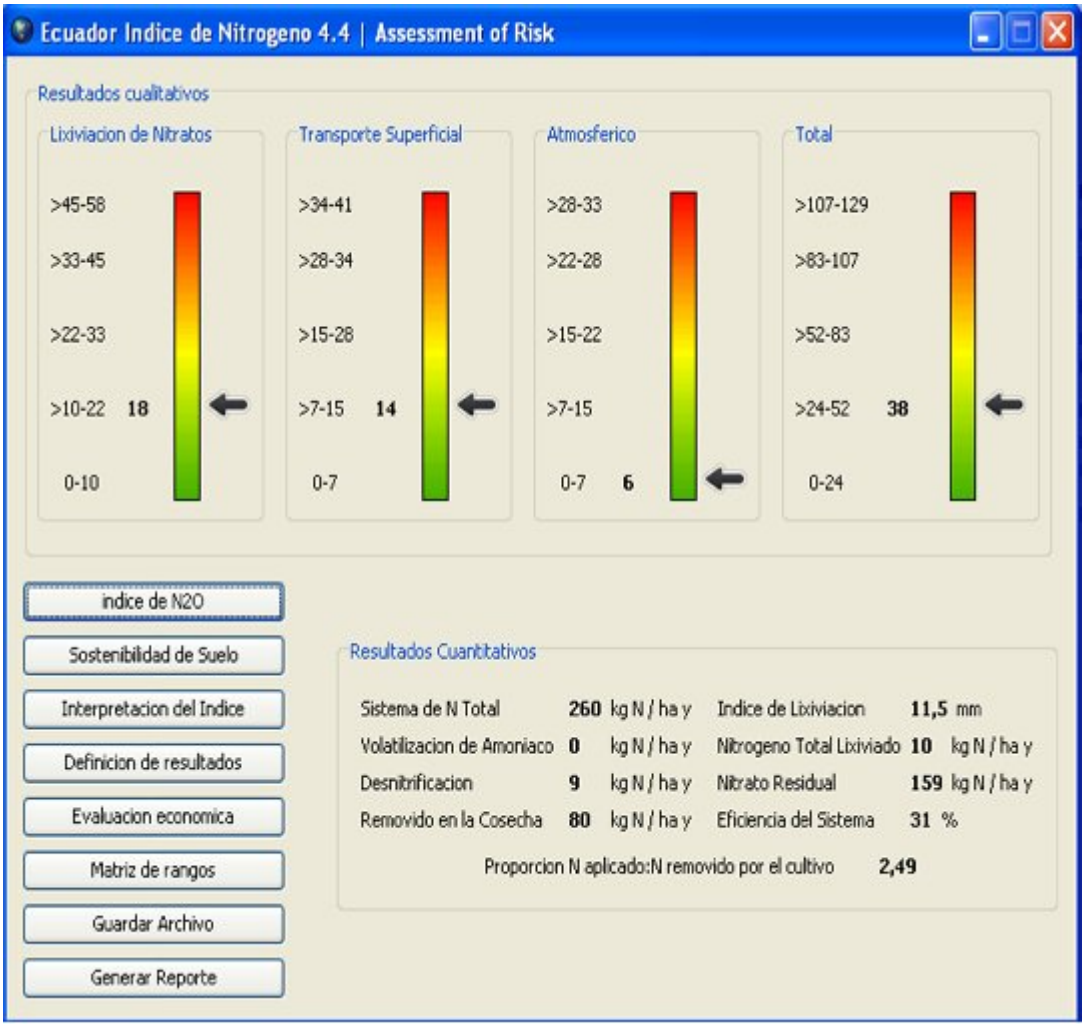


Gráfico Nº 5. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T4

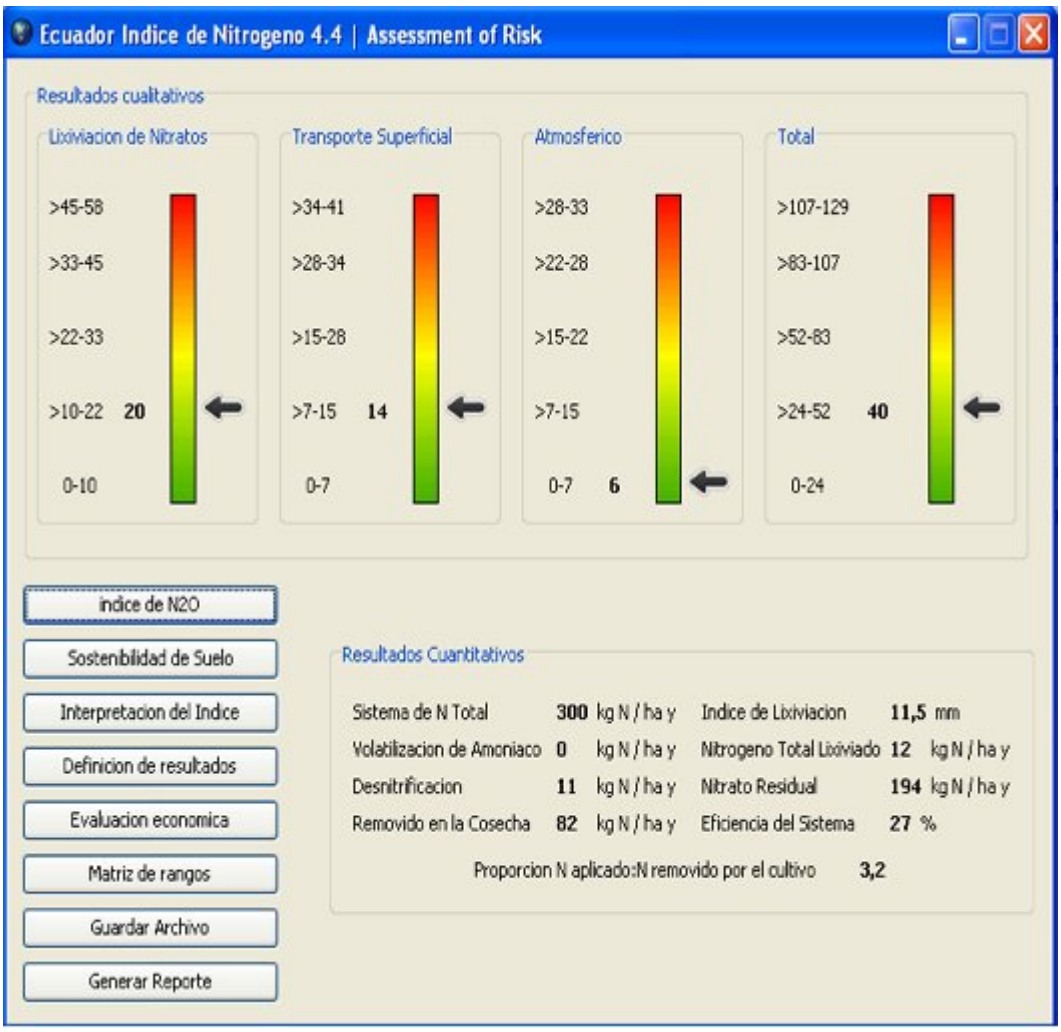


Gráfico Nº 6. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T5



Gráfico Nº 7. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T6

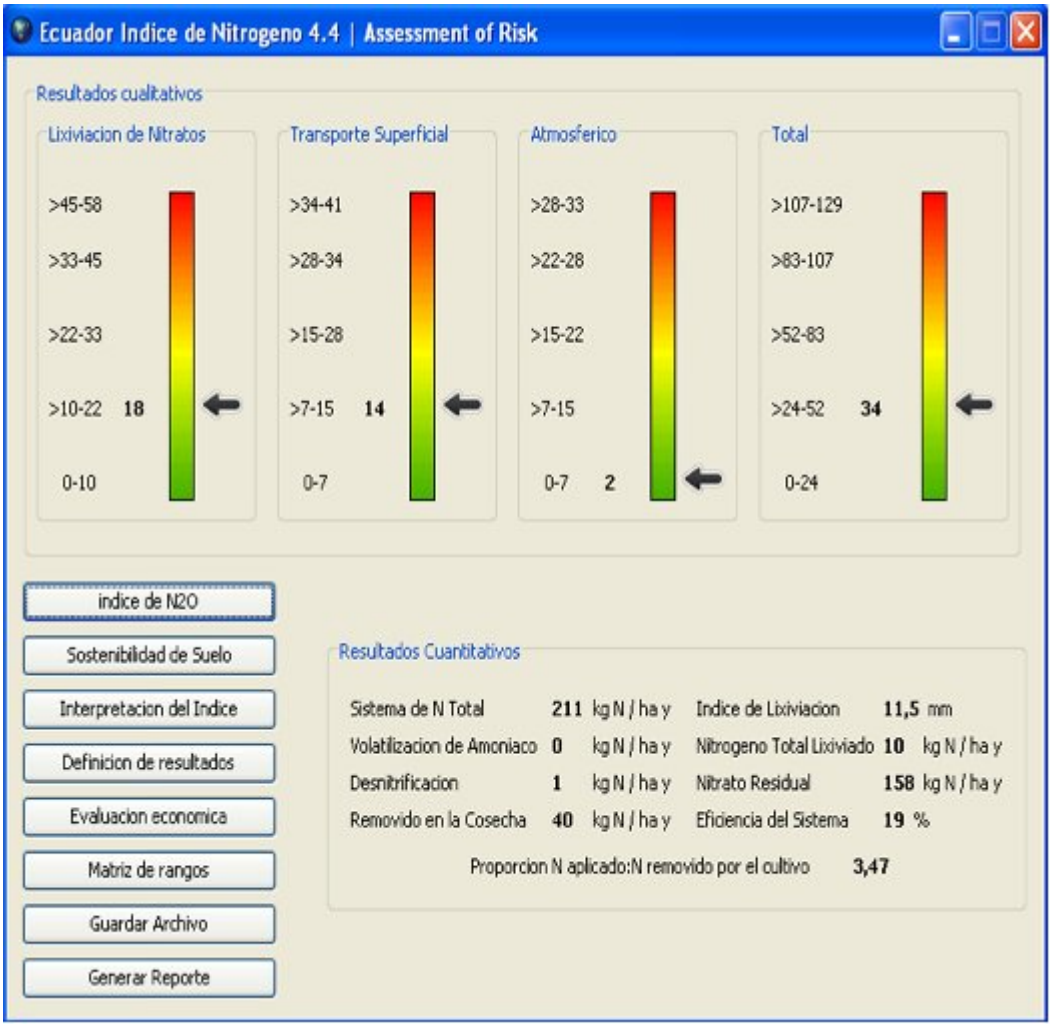


Gráfico Nº 8. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T7



Gráfico Nº 9. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T8



Gráfico Nº 10. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T9

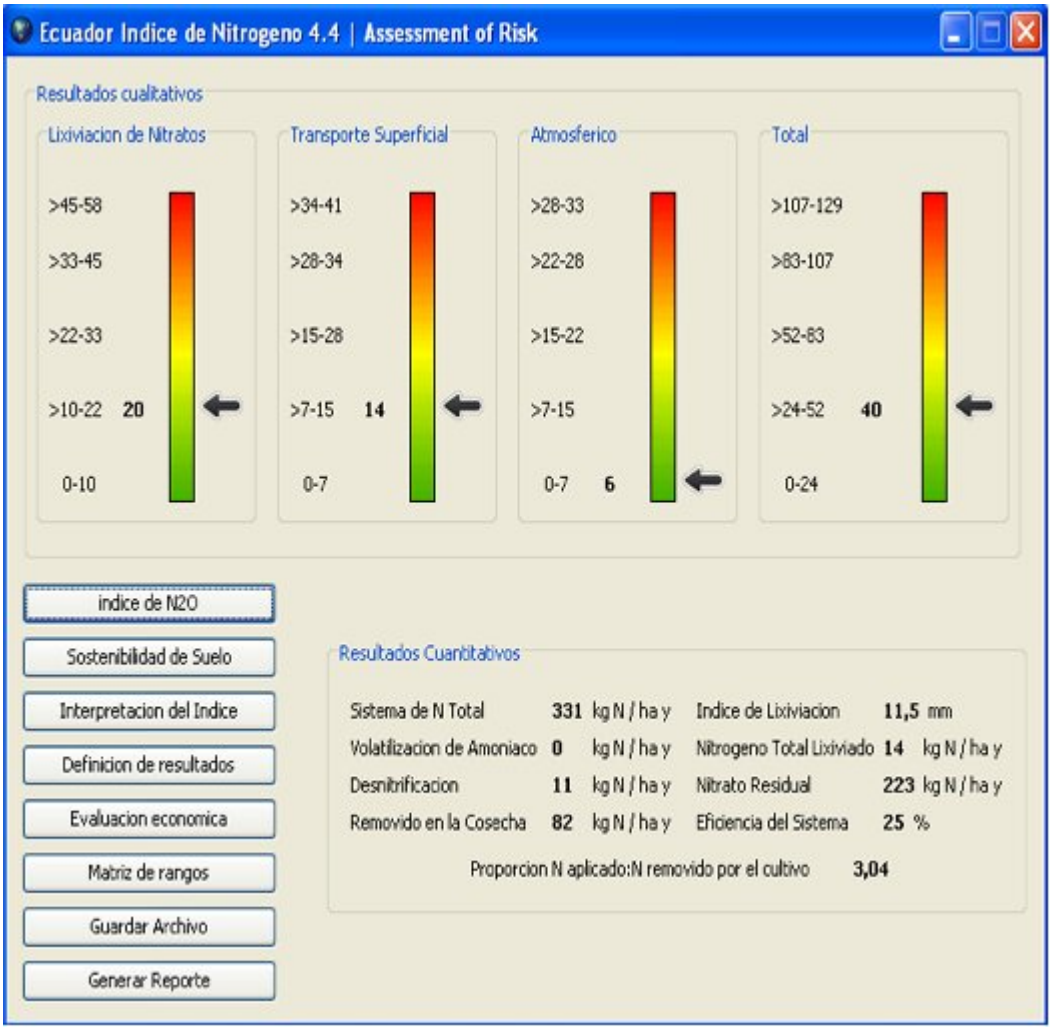
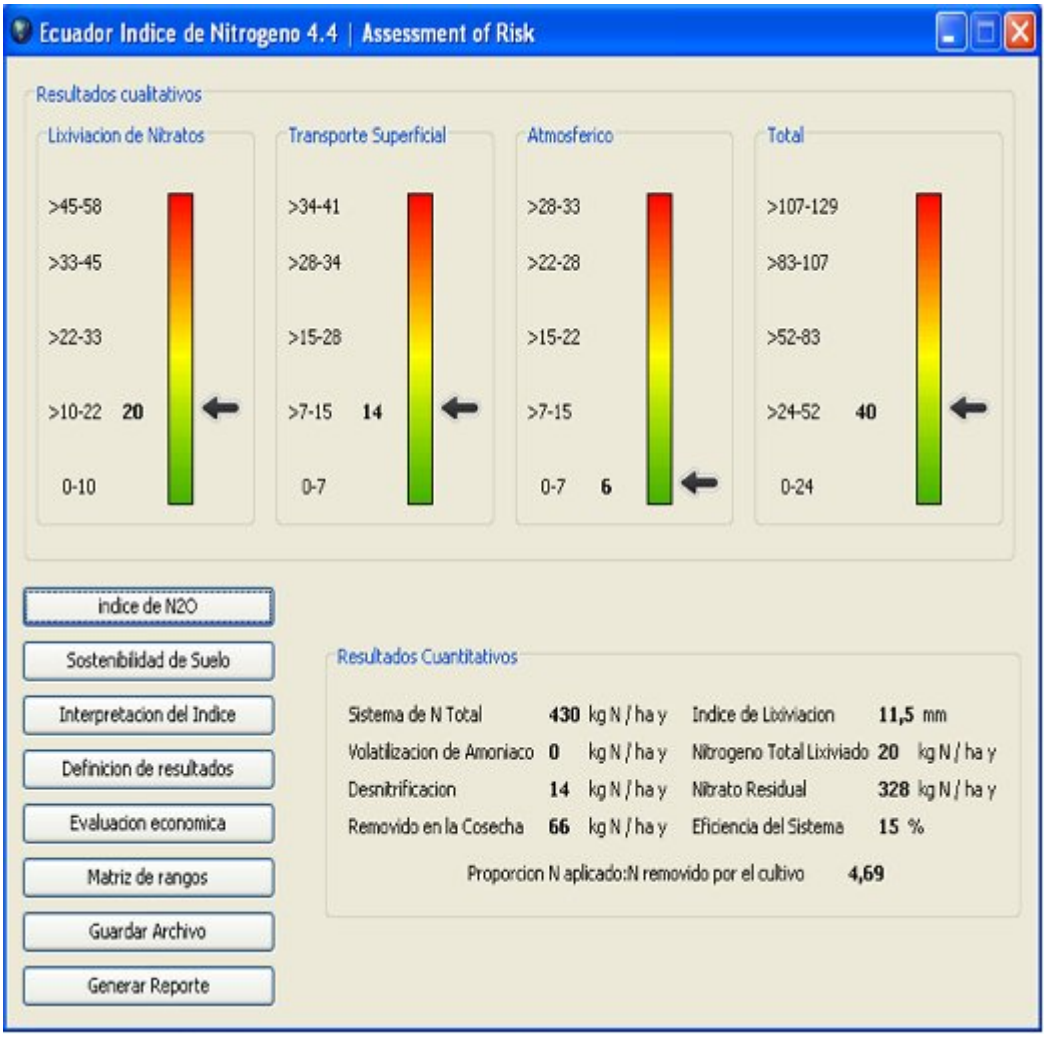


Gráfico Nº 11. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador: T10



4.4. COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)

El CV, es un indicador estadístico, que nos indica la variabilidad de los resultados y se expresa en porcentaje.

Varios autores como Beaver, J. y Beaver, L.; manifiestan que en variables que están bajo el control del investigador, deben ser valores inferiores al 20 % del CV.

Sin embargo se aceptan valores superiores al 20 % del CV en variables agronómicas e indicadores de química de suelos; que no están bajo el control del investigador y dependen fuertemente del ambiente como la incidencia y severidad de enfermedades foliares, acame de tallo, eficiencia agronómica y eficiencia química.

En esta investigación se calcularon valores del CV muy inferiores al 20 % en las variables e indicadores de química de suelo que estuvieron bajo el control del investigador por lo tanto las inferencias, conclusiones y recomendaciones son válidas para esta zona agroecológicas.

Se calcularon valores superiores al 20 % del CV en la incidencia y severidad de enfermedades foliares, eficiencia agronómica y eficiencia química; porque dependen de su interacción genotipo – ambiente y particularmente de las condiciones bioclimáticas, como la humedad, precipitación y la temperatura.

4.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL

Cuadro Nº 8. Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que tuvieron una relación estadística significativa con el rendimiento de las variedades de trigo harinero (Variable Dependiente Y).

Variables e indicadores independientes (Xs) **(Componentes de rendimiento)**	**Coeficiente de correlación "r"**	**Coeficiente de regresión "b"**	**Coeficiente de determinación (R^2) (%)**
Fusarium nivale hoja (FN)	- 0.409 *	-518,75 *	14
Número de espigas por metro cuadrado (NE)	0,400 *	3,1344 *	13
Biomasa total en Kg/ha (BT)	0.708**	0.4605**	48
Biomasa de residuos en Kg/ha (BR)	0.527*	0.76737*	25
Extracción del N total en Kg/ha (ENT)	0.716**	24.620**	50
Biomasa del grano en Kg/ha (BG)	0.660**	0.57912**	42
Extracción del N del grano en Kg/ha (ENG)	0.750**	30.690**	55
Eficiencia agronómica en Kg/ha (EA)	0,416 *	23,728 *	19
Eficiencia Química en % (EQ)	0.726**	25.773**	51

* = Significativo al 5 %

** = Altamente significativo al 1 %

- **Coeficiente de correlación "r"**

Correlación en su concepto más simple, es la relación positiva o negativa entre dos variables y su valor máximo es +/-1 y no tiene unidades. (Monar, C. 2010)

En esta investigación la variable que obtuvo una relación significativa negativa con el rendimiento fue incidencia y severidad de enfermedades foliares (***Fusarium nivale*** hoja). (Cuadro Nº 7)

Existió una estrechez positiva, significativa y altamente significativa de las variables e indicadores de química de suelo; número de espigas por metro cuadrado, biomasa total en Kg/ha, biomasa de residuos en Kg/ha, extracción del N total en Kg/ha, biomasa del grano en Kg/ha, extracción del N del grano en Kg/ha, eficiencia agronómica en Kg/ha y eficiencia Química en %. (Cuadro Nº 7)

- **Coeficiente de regresión "b"**

El coeficiente de regresión es la asociación positiva o negativa entre las variables independientes (Xs) versus el rendimiento o variable dependiente (Y). Dicho de otra manera es el incremento o disminución del rendimiento en Kg/ha; por cada cambio único de la (s) variable(s) independiente(s).

En esta investigación la variable que redujo el rendimiento en las variedades de trigo harinero fue incidencia y severidad de enfermedades foliares (***Fusarium nivale*** hoja). (Cuadro Nº 7)

Durante el ciclo del cultivo y particularmente en la etapa de embuchamiento se presentaron condiciones climáticas con alta humedad relativa y sequías, lo que favoreció la mayor incidencia de ***Fusarium nivale*** en la hoja.

Los componentes e indicadores de química de suelos que incrementaron el rendimiento fueron: Número de espigas por metro cuadrado, biomasa total en Kg/ha, biomasa de residuos en Kg/ha, extracción del N total en Kg/ha, biomasa del grano en Kg/ha, extracción del N del grano en Kg/ha, eficiencia agronómica en Kg/ha y eficiencia Química en %. (Cuadro Nº 7)

Esto quiere decir que valores más altos de estas variables e indicadores de química de suelo, mayor incremento del rendimiento en las variedades de trigo harinero en Kg/ha.

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

El R^2, se mide en porcentaje, y nos indica en qué porcentaje se incrementó o disminuyó el rendimiento (variable dependiente), por cada cambio único de la(s) variables independiente(s). Mientras más alto es el valor de R^2, mejor es el ajuste o asociación de las variables independientes e indicadores de química de suelo versus la variable dependiente de la línea de regresión lineal: Y= a + bx.

En esta investigación la incidencia de ***Fusarium nivale*** disminuyó el rendimiento en un 14 %, es decir con mayor incidencia, menor rendimiento. (Cuadro Nº 7)

Como efecto inverso el valor más alto del R^2, se registró en el indicador de química de suelos extracción del N del grano en Kg/ha vs el rendimiento; con un valor del R^2 de 55 %. (Cuadro Nº 7)

Esto quiere decir que el incremento del rendimiento en la variable dependiente (Y) fue debido a una mayor extracción del N del grano en Kg/ha. Estos resultados confirman que el N está directamente relacionado con el rendimiento del trigo harinero.

4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRESUPUESTO PARCIAL (AEPP)

Cuadro N° 9. Análisis económico de presupuesto parcial (AEPP). Cultivo de trigo harinero. Laguacoto, 2011.

VARIABLE	TRATAMIENTOS									
	TI A1B1	**T2 A1B2**	**T3 A1B3**	**T4 A1B4**	**T5 A1B5**	**T6 A2B1**	**T7 A2B2**	**T8 A2B3**	**T9 A2B4**	**T10 A2B5**
Rendimiento en Kg/ha	1454	2424	2682	2728	2477	1351	2242	2415	2737	2004
Rendimiento ajustado al 10 % en Kg/ha	1309	2182	2414	2455	2229	1216	2018	2173	2463	1984
Ingreso bruto USD/ha	**681**	**1135**	**1255**	**1277**	**1159**	**632**	**1049**	**1130**	**1281**	**1032**
Costos que Varían en USD/ha por tratamiento										
Urea en USD/ha	0	66,12	132,24	198,3	264,48	0	66,12	132,24	198,3	264,48
Mano de obra en USD/ha	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
Costos de envases en USD/ha	8,7	14,4	16,2	16,5	14,7	8,1	14,1	14,4	16,5	13,2
TOTAL de costos que varían USD/ha	**8,7**	**90,6**	**168,44**	**244,8**	**319,18**	**8,1**	**90,3**	**166,64**	**244,8**	**317,68**
Beneficio neto USD/ha	**672,3**	**1044,4**	**1086,56**	**1032,2**	**839,82**	**623,9**	**958,7**	**963,36**	**1036,2**	**714,32**

Cuadro N° 10. Análisis de dominancia.

Tratamiento Nº	Total de costos que varían USD/ha	Total de beneficios netos USD/ha	
T6: A2B1	8,1	623,9	✓
T1:A1B1	8,7	672,3	✓
T7:A2B2	90,3	958,7	✓
T2:A1B2	90,6	1044,4	✓
T8:A2B3	166,64	963,36	D
T3:A1B3	168,44	1086,56	✓
T4:A1B4	244,8	1032,2	D
T9:A2B4	244,8	1036,20	D
T10:A2B5	217,68	714,32	D
T5:A1B5	319,18	839,82	D

D= Tratamiento dominado

Cuadro N° 11. Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

La TMR, se calculó utilizando la siguiente fórmula matemática:

TMR = ΔBN/ ΔCV X 100; donde:

TMR = Tasa Marginal de Retorno en porcentaje.

ΔBN = Incremento en beneficios netos $/ha.

ΔCV = Incremento en costos que varían $/ha. (Monar, C. 2004).

Análisis Marginal de Retorno (TMR %)			
Tratamiento Nº	**Total de costos que varían USD/ha**	**Total de beneficios netos USD/ha**	**TMR %**
T6:A2B1	8,1	623,9	
T1:A1B1	8,7	672,3	8,067
T7:A2B2	90,3	958,7	351
T2:A1B2	90,6	1044,4	286
T3:A1B3	168,44	1086,56	54

- **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 toman únicamente los costos que varían en cada tratamiento, como fue en esta investigación las dosis de N, mano de obra y costo de envases. El precio promedio de venta de un Kg de trigo harinero fue de 0,52 centavos de dólar, el Kg de urea fue 0,76 centavos de dólar, el valor de un jornal por día fue de USD 10 y el costo de un envase con una capacidad de 45 Kg a 0,30 centavos de dólar.

El mejor beneficio neto en el cultivo de trigo harinero se determinó en el tratamiento T3 A1B3 (Variedad UEB – Carnavalero con 80 Kg/ha de N) con USD 1.086,56/ha. (Cuadro N° 8)

- **Análisis de dominancia**

Los tratamientos T8 (INIAP – Mirador con 80 Kg/ha de N), T4 (UEB – Carnavalero con 120 Kg/ha de N), T9 (INIAP – Mirador con 120 Kg/ha de N), T10 (INIAP – Mirador con 160 Kg/ha de N), T5 (UEB – Carnavalero 2007 con 160 Kg/ha de N); fueron dominados porque se incrementaron los costos que varían en cada tratamiento y se redujo el beneficio neto. (Cuadro Nº 9)

- **Tasa Marginal de Retorno**

El valor promedio más alto de la TMR, en el cultivo de trigo harinero se calculó en el tratamiento T1 (Variedad UEB - Carnavalero con 0 Kg/ha de N) con 8.067 %. (Cuadro N° 10), esto quiere decir que el agricultor únicamente en función de los costos que varían por cada dólar invertido gana 80,67 dólares. Bajo condiciones de sequía el productor únicamente con el cambio de variedad más precoz como es UEB – Carnavalero, tiene más oportunidad de ganar.

El tratamiento T1 (A1B1) se recomendaría para pequeños agricultores de subsistencia; sin embargo los tratamientos T2 (A1B2) y T3 (A1B3) son más rentables por que suben los beneficios netos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

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

- La respuesta agronómica de las dos variedades de trigo harinero en cuanto a la aplicación nitrogenada, fueron estadísticamente similares; sin embargo numéricamente el rendimiento más alto se registro en A1 (UEB – Carnavalero) con 2.353,19 Kg/ha.

- El efecto de los niveles de N en cuanto a la variable rendimiento de trigo harinero fueron estadísticamente diferentes, registrándose el promedio más alto en T4 (120 Kg/ha de N) con 2.732,76 Kg/ha al 14 % de humedad.

- Los componentes del rendimiento más importantes que contribuyeron a incrementar el rendimiento de trigo harinero fueron extracción total del nitrógeno con el 50 %, eficiencia química con el 51 % y la extracción de N en el grano con el 55 %.

- Las condiciones climáticas principalmente la cantidad y distribución de la lluvia, las características físicas, químicas y biológicas del suelo así como el cultivar de trigo; influyeron en la eficiencia agronómica y química del N.

- Económicamente los tratamientos con el valor más alto de la Tasa Marginal de Retorno en el cultivo de trigo harinero fueron: T1: A1B1 (UEB – Carnavalero 0Kg/ha) con 8067 %; T7: A2B2 (INIAP – Mirador 40 Kg/ha) con 351 %; T2:A1B2 (UEB – Carnavalero 40 Kg/ha) con 286 %.

- Esta investigación, nos generó información valiosa para contribuir a mejorar la eficiencia del N, para reducir el impacto ambiental y determinar la dosis más adecuada en esta zona agroecológica, que presenta ya estrés de sequía.

5.2. RECOMENDACIONES

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

- Para las zonas agro ecológicas con períodos de estrés de sequía durante el ciclo de cultivo y en suelos franco arcillosos con el cultivo de trigo harinero variedad (UEB - Carnavalero), se recomienda aplicar entre 40 y 80 Kg/ha de N, fraccionado en tres aplicaciones: 30, 60 y 90 días después de la siembra. La urea como fuente de N aplicar al voleo y con suelo húmedo.

- La variedad (UEB Carnavalero) se adapta muy bien en la zona agro ecológica de Laguacoto III, la misma se debe cultivar en labranza convencional. La época de siembra del 1 al 15 de marzo. Se debe realizar al voleo y en surcos separados cada 20 cm a chorro continuo. En el sistema al voleo se necesita 150 Kg/ha y en surcos 140 Kg/ha de semilla certificada.

- Es necesario verificar este estudio mínimo por 3 a 5 años para obtener información consistente del Índice de Nitrógeno y en varias zonas agroecológicas, porque la eficiencia del N está relacionada directamente con los factores climáticos, edáficos y el cultivo de trigo harinero.

- Se recomienda validar este estudio de Índice de Nitrógeno en el cultivo de trigo harinero, en varios ambientes de las zonas agroecológicas como son los cantones de: 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 suelo y bromatológico.

VI. RESUMEN Y SUMMARY

6.1. RESUMEN

El cultivo de trigo, es considerado el más importante a nivel mundial, constituyéndose en uno de los componentes básicos de la alimentación humana, además es una actividad de mucha importancia en las cadenas productivas de los sistemas de producción de los pequeños productores de nuestra provincia, como un producto de seguridad alimentaria e ingresos económicos. El nitrógeno es uno de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta, sin embargo el factor limitante para la producción de este cultivo es por deficiencia y poca eficiencia de la fertilización nitrogenada.

Esta investigación se realizó en la Granja Experimental de Laguacoto III de la Universidad Estatal de Bolívar. El sitio estuvo ubicado a una altitud de 2622 msnm, con un tipo de suelo franco arcilloso. La fecha de siembra fue el 28 de marzo 2011. Los objetivos en esta investigación fueron: i) Evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de trigo harinero UEB - Carnavalero e INIAP – Mirador a la aplicación nitrogenada; ii) Estudiar el efecto de cinco niveles de nitrógeno sobre los principales componentes del rendimiento de trigo harinero; iii) Generar una base de datos del proceso de investigación de la eficiencia del uso de nitrógeno en el cultivo de trigo harinero; iv) Realizar el análisis económico de Presupuesto parcial y calcular la Tasa Marginal de Retorno. (TMR %).

Se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial (AxB) variedades de trigo harinero, por niveles de nitrógeno con diez tratamientos y tres repeticiones. Se realizaron análisis de física y química de suelos antes y al final del cultivo así como análisis foliares tanto del grano como de los residuos vegetales. Se hicieron ADEVAS; prueba de Tukey, efecto principal, análisis de correlación y regresión lineal, Índice de Nitrógeno y análisis económico de presupuesto parcial.

Los principales resultados obtenidos fueron:

- La respuesta agronómica de las dos variedades de trigo harinero en cuanto a la aplicación nitrogenada, fueron estadísticamente similares; sin embargo numéricamente el rendimiento más alto se registro en A1 (UEB – Carnavalero) con 2.353,19 Kg/ha.
- El efecto de los niveles de N en cuanto a la variable rendimiento de trigo harinero fueron estadísticamente diferentes, registrándose el promedio más alto en T4 (120 Kg/ha de N) con 2.732,76 Kg/ha al 14 % de humedad.
- Los componentes del rendimiento más importantes que contribuyeron a incrementar el rendimiento de trigo harinero fueron extracción total del nitrógeno con el 50 %, eficiencia química con el 51 % y la extracción de N en el grano con el 55 %.
- Las condiciones climáticas principalmente la cantidad y distribución de la lluvia, las características físicas, químicas y biológicas del suelo así como el cultivar de trigo; influyeron en la eficiencia agronómica y química del N.
- Económicamente los tratamientos con el valor más alto de la Tasa Marginal de Retorno en el cultivo de trigo harinero fueron: T1: A1B1 (UEB – Carnavalero con 0Kg/ha) con 8067 %; T7: A2B2 (INIAP – Mirador con 40 Kg/ha) con 351 %; T2: A1B2 (UEB – Carnavalero con 40 Kg/ha) con 286 %.
- Esta investigación, nos generó información valiosa para contribuir a mejorar la eficiencia del N, para reducir el impacto ambiental y determinar la dosis más adecuada en esta zona agroecológica, que presenta ya estrés de sequía.

6.2. SUMMARY

The cultivation of wheat, is considered the most important worldwide, becoming one of the basic components of human food, is also a very important activity in the productive chains of production systems for small producers in our province, as a product of food security and income. Nitrogen is one of the essential nutrients for growth and plant development; however the limiting factor for the production of this crop is deficient and low efficiency of nitrogen fertilization.

This research was conducted at the Experimental Farm Laguacoto III of Bolivar State University. The site was located at an altitude of 2622 meters, with a clay loam soil type. The planting date was March 28, 2011. The objectives in this study were: i) to evaluate the agronomic response of two varieties of bread wheat UEB - Carnavalero and INIAP - Mirador to nitrogen application, ii) To study the effect of five nitrogen levels on the main yield components of wheat flour iii) To generate a database of the research process of nitrogen use efficiency in wheat flour iv) Conduct economic analysis of Appropriation and calculate the Marginal Rate of Return. (TMR %).

We performed a randomized complete block (RCBD) with factorial arrangement (AxB) bread wheat varieties by nitrogen levels with ten treatments and three replications. There were physical and chemical analysis of soils before and at the end of the crop and leaf analysis of both grain and vegetables. ADEVAS were made, Tukey test, main effect, correlation analysis and linear regression, Nitrogen Index and economic analysis of partial budget.

The main results were:

- The agronomic response of the two bread wheat varieties in terms of nitrogen application were statistically similar, but numerically the highest yield was recorded in A1 (UEB - Carnavalero) to 2353.19 kg / ha.

- The effect of nitrogen levels in terms of the variable yield of wheat flour were statistically different, registering the highest average in T4 (120 kg / ha N) with 2,732.76 kg / ha to 14 % humidity.
- The most important yield components that contributed to increase the yield of wheat flour were total nitrogen removal with 50 % chemical efficiency with 51 % and removal of N in the grain to 55 %.
- Weather conditions mainly the amount and distribution of rainfall, the physical, chemical and biological soil and the cultivation of wheat influenced the chemical and agronomic efficiency of N.
- Economically treatments with the highest value of the Marginal Rate of Return in the cultivation of wheat flour were: T1: A1B1 (UEB - Carnavalero with 0Kg/ha) with 8067 % T7: A2B2 (INIAP - Mirador with 40 Kg / ha) with 351 % and T2: A1B2 (UEB - Caranavelro with 40 kg / ha) with 286 %.
- This investigation, we generated valuable information to help improve the efficiency of N, to reduce environmental impact and determine the most appropriate dose in this agro-ecological zone, which has already drought stress.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Baver, G. 1991. Física de suelos. Editores Noriega. México D. F. Pp. 52-53.

2. Biblioteca de la Agricultura. 1997. Barcelona – España. P. 768.

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

4. CIMMYT. 2007. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. México. DF. P. 46.

5. CIMMYT. 1985 Y 1986. Enfermedades y plagas del trigo. México. Pp. 23-65.

6. Delgado, J. y Monar, C. 2010. Eficiencia de Nitrógeno. Memoria anual. Guaranda - Ecuador.

7. Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP Santa Catalina. 2007.

8. Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP Santa Catalina. 2010.

9. Díaz, R. 1992. Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. Revista. INIA Investigaciones Agronómicas. Nº 1. Tomo 1. Pp. 27-35.

10. Domínguez, A. 1989. Abono de hortalizas aprovechadas por sus frutos. Madrid. Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación. P. 16.

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

12. Enciclopedia Estudiantil. 1998. P. 800.

13. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería. 2000. P. 977.

14. Echeverría, H. et. al. 1993. Estimación de la mineralización del nitró - geno en suelos. Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza - Argentina. Pp. 45-47.

15. Espinosa, J. y Molina, E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. Quito - Ecuador. Edición primera. Pp. 3-4, 20-26.

16. Esquinas, J. 2006. Diversidad biológica. Sistema global de la FAO sobre recursos filogenéticos. P. 15.

17. Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar. Monar, C. 2009).

18. Fairhurst, T. 2002. Guía práctica para el manejo de nutrientes. España. Pp. 1-40.

19. FAO. 1996. Fijación biológica del nitrógeno desde el surco. Impresión Publingragf. Quito - Ecuador. Pp. 54-56.

20. Fierro, H. 1997. Evaluaciones agronómicas de cuatro variedades de trigo (*Triticum vulgare* L). En las localidades de Shacundo y Laguacoto. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda - Ecuador. Pp. 1-89.

21. Fundora, O. y Arzola, N. 1993. Agroquímica. Editorial pueblo y educación. Habana - Cuba. Pp. 86-87, 95-101.

22. INEC. 2007. Visualizador de Estadísticas Agropecuarias del Ecuador ESPAC. (En línea). Quito - Ecuador. Consultado 16 de Abril de 2009.

23. INIAP. 2001. Participación y Género en la Investigación Agropecuaria. Estación Experimental Santa Catalina. Quito - Ecuador. P. 128.

24. NIAP. 2006. Participación y Género en la Investigación Agropecuaria. Estación Experimental Santa Catalina. Quito - Ecuador. P. 128.

25. Jackson, M. 1982. Análisis químico de suelos. OMEGA S.A. Barcelona. Pp. 32-45.

26. López, A. 1999. Enciclopedia Practica de la Agricultura y Ganadería OCÉANO/CENTRUM. España. P. 81.

27. Manual Agropecuario. 2004. Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Colombia. Pp. 23-34.

28. Martin, A. 1990. Introducción a la microbiología del suelo. Biol. Esperanza García. Pp. 220- 243.

29. Martínez, R. y Lopéz, M. 2008. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Ed. CIARA, Caracas. P. 166.

30. Maschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher planst. Academic Press. London. Pp. 87-90.

31. Medina, N. y Pino, M. 1992. Evaluación de diferentes especies de bacterias y hongos MVA y sus combinaciones como biofertilizantes para el tomate cultivado fuera de época. VIII Seminario Científico del INCA. Pp. 38.

32. Milano, E. 2007. Qué son los biofertilizantes y cómo nos pueden beneficiar. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. Publicación gratuita. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Pp. 4-10.

33. Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation.

34. Miller, A. y Smith, S. 1996. Nitrate transport and compartmentation in cereal root cells. Journal Experimental Botany. Pp. 843-854.

35. Monar, C. et. al. 2000. Informe anual de labores. Proyecto Integral. Noreste de Bolívar INIAP-FEPP. Guaranda - Ecuador. P. 52.

36. Monar, C. 2004. Informe anual de labores. UVTT/C-B. INIAP. Guaranda - Ecuador. P. 47.

37. Monar, C. 2005. Informe anual de labores. UVT/C-B. INIAP. INIAP. Guaranda - Ecuador. P. 105.

38. Monar, C. 2007. Nueva variedad precoz de trigo harinero para la Provincia Bolívar Boletín Técnico N 001. Guaranda – Ecuador.

39. Monar, C. 2008. Informe anual de labores. INIAP. Guaranda - Ecuador. P. 20.

40. Monar, C. et. al. 2010. Nueva variedad de trigo harinero para la sierra centro del Ecuador. Boletín técnico No. 333. Quito – Ecuador.

41. Patín, J. 2007. Tesis de grado. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda – Ecuador. P. 102.

42. Pérez, S.; Torralba, A. 1997. La fijación del nitrógeno por los seres vivos. Seminario Fisiología Vegetal. 21.01. Facultad Biología Oviedo. Pp. 90-98.

43. Ramírez, M. 2004. Desarrollo de un método alternativo de producción de almácigos de tomate con bacterias fijadoras de nitrógeno. Tesis Ingeniería en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología, Carrera de Ingeniería en Biotecnología. Cartago. P. 66.

44. Reyes, P. 1995. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, México. Pp. 384-388.

45. Rodríguez, F. 1992. Fertilizantes nutrición vegetal. Editorial AGT, Editor. México. Pp. 53-56.

46. Rojas, M. 2003. Modulo de quinto año. Pp. 1- 103.

47. Romero, L. 1995. Algunos aspectos de la nutrición mineral de las plantas. Editorial. Granada. Pp. 54-59.

48. Suquilanda, M. 2006. Agricultura orgánica. Tercera Edición. Quito, Ec., Ediciones UPS FUNDAGRO. Pp. 95 - 126.

49. Técnico en Agricultura. 2002. Madrid España. Edición Cultural. S.A. Pp. 68-334, 465-466.

50. Tisdale, S. y Werner, N. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial limusa, S.A. México. Pp. 141-144, 145-171.

51. Thompson, L. Troeh, F. 1997. Los suelos y su fertilidad. Editorial reverté, S. A. España. Traducido al español por Juan Puigdefábregastomás. Pp. 299-361.

52. Uhart, S. y Echeverría, H. 1997. Fertilizar maíz. Revista Fertilizar INTA. P. 32.

53. Urquiaga S. y Zapata, F. 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Editorial Génesis Porto Alegre Río Grande do Sul. Brasil. Pp. 100-110.

54. Valverde, F. 2002. Curso de edafología segundo año. Universidad Técnica del Norte, Escuela de Ingeniería Agropecuaria, Ibarra – Ecuador. P. 62.

55. Witt, C. et. al. 2002. Nutrient management. Practical guide for nutrient management. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and

Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI). Pp. 1-100.

56. http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm

57. http://es.scribd.com/doc/7256867/Trigo.htm

58. http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htrn

59. http://apuntes.rincondelvago.com/cultivo-del-trigo.html

60. http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo2.htm

61. http://html.rincondelvago.com/nitrogeno_1.html

62. http://www.botanical-online.com/buscadordebotanica.htm

63. http://www.lenntech.es/ciclo-nitrogeno.htm

64. http://www.miliarium.com/proyectos/nitratos/Nitrato/CicloNitrogeno.asp

65. http://www.textos.cientificos.com urea.htm

66. http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2001/a2001_108.htm

67. http://html.rincondelvago.com/fertilidad-y-fertilizantes.html

68. http://www.rolf-derpsch.com/abonoverde.html

69. http://www.geocities.com/raaapero/ao.html

70. http://www.manualdelombricultura.com/index.html

71. http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_nitrógeno.html

72. http://es.wikipedia.org/wiki/Nitrificación.html

73. http://es.scribd.com/doc/3855413/Desnitrificacion-resumen.html

74. http://edafologia.ugr.es/conta/tema14/nitrog.htm

75. http://www.botanical-online.com/aguacontaminantes.htm

76. http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamNitr.htm

77. http://www.wordreference.com/definicion/biomasa.html

78. http://es.wikipedia.org/wiki/Biomasa.html

79. http://es.wikipedia.org/wiki/Materia_seca.html

80. http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/2272.html

81. http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=433

82. http://organicsa.net/relacion-cn-en-el-compost.html

83. http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Nitratos/Welcome. asp

84. http://www.infojardin.net/glosario/regadera/relacioncarbononitrógeno.htm

85. http://www.jardinyplantas.com/suelos-y-fertilizantes/tecnicasdeaplicacion-de- fertilizantes.html

86. http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/FERTILIZERS-THE-INDUSTRY.htm

87. http://www.monografias.com/trabajos904/efecto-sistema-laboreo/efecto-sistema-laboreo2.shtml

88. http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso %20del% 20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp

89. http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/2DF664B109C4C2AC05256B9E002AECBA?opendocument&navigator=herramientas.html

90. http://agrofuerte.com/vercatalogo.php?id_producto=753&id=1951&TB_iframe=1&width=800&height=475.html

91. http://www.fertilizando..com/articulos./Los%20Fertilizantes%.20Nitrogenados%20y%20la%20Acidificacion%20del%20Suelo.asp

92. http://eurocontaminacion...blogspot...com/2009/05/repunta-la-contaminacion-por-nitratos.html

93. http://fgonzalesh.blogspot.com/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html

94. http://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/39819-El-papel-del-nitrogen o-en-la-agricultura-y-la-contaminacion-por-nitrato.html

95. http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_.de_suelos#Inceptisoles.html

96. http://qiimiica2viiriirsszkawaii.blogspot.com/2011/02/acidez-del-suelo.html

97. http://clubensayos.com/Ciencia/Micro-Y-Macronutrientes-Del-Suelo /64525.html

98. http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/materia-seca-t3585/089-p0.htm

ANEXOS

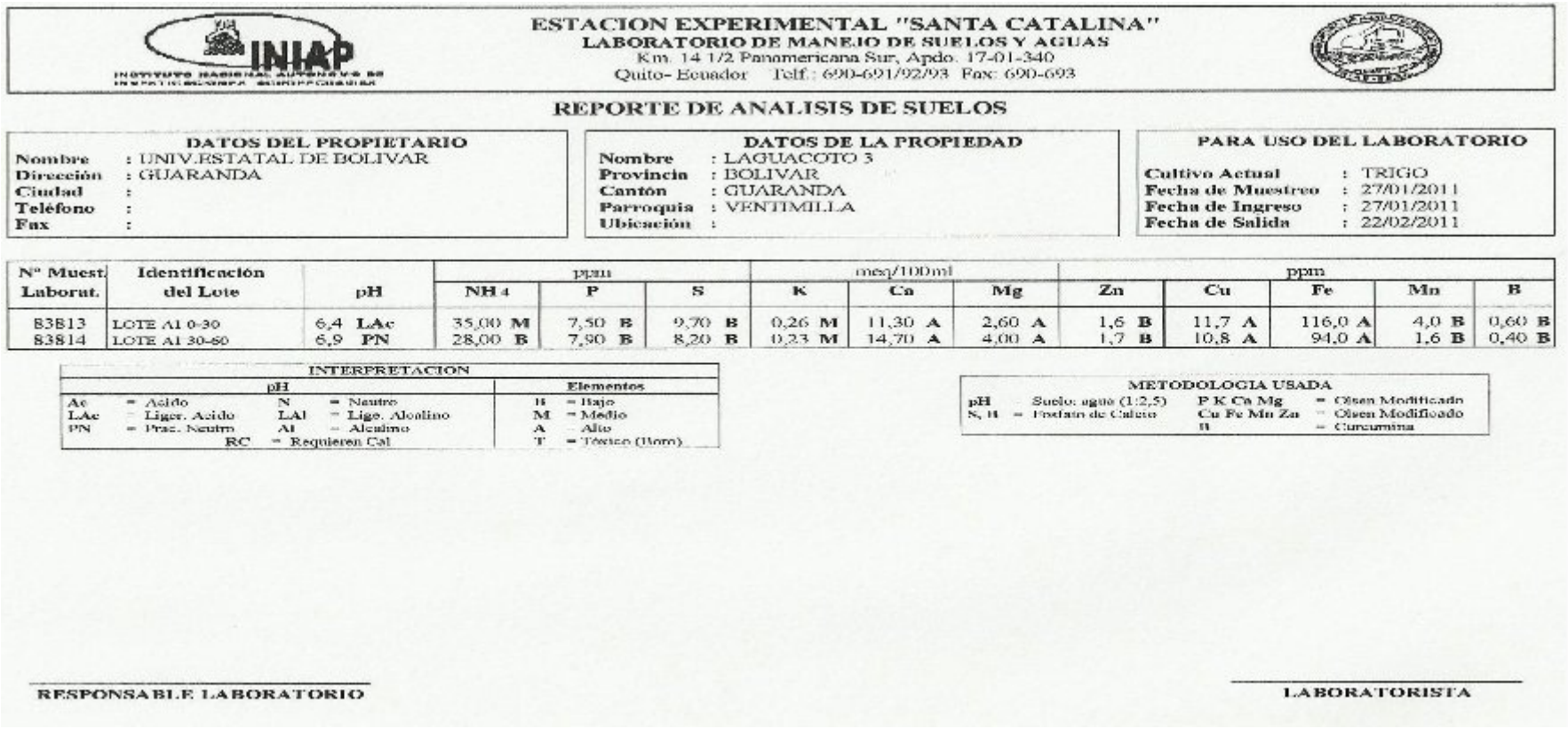
ANEXO N° 1

Mapa del lugar del ensayo



ANEXO Nº 2

2.1. Análisis físico, químico del suelo al inicio del cultivo



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 : UNIVERSTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO 3
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VENTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : TRIGO
Fecha de Muestreo : 27/01/2011
Fecha de Ingreso : 27/01/2011
Fecha de Salida : 22/02/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
83813	LOTE A1 0-30	6,4 LAc	35,00 M	7,50 B	9,70 B	0,26 M	11,30 A	2,60 A	1,6 B	11,7 A	116,0 A	4,0 B	0,60 B
83814	LOTE A1 30-60	6,9 PN	28,00 B	7,90 B	8,20 B	0,23 M	14,70 A	4,00 A	1,7 B	10,8 A	94,0 A	1,6 B	0,40 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
N, H	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

2.2. Análisis físico, químico del suelo después del cultivo

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 : IVAN ORTA
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual :
Fecha de Muestreo : 22/09/2011
Fecha de Ingreso : 23/09/2011
Fecha de Salida : 10/10/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
86142	T1-M1-0-30	6,57 PN	11,00 B	14,00 M	4,20 B	0,31 M	13,00 A	3,10 A	2,1 M	11,9 A	146,0 A	6,4 M	2,70 A
86143	T1 M2 30 60	7,03 PN	12,00 B	11,00 M	5,30 B	0,16 B	12,80 A	3,40 A	2,1 M	10,8 A	113,0 A	3,7 B	2,80 A
86144	T2-M1-0-30	6,58 PN	37,00 M	12,00 M	4,70 B	0,26 M	13,40 A	3,30 A	2,0 M	12,8 A	155,0 A	6,7 M	3,00 A
86145	T2 M2 0 60	7,09 PN	23,00 B	11,00 M	4,10 B	0,21 M	12,80 A	3,70 A	1,9 B	10,3 A	99,0 A	2,5 B	3,00 A
86146	T3-M1-0-30	6,42LAc	13,00 B	19,00 M	4,70 B	0,34 M	13,20 A	3,20 A	2,2 M	13,2 A	164,0 A	7,7 M	3,20 A
86147	T3-M2-30-60	7,04 PN	16,00 B	9,70 B	13,00 M	0,21 M	15,00 A	4,10 A	2,2 M	13,4 A	105,0 A	3,0 B	3,90 A
86148	T4-M1-0-30	6,39LAc	30,00 M	19,00 M	4,30 B	0,28 M	13,30 A	3,00 A	2,6 M	11,8 A	153,0 A	8,9 M	3,20 A
86149	T4-M2-30-60	6,98 PN	10,00 B	11,00 M	3,50 B	0,17 B	12,60 A	3,20 A	1,7 B	11,1 A	121,0 A	3,8 B	3,00 A
86150	T5-M1-0-30	6,45LAc	16,00 B	16,00 M	4,70 B	0,33 M	12,80 A	3,00 A	2,2 M	12,2 A	158,0 A	9,8 M	2,70 A
86151	T5-M2-30-60	6,91 PN	23,00 B	10,00 M	4,70 B	0,20 M	13,50 A	3,40 A	1,8 B	11,2 A	122,0 A	3,8 B	2,60 A
86152	T6-M1-0-30	6,57 PN	32,00 M	16,00 M	4,20 B	0,30 M	12,70 A	3,10 A	2,2 M	12,1 A	155,0 A	8,4 M	3,00 A
86153	T6-M2-30-60	6,93 PN	27,00 B	11,00 M	8,40 B	0,18 B	11,50 A	3,30 A	1,6 B	10,2 A	110,0 A	3,1 B	2,50 A
86154	T7 M1 0 30	6,51 PN	19,00 B	13,00 M	4,50 B	0,34 M	13,30 A	3,30 A	2,4 M	13,7 A	157,0 A	8,1 M	3,10 A
86155	T7-M2-30-60	7,09 PN	5,00 B	10,00 M	2,80 B	0,23 M	12,60 A	3,80 A	1,8 B	10,6 A	107,0 A	2,7 B	2,50 A
86156	T8 M1 0 30	6,19LAc	31,00 M	16,00 M	11,00 M	0,53 A	13,30 A	3,40 A	2,3 M	13,3 A	164,0 A	7,9 M	3,20 A
86157	T8-M2-30-60	6,81 PN	20,00 B	14,00 M	4,50 B	0,33 M	14,30 A	4,10 A	2,2 M	12,3 A	145,0 A	4,9 B	2,40 A
86158	T9 M1 0 30	6,47LAc	22,00 B	18,00 M	4,90 B	0,37 M	13,90 A	3,70 A	2,3 M	13,9 A	153,0 A	8,2 M	2,40 A
86159	T9-M2-30-60	6,98 PN	32,00 M	11,00 M	3,40 B	0,22 M	14,90 A	4,20 A	2,0 M	10,6 A	112,0 A	3,7 B	2,70 A
86160	T10-M1-0-30	6,36LAc	35,00 M	13,00 M	3,00 B	0,40 M	13,60 A	4,40 A	2,3 M	12,6 A	147,0 A	6,7 M	3,10 A
86161	T10-M2-30-60	6,95 PN	52,00 M	13,00 M	2,60 B	0,22 M	14,80 A	4,10 A	2,0 M	11,0 A	115,0 A	3,9 B	3,00 A

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 : IVAN ORTA
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual :
Fecha de Muestreo : 22/09/2011
Fecha de Ingreso : 23/09/2011
Fecha de Salida : 09/01/2012

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	$N\text{-}NO_3^-$	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
86142					2,60 B	4,19	10,00	51,94	16,41		5,20				
86143					2,10 B	3,76	21,25	101,25	16,36		6,70				
86144					2,70 B	4,06	12,69	64,23	16,96		4,80				
86145					2,10 B	3,46	17,62	78,57	16,71		9,70				
86146					3,10 M	4,13	9,41	48,24	16,74		14,60				
86147					2,40 B	3,41	20,95	92,38	19,61		12,30				
86148					2,70 B	4,43	10,71	58,21	16,58		8,40				
86149					2,40 B	3,94	18,82	92,94	15,97		8,50				
86150					3,00 M	4,27	9,09	47,88	16,13		14,40				
86151					1,90 B	3,68	17,00	79,50	16,10		12,30				
86152					2,20 B	4,10	10,33	52,67	16,10		9,40				
86153					2,40 B	3,48	18,33	82,22	14,98		7,30				
86154					2,90 B	4,03	9,71	48,82	16,94		5,90				
86155					1,90 B	3,32	16,52	71,30	16,63		2,90				
86156					3,10 M	3,91	6,42	31,51	17,23		6,60				
86157					2,60 B	3,49	12,42	55,76	18,73		13,20				
86158					2,70 B	3,76	10,00	47,57	17,97		11,40				
86159					1,50 B	3,55	19,09	86,82	19,32		8,30				

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: IVAN ORTA
Dirección	: GUARANDA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR
Provincia	: BOLIVAR
Cantón	: GUARANDA
Parroquia	: VEINTIMILLA
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	:
Fecha de Muestreo	: 23/09/2011
Fecha de Ingreso	: 23/09/2011
Fecha de Salida	: 09/01/2012

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	$N\text{-}NO_3^-$	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
86160					2,70 **B**	3,09	11.00	45,00	18.40		9,20				
86161					2,30 **B**	3,61	18.64	85,91	19.12		7,50				

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. Reporte de análisis foliares del grano

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 FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO 4
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : TRIGO
Fecha de Muestreo : 08/09/2011
Fecha de Ingreso : 30/09/2011
Fecha de Salida : 24/10/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)						M.S.	(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S		B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
18318	T1 GRANO	1,94	0,31	0,13	0,01	0,12		88,90							
18319	T2 GRANO	1,86	0,32	0,14	0,07	0,16		89,00							
18320	T3 GRANO	2,00	0,29	0,14	0,06	0,12		89,20							
18321	T4 GRANO	2,36	0,33	0,19	0,05	0,11		89,10							
18322	T5 GRANO	2,14	0,33	0,21	0,06	0,08		89,20							
18323	T6 GRANO	2,00	0,31	0,29	0,09	0,08		89,80							
18324	T7 GRANO	2,21	0,27	0,28	0,05	0,12		89,60							
18325	T8 GRANO	2,21	0,27	0,24	0,04	0,12		89,80							
18326	T9 GRANO	2,38	0,29	0,26	0,02	0,14		89,40							
18327	T10 GRANO	2,28	0,32	0,15	0,04	0,12		89,30							

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

2.4. Reporte de análisis foliares de los residuos

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 FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : LUIS PISUÑA
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : UNIVERSIDAD DE BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VENTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : TRIGO
Fecha de Muestreo : 08/09/2011
Fecha de Ingreso : 23/09/2011
Fecha de Salida : 04/10/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.S.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
18225	T1	0,50	0,07	0,87	0,07	0,04		91,20							
18226	T2	0,43	0,05	0,85	0,07	0,07		92,80							
18227	T3	0,50	0,04	0,98	0,15	0,06		92,50							
18228	T4	0,57	0,05	0,88	0,25	0,09		93,40							
18229	T5	0,71	0,05	1,20	0,37	0,07		92,50							
18230	T6	0,57	0,05	0,93	0,04	0,08		92,70							
18231	T7	0,57	0,05	1,08	0,05	0,06		92,70							
18232	T8	0,64	0,05	1,13	0,05	0,06		91,90							
18233	T9	0,64	0,06	1,21	0,07	0,12		92,60							
18234	T10	0,57	0,05	1,15	0,15	0,06		92,70							

INTERPRETACION
B – Bajo
S – Suficiente
A – Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

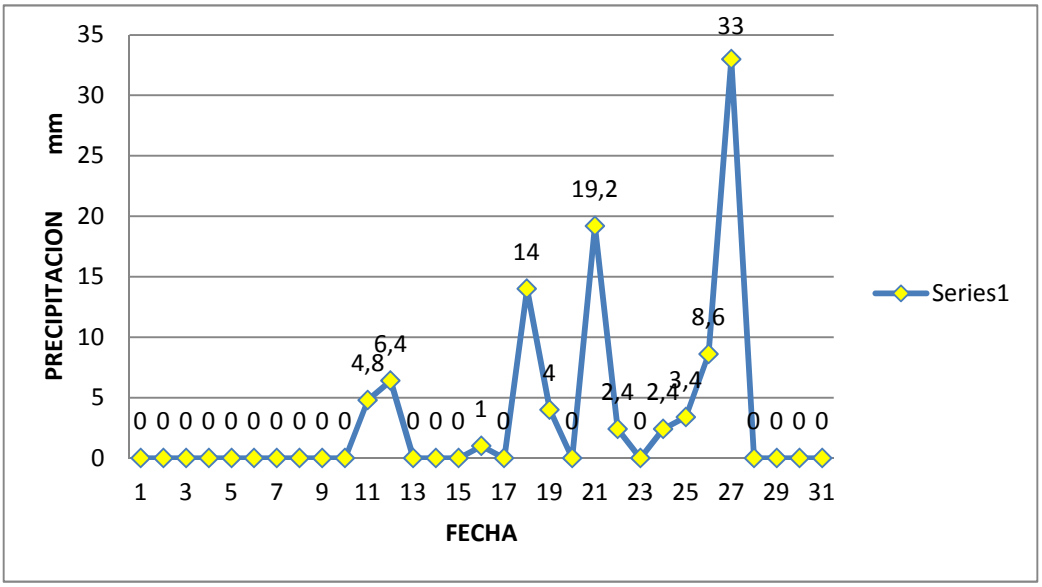
LABORATORISTA

ANEXO Nº 3

Datos de precipitación durante el ciclo del cultivo trigo harinero (Marzo a agosto del 2011)

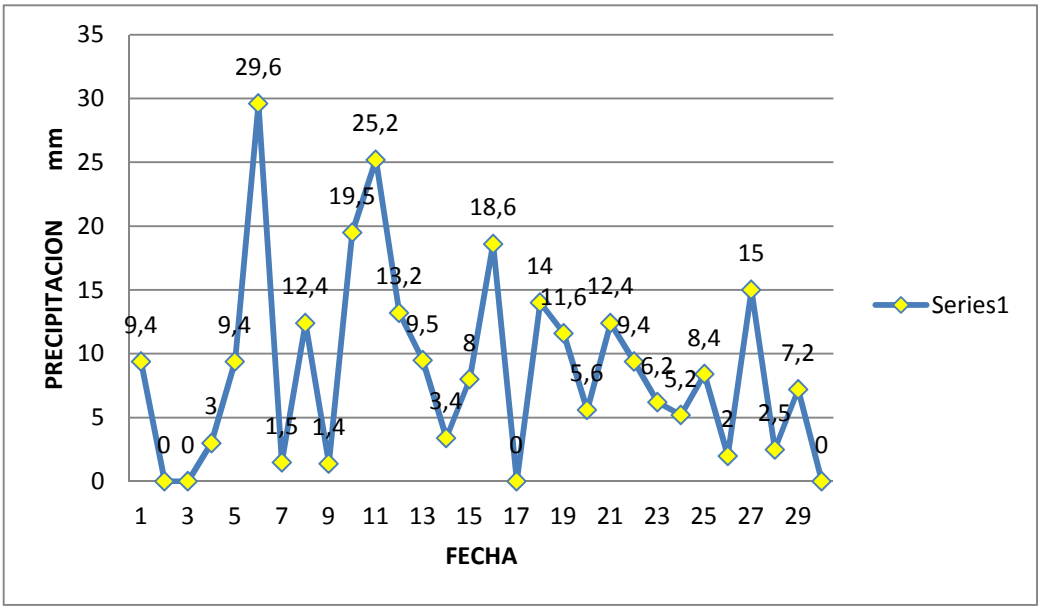
Marzo del 2011 (del 28 al 31)

Cantidad y distribución de precipitación 0,0 mm



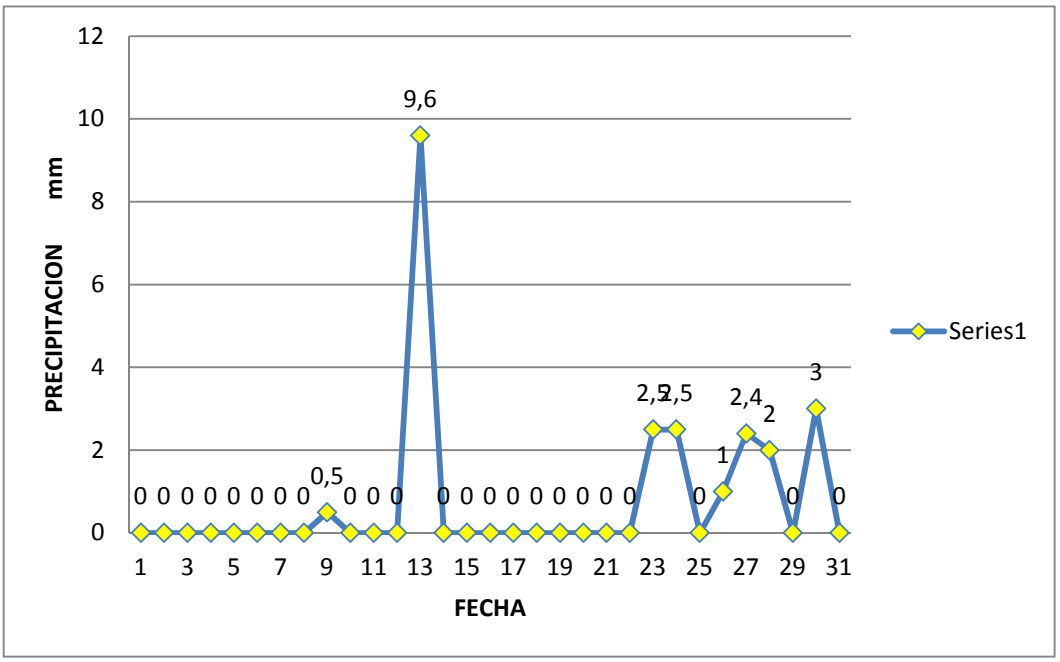
Abril del 2011

Cantidad y distribución de precipitación 263,6 mm



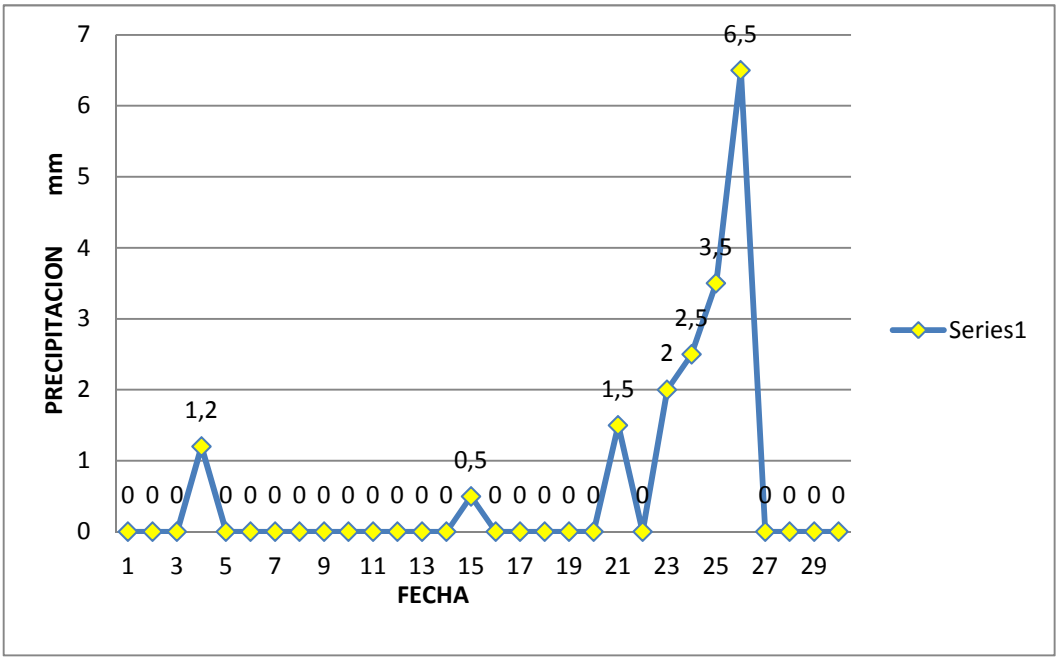
Mayo del 2011

Cantidad y distribución de precipitación 23,5 mm



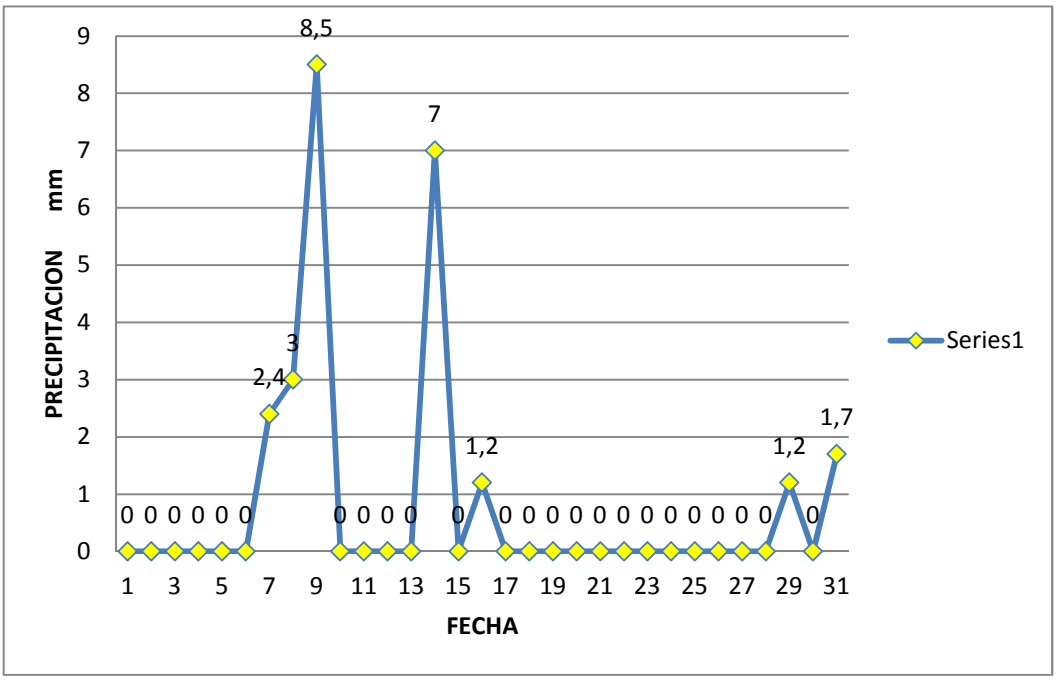
Junio del 2011

Cantidad y distribución de precipitación 17,7 mm



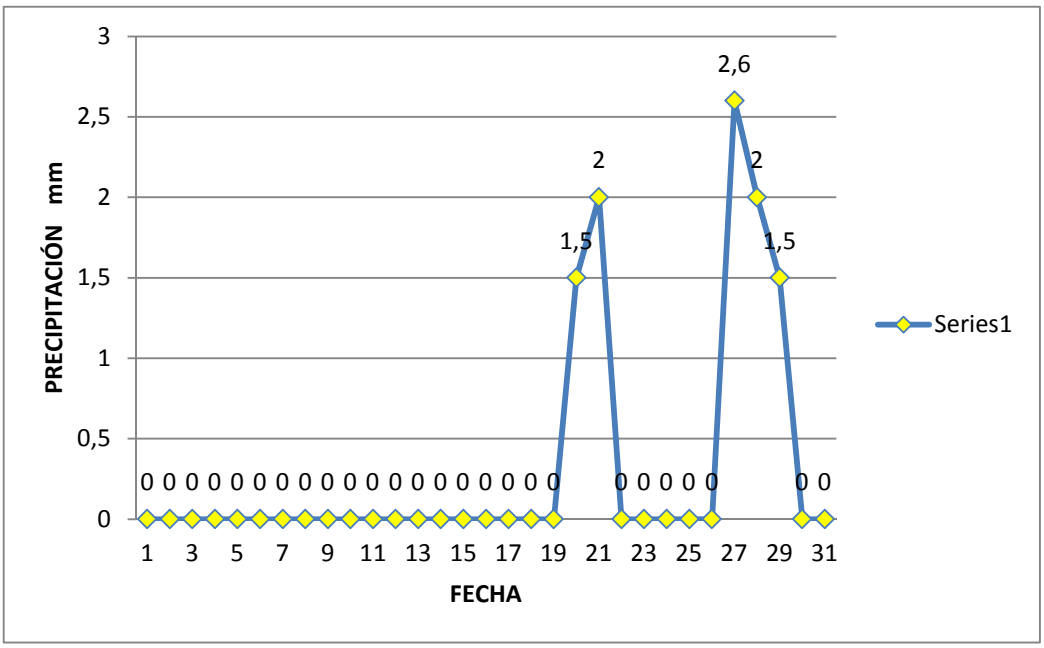
Julio del 2011

Cantidad y distribución de precipitación 25 mm

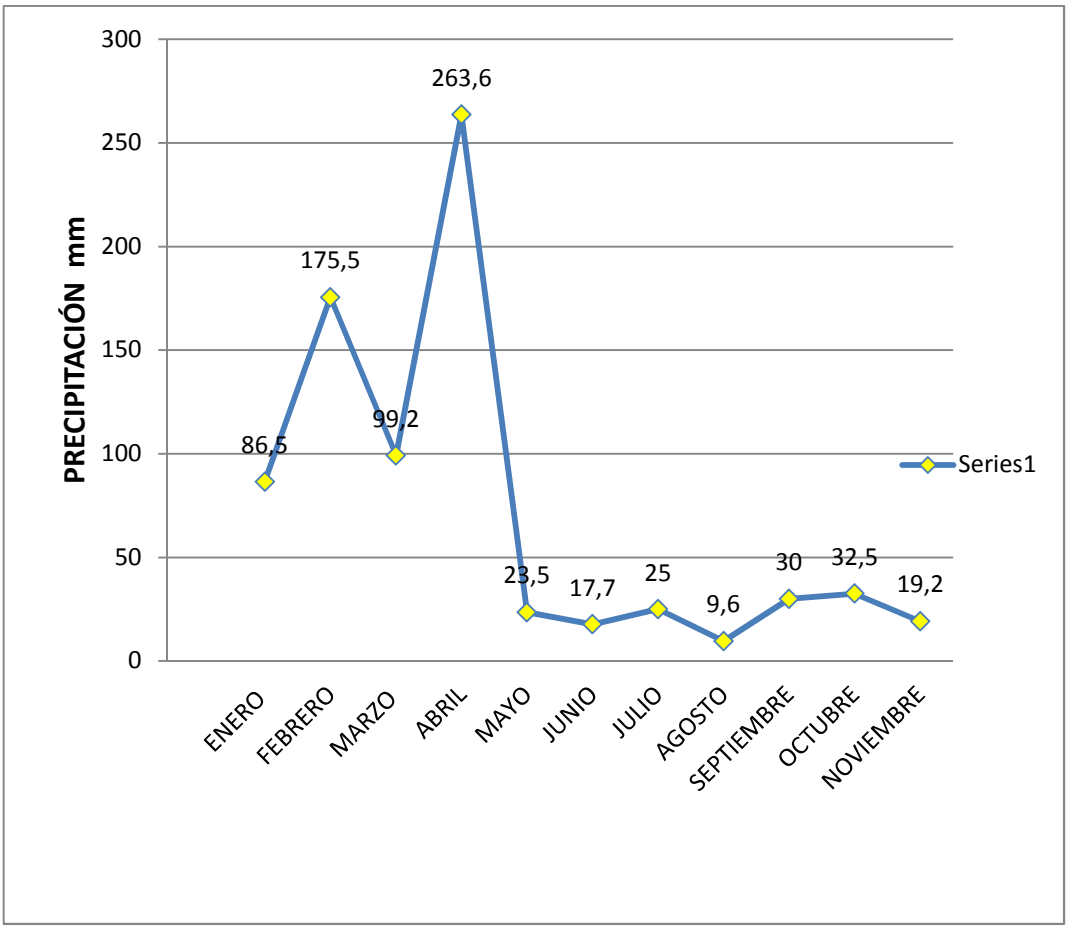


Agosto del 2011

Cantidad y distribución de precipitación 9,6 mm



Cantidad y distribución de precipitación del año 2011



ANEXO Nº 4 Base de datos

TRIGO HARINERO

Title: EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA EFICIENCIA DEL USO DE N

Function: PRLIST

Data case no. 1to 30

List of Variables Agronómicas

Var Type Name / Description

1 NUMERIC TRATAMIENTOS
2 NUMERIC REPETICIONES
3 NUMERIC FACTOR A
4 NUMERIC FACTOR B
5 NUMERIC DÍAS A LA EMERGENCIA
6 NUMERIC NÚMERO DE PLANTAS POR m^2
7 NUMERIC NÚMERO DE MACOLLOS POR PLANTA
8 NUMERIC DÍAS A LA FLORACIÓN
9 NUMERIC ALTURA DE PLANTAS EN cm
10 NUMERIC NÚMERO DE ESPIGAS POR m^2
11 NUMERIC NÚMERO DE ESPIGUILLAS POR ESPIGA
12 NUMERIC NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGUILLA
13 NUMERIC NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA
14 NUMERIC LONGITUD DE ESPIGA
15 NUMERIC Puccinia recóndita
16 NUMERIC VIRUS BYD (0 – 9)
17 NUMERIC Fusarium nivale hoja
18 NUMERIC Fusarium nivale espiga
19 NUMERIC Helminthosporium spp
20 NUMERIC Septoria tritici
21 NUMERIC DÍAS A LA COSECHA
22 NUMERIC RENDIMIENTO EN Kg POR HECTÁREA
23 NUMERIC PESO DE MIL SEMILLAS EN GRAMOS
24 NUMERIC PESO HECTOLÍTRICO

CASE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	1	1	1	8	406	2	77	64,60	355	12	2	24	7,90	5	6	2	1	2	2	145	1287,00	36,0	82,3
2	2	1	1	2	7	266	3	77	62,60	442	11	3	33	7,70	5	5	2	1	2	2	147	2407,68	38,0	83,0
3	3	1	1	3	7	298	2	77	66,40	373	12	3	36	7,50	10	6	2	2	2	2	144	2673,00	38,0	82,3
4	4	1	1	4	8	304	4	78	70,10	434	13	4	52	8,00	5	5	2	2	2	2	146	2724,00	35,0	81,5
5	5	1	1	5	7	244	4	78	68,90	344	14	3	42	8,40	5	5	2	2	2	2	148	2047,32	36,0	81,5
6	6	1	2	1	9	207	3	84	71,40	203	13	2	26	6,90	5	6	2	1	2	2	152	1172,00	38,0	81,0
7	7	1	2	2	9	278	4	82	77,20	340	13	3	39	7,80	5	6	2	1	2	2	149	2568,00	39,9	81,6
8	8	1	2	3	8	220	3	82	78,00	308	14	2	28	7,40	5	6	2	1	2	2	145	2796,00	38,0	80,4
9	9	1	2	4	9	264	6	82	74,70	340	14	3	42	6,80	10	6	2	1	2	2	146	2880,00	37,5	81,8
10	10	1	2	5	8	272	5	82	77,50	319	14	3	42	7,30	10	6	2	2	2	2	148	2736,36	38,0	80,6
11	1	2	1	1	8	419	2	77	67,10	335	14	2	28	6,80	10	7	2	2	2	2	141	1236,00	37,0	81,8
12	2	2	1	2	7	219	3	78	68,10	357	13	2	26	8,10	10	6	2	2	2	2	140	2288,00	36,0	81,0
13	3	2	1	3	7	260	3	78	66,40	312	13	3	39	7,20	10	7	1	2	1	1	140	2653,20	36,0	81,7
14	4	2	1	4	7	222	4	78	67,80	329	12	3	36	7,70	5	6	1	2	1	1	146	2744,00	36,0	81,5
15	5	2	1	5	9	318	2	77	72,10	341	12	4	48	7,90	10	6	1	2	1	1	147	2720,00	36,0	80,9
16	6	2	2	1	8	235	3	83	77,30	251	14	3	42	6,50	10	6	2	1	1	1	147	1320,00	36,5	81,4
17	7	2	2	2	8	208	4	83	75,50	277	14	4	56	7,60	10	6	2	1	2	2	146	1880,00	37,5	81,2
18	8	2	2	3	9	186	3	82	83,70	252	13	3	39	8,10	5	6	2	1	2	2	149	1996,00	37,0	81,1
19	9	2	2	4	9	179	6	83	77,60	245	15	3	45	8,20	5	6	2	1	2	2	147	2368,00	37,0	80,6
20	10	2	2	5	8	181	3	82	80,80	219	13	3	39	7,20	5	6	2	1	2	2	146	1873,08	34,0	82,2
21	1	3	1	1	7	219	2	77	64,80	395	12	2	24	8,20	10	7	2	2	2	2	147	1840,00	37,0	81,6
22	2	3	1	2	8	280	2	79	67,30	409	11	2	22	8,10	10	7	2	2	2	2	148	2576,00	36,0	82,7
23	3	3	1	3	8	275	3	80	70,90	396	11	3	33	7,60	10	7	1	2	1	2	148	2720,00	38,0	81,4

24	4	3	1	4	7	250	3	80	74,40	344	13	3	39	8,00	10	6	1	1	1	2	148	2716,56	36,0	82,1
25	5	3	1	5	7	358	4	78	71,50	497	11	4	44	7,20	10	6	1	1	1	1	147	2665,08	36,0	81,5
26	6	3	2	1	9	143	4	73	82,30	287	13	3	39	7,60	10	6	1	1	1	1	152	1560,00	38,0	82,1
27	7	3	2	2	8	203	4	84	78,10	300	13	3	39	7,70	10	6	2	1	2	1	148	2277,00	38,0	80,1
28	8	3	2	3	8	234	3	82	77,50	300	16	3	48	8,00	5	6	2	2	2	1	151	2452,00	36,0	81,2
29	9	3	2	4	8	263	6	82	76,70	307	14	3	42	7,20	5	6	2	2	2	2	148	2964,00	36,5	79,8
30	10	3	2	5	9	279	6	82	75,50	337	13	4	52	7,10	10	6	2	1	2	2	148	2004,00	37,0	80,5

Function: PRLIST

Data case no. 1to 30

List of Indicadores de Química de suelos y de la planta

Var Type Name/Description

1 NUMERIC TRATAMIENTOS
2 NUMERIC REPETICIONES
3 NUMERIC FACTOR A
4 NUMERIC FACTOR B
5 NUMERIC EFICIENCIA AGRONÓMICA
6 NUMERIC EFICIENCIA QUÍMICA
7 NUMERIC pH DEL SUELO PROFUNDIDAD DE 0 – 30 cm
8 NUMERIC NH_4 EN Kg/ha PROFUNDIDAD DE 0 – 30 cm
9 NUMERIC N-NO_3 EN Kg/ha PROFUNDIDAD DE 0 – 30 cm
10 NUMERIC pH DEL SUELO PROFUNDIDAD DE 30 – 60 cm
11 NUMERIC NH_4 EN Kg/ha PROFUNDIDAD DE 30 – 60 cm
12 NUMERIC N-NO_3 EN Kg/ha PROFUNDIDAD DE 30 – 60 cm
13 NUMERIC BIOMASA TOTAL EN Kg/ha
14 NUMERIC BIOMASA DE LOS RESIDUOS EN Kg/ha
15 NUMERIC EXTRACCIÓN DEL N TOTAL EN Kg/ha
16 NUMERIC EXTRACCIÓN DEL N DE RESIDUOS EN Kg/ha
17 NUMERIC MATERIA SECA EN % DE LOS RESIDUOS
18 NUMERIC BIOMASA DEL GRANO EN Kg/ha
19 NUMERIC EXTRACCIÓN DEL N DEL GRANO EN Kg/ha
20 NUMERIC MATERIA SECA EN % DEL GRANO

CASE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	1	1	0,00	0,00	6,57	22	10,40	7,03	24	13,40	6960,00	4933,33	63,77	24,66	91,2	2026,66	39,11	88,9
2	2	1	1	2	28,01	15,50	6,58	74	9,60	7,09	46	19,40	7626,66	5026,66	69,97	21,61	92,8	2600,00	48,36	88,0
3	3	1	1	3	17,32	32,45	6,42	26	29,20	7,04	32	24,60	8626,66	5520,00	89,73	27,60	92,5	3106,66	62,13	89,2
4	4	1	1	4	11,97	30,06	6,39	60	16,80	6,98	20	11,00	8960,00	5933,33	99,85	30,85	93,4	3026,66	69,00	89,1
5	5	1	1	5	4,75	21,08	6,45	32	28,80	6,91	46	24,60	8293,33	5373,33	97,51	37,07	92,5	2920,00	60,44	89,2
6	6	1	2	1	0,00	0,00	6,57	64	18,80	6,93	54	14,60	6626,66	4800,00	52,69	27,36	92,7	1266,66	25,33	89,8
7	7	1	2	2	34,90	54,90	6,51	38	11,80	7,09	10	5,80	6960,00	4826,66	74,65	27,51	92,7	2133,33	47,14	89,6
8	8	1	2	3	20,30	46,48	6,49	62	13,20	6,81	40	26,40	7293,33	4986,66	89,88	31,91	91,9	2306,66	50,97	89,8
9	9	1	2	4	14,23	39,28	6,47	44	22,80	6,98	64	16,60	8626,66	5226,66	99,83	28,43	92,6	3400,00	71,40	89,4
10	10	1	2	5	9,77	27,26	6,36	70	18,60	6,95	104	15,00	8200,00	4960,00	96,31	28,27	92,7	3240,00	68,04	89,3
11	1	2	1	1	0,00	0,00	6,50	26	11,00	6,99	22	13,80	6733,33	4666,66	67,25	27,99	91,4	2066,66	39,26	89,4
12	2	2	1	2	26,00	14,90	6,54	68	10,20	7,00	42	19,80	7360,00	4893,33	73,21	25,06	93,0	2466,66	48,15	88,1
13	3	2	1	3	17,71	37,55	6,47	30	28,40	7,01	30	25,20	8466,66	5466,66	97,29	32,79	92,7	3000,00	64,50	88,9
14	4	2	1	4	12,56	25,61	6,45	66	17,20	6,90	18	17,50	8866,66	5800,00	97,99	29,00	94,0	3066,66	68,99	89,5
15	5	2	1	5	9,27	20,05	6,40	38	28,60	6,91	44	24,00	8400,00	5133,33	99,34	33,36	92,7	3266,66	65,98	89,0
16	6	2	2	1	0,00	0,00	6,60	60	18,00	6,89	50	14,90	6666,66	4933,33	65,26	27,13	92,5	1733,33	38,13	89,6
17	7	2	2	2	35,00	28,25	6,48	42	12,20	7,01	10	6,20	7066,66	5000,00	76,53	29,00	91,8	2066,66	47,53	88,9
18	8	2	2	3	8,45	25,35	6,44	70	13,80	6,75	36	26,90	7400,00	5133,33	85,54	33,87	92,7	2266,66	51,67	89,2
19	9	2	2	4	7,93	28,50	6,43	48	23,40	6,90	60	17,30	8533,33	5133,33	99,47	30,79	91,9	3400,00	68,68	89,2
20	10	2	2	5	3,45	17,06	6,34	74	19,10	6,89	100	14,50	8000,00	5346,66	92,56	31,54	94,5	2653,33	61,02	89,8
21	1	3	1	1	0,00	0,00	6,53	24	10,20	6,98	26	12,80	7133,33	5133,33	70,67	30,79	91,3	2093,33	39,98	89,1
22	2	3	1	2	18,40	13,10	6,56	72	8,80	7,01	50	19,00	7733,33	5200,00	75,91	25,84	92,2	2586,66	50,07	88,0
23	3	3	1	3	11,00	35,06	6,44	28	28,00	7,04	36	23,80	8666,66	5600,00	98,72	33,60	92,6	2960,00	65,12	89,0

24	4	3	1	4	7,30	23,42	6,42	64	16,50	7,02	26	16,80	9066,66	6133,33	98,78	33,73	93,7	3026,66	65,05	89,3
25	5	3	1	5	5,15	13,10	6,43	32	27,80	7,02	50	24,70	8000,00	5733,33	91,64	37,26	93,5	2266,66	54,39	89,1
26	6	3	2	1	0,00	0,00	6,58	66	18,30	6,94	58	14,30	6800,00	5066,66	66,32	28,37	92,6	1733,33	37,95	89,7
27	7	3	2	2	17,92	8,17	6,46	40	12,40	6,91	16	5,80	6933,33	5000,00	69,59	29,00	92,2	1933,33	40,59	89,2
28	8	3	2	3	11,15	20,95	6,46	66	10,70	6,91	40	26,20	7333,33	5200,00	83,08	33,80	91,9	2240,00	49,28	89,5
29	9	3	2	4	11,70	28,61	6,45	46	22,00	7,05	66	16,40	8733,33	5400,00	99,94	29,70	93,5	3426,66	70,24	89,3
30	10	3	2	5	2,77	19,00	6,35	70	17,80	6,96	108	14,80	8466,66	5333,33	96,72	30,93	93,6	3133,33	65,79	89,5

ANEXO Nº 5

Fotografías del proceso de seguimiento y evaluación del ensayo.

Toma de muestras de suelo antes del ensayo: 0-30 y 30-60 cm





Toma de muestra de suelo al final del ensayo: 0-30 y 30-60 cm





Preparación del terreno y trazado de parcelas





Siembra del ensayo





Evaluación de días a la emergencia




Evaluación de número de plantas por m^2




Control químico de malezas





Fertilización complementaria con N, fraccionada en tres aplicaciones 30, 60, 90, días después de la siembra





Registro de número de macollos por planta



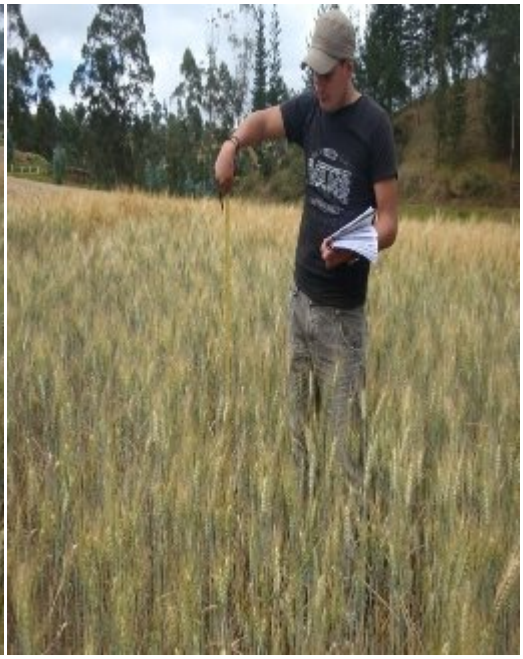


Registro días a la floración





Evaluación de altura de plantas en cm

Evaluación de enfermedades foliares y de la espiga:

***Fusarium nivale* (Hoja); *Fusarium nivale* (Espiga);**

***Helminthosporium spp*; *Septoria tritici*; Virus BYD (0 -9)**




Registro de días a la cosecha




Cosecha manual




Toma de muestras de restos vegetales y de grano de (0,75 m^2)





Preparación de las muestras de restos vegetales y del grano





Trilla con estacionaria experimental





Limpieza del grano en la Estación Experimental INIAP – Santa Catalina





Evaluación del porcentaje de humedad del grano





Evaluación peso de mil semillas





Evaluación Peso Hectolítrico





Evaluación rendimiento en Kg por parcela





Visita del Dr. Jorge Delgado Científico ARS – USA Index Nitrogen





Visita del Tribunal de Tesis





ANEXO Nº 6

Glosario de Términos Técnicos

Absorción.- Acción de absorber. Pérdida de la intensidad de una radiación al atravesar la materia.

Aeróbico.- Perteneciente o relativo a la aerobiosis o a los órganos aerobios.

Ahijamiento.- Acción y efecto de ahijar (echar planta retoños).

Albumen.- Tejido que rodea el embrión de algunas plantas, como el trigo y el ricino, y le sirve de alimento cuando la semilla germina. Su aspecto varía según la naturaleza de las sustancias nutritivas que contiene, pudiendo ser carnoso, amiláceo, oleaginoso, corneo y mucilaginoso.

Aleurona.- Es la capa externa de los cereales.

Amida.- Son derivados de los ácidos carboxílicos. Todas las amidas contienen un átomo de nitrógeno unido a un grupo carbonilo.

Amina.- Son compuestos que se forman al sustituir uno o más hidrógenos del amoniaco. Se clasifican en primarias, secundarias o terciarias según se sustituya uno, dos o tres de los hidrógenos.

Amonio.- Radical monovalente formado por un átomo de nitrógeno y cuatro de hidrógeno, y que en sus combinaciones tiene semejanzas con los metales alcalinos.

Arable.- A propósito para ser arado.

Aurícula.- Prolongación de la parte inferior del limbo de las hojas.

Autogamas.- Se dice de las plantas que poseen sus órganos de reproducción tanto como femenino como masculino en la misma flor, puede auto fecundarse.

Biomasa.- Suma total de la materia de los seres que viven en un ecosistema determinado, expresada habitualmente en peso estimado por unidad de área o de volumen.

Cariópside.- Fruto seco e indehiscente a cuya única semilla esta últimamente adherido el pericarpio; ej. el grano del trigo.

Cloróticas.- Amarilleo de las partes verdes de una planta debido a la falta de actividad de sus cloroplastos.

Competitividad.- Capacidad de competir. Rivalidad para la consecución de un fin.

Deficiencia.- Funcionamiento inferior a lo normal que se manifiesta desde la siembra y está asociado a desajustes en el comportamiento.

Desnitrificación.- Es la transformación biológica del nitrato en gas nitrógeno, oxido nítrico y oxido nitroso. Éstos son compuestos gaseosos y no son fácilmente accesibles para el crecimiento microbiano.

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.- Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado positivo.

Espiguillas.- Cada una de las espigas pequeñas que están formadas por varias flores que después de la fecundación da origen al fruto.

Extensivo.- Que se extiende o se puede extender, comunicar o aplicar a más cosas.

Fasciculada.- Raíz en forma de cabellera típica de los cereales.

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.

Glumas.- Cubierta floral de las plantas gramíneas, que se compone de dos valvas a manera de escamas, insertas debajo del ovario.

Gluten.- Proteína de reserva nutritiva que se encuentra en las semillas de las gramíneas junto con el almidón.

Hibridación.- Producción de seres híbridos. Función de dos células de distinta estirpe para dar lugar a otra característica mixta. Asociación de dos moléculas con cierto grado de complementariedad.

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.

Inorgánico.- Dicho de un cuerpo: sin órganos para la vida, como los minerales. Falto de la conveniente ordenación de las partes.

Interacción.- Acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuerzas, funciones, etc.

Lixiviar.- Tratar una sustancia compleja, como un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles.

Molibdeno.- El molibdeno es un mineral con muchas propiedades pero es muy conocido por ser indispensable en el metabolismo y absorción del hierro**.**

Nitrato.- Los nitratos son sales o ésteres del ácido nítrico H-NO_3.

Nitrificación.- Proceso en el cual, el amonio se transforma primero en nitrito y éste en nitrato, mediante la acción de las bacterias aerobias del suelo.

Nitrito.- Son sales o ésteres del ácido nitroso ($H\text{-}NO_2$). En la naturaleza los nitritos se forman por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco, o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas.

Nitrobacter.- Microorganismo aeróbico que convierte los nitritos en nitratos. Son bacterias benéficas en los acuarios.

Nitrógeno.- Es un elemento químico, de número atómico 7, símbolo N y que en condiciones normales forma un gas diatómico (nitrógeno diatómico o molecular) que constituye del orden del 78 % del aire atmosférico.

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.

Pluviometría.- Medida de las precipitaciones caídas en una localidad o región durante un tiempo dado.

Precocidad.- Cualidad de precoz. Ciclo de cultivo precoz. En trigo menor a 120 días.

Pústulas.- Protuberancias o abultamiento en una planta que en su interior poseen micelios de hongos patógenos.

Ramificación.- División y extensión de las venas, arterias o nervios, que, como ramas, nacen de un mismo principio o tronco.

Raquilla.- Es la base de cada flor en la espiguilla.

Sémola.- Trigo candeal desnudo de su corteza. Trigo quebrantado a modo del farro y que se guisa. Pasta alimenticia de harina, arroz u otros cereales en forma de granos finos.

Solubilización.- Es dado por la disolución de especies minerales que están en desequilibrio con las condiciones del medio que las contiene.

Traslocación.- Transporte de las sustancias en disolución acuosa por el interior de los vasos xilemáticos y floemáticos de los vegetales.

Volatilización.- La volatilización de N desde el suelo implica el pasaje del NH_4^+ a $N\text{-}HO_3$ que a presión atmosférica es un gas. Las pérdidas por volatilización pueden ser particularmente importantes (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.