UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS,

RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO EN LOS CULTIVOS DE AMARANTO INIAP ALEGRÍA (Amaranthus caudatus L), QUINUA INIAP TUNKAHUAN (Chenopodium quinoa Willd) CON CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA GRANJA LAGUACOTO II, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.

TESIS 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:

LUIS FERNANDO VILLAFUERTE HERRERA

OSWALDO ALFONSO VILLAFUERTE HERRERA

DIRECTOR DE TESIS:

ING. AGR. CARLOS MONAR BENAVIDES. M.Sc.

GUARANDA – ECUADOR

2013

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO EN LOS CULTIVOS DE AMARANTO INIAP ALEGRÍA (Amaranthus caudatus L), QUINUA INIAP TUNKAHUAN (Chenopodium quinoa Willd) CON CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA GRANJA LAGUACOTO II, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.

REVISADO POR:

…….

ING. CARLOS MONAR BENAVIDES MSc.

DIRECTOR DE TESIS

…….

ING. KLEBER ESPINOZA MORA Mg.

BIOMETRISTA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN DE TESIS.

……..

DR. FERNANDO VELOZ MSc.

ÁREA TÉCNICA

…… ……

ING. NELSON MONAR GAVILANES MSc.

ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

DEDICATORIA

Está dedicada en primer lugar al motor fundamental que enriquece nuestro espíritu, Dios por darnos una familia maravillosa.

Este trabajo dedico con cariño a nuestros padres Gladys Esperanza Herrera Núñez y Luis Alfonso Villafuerte Morales que han sido los motores fundamentales de nuestro desarrollo personal y profesional que a través de su esfuerzo y sacrificio que nos apoyaron durante tantos años a los cuales les respetamos y admiramos.

A mis queridos hermanos Silvia, Daniel y Magdalena, quienes nos han dado el ejemplo de dedicación, estudio y esfuerzo.

A mis abuelos y tíos por el apoyo en cada paso dado, a todas las personas que creyeron en nosotros y contribuido a la formación de nuestra carrera profesional.

Oswaldo y Luis

AGRADECIMIENTO

Mi más grande agradecimiento a Dios por guiarnos y darnos mucha fuerza en una 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 nos acogieron y 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 compartir sus conocimientos.

Agradecemos 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 y contribuir a esta investigación.

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

A los Miembros del Tribunal de Calificación de Tesis: Dr. Fernando Veloz Área Técnica e Ing. Nelson Monar Gavilanes, Área de Redacción Técnica; ya que enriquecieron de sabiduría en nuestra formación profesional.

Queremos resaltar, nuestro agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar por haber sido becarios del proyecto: Producción Sostenible de Semillas de Calidad en la Provincia de Bolívar, mismo que fue liderado por el Ingeniero Agrónomo Carlos Monar Benavides, a través del Instituto de Investigación de la UEB.

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 4.4.1. Ecuador, dentro del Proyecto INIAP SANREM CRS IPM, que se desarrolla en las microcuencas de Illangana y el Alumbre en la provincia Bolívar, Ecuador.

A todas las personas que de una u otra forma aportaron con algo para poder culminar este trabajo en especial al Ing. David Silva.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO	DENOMINACIÓN	PÁG.
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.	ORIGEN DEL AMARANTO	4
2.2.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	4
2.3.	MORFOLOGÍA	5
2.3.1.	Planta	5
2.3.2.	Raíz	5
2.3.3.	Tallo	5
2.3.4.	Hoja	5
2.3.5.	Flor	6
2.3.6.	Fruto	6
2.3.7.	Semilla	6
2.4.	Descripción de la variedad en estudio	6
2.4.1.	Origen de la variedad	6
2.4.2.	Características morfológicas	7
2.4.3.	Características agronómicas	7
2.4.4.	Características bromatológicas y de calidad de grano	8
2.4.5.	Requerimientos básicos del cultivo	8
	Requerimientos de clima	8
	Tipo de suelo	8
2.4.6.	Técnicas de manejo del cultivo	9
	Preparación del suelo	9
	Siembra	9
	Deshierba	9

Raleo 10
Fertilización 10
Cosecha y trilla 10
2.5. CULTIVO DE QUINUA 11
2.5.1. Origen 11
2.5.2. Clasificación Botánica 11
2.5.3. Morfología 12
Raíz 12
Tallo 12
Hoja 12
Inflorescencias 12
Flores 12
Fruto 13
Semilla 13
2.5.4. Descripción de la variedad en estudio 13
Origen 13
Características morfológicas 13
Características Agronómicas 14
Características nutricionales y de calidad de grano 14
2.5.5. Requerimientos básicos del cultivo 15
Requerimientos de clima 15
Suelo 15
2.5.6. Recomendaciones generales para el cultivo 15
Preparación del suelo 15
Surcado 15
Siembra 16

Dosis de semilla 16
Control de malezas 16
Enfermedades 17
Fertilización 18
Cosecha 18
Trilla 18
2.6. FERTILIZACIÓN 18
2.6.1. Fertilización inorgánica 18
2.6.2. Nitrógeno 19
Estado Natural 19
2.9.3. Ciclo del nitrógeno. 20
2.9.4. Fases del ciclo del nitrógeno 21
Fijación biológica 21
Mineralización e inmovilización del N 21
Nitrificación 21
Denitrificación 22
2.7. Pérdidas de nitrógeno 23
2.7.1. Volatilización de amoniaco 23
2.7.2. Desnitrificación 23
2.7.3. Lixiviación 24
2.7.4. Escurrimiento superficial 25
2.7.5. Ventajas y desventajas del N en las plantas 25
2.7.6. Fuentes de N 27
Fuentes químicas 27
Fuentes orgánicas 28
Abonos verdes 29

Gallinaza 29
Ecoabonaza 30
La composta 30
2.7.7. Fijación y asimilación de nitrógeno 30
Fijación por Rhizobia 31
Fijación por microorganismos 31
Fijación por descargas eléctricas 33
Aportaciones por lluvia 33
Fijación industrial 34
2.7.8. Formas de ser absorbido por la planta 34
Forma nítrica 34
Forma amoniacal 34
Compuestos nitrogenados solubles 35
2.7.9. Fertilizantes nitrogenados 35
Urea 35
Propiedades 36
Solubilidad 37
Principales reacciones 37
Urea en la naturaleza 37
La urea se adapta a diferentes tipos de cultivos 38
Compatibilidad 38
2.7.10. Métodos de aplicación del fertilizante 39
2.7.11. Utilización de fertilizantes nitrogenados 39
2.7.12. Factores que inciden en la eficiencia agronómica y química del nitrógeno 41
Eficiencia de uso del nitrógeno en quinua y amaranto 42

Incrementación de la eficiencia de uso del nitrógeno 43
2.7.13.Necesidades de nitrógeno en el cultivo de quinua y amaranto 44
Nitrógeno 44
Fósforo 44
Potasio 45
2.7.14.Contaminación por el N 45
Acidez producida por los fertilizantes nitrogenados 45
Contaminación por nitratos 46
En el medio ambiente 46
En la salud humana 47
En el agua 47
En la agricultura 48
2.8. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SUELO 49
2.8.1. Orden Inceptosoles 49
2.8.2. Suborden Andeps 50
2.8.3. Hídrandepis 50
2.8.4. Suborden Dystrandept 51
2.8.5. Eutrandeps 51
2.8.6. Itrandepts 51
2.8.7. Andisoles 51
2.8.8. Suborden Udands 52
2.9. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO 52
2.9.1. pH, acidez y alcalinidad 52
2.9.2. Capacidad de Intercambio Catiónico 52
2.9.3. Materia Orgánica 53
2.9.4. Conductibilidad Eléctrica 53

2.9.5. Macro y micro nutrientes 53
Macronutrientes 53
Micronutrientes 56
2.10. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO 59
2.10.1. Textura 59
2.10.2. Estructura del suelo y agregados 60
Clases y tipos de estructura del suelo 60
Densidad Aparente 60
Compactación del suelo 61
2.11. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO 62
2.11.1. Introducción 62
2.11.2. Microorganismos 62
2.12. BIOMASA 64
2.13. MATERIA SECA 65
2.13.1. Procedimiento 66
2.13.2. Uso de la materia seca 66
2.14. RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO (C/N) 67
2.14.1.Relación C/N en un suelo 67
2.15. MANUAL DEL ÍNDICE DE NITRÓGENO 69
III. MATERIALES Y MÉTODOS 71
3.1. MATERIALES 71
3.1.1. Ubicación del ensayo: 71
3.1.2. Situación geográfica y climática 71
3.1.3. Zona de vida 71
3.1.4. Material experimental 72
3.1.5. Materiales de campo 72

3.1.6. Materiales de oficina 72
3.2. MÉTODOS 72
3.2.1. Factor en estudio en los Cultivos de Quinua y Amaranto: 72
Tratamientos en los cultivos de quinua y amaranto: 72
3.2.2. Procedimiento 73
3.2.3. Tipo de Análisis 73
3.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS 74
3.3.1. Indicadores de química de suelos y de la planta 74
Análisis de física y química de suelos antes y después del ensayo 74
Toma de muestras de restos vegetales y grano 74
Materia seca 75
Determinación de N en tejido vegetal 75
Biomasa total en Kg/Ha 75
Extracción total del nitrógeno 76
Eficiencia agronómica (EA) 76
Eficiencia del fertilizante químico (EFQ) 76
3.3.2. Agronómicas 77
Número de plantas por metro lineal. (NPML) 77
Días al Panojamiento (DP) 77
Días a la Floración (DF) 77
Evaluación de enfermedades foliares (EEF) 78
Días a la cosecha (DC) 78
Altura de plantas a la cosecha (APC) 78
Longitud de la panoja principal a la cosecha (LPP) 78
Número de plantas cosechadas (NPC) 79

Acame del tallo (AT)..... 79
Rendimiento en Kg. por parcela (RKP)..... 79
Contenido de humedad (CH) 79
Rendimiento en Kg. por hectárea (RKH)..... 79
Peso Hectolítrico (PH)..... 80
Peso de 1000 semillas (PMS)..... 80
3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO 80
3.4.1. Selección del lote..... 80
3.4.2. Toma de muestras del suelo antes del ensayo..... 80
3.4.3. Preparación del terreno..... 81
3.4.4. Trazado del ensayo 81
3.4.5. Surcado..... 81
3.4.6. Siembra..... 81
3.4.7. Tape..... 81
3.4.8. Raleo..... 82
3.4.9. Control de las malezas..... 82
3.4.10. Fertilización Química 82
3.5.11. Aporque 82
3.4.12. Controles fitosanitarios..... 82
3.4.13. Riego..... 83
3.4.14. Cosecha..... 83
3.4.15. Trilla 83
3.4.16. Aventado..... 83
3.4.17. Almacenamiento 83
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 84
4.1. Variables agronómicas en amaranto 84

4.2. Variables químicas en el ensayo de amaranto 90
4.3. Índice de nitrógeno en amaranto 102
4.4. Coeficiente de Variación (CV) 110
4.5. Análisis de correlación y regresión lineal en amaranto 111
4.6. Variables agronómicas en quinua 115
4.6.1. Variables químicas en el ensayo de quinua 122
4.7. Índice de nitrógeno en quinua 132
4.6.2. Coeficiente de Variación (CV) 140
4.6.3. Análisis de correlación y regresión lineal en quinua 141
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 144
5.1. Conclusiones 144
5.2. Recomendaciones 146
VI. RESUMEN Y SUMMARY 148
6.1. Resumen 148
6.2. Summary 150
VII. BIBLIOGRAFÍA 152
ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO Nº	DENOMINACIÓN	PAG
Nº1	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables agronómicas del cultivo de amaranto: DEP, NPML, DP, DF, DC, APC, LPP, NPC, AT, PMS, PH, y RH……..	84
Nº2	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos de 0 a 30 cm de profundidad en las variables químicas del cultivo de amaranto: pH del suelo; (NH_{4+}), (NO_{3-}), M.O. Variables de 30 a 60 cm de profundidad: pH del suelo; (NH_{4+}) (NO_{3-}); M.O. Indicadores: Biomasa total de tejido vegetal y grano; Biomasa tejido vegetal; Materia seca de tejido vegetal, Extracción de N tejido vegetal; Biomasa del grano; Materia seca grano; Extracción de N en grano; Extracción total de N tejido vegetal y grano, Eficiencia Agronómica y Eficiencia. química.....	90
Nº3	Resumen de los principales resultados de análisis del Índice de Nitrógeno versión 4.4.1 Ecuador, promedio de los tratamientos del cultivo de amaranto. Laguacoto . 2012…….	102
Nº4	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes que tuvieron una significancia estadística sobre el rendimiento de amaranto (variable dependiente − Y)……..	111
Nº5	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables agronómicas del cultivo de quinua: DEP, NPML, DP, DF, DC, APC, LPP, NPC, AT, PMS, PH, y RH…….	115

Nº6 Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos de 0 a 30cm de profundidad en las variables químicas del cultivo de quinua : pH del suelo ; (NH_{4+}), (NO_{3-}), M.O. Variables de 30 a 60cm de profundidad: pH del suelo; (NH_{4+}) (NO_{3-}); M.O. Indicadores: Biomasa total de tejido vegetal y grano; Biomasa tejido vegetal; Materia seca de tejido vegetal, Extracción de N tejido vegetal; Biomasa del grano; Materia seca grano; Extracción de N en grano; Extracción total de N tejido vegetal y grano, Eficiencia Agronómica y Eficiencia química..... 122

Nº7 Resumen de los principales resultados del análisis de Índice de Nitrógeno versión 4.4.1 Ecuador, promedio de los tratamientos del cultivo de quinua. Laguacoto. 2012…….. 132

Nº8 Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes que tuvieron una significancia estadística sobre el rendimiento de quinua (variable dependiente − Y)…….. 141

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO Nº	DENOMINACIÓN	PÁG.
N° 1	Regresión lineal: Altura de planta de amaranto en cm versus las dosis de N. ……	86
N° 2	Regresión lineal: Longitud de panoja de amaranto en cm versus las dosis de N…….	87
N° 3	Regresión lineal: Rendimiento en kilogramos por hectárea de amaranto versus las dosis de N…….	88
N° 4	Regresión lineal: Biomasa total en Kg/ha de amaranto versus las dosis de N……	96
Nº5	Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno en el tejido vegetal en kg/ha de amaranto versus las dosis de N……	97
Nº6	Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno en el grano en kg/ha de amaranto versus las dosis de N……..	98
Nº7	Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno total en Kg/ha de amaranto versus las dosis de N…….	99
Nº8	Regresión lineal: Eficiencia Agronómica de amaranto versus las dosis de N……..	100
Nº9	Regresión lineal: Eficiencia Química de amaranto versus las dosis de N……..	101

Nº10	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, en el cultivo de amaranto del tratamiento T1 (0 Kg/ha de N……..	105
Nº11	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, en el cultivo de amaranto del tratamiento T2 (40 Kg/ha de N)…….....	106
Nº12	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, en el cultivo de amaranto del tratamiento T3 (80 Kg/ha de N)……..	107
Nº13	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, en el cultivo de amaranto del tratamiento T4 (120 Kg/ha)……..	108
Nº14	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador en el cultivo de amaranto del tratamiento T5 (160 Kg/ha)……..	109
N° 15	Regresión lineal: Altura de planta de quinua en cm versus las dosis de N……	118
N° 16	Regresión lineal: Longitud de panoja de quinua…….	119
N° 17	Regresión lineal: Rendimiento en kilogramos por hectárea de quinua versus las dosis de N…….	120

N° 18	Regresión lineal: Biomasa total en Kg/ha de quinua versus las dosis de N……	126
Nº19	Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno en el tejido vegetal en kg/ha de quinua versus las dosis de N……	127
Nº20	Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno en el grano en kg/ha de quinua versus las dosis de N……..	128
Nº21	Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno total en Kg/ha de quinua versus las dosis de N……..	129
Nº22	Regresión lineal: Eficiencia Agronómica de quinua versus las dosis de N……	130
Nº23	Regresión lineal: Eficiencia Química de quinua versus las dosis de N……	131
Nº24	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, en el cultivo de quinua del tratamiento T1 (0 Kg/ha de N……..	135
Nº25	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, en el cultivo de quinua del tratamiento T2 (40 Kg/ha de N)…….....	136
Nº26	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, en el cultivo	

de quinua del tratamiento T3 (80 Kg/ha de N)…….. 137

Nº27 Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, en el cultivo de quinua del tratamiento T4 (120 Kg/ha)…….. 138

Nº28 Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador en el cultivo de quinua del tratamiento T5 (160 Kg/ha)…….. 139

I. INTRODUCCIÓN

Los granos andinos como el amaranto, la quinua fueron domesticados por los Incas y cultivado en variados sistemas de producción los mismos que tienen una excelente calidad nutricional, que pueden contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria, para mitigar los altos índices de desnutrición de la población. El grano de amaranto, al igual que la quinua, es considerado como un pseudo cereal, ya que tiene propiedades similares a los cereales, como el maíz, trigo, cebada y avena.

A nivel mundial se considera que China es actualmente el país en donde se cultiva la mayor extensión de amaranto con 150.000 has cultivadas, seguida por India y Perú (1.800 has.), México (900 has.) y EUA (500 has). (www.conabio.gob.mx/institución/conabio)

En Ecuador su producción ha ido aumentando ya que existen diversas áreas geográficas con las condiciones agroecológicas ideales para la producción de amaranto.

La producción de amaranto en el país es todavía muy incipiente, existen alrededor de 80 mil hectáreas aptas para su desarrollo tanto en la Sierra y la Costa, pero las tierras sembradas actualmente no superan las 15 ha. (http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/amaranto)

Mayormente se produce en la Sierra en las provincias tales como: Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Bolívar, Cañar, Azuay, Carchi y Cotopaxi**.** (http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/el-ecuador)

En la provincia Bolívar, no existen áreas cultivadas con amaranto pero se encuentra en forma esporádica, asociado con el maíz.

La quinua es un cultivo que se produce en los Andes de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina y Chile; y en Estados Unidos en el hemisferio norte; siendo Bolivia el primer productor mundial con un área sembrada de 104.000 has, el segundo país productor es Perú cuya

superficie cultivada asciende a las 55.000 ha y en Colombia, unas 700 has. (http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa)

En Ecuador se estima una superficie cultivada de a 1700 has., donde las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua y Carchi; son las zonas de mayor producción; y el rendimiento promedio fluctúa entre 0.4 – 0.8 tm/ha. (Rivera, M. et, al 1998)

En la provincia de Bolívar el cultivo de esta quenopodiáceae, no ha sido explotado en gran escala debido a la falta de transferencia de tecnología y capacitación a campesinos sobre el desarrollo de este cultivo y las posibilidades de mercado.

El nitrógeno (N) es el nutriente más limitante de la producción de los sistemas agrícolas en el mundo, siendo necesaria la aplicación de fertilizantes nitrogenados para una producción agrícola óptima.

El amaranto es un cultivo que responde favorablemente a la fertilización, para producir altos rendimientos requiere de una buena dotación de nitrógeno, así como también el cultivo de quinua es exigente en nutrientes nitrogenado, por ser una planta extractora de nutrientes, aunque la cantidad de cada aumento depende del tipo de abono aplicado en el cultivo anterior, así como también de acuerdo al análisis de suelo.

Del nitrógeno aplicado solamente un 10-50% suele ser absorbido por las plantas, mientras que el 50-90% restante es susceptible de lixiviarse a las aguas subterráneas y superficiales (produciendo su eutrofización) o de perderse en forma gaseosa.

El uso inadecuado y la baja eficiencia química y agronómica dan como efecto altas tasas de contaminación del medio ambiente ocasionada por los fertilizantes inorgánicos y los daños que causa sobre los seres vivos. (Milano, E. 2007)

En las pérdidas por lixiviación, existe una clara relación entre la cantidad de nitrógeno utilizado en la agricultura intensiva y la contaminación de los acuíferos por nitratos. En cuanto a las pérdidas gaseosas, se calcula que la agricultura es la responsable de aproximadamente dos tercios de la emisión total de amoníaco (NH_3) a la atmósfera, de más de un tercio de las emisiones de óxido nitroso (N_2O), y de alrededor de un cuarto de las emisiones de óxido nítrico (NO). (http://www.ehu.es/contenidos)

En el Ecuador y por ende en la provincia Bolívar, no se han realizado estudios que permitan cuantificar la eficiencia del Índice de N en los cultivos de amaranto y quinua.

Esta investigación, permitió validar alternativas tecnológicas para mejorar el manejo de la eficiencia de N, que se propuso contribuir con Buenas Prácticas de Manejo (BPM) del cultivo.

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

- Estudiar la respuesta agronómica de cinco niveles de nitrógeno sobre los principales componentes del rendimiento de los cultivos de amaranto variedad INIAP - Alegría y quinua variedad INIAP - Tunkahuan.

- Determinar la eficiencia química y agronómica del Nitrógeno en los cultivos de amaranto y quinua.

- Evaluar la distribución y extracción del N en los cultivos de amaranto y quinua.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN DEL AMARANTO

La variedad INIAP Alegría fue obtenida por selección de la variedad "Alan García", introducida del Cusco, Perú y seleccionada en la Estación Experimental Santa Catalina entre 1987 y 1988, con la identificación de Alan Garcia.1 E. (FAO. 1.992 y Nieto, C. 1.990)

Después de varios años de investigación de la adaptabilidad, manejo agronómico, procesamiento y calidad de grano, fue entregado en 1994 como variedad mejorada, con el nombre de INIAP Alegría.

La investigación y promoción de la variedad fue retomada en el año 2001 en el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. (PRONALEG-GA)

De esta fecha, hasta el presente, se ha evaluado desde la provincia de Imbabura hasta Cañar. (Peralta, E. et.al.2009)

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae
Subreino: Embriofitas
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Caryophilidae
Orden: Caryophyllales
Familia: Amaranthaceae
Género: Amaranthus
Subgénero: Acnida (dioica) Amaranthus (monoica)

Especie: caudatus (http://botanicaeconomicadeamaranto)

2.3. MORFOLOGÍA

2.3.1. Planta

El amaranto es una especie que alcanza gran desarrollo en suelos fértiles; en algunos casos supera los 2 metros de altura. Generalmente tiene un solo eje central, aunque también se presentan ramificaciones desde la base y a lo largo del tallo. (Mazón, N. et. al. 2.003)

El amaranto es una planta muy eficiente en la fijación de CO_2. También se caracteriza por no presentar foto respiración y un bajo empleo de agua para producir la misma cantidad de follaje que los cereales. (FAO, 1.992 Y Nieto, C. 1.990)

2.3.2. Raíz

La raíz es pivotante con un buen número de ramificaciones y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes. (Mujica, A. y Berti, J. 1.997)

2.3.3. Tallo

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se originan de las axilas de las hojas. (http://botanicaeconomica)

2.3.4. Hoja

Las hojas son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, opuesta o alterna con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base

al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm.(http://botanicaeconomicadeamaranto.blogspot.com)

2.3.5. Flor

Son Numerosas, tienen un comportamiento autogámo en alto porcentaje, pero por acción del viento y los insectos presentan fecundación cruzada. Las flores son pistiladas o estaminadas, las pistiladas presentan estigmas receptivos varios días antes que maduren los estambres. (Peralta, E. 2010)

2.3.6. Fruto

El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, la que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla.(http://www.sudest)

2.3.7. Semilla

La semilla es muy pequeña, mide de 1 a 1,5 mm de diámetro y el número de semillas por gramo oscila entre 1.000 y 3.000. Son de forma circular y de colores variados, así: existen granos blancos, blanco amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros. Todas las especies silvestres presentan granos negros y de cubiertas muy duras. (Nieto, C. 1.990)

2.4. DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD EN ESTUDIO (AMARANTO VARIEDAD INIAP - ALEGRÍA)

2.4.1. Origen de la variedad

La variedad INIAP - Alegría, fue obtenida por selección de la variedad "Alan García", introducida desde Cuzco, Perú y seleccionada en Santa Catalina en el año agrícola 1987-1988, por lo que la nueva identificación fue: Alán García- 1E, la misma que actualmente está identificada en el

Banco de Germoplasma del INIAP con el número Ecu-2210. (http://www.iniap.gob.ec)

2.4.2. Características morfológicas

- **Características morfológicas de la variedad de amaranto "INIAP-Alegría"**

Ramificación *	Sencillo a ramificado
Tipo de raíz	Axonomorfa
Color de planta	Verde claro
Forma del tallo	Redondo con aristas
Color del tallo a la floración	Verde amarillento
Color del tallo a la madurez	Rosado
Estrías en el tallo	Amarillo claro
Forma de hojas	Ovaladas-alargadas
Color de hojas	Verde claro
Superficie de una hoja (Promedio)	39,6 cm^2
Borde de hojas	Entero
Color de panoja juvenil	Verde amarillento
Color panoja madura	Rosado
Tipo de panoja	Semierecta
Flores	Unisexuales

(http://archive.idrc.ca/library/document)

2.4.3. Características agronómicas

- **Características agronómicas de la variedad de amaranto INIAP-Alegría**

Días a la emergencia de plántulas	3 a 6
Días al panojamiento	50 a 55
Días a la floración	70 a 89
Días a la cosecha	125 a 180
Altura de planta (cm)	70 a 160
Largo de panoja (cm)	24 a 57
Rendimiento de grano (kg/ha)	646 a 3756
Tolerancia a plagas	Tolerante

Tolerancia a enfermedades	Tolerante
Tolerancia al Volcamiento	Tolerante
Tolerancia a heladas	Susceptible

(http://archive.idrc.ca/library)

2.4.4. Características bromatológicas y de calidad de grano

- **Características bromatológicas y de calidad de grano de la variedad de amaranto INIAP - Alegría**

Color de grano	Blanco
Forma de grano	Redondo
Tamaño de grano (mm)	0,8 a 1,4
Peso hectolítrico (kg/Hl)	81
Grano de primera (%)	83 a 92

(http://archive.idrc.ca/library)

2.4.5. Requerimientos básicos del cultivo

- **Requerimientos de clima**

El rango de adaptación para el amaranto va desde los 2000 hasta los 2800 m de altitud. (Peralta, E. et. al. 2008)

Sin embargo, las especies que mejor comportamiento presentan a altitudes superiores a los 1000 m son A. caudatus y A. quitensis. En general todas las especies crecen mejor cuando la temperatura promedio no es inferior a 15ºC y temperaturas de 18 º C a 24ºC parecen ser óptimas para el cultivo. (Montero, C. et. al. 1994)

- **Tipo de suelo**

En cuanto a suelos, se deben preferir los de textura franca, con un buen contenido de materia orgánica y con pH entre 5,5 a 7. La variedad presenta un mejor comportamiento en suelos con buen drenaje y por lo general es afectado por suelos arcillosos e inundadisos. (http://archive.idrc.ca)

2.4.6. Técnicas de manejo del cultivo

- **Preparación del suelo**

Este cultivo requiere de una buena preparación de suelo, dado el tamaño tan pequeño de sus semillas. (http://archive.idrc.ca)

Arada, rastrada y surcada, con maquina o yunta. Al tratarse de una semilla muy pequeña, el suelo debe estar bien preparado, desterronado y mullido. (Peralta, E. et. al. 2008)

- **Siembra**

La siembra se puede realizar en surcos, de aproximadamente 10 cm de profundidad y separados a 60 o 70 cm. Dentro del surco se puede sembrar a chorro continuo o en golpes separados a 20 cm. de suelo suelto. (Nieto, C.1990)

Cuando la época es muy lluviosa, es preferible colocar las semillas a un costado del surco para evitar el arrastre de estas o un tapado excesivo por acción de las lluvias.

La densidad de siembra varia 2 a 6 kg/Ha, cuando es manual.

- **Deshierba**

El cultivo presenta un crecimiento lento al comienzo del ciclo, por lo que es necesario realizar una deshierba, sobre todo en sitios con abundantes malezas para evitar la competencia.

Luego del primer mes de cultivo crece rápidamente y cubre el suelo, impidiendo el desarrollo de malezas; sin embargo también es aconsejable una labor de aporque, la misma que servirá de una segunda deshierba.

- **Raleo**

  Es conveniente realizar raleo, para dejar el número adecuado de plantas por unidad de superficie. Se recomienda dejar entre 20 y 30 plantas por m^2, cuando el cultivo es para cosechar su grano y hasta 80 o 100 plantas por m^2, cuando es para verdura. Sin embargo, también se puede prescindir del raleo, lo que da lugar a cultivos densos cuyas plantas crecen poco y producen menos, pero el rendimiento es compensado por el número de panojas. (Monteros, C. et. al. 1994)

- **Fertilización**

El cultivo responde muy bien a la fertilización química, especialmente de nitrógeno y fosforo y al abonamiento orgánico. (Nieto, C. 1990)

De acuerdo al resultado de análisis de suelo. Una recomendación de fertilización general es aplicar 100-60-20 kg/ha de $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$; o su equivalente de: 200 kg de 10-30-10 a la siembra más 200 kg de urea o nitrato de amonio a la deshierba. (Peralta, E. et. al. 2008)

La aplicación de fertilizante se debe hacer a chorro continuo y al fondo del surco. Al momento de la siembra aplicar todo el fósforo y potasio, mientras que el nitrógeno se aconseja fraccionar en dos partes: 50% a la siembra y 50% a los 50 días desde la siembra. (http://archive.idrc.)

- **Cosecha y trilla**

La cosecha se realiza cuando las hojas senescen y caen, las panojas cambian de color rojizo o dorado a marrón, toda la planta tiene aspecto de seco color café. (http://www.sudesteagropecua)

La siega se puede hacer con hoz y la trilla con trilladoras estacionarias de cereales, siempre que el cilindro y cóncavo estén acondicionados con el sistema de dientes. (http://archive.idrc.ca/library)

En este caso hay que acondicionar las máquinas, con tamices finos y regulares la entrada de aire en los ventiladores para evitar desperdicios de grano. La trilla es más eficiente si las plantas están completamente secas. (http://archive.idrc.ca/library)

2.5. CULTIVO DE QUINUA

2.5.1. Origen

La quinua es un pseudo cereal originario de los países andinos, su cultivo estaba ya muy desarrollado antes de la llegada de los españoles (3000-5000 años A.C), y fue domesticada en tierras que conforman hoy Bolivia Perú y Ecuador.

A pesar de que se introdujeron otros alimentos a estas tierras, la quinua no ha dejado de formar parte de la cultura andina (SICA. 2001 y Roche, J. 2005)

2.5.2. Clasificación Botánica

Reino: Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Angiospermas

Orden: Centropermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: Chenopodium

Sección: Chenopodia

Subsección: Cellulata

Especie: Chenopodium quinua Willd (Mújica et. al. 2001)

2.5.3. Morfología

- **Raíz**

La raíz es fibrosa, pivotante con muchas ramificaciones y alcanza hasta 0.60 m. de profundidad. Mientras más alta sea la planta más largo será su sistema radicular. (Alvares et. al. 2002)

- **Tallo**

Posee un tallo principal con o sin ramas secundarias. Es de forma cilíndrica, a partir de las primeras ramas y termina en una inflorescencia. Alcanza una altura entre 50 y 250 cm. (http://www.monografias.com)

- **Hoja**

Las hojas son polimorfas (diferentes formas de hojas en la misma planta), siendo las inferiores romboidal y las superiores lanceoladas. Las hojas inferiores son más grandes que las superiores.

El color de las hojas puede ser verde, rojo o púrpura. Las hojas son alternas, simples, bordes dentados pudiendo ser pronunciados o leves según las variedades lámina polimorfa hojas inferiores romboidales, o triangulares. (http://www.concope.gov.ec)

- **Inflorescencias**

Es racimosa y por la disposición de las flores en el racimo se considera como una panoja. Existen dos tipos de panoja: glomerular y amarantiforme.

- **Flores**

Son incompletas, dado que carecen de pétalos (al igual que todas las flores de las quenopodiáceas). Las flores pueden ser hermafroditas o pistiladas y el porcentaje de cada una de ellas depende de la variedad. (Peralta, E. 2010)

- **Fruto**

Es un aquenio, tiene forma cilíndrica- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro.

Está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, y contiene una sola semilla, de coloración variable con diámetro de 1.4 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez, el contenido de humedad de fruto a la cosecha debe ser de 14,5%.(http://montenoa.com)

- **Semilla**

La semilla constituye un fruto maduro sin el perigonio, es pequeña, aproximadamente mide 2 mm de ancho y 1 mm de espesor, está cubierta por el pericarpio (pared externa del fruto), que es donde se encuentra la saponina que confiere el sabor amargo a la quinua.

La semilla presenta tres partes bien definidas que son: el episperma, embrión y perisperma. (Mújica, A. et. al. 2001)

2.5.4. DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD EN ESTUDIO (INIAP - Tunkahuan)

- **Origen**

Se originó de una población de germoplasma recolectada en la Provincia del Carchi, Ecuador en 1985, seleccionada como material promisorio en 1986 e introducida en el Banco de Germoplasma del INIAP como ECU-0621. (http://www.concope.gov.ec)

- **Características morfológicas de la variedad de quinua Tunkahuan**

CARÁCTER	**TUNKAHUAN**
Habito crecimiento	Erecto
Tipo de raíz	Pivotante - desarrollada
Forma de tallo	Redondo sin aristas
Tipo de ramificación	Sencillo semiramificado

Color del tallo	Verde claro
Estrías en el tallo	De color verde obscuro
Pigmentación en el tallo	Sin pigmentos
Forma de hojas	Triangulares
Tamaño de hojas,cm^2	De 24 a 50
Borde de hojas	Ondulado y dentado
Axilas de hojas	No pigmentadas
Color de planta	Púrpura
Color panoja inmadura	Rosada a purpura
Color panoja madura	Amarillo anaranjado
Tipo de panoja	Glomerulada
Pedicelos	Largo
Perigonios	Abiertos
Latencia de semilla	Ausente

(http://www.concope.gov.ec)

- **Características Agronómicas**

CARACTERÍSTICA	**TUNKAHUAN**	
	Rango	**Promedio**
Días a la floración	82 a 128	109
Días a la cosecha	150 a 210	180
Altura de planta, cm	90 a 185	44
Largo de la panoja	20 a 48	37
Reacción a mildiú	1 a 5	2,8
Rendimiento de grano, kg/ha	859 a 3782	2244

(http://www.concope.gov.ec)

- **Características nutricionales y de calidad de grano**

CARACTERÍSTICAS	**VAR. TUNKAHUAN**
Color del grano	Blanco
Grano de primera, %	80 a 90
Peso hectolítrico, kg/hl	65
Tamaño de grano, mm	1,7 a 2,1
Contenido de saponina, %	0,06
Deterioro del grano	Muy bajo
Forma del grano	Redondo aplanado
Proteína,%	15,73
Grasa,%	6,11
Cenizas, %	2,57
Fibra,%	6,22

Calcio, %	0.10
Fosforo, %	0,35
Potasio, %	0.66
Energía total	4744

(http://www.concope.gov.ec)

2.5.5. Requerimientos básicos del cultivo

- **Requerimientos de clima**

Lluvia: 500 a 800 mm de precipitación en el ciclo.
Temperatura óptima: 7 a 17°C. (Peralta, E. et. al. 2008)

- **Suelo**

Este cultivo se adapta bien a diferentes tipos de suelo; sin embargo, los más adecuados son aquellos de textura franco, franco –arenoso, negro andino, con buen drenaje y con un pH de 5.5 a 8.0. (Peralta, E. et. al 2008.)

2.5.6. Recomendaciones generales para el cultivo

- **Preparación del suelo**

Esta labor puede realizarse con tractor, yunta o manualmente. Es necesaria una labor de arado y una o dos de rastra para mullir o desmenuzar el suelo.

Si la siembra es manual o con sembradora manual se recomienda surcar, y si la siembra es mecanizada se debe nivelar el suelo.(http://www.concope.go)

- **Surcado**

Surcar de 70-90 cm entre líneas y a pendiente suave.(http://www.monog)

- **Siembra**

En épocas de noviembre a febrero con suficiente humedad a la siembra, de preferencia en días muy buenos o buenos, de acuerdo al calendario lunar.(http://repositorio.utb.edu.ec)

- **Dosis de semilla**

De 5-12 Kg/Ha. (5–8 Kg/Ha para siembra en surcos; 12 Kg/Ha para siembra al voleo.)

En general, la cantidad de semilla a utilizar busca obtener un cultivo con una densidad de 100-150 plantas/m², dependiendo del peso de 1,000 granos, las condiciones del suelo y clima, y la forma de siembra. (http://www.monografia)

- **Control de malezas**

- **Manual**

El deshierbe a veces suele ser necesario, pero en general no hay mucha incidencia de malezas si hubo una preparación adecuada de suelos.

Por diversos factores favorables el número de plantas por hoyo puede ser numerosas, para obtener buenos rendimientos es necesario realizar raleos oportunos para permitir el desarrollo de no más de 4 plantas por hoyo. (http://www.rlc.fao.org)

El raleo se realiza cuando las plantas tienen 10 – 20 cm de altura, dejando unas 10 – 12 plantas / metro lineal. Se debe eliminar las plantas débiles o fuera de tipo.

Y el aporque se hace en forma manual con picotas o herramientas parecidas, con yunta o tractor. Se realiza después de la deshierba y la aplicación complementaria del abono nitrogenado.

La humedad del suelo debe ser óptima para realizar esta labor. (http://www.monografias.com)

- **Químico**

Se recomienda usar Afalòn (Linurón 50%) 800cc por hectárea o Alaclor (Lazo 480 C.E.), 2 litros por hectárea, aplicado en preemergencia (inmediatamente después de la siembra y en suelo húmedo) para el control de malezas de hoja ancha y angosta. (Peralta, E. et. al. 2008)

- **Enfermedades**
- **Mildiu**

Causado por Peronospora farinosa, es la enfermedad de la quinua más generalizada e importante.

La sintomatología difiere de una a otra variedad y del estado de crecimiento y desarrollo de la planta.

Las lesiones pueden ser amplias, húmedas y de color pálido, ocupando toda superficie de la hoja o pueden ser localizadas y definidas.

En periodos tempranos de crecimiento, la parasitación del hongo puede iniciarse con las germinación de la planta y estas presentan pequeñas, amarillentas y de apariencia virotica. (Peralta, E. 2010)

- **Cercospora sp.**

Manchas circulares de color gris en el centro y rodeadas de un halo marrón oscuro casi negro. En ataques severos, las manchas confluyen y abarcan gran parte del tejido de la hoja.

Lesiones cloróticas locales, manchas pequeñas sistémicas, manchas en forma de estrella, deformación de hojas. **(**http://www.rlc.fao.org/es/a)

- **Control de enfermedades**

Para mildiu (Peronospora farinosa) y mancha circular de la hoja u “ojo de

gallo ” (Cercospora sp.), en caso de que el ataque sea severo (plantas jóvenes o el tercio inferior del follaje afectado), se recomienda realizar una aplicación de Metalaxyl (Ridomil completo) en dosis de 2 kg por hectárea.

- **Fertilización**

En suelos de baja fertilidad se recomienda aplicar 80-40 kg por hectárea de N y $P_2 O_5$, respectivamente; que se cubre con 100 kg por hectárea de 18-46-00 aplicados a la siembra, más 150kg de urea o 200 kg de nitrato de amonio por hectárea a la deshierba o aporque.

En suelos fértiles o después del cultivo de papa, no se recomienda usar fertilizante completo a la siembra, pero si aplicar 100 kg de urea o 200 kg de nitrato de amonio por hectárea, en cobertera al aporque.

- **Cosecha**

La cosecha manual (con hoz) debe realizarse cuando se detecta que el grano ofrece resistencia a la presión entre las uñas. (Peralta, E. et. al. 2008)

- **Trilla**

La trilla se realiza cuando los granos están secos y con una humedad que fluctúa entre 10 a 13 %, las labores de venteo y limpieza correspondiente se realiza en forma manual. (http://www.rlc.fao.org)

2.6. FERTILIZACIÓN

2.6.1. 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).

2.6.2. Nitrógeno

El nitrógeno es el componente principal de la atmósfera del planeta Tierra, con el 78,1% de su volumen. Esta concentración es resultado del balance entre la fijación del nitrógeno atmosférico por acción bacteriana, eléctrica (relámpagos) y química (industrial) y su liberación a través de la descomposición de materias orgánicas por bacterias o por combustión.

Además forma parte del 3% de la composición elemental del cuerpo humano y aparece en los restos de animales. (http://www.ecured.cu)

- **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.

Toda la materia fósil y el carbón de hulla lo contienen en grandes cantidades también en combinación. (http://www.elsitioagricola.com.)

El N 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. (Witt, C. 2002)

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)

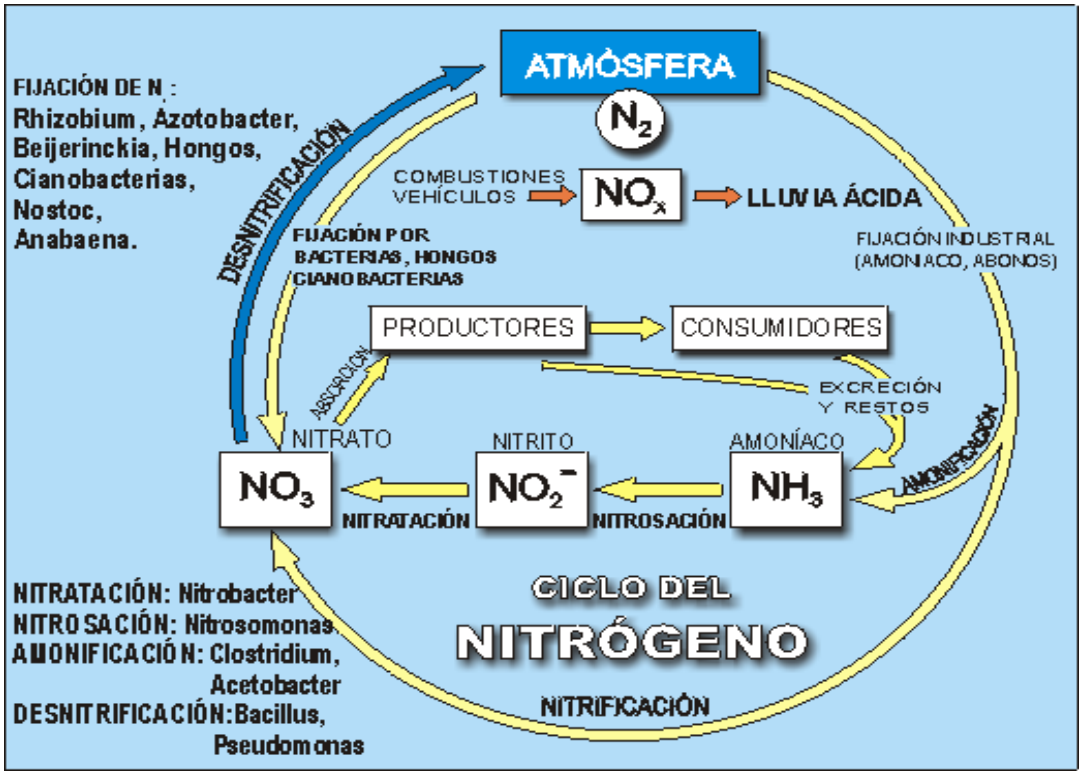
El nitrógeno resulta esencial para el desarrollo de la planta. El nitrógeno es necesario para la formación de las proteínas de las plantas. Entre todas estas, la clorofila es una de las más importantes.

La falta de este componente se manifiesta en el amarillamiento de la misma en épocas de crecimiento de las cañas. (http://www.botanical-online.)

2.9.3. 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.com).

2.9.4. Fases del ciclo del nitrógeno

- **Fijación biológica**

La fijación biológica del nitrógeno atmosférico, consistente en la reducción de N_2 a NH_4^+ por la enzima nitrogenasa, es después de la fotosíntesis, la ruta metabólica más importante para el mantenimiento de la vida en la Biosfera. Curiosamente, este proceso crucial sólo puede ser llevado a cabo por unos pocos grupos de seres vivos, todos ellos procariotas. (http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/)

- **Mineralización e inmovilización del N**

El suelo contiene una porción relativamente alta de N orgánico (no disponible) y una pequeña proporción de N inorgánico (disponible). El N orgánico puede representar del 97 al 98% del total de N en el suelo. El N inorgánico generalmente representa solo del 2% al 3%. Por lo tanto, el proceso que convierte las formas orgánicas de N no disponibles a formas disponibles. Este proceso se denomina mineralización y ocurre a medida que los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica para obtener energía. Los microorganismos usan parte de la energía liberada y parte de los nutrientes esenciales contenidos en la materia orgánica.

Cuando los organismos han usado todos los nutrientes que necesitan, el exceso (como el N) es liberado al suelo en forma inorgánica para ser utilizado por las plantas. El N también puede pasar de una forma inorgánica a una forma orgánica, este proceso se llama inmovilización y es el reverso de la mineralización, esta ocurre cuando se incorporan al suelo residuos de cultivos con contenido alto de Carbono y bajo de Nitrógeno. (INPNI, 2009)

- **Nitrificación**

Es la transformación del amoniaco a nitrito, y luego a nitrato. Esto ocurre por la intervención de bacterias del género nitrosomonas, que oxidan el

NH3 a NO_2-. Los nitritos son oxidados a nitratos NO_3- mediante bacterias del género nitrobacter. En este proceso, el amonio (NH_4+) se transforma primero en nitrito ($N0_2$-), y éste en nitrato (NO_3 -) mediante la acción de las bacterias aerobias del suelo. El proceso se lleva a cabo en dos etapas coordinadas, controlada cada una por diferentes grupos de bacterias. Globalmente se las llama nitrobacterias.

Al grupo responsable de la conversión de compuestos amoniacales en nitritos se les llama Nitrosomonas. El grupo encargado de la oxidación de los nitritos a nitratos recibe el nombre de Nitrobacter. El esquema de las transformaciones es el que sigue: 2NH4+ + 3O2 ---->oxidación enzimática ---> 2NO2- + 2H2O + 4H+ + energía 2 NO2- + O2 ----> oxidación enzimática -----> 2 NO3- + energía. Debido a que normalmente el nitrito se transforma en nitrato con mayor rapidez que se produce, los niveles de nitrito en los suelos suelen ser muy bajos en comparación con los de nitrato. (Ramírez, M. 2004)

Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10 – 70 kilogramos de nitrógeno por hectárea por día. Esto implica que un abonado en forma amónica puede transformarse casi totalmente en nitrato en unos pocos días si la humedad y temperatura del suelo son favorables. En ocasiones, debido a que la nitrificación es más rápida que la mineralización, se emplea el término mineralización para indicar el proceso global de conversión del Nitrógeno orgánico en Nitrógeno mineral (fundamentalmente nitrato y amonio). (BIOAGRO. 2010)

- **Denitrificación**

En este proceso los nitratos son reducidos a nitrógeno, el cual se incorpora nuevamente a la atmósfera, este proceso se produce por la acción catabólica de los organismos, estos viven en ambientes con escasez de oxígeno como sedimentos, suelos profundos, etc. Las bacterias utilizan los nitratos para sustituir al oxígeno como aceptor final

de los electrones que se desprenden durante la respiración. De esta manera el ciclo se cierra. (Ramírez, M. 2004)

La denitrificación es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso o en óxidos de nitrógeno gaseosos, los que pasan a la atmósfera. Este fenómeno se debe a que, en condiciones de excesiva humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración.

Un suelo con contenido en materia orgánica inferior al 2% con buen drenaje, tiene en promedio una pérdida de nitrógeno por denitrificación equivalente a un 2 a 4%. En suelos con mal drenaje, las pérdidas ascienden entre un 10 a 30%. En suelos con un 2 a 5% de materia orgánica, con buen drenaje, la pérdida de nitrógeno por denitrificación oscila entre un 5 a 10% y en un suelo con mal drenaje, el porcentaje asciende entre un 20 a 50%. (Quintero, C. 2000)

2.7. PÉRDIDAS DE NITRÓGENO

2.7.1. Volatilización de amoniaco

La volatilización de amoníaco (NH_3) desde la superficie del suelo es un proceso complejo que afecta principalmente a los fertilizantes nitrogenados aplicados al voleo y que no son incorporados. La magnitud de las pérdidas de NH_3 por volatilización debido a fertilizaciones con productos nitrogenados y efectuados sobre la superficie del suelo en los sistemas de siembra directa es mayor que en los sistemas con laboreo del suelo y debe ser suficientemente cuantificada a los efectos de un eficiente uso de los fertilizantes mencionados. (http://rafaela.inta.gov.)

2.7.2. Desnitrificación

La desnitrificación es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso (N2) o en óxidos de nitrógeno, también gaseosos, que pasan a la atmósfera.

Este fenómeno se debe a que, en condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración. (Martínez, R. et. al. 2008)

El proceso de desnitrificación invierte parcialmente los efectos del proceso de nitrificación con respeto a la concentración de la alcalinidad.

Por cada miligramo de nitrato reducido a gas nitrógeno, se crean cerca de 3.57 mg de alcalinidad, en forma de $CaCO_3$. (http://www.selba.)

Las bacterias desnitrificadoras pertenecen a varios géneros tales como: Pseudomonas*,* Bacillus*,* Spirillum*,* Hyphomicrobium*,* Agrobacterium*,* Acinetobacter*,* Propionobacterium*,* Rhizobium*,* Cornebacterium*,* Cytophata*,* Thiobacillus*, y* Alcaligenes*.*

No obstante, las más extendidas en el agua y en las aguas residuales son Pseudomonas fluorescens*,* Pseudomonas Aeruginosa*,* Pseudomonas denitrificans etc*.*

Estos organismos están en cualquier cantidad y se encuentran fácilmente en los suelos y en los ambientes de los humedales naturales. (http://www.selba.)

2.7.3. Lixiviación

La lixiviación o lavado de los NO_3^- que son arrastrados por el agua en el perfil a una profundidad en la cual no son alcanzados por las raíces.

Representa un problema ambiental dado que produce la contaminación de las napas. Se da en suelos de buen drenaje o texturas gruesas, cuando se aplican altas dosis de nitrógeno. Puede alcanzar hasta 20 %. (Gispert, C. 1998)

Las pérdidas de N por lixiviación en forma de ion nitrato se originan con los aportes de fertilizantes nítricos, amoniacales y con las aguas de riego

con altos contenidos de nitrato. Los iones amonio, procedentes de los fertilizantes amoniacales, de los ureicos, de los de origen orgánico, de la mineralización de la materia orgánica y de la de la deposición atmosférica, por el proceso de la nitrificación se transforman en un corto período de tiempo en iones nitrato.

Éste puede ser absorbido por el sistema radical, inmovilizado por los microorganismos y emitido a la atmósfera en forma de óxidos de nitrógeno y N2.

Además, por su escasa capacidad de retención en las posiciones de intercambio iónico del suelo, es susceptible de ser arrastrado fácilmente fuera del alcance del sistema radical por lluvias intensas o riegos excesivos. (http://www.ruena.csic.es)

2.7.4. Escurrimiento superficial

Las pérdidas por escurrimiento superficial son inferiores a 15 % y se presentan cuando el fertilizante se aplica en superficie, sin incorporación, en suelos con pendiente. Las pérdidas son menores en siembra directa.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)

2.7.5. 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:

- **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. (Técnico en Agricultura, 2002)

- **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)
- **En 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)
- **En carencias de N, presentan los siguientes síntomas**
  - Se ven hojas más claras de color verde pálido, que va tornándose en amarillo, incluyendo las nerviaciones. Aunque la

clorosis llegue a toda la planta los síntomas son más evidentes en las hojas viejas.

- Si la deficiencia continúa las hojas inferiores caen.
- No crece, el follaje es escaso, aunque puede florecer con cierta abundancia. En definitiva la planta tiene un aspecto raquítico y amarillento.

Estos mismos síntomas también pueden producirlo Nematodos, asfixia radicular, daños en raíces, otras carencias, etc. por lo que hay riesgo de confusión. (http://articulos.infojardin.com.)

2.7.6. 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:

- **Fuentes químicas**

La producción agrícola depende en gran medida de que los suelos sean capaces de desarrollar cultivos con un buen rendimiento y esa capacidad es establecida por su fertilidad.

El contenido de nutrientes de origen natural en los suelos, generalmente no es suficiente para lograr una adecuada fertilidad, por esa razón se emplean los fertilizantes naturales orgánicos y químicos. (Fuentes principales de nitrógeno. 2003)

	N %
Amoníaco Anhidro, (NH_3)	82
Cianamida de Calcio, ($CaCN_2$)	21
Cloruro de Amonio,(NH_4CI)	26
Diacianodiamida, (cianogunidina, lenta liberación) ($C_2N_4H_4$)	65
Fosfato de Amonio	
-DAP, $(NH_4)_2HPO_4$	18

-MAP, ($NH_4H_2PO_4$)	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.ipe.net.aebce)

- **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 a una bajada 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 un disminución de la acidez con la maduración de las sustancias húmicas. (Mineral Nutrition of HigherPlants, 1986)

- **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.geocities.)

- **Gallinaza**

Se obtiene del secado de las camas de los gallineros, en las que por tanto se encuentran mezclados los excrementos, el orina, restos de plumas y el material absorbente empleado en estas (generalmente paja, aserrín 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)

- **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://www.pronaca.com)

- **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)

2.7.7. 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 iónamonio (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)

- **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)

- **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)

- **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 las pequeñas cantidades de óxido 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)

- **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.)

- **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. (Fundora, O. y Arzola, N. 1993)

2.7.8. Formas de ser absorbido por la planta

- **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 N.	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)

- **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)

- **Compuestos nitrogenados solubles**

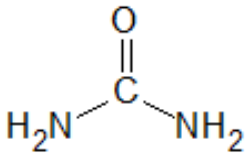
Es el caso de los aminoácidos (moléculas que poseen N y conforman las proteínas) y ácidos nucleicos. En suelos turbosos es común este tipo de absorción de aminoácidos. Estos pueden ser asimilados por la planta, pero su importancia es mínima desde el punto de vista de la cantidad. (Rodríguez, F. 1992)

2.7.9. 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)

- **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 cual 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	60.06g/mol
Densidad	768Kg/m^3
Punto de fusión	132.7 º C
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.

- **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 cual 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.)

- **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)

2.7.10. 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. (http://www.jardinyplantas.com/suelos)

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 la misma afecta al suelo circundante.(http://www.fertilizer.org/ifa)

2.7.11. Utilización de fertilizantes nitrogenados

Los fertilizantes nitrogenados que contiene o forman amonio (NH_4^+) incrementan la acidez del suelo a menos que la planta absorba NH_4^+ directamente.

Ejemplos de estos fertilizantes son el sulfato de amonio [$(NH_4)_2SO_4$], nitrato de amonio (NO_3NH_4) y la urea [$CO(NH_2)_2$]. El $(NH_4)_2SO_4$ y el

NO_3NH_4 aplicados al suelo se disocian liberando amonio (NH_4^+). Esta forma de N se convierte en nitrato (NO_3^-) a través de oxidación biológica.

El proceso que hace posible esta transformación se denomina nitrificación y se representa con estas reacciones:

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

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

$$H_2NCOONH_4 \longrightarrow 2NH_3 + CO_2$$

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. y Troeh, F. 1997)

2.7.12. 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 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. y 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)

- **Eficiencia de uso del nitrógeno en quinua y amaranto**

La eficiencia de uso del N, medida como la ganancia en producción de grano por unidad de nutriente aplicado, debe buscar en los cultivos alta productividad. (http://www.ipni.net/publication/ialahp.)

La recuperación por el cultivo del N aplicado, sea proveniente de residuos o fertilizantes, es el producto de mineralización neta y eficiencia con la cual el N inorgánico es asimilado por las plantas. (http://www.scielo.cl.)

La respuesta de la quinua al nitrógeno se ha estudiado bastante; ésta depende mucho de la precipitación en la zona y la precedente rotación de cultivos. (http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ)

El cultivo de quinua es exigente en nutrientes nitrogenado, aunque la cantidad de cada aumento depende del tipo de abono aplicado en el cultivo anterior, así como también de acuerdo al análisis de suelo.

La fertilización fraccionada de nitrógeno en quinua, tiene mayor rendimiento utilizando 80 kg/ha de nitrógeno, fraccionada en 20% a la

siembra, 20% después de la germinación, 20% antes de la floración y 20% después de la floración. (http://es.scribd.com/doc/)

La fertilización con nitrógeno en el Amaranto utilizada en el área andina generalmente corresponde a 80 kg N/ha, determinando una correlación positiva entre la fertilización nitrogenada y el rendimiento de semilla, encontrándose respuesta hasta 180 kg N/ha. (http://www.rlc.fao.org)

Se aconseja fraccionar en dos partes: 50% a la siembra y 50% a los 50 días desde la siembra. (http://archive.idrc.ca/library)

- **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 sería de gran utilidad, sin embargo esto se contrapone con la selección en ambientes de alta dotación de nitrógeno. (http://www.fertilizando.com/articulos)

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)

2.7.13. Necesidades de nitrógeno en el cultivo de quinua y amaranto

- **Nitrógeno**

Es el motor del crecimiento de la planta. Suple de 1 a 4 por ciento del extracto seco de la planta; es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO^-) o de amonio (NH^+). En la planta se combina con componentes.

Producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. (http://www.care.org.pe/pdfs)

- **Fósforo**

Suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta; es absorbido del suelo como iones H PO - y HPO =. Juega un papel importante en la transferencia de energía.

Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico fisiológicos, Es indispensable para la diferenciación celular y para el

desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría delos suelos. (http://www.care.org.)

- **Potasio**

Suple del 1 al 4 por ciento del extracto seco de la planta, es más absorbido del suelo como ion K tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas; por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades. (http://www.care.org.pe/pdfs)

2.7.14. Contaminación por el N

- **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/)

- **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 el suelo (en forma de nitrógeno orgánico y abonos nitrogenados). Pero en los últimos años, debido a la intervención humana, la disponibilidad de N es muy superior a la que el medio necesita y puede asumir, y las consecuencias de este hecho, muy graves, no se hacen esperar. (http://edafologia.ugr.es/conta)

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/)

- **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.)

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)

- **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). (http://fgonzalesh.blogspot.com)

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)

- **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%. (http://www.botanical-online.com/agua)

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%. (http://www.botanical-online.com/agua)

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/agua)

- **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/)

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/Agrico)

2.8. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SUELO

2.8.1. Orden Inceptosoles

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

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)

2.8.2. 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)

2.8.3. 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.

2.8.4. 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)

2.8.5. Eutrandeps

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

2.8.6. 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/Clasificac)

2.8.7. 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)

2.8.8. 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)

2.9. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO

2.9.1. 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://www.madrimasd.org)

2.9.2. Capacidad de Intercambio Catiónico

Es una de las propiedades químicas más importante del suelo por que está relacionada con la fertilidad y la acidez del suelo. El CIC es la capacidad que tiene un suelo con un pH determinado de intercambiar iones positivos, liberándolos y/o reteniéndolos en función de su composición. (Manual Agropecuario, 2004)

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. (Manual Agropecuario, 2004)

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

2.9.3. 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. (Manual Agropecuario, 2004)

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

2.9.4. 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)

2.9.5. Macro y micro nutrientes

- **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.

Además regula la cantidad de hormonas dentro de las plantas. (http://clubensayos.com/Ciencia/Micro)

- **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.

- **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.

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)

- **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)

- **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-translocación de Zn deficiencia de N, los síntomas de la deficiencia de Zn son más comunes en las hojas jóvenes.

- **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)**

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.

- **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)

2.10. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

2.10.1. 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)

2.10.2. Estructura del suelo y agregados

- **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)

- **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, y, conservando toda la tierra retirada del hoyo como muestra, determinar el volumen de la muestra de suelo vertiendo un volumen de arena seca en el hoyo del cual se extrajo la muestra. Finalmente, sequen la muestra de suelo retirada para determinar el peso seco del suelo. (Romero, L. 1995)

- **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)

2.11. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO

2.11.1. Introducción

El suelo es una mezcla de materias orgánicas e inorgánicas conteniendo una gran variedad de microorganismos (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)

2.11.2. Microorganismos

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

- Cianobacterias: Realizan la fotosíntesis oxigénica. Tienen nutrición autótrofa y muchas asimilan nitrógeno atmosférico, gracias a la enzima nitrogenasa.

Por eso habitan cualquier ambiente siendo sus preferidos: manantiales, rocas mojadas, aguas dulces y el suelo.

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

- Algas: Nutrición autótrofa y que viven en medios acuáticos. Pertenecen al heterogéneo mundo de los microorganismos.

  Son omnipresentes en todas las aguas, constituyendo más del 90% del fitoplancton, auténtico forraje de mar.

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

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

- **Los microorganismos presentan los siguientes beneficios**

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

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

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

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

2.12. 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)

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.)

2.13. 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)

2.13.1. 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)

2.13.2. 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)

2.14. 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. De esta manera tenemos:

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

(http://www.manualdelombricultura.com)

2.14.1. Relación C/N en un suelo

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

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

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

Valores de relación C/N que dan lugar a diferentes calidades edáficas de la materia orgánica

<8:	Muy buena
8-10	Buena
12-15:	Mediana
15-20:	Deficiente
20-30:	Mala
>30:	Muy mala

(http://www.sagan-gea.org)

- Los procesos de fermentación de materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos generados en cualquier población cumplen con el doble objetivo de tratar convenientemente los citados residuos, así como revalorizarlos obteniendo un producto final útil para la agricultura.

  Este producto, el compost, debe cumplir una serie de propiedades que garanticen su calidad, entre ellas, temperatura, granulometría, cantidad de elementos extraños, etc.

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

- Esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno.

  Prácticamente la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es biodegradable y, por tanto disponible.

- Con el carbono orgánico ocurre lo contrario ya que una gran parte se engloba en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad en la agricultura. (http://www.infojardin.net)

- 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.manualdelombricult.)

2.15. MANUAL DEL ÍNDICE DE NITRÓGENO

El Índice de N ver. 4.4.1 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 4.4.1 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. (http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles)

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 4.4.1 User Manual. USDA-SRS-SPNR, Fort Collins, CO. (USDA-ARS-SPNR and NRCSuser manual). (http://www.ars.usda.gov/SP2User)

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. (http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles)



(http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Ubicación del ensayo:

Provincia:	Bolívar
Cantón:	Guaranda
Parroquia:	Veintimilla
Sitio:	Granja Laguacoto II 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:	21ºC
Temperatura mínima:	7ºC
Temperatura media: anual	14.4ºC
Precipitación media: anual	896mm
Heliofania: promedio anual	900/h/l/año
Humedad Relativa: promedio anual	70%
Velocidad promedio del viento:	6m/s

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar y Monar, C. 2012.

3.1.3. Zona de vida

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

3.1.4. Material experimental

Se utilizó semilla certificada de amaranto variedad INIAP Alegría, y quinua variedad INIAP -Tunkahuan y como fuente de N la urea al 46% de N.

3.1.5. Materiales de campo

Lote de terreno de 1178 m^2, cámara fotográfica, baldes plásticos, botas de campo, libro de campo, flexómetro, estacas, herramientas manuales, piola, fundas plásticas, balanza de reloj y de precisión, hoz y bomba de mochila, etc.

3.1.6. Materiales de oficina

Computadora e impresora, Resmas de papel bon, Internet, Bibliografía, Copias xerox, Lápices, Flash memory, Software Estadístico: MSTAT/ C e INFOSTAT. Software de Nitrogen Index 4.4.1. Ecuador.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Factor en estudio en los Cultivos de Quinua y Amaranto:

Cinco dosis de N en Kg/Ha.

- **Tratamientos en los cultivos de quinua y amaranto:**

T_1= 0

$T_{2=}$ 40

T_3= 80

T_4= 120

T_5= 160

3.2.2. Procedimiento

Tipo de diseño experimental: Bloques Completos al Azar

Número de tratamientos / Ensayo: 5

Número de repeticiones /Ensayo: 3

Número de unidades experimentales /Ensayo: 15

Superficie total de la unidad experimental: 5 m x 5 m= 25 m^2

Superficie de la unidad experimental neta: 4 m x 4 m= 16 m^2

Área total por ensayo: 25 m^2 x 15 ue= 375 m^2

Área neta total por ensayo: 16 m^2 x 15 ue = 240 m^2

Área total por ensayo con caminos: 19 m x 31 m = 589 m^2

Área total por los dos ensayos: 589 m^2 x 2 = 1178 m^2

Número de surcos /parcela total: 8

Número de surcos /parcela neta: 6

3.2.3. Tipo de Análisis

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

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CME*
Bloques (r-1)	2	$\int^2 e + 5\int^2$ bloques
Tratamientos (t-1)	4	$\int^2 e + 3\ \Theta^2$ t
E. Exp.(r-1)(t-1)	8	$\int^2 e$
Total (t x r)-1	14	

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

- Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos.

- Tendencias Polinomiales para los tratamientos.
- Análisis de correlación y regresión lineal.
- 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

- **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, 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 30 muestras de suelo de 0- 30 cm y 30 muestras de 30 – 60 cm de profundidad en los ensayos tanto de quinua como de amaranto para determinar la física y química completa del suelo en el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP, Santa Catalina.

Estos análisis químicos antes y después del ensayo, sirvieron como fuente de información para determinar la eficiencia del Índice de Nitrógeno. Versión 4.4.1. Ecuador.

- **Toma de muestras de restos vegetales y grano**

Se procedió a tomar una sub muestra de cada repetición la cantidad de seis plantas antes de la cosecha. Se colocó en sacos de lona y llevó a la bodega del proyecto de producción de semillas donde se realizó la separación de los restos vegetales y grano, una vez separados se picó los residuos vegetales y luego se tomó su peso total con una balanza analítica en gramos.

Finalmente se empacó los residuos vegetales en fundas de papel con un peso de 100 gr y el grano de quinua y amaranto en muestras de 100 gr, mismos que fueron enviados a la Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas para los respectivos análisis foliares y del grano.

- **Materia seca**

Se expresó en porcentaje, se tomaron cinco 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 65ºC 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.

- **Determinación de N en tejido vegetal (raíces, tallos, hojas y panojas y en el grano)**

En el material que se utilizó para materia seca, después de haber realizado la cosecha del cultivo 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, los cuales se expresaron en Kg/ha.

- **Biomasa total en Kg/Ha**

Con los datos que se obtuvieron del peso de una muestra; de seis plantas en el momento de la cosecha, se procedieron a calcular mediante una regla de tres simple:

Peso Muestra en Kg 6 plantas

X 320000 plantas =

- **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 X =

(Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

- **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.

R.T (+N) – R.T (-N)

Ef.Agro =---------- ; donde:

Cantidad N Aplicado

Ef.Agro. = Eficiencia Agronómica

R.T (+N) = Rendimiento con nitrógeno

R.T (-N) = Rendimiento sin nitrógeno (testigo)

(Valverde, F. 2012. Entrevista Personal)

- **Eficiencia del fertilizante químico (EFQ)**

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

- **Días a la emergencia de 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.

- **Número de plantas por metro lineal. (NPML)**

Esta variable se evaluó 15 a 20 días después de la siembra en un conteo directo en 3 muestras de cada unidad experimental y se dejaron 20 plantas por metro lineal.

- **Días al Panojamiento (DP)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la formación de la panoja principal en cada unidad experimental.

- **Días a la Floración (DF)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la formación y aparición de las flores en las panojas cuando éstas ya florecieron un 50 % de las inflorescencias en cada unidad experimental.

- **Evaluación de enfermedades foliares (EEF)**

Las diferentes evaluaciones se realizaron para cuantificar la incidencia y severidad de enfermedades foliares causadas por: Mildiu (Peronospora farinosa) y Cercospòra sp, en la hoja durante el cultivo. Estas evaluaciones se realizaron en cada parcela neta de acuerdo a la siguiente escala:

ESCALA	REACCIÓN
1 a 3	Resistente (30% de la planta afectada)
4 a 6	Medianamente resistente (60% de la planta afectada)
7 a 9	Susceptible (más del 60% de la planta afectada)

- **Días a la cosecha (DC)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha cuando el cultivo estuvo en madurez fisiológica, esto es hojas secas en la base y amarillas hacia el ápice de la planta y grano seco en las panojas.

- **Altura de plantas a la cosecha (APC)**

En la etapa de Madurez Fisiológica se midió la altura en 20 plantas tomadas al azar de la parcela neta en madurez fisiológica con la ayuda de un flexometro en centímetros .La altura de las plantas se midió desde la base del tallo hasta la parte terminal de la inflorescencia principal.

- **Longitud de la panoja principal a la cosecha (LPP)**

En la etapa de madurez fisiológica, se midió la longitud de la panoja principal la misma que se evaluó en 20 plantas tomadas al azar de la parcela neta desde la base de la inflorescencia hasta la parte terminal de la misma, con la ayuda de un flexometro en centímetros.

- **Número de plantas cosechadas (NPC)**

En el momento de la cosecha se contó el universo de plantas por unidad experimental neta.

- **Acame del tallo (AT)**

El porcentaje de acame, se evaluó cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica, en cada unidad experimental mediante la siguiente escala:

ESCALA	REACCIÓN
1 a 3	Bajo
4 a 6	Medio
7 a 9	Alto

- **Rendimiento en Kg por parcela (RKP)**

Después del proceso de la trilla y aventado se pesó, y se registró el rendimiento por parcela neta en una balanza de reloj en Kg/parcela.

- **Contenido de humedad (CH)**

  Una vez trillado y aventado el grano, se evaluó el contenido de humedad en un determinador portátil de humedad en porcentaje en el Laboratorio de Cereales del INIAP Santa Catalina.

- **Rendimiento en Kg por hectárea (RKH)**

El rendimiento en Kg/ha, se estimó mediante la siguiente fórmula matemática:

$$R = \frac{PCP \times 10000\ m^2/ha}{ANC\ m^2/1} \times \frac{100-HC}{100-H\ E}$$; / donde:

R= Rendimiento en Kilogramos por hectárea al 14% de humedad.

PCP = Peso de Campo por Parcela en kilogramos.

ANC = Área Neta Cosechada en m^2.

HC= Humedad de Cosecha (%)

HE= Humedad Estándar (14%).

- **Peso Hectolítrico (PH)**

Después de la cosecha, trilla y aventado, se llevó al Laboratorio de Cereales del INIAP Santa Catalina donde se evaluó en una balanza de precisión una muestra de un Kg de amaranto y quinua, de cada unidad experimental y se expresó en puntos.

- **Peso de 1000 semillas (PMS)**

Se pesó en gramos en una balanza analítica la cantidad de 1000 semillas en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Estatal de Bolívar, cuando el grano estuvo limpio y con un contenido uniforme del 14% de humedad.

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 de la UEB.

3.4.2. Toma de muestras del suelo antes del ensayo.

Se tomaron14 sub muestras antes de implantar el cultivo con la ayuda de un barreno de 0- 30 y 30- 60 cm de profundidad.

Se homogenizaron 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 completa del suelo.

3.4.3. Preparación del terreno

Limpieza del terreno, la misma que consistió en eliminar los restos del cultivo y malezas existentes en el mismo en forma manual y química con glifosato en dosis de 3L / ha 30 días antes de la siembra del ensayo.

Se realizó una arada a profundidad de 0,30 m, una rastrada superficial logrando que el suelo quede lo más suelto posible, debido al tamaño pequeño de la semilla.

3.4.4. Trazado del ensayo

Se diseñó el trazado del ensayo tomando en cuenta cada una de las unidades experimentales, como también las calles y bordes, de acuerdo a un DBCA con 5 tratamientos y 3 repeticiones.

Los bloques se realizaron contrarios a la pendiente del terreno.

3.4.5. Surcado

Los surcos se trazaron en forma mecánica con una surcadora a una distancia de 60 cm y una profundidad de 10 cm. Los surcos se realizaron el día de la siembra.

3.4.6. Siembra

La siembra se hizo en forma manual en los surcos de las unidades experimentales a chorro continuo, con una densidad de 10 kg / ha tanto para quinua como el amaranto.

3.4.7. Tape

Esta labor se realizó en forma manual utilizando una capa fina de sustrato

de suelo, con la ayuda de rastrillos y/ o ramas.

3.4.8. Raleo

El raleo se efectuó a los 25 a 30 días después de la siembra (dds), eliminando las plantas en exceso y dejando 20 plantas por metro lineal.

3.4.9. Control de las malezas

El control de malezas se realizó de acuerdo a la presencia e incidencia de las mismas, para lo cual se realizaron dos controles manuales a los 30 y 60 días después de la siembra.

3.4.10. Fertilización Química

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 en banda lateral y se tapó con una capa de suelo en capacidad de campo.

Las dosis de urea que se aplicaron por tratamiento y por parcela de 25 m^2 son: T1: Testigo (sin urea); T2: 73 gr/ aplicación; T3: 146 gr; T4: 219 gr y T5: 365 gr/ aplicación.

3.5.11. Aporque

El aporque se realizó en forma manual con un azadón a los 60 días después de la siembra.

3.4.12. Controles fitosanitarios

Se realizaron los controles para Cercospora sp y Peronospora farinosa en quinua para los cuales se aplicó el fungicida Sanamet mz+2 (metalaxil + mancozeb) la cantidad de 100gr/ 20 litros de agua y por dos veces en prefloración y floración.

3.4.13. Riego

Se aplicaron con los riegos necesarios en la fase vegetativa y reproductiva del cultivo, es decir en la fase de emergencia, floración y formación de granos, principalmente de acuerdo a las condiciones climáticas que presentaron durante el ciclo del cultivo. El riego se realizó en forma individual en cada unidad experimental por surcos.

3.4.14. Cosecha

Se efectuó la cosecha cuando el cultivo estuvo en madurez fisiológica. Se realizó la siega con hoz para formar gavillas y luego se procedió a la trilla.

En la quinua y amaranto un indicador para la cosecha es cuando los granos no se rompen al presionar con las uñas de los dedos.

3.4.15. Trilla

Esta actividad se realizó en forma manual de cada unidad experimental neta con varas en una gangocha.

3.4.16. Aventado

Con la ayuda de la fuerza del viento se separó las impurezas del grano, y se complementó con una limpiadora eléctrica.

3.4.17. Almacenamiento

Se almacenó la semilla tanto de quinua y amaranto con el 14% de humedad y con el grano completamente limpio en recipientes apropiados de plástico en una bodega limpia y ventilada, del proyecto de Semillas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables agronómicas en amaranto

Cuadro Nº 1 Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos en las variables agronómicas: Días a la emergencia de plántulas (DEP), Número de plantas por metro lineal (NPML); Días al panojamiento (DP),Días a la floración (DF); Días a la cosecha (DC), Altura de planta a la cosecha (APC),Longitud de la panoja principal a la cosecha (LPP),Número de plantas cosechadas (NPC), Acame de tallo (AT), Peso de 1000 semillas (PMS), Peso Hectolitrico (PH) y Rendimiento en kg/Ha al 14% de humedad . Laguacoto. 2012.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	DOSIS DE N EN Kg/ha					MEDIA GENERAL	CV (%)
Días a la emergencia de plántulas (DEP) NS	T5	T4	T1	T2	T3	7,47	7,54
	7,67 A	7,67 A	7,67 A	7,33 A	7,00 A	Días	
Número de plantas por metro lineal (NPML) NS	T5	T4	T3	T2	T1	21	5,22
	21,00 A	21,00 A	21,00 A	21,00 A	21,00 A	Plantas	
Días al panojamiento (DP) NS	T1	T4	T2	T3	T5	48,27	2,29
	49,67 A	48,67 A	48,33 A	47,67 A	47,00 A	Días	
Días a la floración (DF) NS	T4	T5	T3	T2	T1	77,07	1,03
	78,00 A	77,33 A	77,00 A	76,67 A	76,33 A	Días	
Días a la cosecha (DC) NS	T4	T3	T1	T2	T5	149,74	0,88
	152,00 A	149,67 A	149,67 A	148,67 A	148,67 A	Días	
Altura de planta a la cosecha (APC) **	T5	T4	T3	T2	T1	91,39	5,78
	103,18 A	101,35 A	91,37 B	82,38 B	78,65 B	cm	
Longitud de la panoja principal a la cosecha (LPP) *	T5	T4	T3	T2	T1	33,93	6,24
	38,12 A	36,28 AB	33,08ABC	31,90 BC	30,27 C	cm	

Número de plantas cosechadas (NPC) NS	T5	T4	T3	T2	T1	801	0,14
	801,00A	801,00A	801,00A	801,00A	801,00A	Plantas	
Acame de tallo (AT) NS	T4	T5	T2	T1	T3	1,87	44,82
	2,33A	2,33A	1,67A	1,67A	1,33A	(%)	
Peso de 1000 semillas (PMS) NS	T5	T4	T3	T2	T1	1,05	2,23
	1,08A	1,08A	1,04A	1,03A	1,03A	(g)	
Peso Hectolítrico (PH) NS	T4	T3	T2	T1	T5	81,49	1,42
	82,20A	81,80A	81,60A	81,00A	80,87A	Puntos	
Rendimiento en kg/Ha. **	T4	T5	T3	T2	T1	2188,47	0,78
	2743,33A	2617,33B	2486,67C	1995,33D	1099.67E	Kg/ha	

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

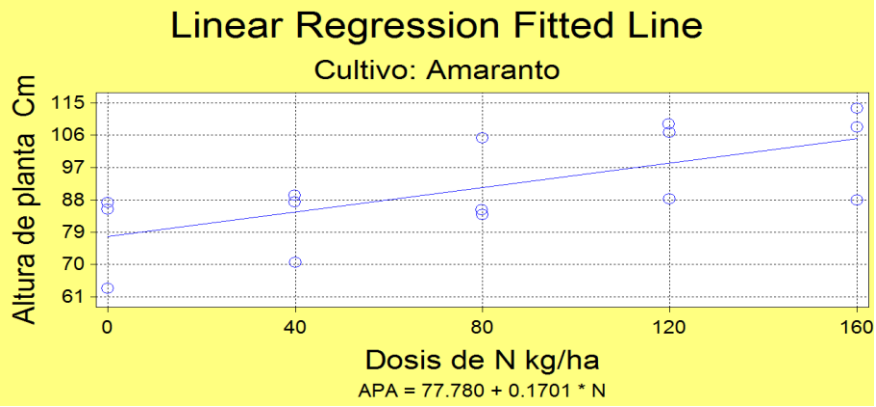
- **TRATAMIENTOS (Dosis de nitrógeno en kg/ha)**

La respuesta de los niveles de nitrógeno en cuanto a las variables agronómicas: Altura de planta a la cosecha (APC), Longitud de la panoja principal a la cosecha (LPP), Rendimiento en kilogramos por hectárea (RKH), fueron diferentes (Cuadro N° 1). Sin embargo en las variables: Días a la emergencia de las plántulas (DEP); Número de plantas por metro lineal (NPML), Días al panojamiento (DP), Días a la floración (DF), Días a la cosecha (DC), Número de plantas cosechadas (NPC), Acame de tallo (AT), Peso de mil semillas (PMS), Peso Hectolítrico (PH), fueron estadísticamente similares (NS). (Cuadro N° 1)

En la variable **altura de plantas a la cosecha en cm (APC),** el promedio más alto se evaluó en el T5 (160 kg/ha de N), con 103,18 cm, y el menor en el T1 (0 kg/ha de N), con 78,65 cm (Cuadro N° 1). Para APC, se presentó una respuesta lineal significativa, es decir a mayor dosis de N, mayor APC. (Grafico N° 1)

Estos resultados infieren que el nitrógeno sí influyó notablemente en el crecimiento de la planta ya que niveles elevados de nitrógeno promueven una rápida división y elongación celular, además hubo otros factores determinantes como la cantidad de luz solar, humedad y la asimilación de nutrientes por la planta. Además la APC, es una característica varietal y depende de su interacción genotipo-ambiente.

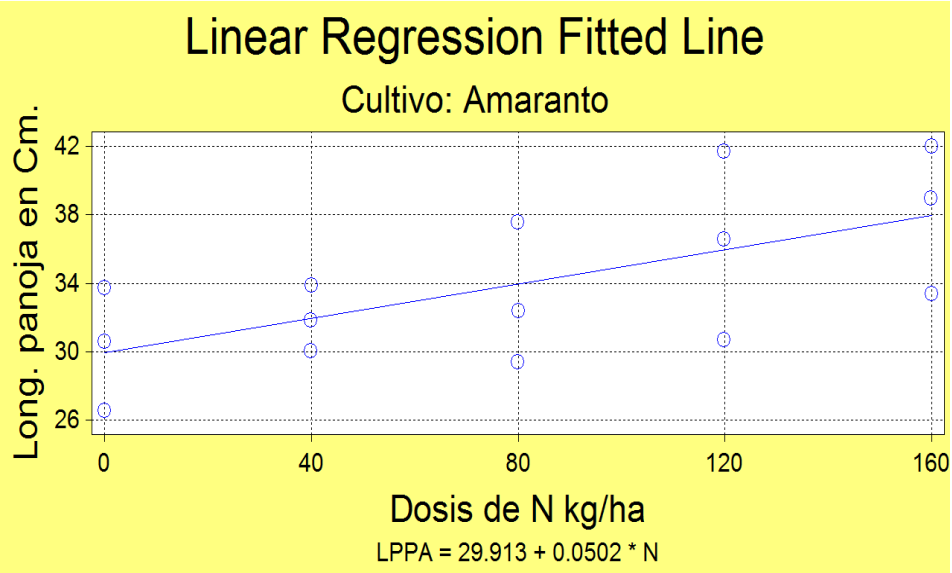
Gráfico N° 1. Regresión lineal: Altura de planta de amaranto en cm versus las dosis de N.



Para **Longitud de panoja principal (LPP),** el promedio más elevado se presentó en el T5 (160 kg/ha de N), con 38,12 cm, y el menor en el T1 (0 kg/ha de N), con 30,27 cm, (Cuadro N° 1). Para LPP, se presentó una respuesta lineal significativa, es decir a mayor dosis de N, mayor LPP. (Grafico N° 2)

La **LPP** depende también de los factores ambientales como la cantidad y calidad de luz solar, humedad; temperatura y la interacción genotipo-ambiente.

Gráfico N° 2. Regresión lineal: Longitud de panoja de amaranto en cm versus las dosis de N.



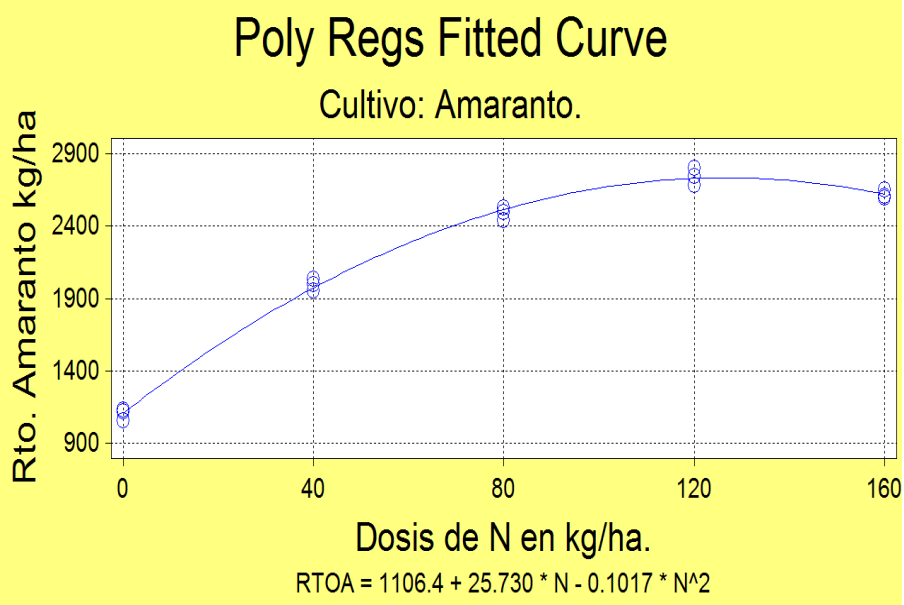
Para la variable **Rendimiento en kilogramos por hectárea (RKH),** el tratamiento con el promedio más alto fue el T4 (120 kg/ha), con 2743 kg/ha, y el de menor promedio fue el T1 (0 kg/ha de nitrógeno) con 1099,67 kg/ha. (Cuadro N° 1)

Estos resultados nos confirman que la aplicación de nitrógeno en dosis adecuadas es notable el incremento del rendimiento de amaranto y sobre todo cuando las condiciones climáticas y de manejo, son adecuadas para el cultivo.

El rendimiento es una característica varietal y depende de su interacción genotipo-ambiente, son realmente la temperatura, humedad, sanidad y nutrición de las plantas.

En la variable RH en Kg/ha, se presentó una respuesta de tipo lineal y cuadrática (Grafico N° 3); es decir el rendimiento de amaranto se incrementó hasta la dosis de 120 Kg/ha de nitrógeno y debido a la deficiente distribución de precipitación y la presencia de sequía con las dosis más alta de 160 Kg/ha de nitrógeno dio como resultado la disminución del rendimiento; menor eficiencia química, agronómica y pérdida de nitrógeno por los procesos de volatización en periodos de sequía y lixiviación en precipitaciones muy fuertes.

Gráfico N° 3. Regresión lineal: Rendimiento en kilogramos por hectárea de amaranto versus las dosis de N.



En condiciones de estrés de sequía son recomendables dosis inferiores a 120 Kg/ha de nitrógeno y fraccionando la aplicación en tres momentos, a los 30; 60 y 90 días después de la siembra.

La respuesta de la dosis de nitrógeno en cuanto a las variables **Peso de mil semillas en gramos (PS),** y **Peso Hectolítrìco (PH),** fue similar.

Numéricamente los promedios más altos en estas variables fueron el T5 (160 Kg/ha de N) con 1.08 gramos y para Peso Hectolítrico (PH) el T4 (120 Kg/ha de N) con 82.20 puntos. (Cuadro N° 1)

Las variables Peso de mil semillas y pH, son atributos de calidad, mismos que se asocian al tamaño del grano y cantidad de extracción de harina.

4.2. Variables químicas en el ensayo de amaranto

Cuadro Nº 2. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos de 0 a 30 cm de profundidad en las variables químicas: pH del suelo; Amonio (NH_4^+) en Kg/ha 0.30cm de profundidad; Nitratos (NO_3^-) en Kg/ha 0.30cm de profundidad; Materia Orgánica (MO) en %. Variables de 30 a 60 cm de profundidad; Amonio (NH_4^+) en Kg/ha; Nitratos (NO_3^-) en Kg/ha; Materia Orgánica (MO) en %. Indicadores: Biomasa Total del tejido vegetal y grano (BTVG) en Kg/ha; Biomasa del tejido vegetal (BTV) en Kg/ha; Materia seca de tejido Vegetal (MSTV) en %; Extracción del N tejido vegetal (ENTV) en Kg/ha; Biomasa del grano (BG) en Kg/ha; Materia seca grano en (%); Extracción de N en grano (ENG) Kg/ha; Extracción total de N tejido vegetal y grano (ETNTVG) en Kg/ha, Eficiencia Agronómica (EA) en kg/ha y Eficiencia química (EQ) en %. Laguacoto. 2012.

VARIABLES QUÍMICAS DEL SUELO	DOSIS DE N EN Kg/ha					MEDIA GENERAL	CV (%)
pH del suelo reporte análisis de suelo 0-30 cm de profundidad **	T1	T5	T4	T2	T3	6,9	0,29
	7,14A	6,87B	6,86BC	6,83BC	6,81C		
Amonio ($NH4^+$) en kg/ha reporte análisis de suelo 0-30 cm **	T5	T1	T4	T3	T2	54,8	5,43
	72,67A	56,00B	56,00B	47,33C	42,00C		
Nitratos ($NO3^-$) en kg/ha reporte análisis de suelo de 0-30 cm**	T2	T4	T3	T1	T5	19,28	1,47
	23,20A	22,80AB	22,20B	15,20C	13,00D		

Materia orgánica % (MO) reporte análisis suelo 0-30 cm de profundidad *	T5	T3	T2	T4	T1	3,49	3,82
	3,70A	3,63AB	3,47AB	3,40AB	3,27B		
pH del suelo reporte análisis de suelo 30-60 cm de profundidad**	T4	T5	T3	T2	T1	7.00	0,24
	7,07A	7,07A	6,97B	6,97B	6,94B		
Amonio (NH_4^+) en kg/ha reporte análisis de suelo 30-60 cm **	T3	T5	T4	T2	T1	75,07	3,97
	112,00A	85,33B	82,00BC	74,00C	22,00D		
Nitratos (NO_3^-) en kg/ha reporte análisis de suelo de 30-60 cm **	T3	T2	T4	T1	T5	10,4	7,28
	16,13A	11,00B	10,20B	7,40C	7,27C		
Materia orgánica % (MO) reporte análisis suelo 30-60 cm de profundidad*	T3	T1	T5	T4	T2	3,29	3,88
	3,47A	3,40AB	3,33AB	3,17AB	3,10B		
Biomasa del grano kg/ha (BG) **	T4	T5	T3	T2	T1	2275,55	12,4
	2737,77A	2577,77A	2488,89A	1991,11AB	1582,22B		
Biomasa de tejido vegetal (BTV) kg/ha**	T5	T4	T3	T2	T1	6239,99	8,22
	9191,11A	6720B	5848,89B	5315,55BC	4124,44C		
Biomasa total kg/ha **	T5	T4	T3	T2	T1	8515,55	5,78
	11768,89A	9457,77B	8337,77BC	7306,66C	5706,66D		
Materia seca de tejido vegetal % (MSTV) **	T4	T2	T1	T2	T1	91,53	0,17
	94,20A	93,77AB	93,73B	93,63B	82,33C		

Extracción de N Tejido vegetal en kg/ha (ENTV) **	T5	T2	T3	T4	T1	41,15	14,13
	57,64A	41,01B	40,76B	40,28B	26,05B		
Materia seca del grano % (MSG) **	T3	T4	T5	T2	T1	88,17	0,63
	91,20A	90,37AB	89,60BC	88,13C	81,57D		
Extracción de N en grano kg/ha (ENG) **	T4	T5	T3	T2	T1	51,96	14,51
	67,17A	63,35A	57,39AB	36,31BC	35,60C		
Extracción total de N tejido vegetal + grano (ETNTVG.) **	T5	T4	T3	T2	T1	68,91	7,34
	120,99A	107,45AB	98,14B	77,32C	61,66C		
Eficiencia Agronómica kg/ha (E.A) **	T2	T3	T4	T5	T1	12,58	1,83
	22,39A	17,34B	13,70C	9,48D			
Eficiencia Química (EQ) **	T3	T2	T4	T5	T1	32 (%)	22,7
	45 A	39A	38A	37A			

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

La respuesta de los niveles de nitrógeno (T1: 0 Kg/ha; T2: 40 Kg/ha; T3: 80 Kg/ha; T4: 120 Kg/ha y T5: 160 Kg/ha) en cuanto a los indicadores de química de suelo: pH de suelo; Nitratos (NO_3^-); Amonio(NH_4^+) en Kg/ha; Materia orgánica (MO) en % de (0 a 30 cm), pH de suelo; Amonio (NH_4^+) en Kg/ha; Nitratos (NO_3^-) en Kg/ha y Materia orgánica (MO) en % (30 a 60cm); Biomasa total del tejido vegetal y grano (BTTVG) en Kg/ha; Biomasa del tejido vegetal (BTV) en Kg/ha; Materia seca del tejido vegetal (MSTV); Extracción de nitrógeno de tejido vegetal (ENTV) en kg/ha; Biomasa del grano (BG) en kg/ha; Materia seca del grano (MSG); Extracción de nitrógeno en el grano (ENG) en Kg/ha; Extracción total de nitrógeno en el tejido vegetal más grano (ETNTVG) en Kg/ha; Eficiencia Agronómica (EA) en Kg/ha; Eficiencia química (EQ) en %, fueron estadísticamente diferentes. (Cuadro N° 2)

Para el **pH de suelo,** no existió prácticamente diferencias de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm de profundidad, con un promedio general de 7,00. (Cuadro N° 2). Las diferencias entre los tratamientos podrían darse por el azar y las dosis de N en Kg/ha.

El indicador **NH_4 en Kg/ha a una profundidad de 0-30 cm,** con el promedio más alto se registró en el T5 (160 Kg/ha de N) con 72.67 Kg/ha y el menor en el T2 (40 Kg/ha de N) con 42,00 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

Quizás algunos factores determinantes para que exista menor concentración de amonio en el suelo son la relación C/N de los materiales de descomposición, calidad de los residuos del cultivo, condiciones ambientales en el suelo como temperatura, humedad, pH, lixiviación, volatilización, etc.

Para el contenido de **nitrato (NO_3^-) en la profundidad de 0-30 cm,** el promedio más alto se registró en el T2 (40 Kg/ha de N) con 23.20 Kg/ha y el menor en el T5 (160 Kg/ha de N) con 13,00 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

La diferencia de estos resultados fue con la dosis de 40 Kg/ha de N hubo mayor contenido de nitratos debido a las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo, como fue la mala distribución de la lluvia y la sequía lo que ayudó a reducir la perdida por lixiviación, además el nitrato no es volátil, esto permitió una mayor concentración del ion.

En tanto que con 160 Kg/ha de N, la concentración fue menor ya que en este tratamiento influyó el cultivo anterior ya que fue una leguminosa, plantas excelentes fijadoras de nitrógeno en el suelo, otros factores que influyen en el contenido de ($NO^{3\ -}$) son: la extracción que realizan las cosechas, factores bioclimáticos como 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, pH y el contenido de materia orgánica.

Para la **materia Orgánica (MO) de 0-30cm**, el promedio más elevado se presentó en el T5 (160 Kg/ha de N) con 3.70% y el menor en el T1 (0 Kg/ha de N) con 3.27% (Cuadro N^0 2). Estos valores corresponden a un valor medio de materia orgánica.

La materia orgánica contiene alrededor del 5 % de N total, por lo tanto es una bodega que acumula reservas de nitrógeno. Pero el nitrógeno en la materia orgánica se encuentra formando parte de compuestos orgánicos y no está disponible inmediatamente para el uso de las plantas, debido a que la descomposición ocurre lentamente.

Además la materia orgánica proviene de residuos de vegetales, animales por ende la mayor parte se encuentra en la superficie del suelo.

El contenido de **amonio (NH_4^+) en el suelo a una profundidad de 30-60 cm,** el promedio más alto se registró en el T3 (80 Kg/ha de N) con 112 Kg/ha y el menor promedio en el T1 (0 Kg/ha de N) con 22 (Cuadro N° 2)

Con la dosis de 80 Kg/ha de N se obtuvo un nivel medio de amonio; sin embargo con 0 Kg/ha de N se registró un nivel bajo. Esto fue debido a que en el suelo se convierte en nitrato (NO_3^-) y con precipitaciones altas se lixivia durante el ciclo del cultivo ya que registró un total de 290.10 mm con el 95 % de lluvia en los primeros 100 días. (Anexo N° 3), este elemento químico se perdió por denitrificación proceso mediante el cual NO_3^- se reduce a formas gaseosas como el óxido nitroso (N_2O) o nitrógeno atmosférico (N_2) que se pierde fácilmente en la atmosfera.

El contenido de **Nitrato (NO_3^-) en el suelo a una profundidad de 30-60 cm,** el promedio más alto se determinó en el T3 (80 Kg/ha de N) con 16,13 Kg/ha y el menor en el T5 (160 Kg/ha de N) con 7,27 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

Quizá se presentaron niveles bajos de nitratos debido a que se perdió por nitrificación.

El promedio más alto de **materia orgánica (MO) en el suelo a una profundidad de 30-60 cm,** se registró en el T3 (80 Kg/ha de N) con el 3,47% y el menor en el T2 (40 Kg/ha de N) con el 3,10%.

Estos valores corresponden a un nivel medio en los resultados del análisis de suelo (Anexo N° 2) debido a que cuando los residuos vegetales son incorporados a los suelos varios compuestos orgánicos se descomponen.

La descomposición es un proceso biológico donde el colapso físico y la transformación bioquímica de las moléculas de los complejos orgánicos de los materiales muertos se convierten en moléculas simples e inorgánicas.

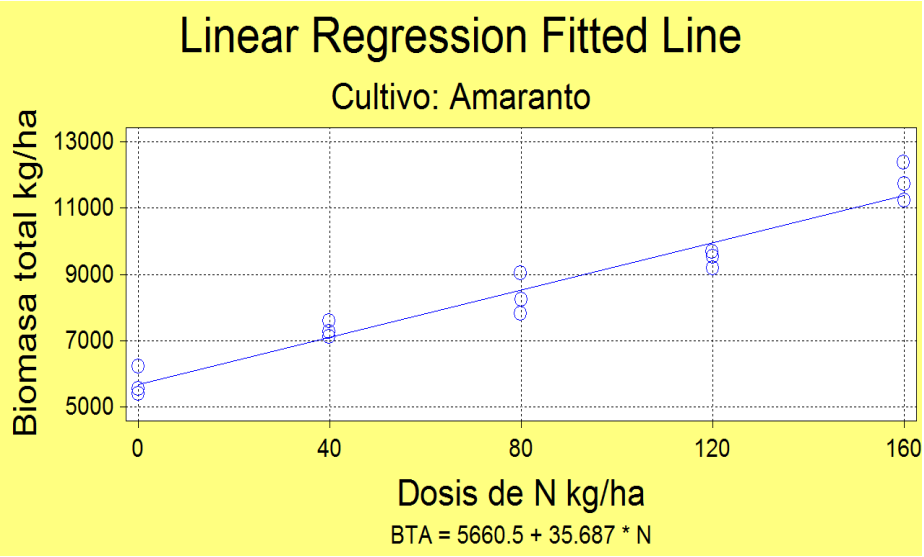
Además la relación C/N es mayor en el horizonte superficial y es muy difícil que la materia orgánica siga incorporándose a mayores profundidades por el grado de compactación del suelo, mismo que es franco.

Para la **Biomasa total en Kg/ha (BT),** la mejor respuesta se registró en el T5 (160 Kg/ha de N) con 11768,89 Kg/ha y el menor promedio en el T1 (0Kg/ ha de N) con 5706,66 Kg/ha (Cuadro N° 2). Para Biomasa Total, se presentó una respuesta lineal significativa, es decir a mayor dosis de N, mayor Biomasa Total. (Gráfico N° 4)

La diferencia de estos resultados se debe a que con la dosis de 160 Kg/ha de N, se alcanzó una mayor producción de biomasa, quizás por algunos factores determinantes como: Altura de plantas, numero de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud de la panoja, granos por panoja, peso del grano, volumen radicular, porcentaje de materia seca, dosis de nitrógeno, a estos se suman los factores climáticos, precipitación, temperatura, cantidad y calidad de luz solar.

La menor respuesta como es lógico fue en el testigo T1 (0 Kg/ha de N). Los componentes determinantes fueron una menor altura de plantas, número de plantas por metro lineal, menor área foliar y menor concentración de N.

Gráfico N° 4. Regresión lineal: Biomasa total en Kg/ha de amaranto versus las dosis de N.



Para **Biomasa de tejido vegetal Kg/ha (BTV),** el promedio más elevado se determinó en el T5 (160 Kg/ha de N) con 9191 kg/ha y el menor promedio en el T1 (0 Kg/ha N) con 4124 kg/ha. (Cuadro N° 2)

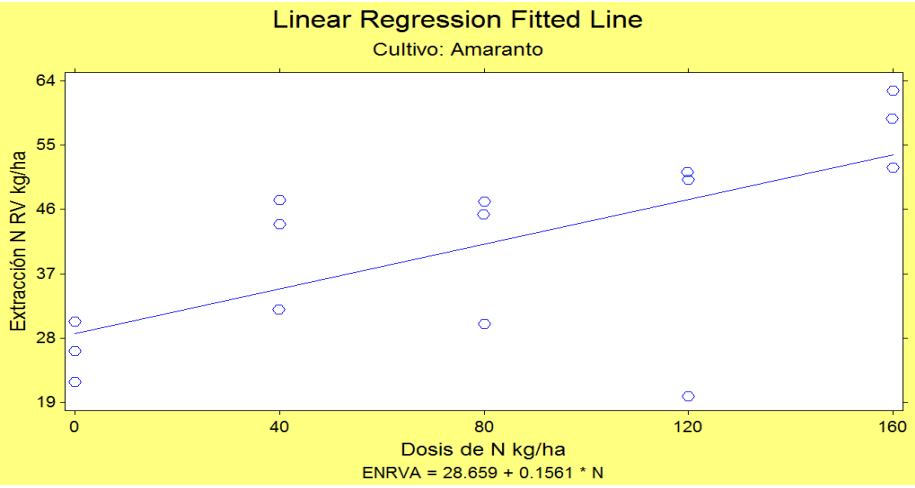
Esta respuesta se dio porque el nitrógeno influyó en el número de las raíces, altura de planta, diámetro del tallo, índice de área foliar, índice de cosecha, etc.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta, es un componente de vitaminas y los sistemas de energía en la planta, esto permite un mejor desarrollo vegetativo y reproductivo. Además la temperatura es el factor que más influye sobre la cantidad de biomasa total de la planta, al igual que la humedad y nutrición de la planta.

Para la **Extracción del Nitrógeno en el tejido vegetal Kg/ha (ENTV),** el promedio más alto se evaluó en el T5 (160 Kg/Ha de N) con 57,64 kg/ha y el menor en el T1 (0Kg/ha de N) con 26,05 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

Las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo influyen en la extracción del N por el cultivo. El contenido de nitrógeno en los restos vegetales es alto siendo de vital importancia la incorporación de los mismos al suelo.

Gráfico N° 5. Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno en el tejido vegetal en Kg/ha de amaranto versus las dosis de N.



Para **Biomasa del grano en Kg/ha (BG),** el promedio más elevado se registró en el T4 (120 Kg/ha de N) con 2737,77 Kg/ha y el menor en el T1 (0 Kg/ha de N) con 1582,22 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

Las diferencias en los valores promedios de peso de granos fue debido a que en cantidades adecuadas de N ayuda al desarrollo vegetativo, crecimiento de área foliar, altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de la panoja y por ende mayor rendimiento de grano.

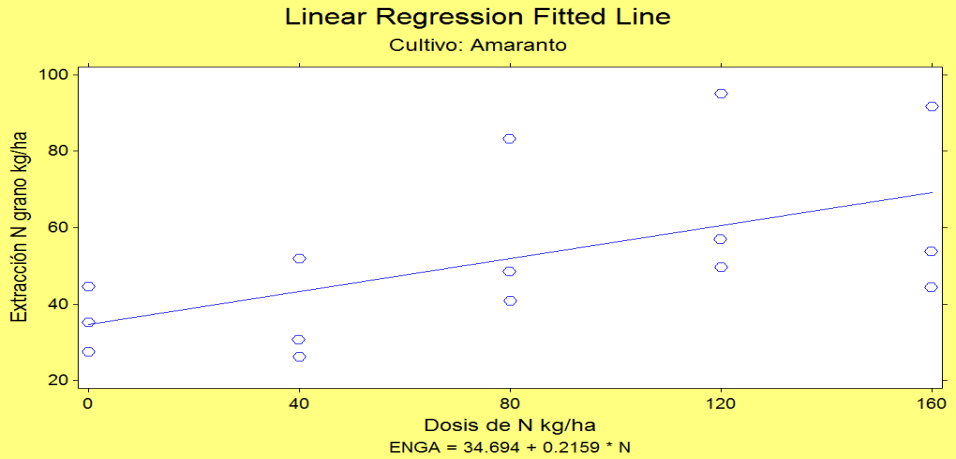
Para la **Materia seca del grano en contenido de humedad % (MSG),** el mayor promedio se presentó en el T3 (80 Kg/ha de N) con el 91,20% y el menor promedio en el T1 (0Kg/ha de N) con el 81,57% (Cuadro N° 2); esto quiere decir que el T3 presentó 8,8 % de humedad y el T1 registró 18,43 % de humedad.

Para **Extracción de Nitrógeno en el grano Kg/ha (ENG**), la mejor respuesta se registró en el T4 (120 Kg/ha de N) con 61,17 Kg/ha, mientras que el promedio más bajo fue en el T1 (0 Kg/ha de N) con 35,60 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

Esto se debió quizás por las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, además las diferencias en extracción se podrían explicar por el mayor volumen de raíces para explorar los nutrientes, por la cantidad de N aplicado ya que este elemento es directamente responsable del incremento de proteínas en las plantas y grano.

Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes, como el fósforo, potasio, azufre, etc.

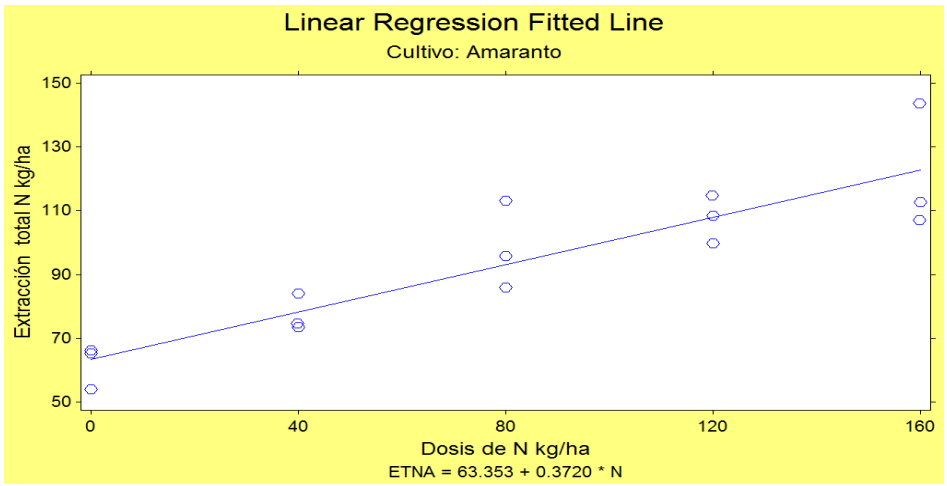
Gráfico N$^{\circ}$ 6. Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno en el grano en Kg/ha de amaranto versus las dosis de N.



Para **Extracción Total de Nitrógeno Kg/ha en Tejido vegetal y grano (ETN),** el mayor promedio se registró en el T5 (160 Kg/ha de N) con 120,99 Kg /ha y el menor valor se reportó en el T1 (0 Kg/ha de N) con 61,66 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

La diferencia de estos resultados quizá es por el contenido de nitrógeno en el suelo, disponibilidad del nutriente, condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo, ya que este elemento influyó en algunos componentes del rendimiento y por ende a mayor extracción de nitrógeno total en el sistema, mayor biomasa, rendimiento y calidad del grano.

Gráfico N$^{\circ}$ 7. Regresión lineal: Extracción del Nitrógeno total en Kg/ha de amaranto versus las dosis de N.

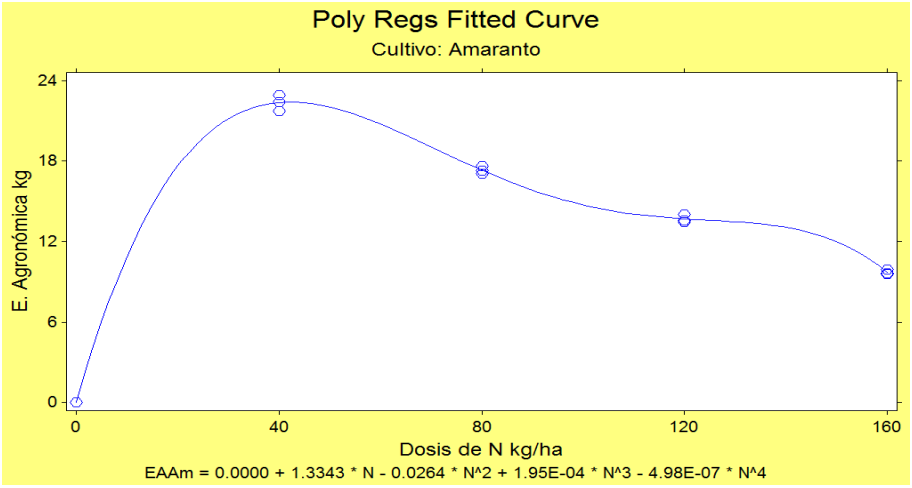


Para la **Eficiencia agronómica (EA),** evaluada en Kg/ha, el promedio más elevado se registró en el T2 (40 Kg/ha de N) con 22,39 Kg/ha, mientras que el menor en el T5 (160 Kg/ha de N) con 9,48 Kg/ha. (Cuadro N° 2)

La diferencia de estos resultados es quizá porque en la dosis de 40 Kg/ha de N, hubo una mayor eficiencia es decir que por cada Kg de Nitrógeno aplicado se produjo 22,39 Kg de grano, en comparación a la dosis de 160 Kg/ha , esto debido al estrés de sequía que sufrió el cultivo en la etapa de panojamiento y llenado de grano en el cual el N se volatilizó fácilmente de la superficie del suelo, pudiéndose perder de esta forma una apreciable cantidad de nitrógeno del sistema y por ende una menor eficiencia agronómica del N aplicado versus el grano producido.

Además influyo la deficiente distribución de la precipitación (Anexo N° 3), altas temperatura, humedad del suelo, cantidad y calidad de luz, vientos, respiración, evapotranspiración, índice de área foliar, tasa de fotosíntesis, sanidad de las plantas y panojas, nutrición de la planta, eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y densidad de plantas por hectárea.

Gráfico N° 8. Regresión lineal, cuadrática y cubica: Eficiencia Agronómica de amaranto versus las dosis de N.

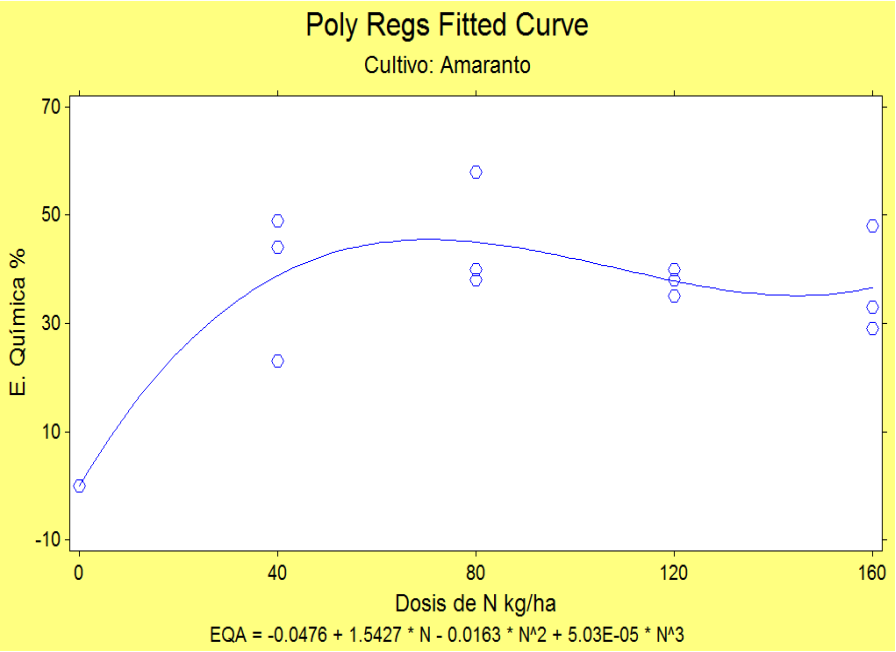


Para la **Eficiencia química en % (EQ),** el promedio más alto se registró en el T3 (80 Kg/ha N) con 45 % mientras que el menor valor se determinó en el T5 (160 Kg/ha de N) con el 37%. (Cuadro N° 2)

Quizás estos resultados se dieron porque no hubo una buena asimilación del N, depende de los caracteres varietales, condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Además son determinantes las condiciones bioclimáticas como cantidad y distribución de la precipitación (Anexo N° 3), temperatura, humedad del suelo, cantidad y calidad de la luz, vientos, respiración, evapotranspiración, índice de la área foliar, tasa de fotosíntesis, sanidad de las plantas, nutrición de la planta, eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y la eficiencia agronómica.

Gráfico N$^{\circ}$ 9. Regresión lineal y cuadrática: Eficiencia Química de amaranto versus las dosis de N.



4.3. Índice de nitrógeno en amaranto

Cuadro N°3. Resumen de los principales resultados del análisis del Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador. Promedio de los tratamientos en estudio. Laguacoto. 2012.

INDICADORES	TRATAMIENTOS				
	T1	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**
Evaluación de riesgo					
Nitrógeno total en sistema (Kg/ha/año)	153	193	233	273	313
Desnitrificación (Kg N/ha/año)	2	5	8	11	14
Nitrógeno Removido Cosecha (Kg /ha/año)	44	80	100	110	105
Nitrógeno Total Lixiviado (Kg N/ha/año)	61	58	67	82	104
Nitrato Residual (Kg N/ha/año)	45	48	56	68	87
Eficiencia del Sistema (%)	29	41	43	40	33
Proporción N aplicado: N removido por el cultivo (Kg N/ha/año)	3,43	2,4	2,32	2,47	2,97
Evaluación Económica					
Desnitrificación $/ha y (Pérdida)	1,21	3,61	6,02	8,43	10,8
Nitrógeno Total Lixiviado [$/ha y (Pérdida)]	46,39	44,2	51,02	61,99	79,1
Nitrato Residual [$/ha y (Pérdida)]	33,95	36,76	42,43	51,55	65,8

De acuerdo con los resultados obtenidos del Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, los resultados de los cinco 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 amaranto (INIAP- Alegría) de febrero/2012 a agosto/2012, fue un año con mucha precipitación durante los primeros 100 días del ciclo del cultivo y sequía en la fase de panojamiento y reproductiva lo que incidió en la eficiencia química, agronómica e Índice de Nitrógeno.

En el tratamiento T3 registró 233 Kg N total/ha/año; un proceso de desnitrificación mínima de 8 Kg de N/ha/año; en la cosecha se removió 100 Kg de N/ha/año, debido a las condiciones climáticas con alta cantidad de precipitación y mala distribución, por lo que se lixivio 67 Kg de N/ha/año. En el suelo en forma de nitrato quedaron 56 Kg de N/ha/año; se presentó una eficiencia del sistema del 43%. (Cuadro N°3 y Gráfico Nº 12)

La variedad de amaranto INIAP- Alegría, con alta precipitación y mala distribución, no respondió a dosis altas de Nitrógeno; (mayor a 120 Kg/ha) siendo las más eficientes, dosis inferiores a 80 Kg/ha.

El tratamiento T3 (80 Kg/ha de N), presentó una eficiencia total del sistema del 43 % (Cuadro N°3). Estos resultados son similares a los

reportados de eficiencia de N en varios escenarios de cultivos a nivel mundial, mismos que son inferiores al 50 %.

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

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

En términos económicos el tratamiento T1 y el T2 presentaron la menor pérdida económica. (Cuadro N°3)

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.

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 la 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.

Gráfico Nº 10. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del Programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: Tratamiento T1: 0 Kg/ha de N.

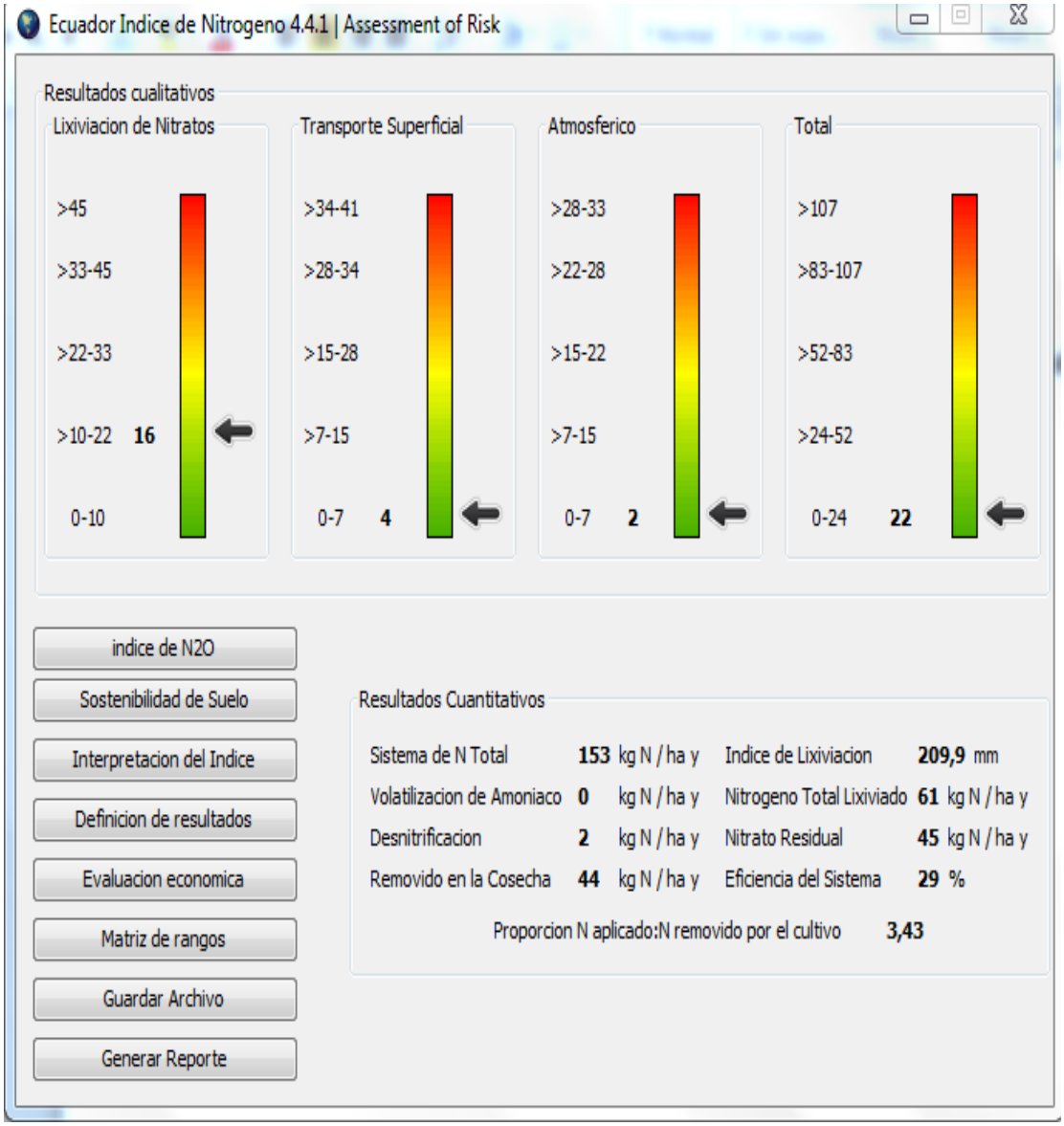


Gráfico Nº 11. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: Tratamiento T2: 40 Kg/ha de N.

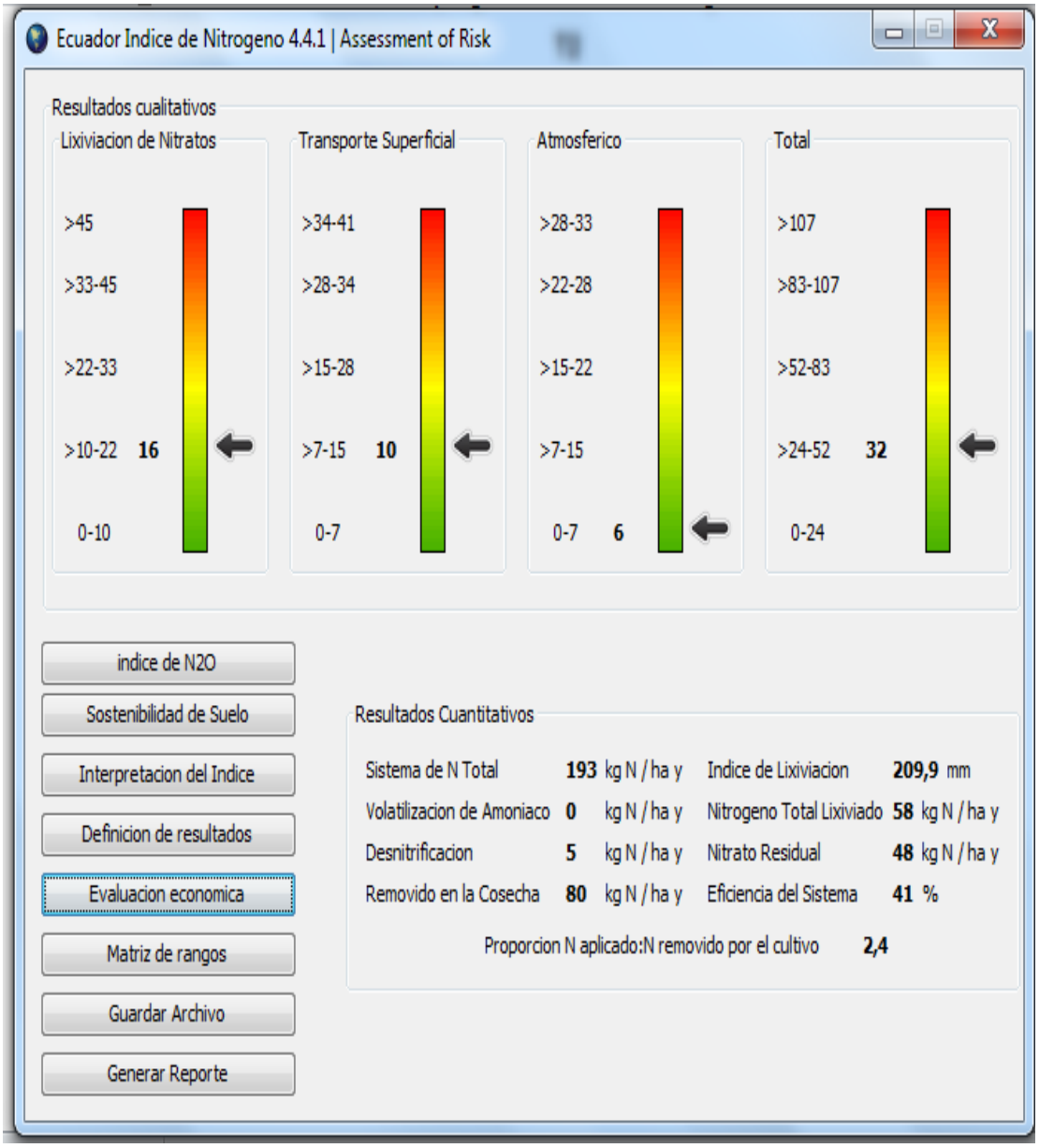


Gráfico Nº 12. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: Tratamiento T3: 80 Kg/ha de N.

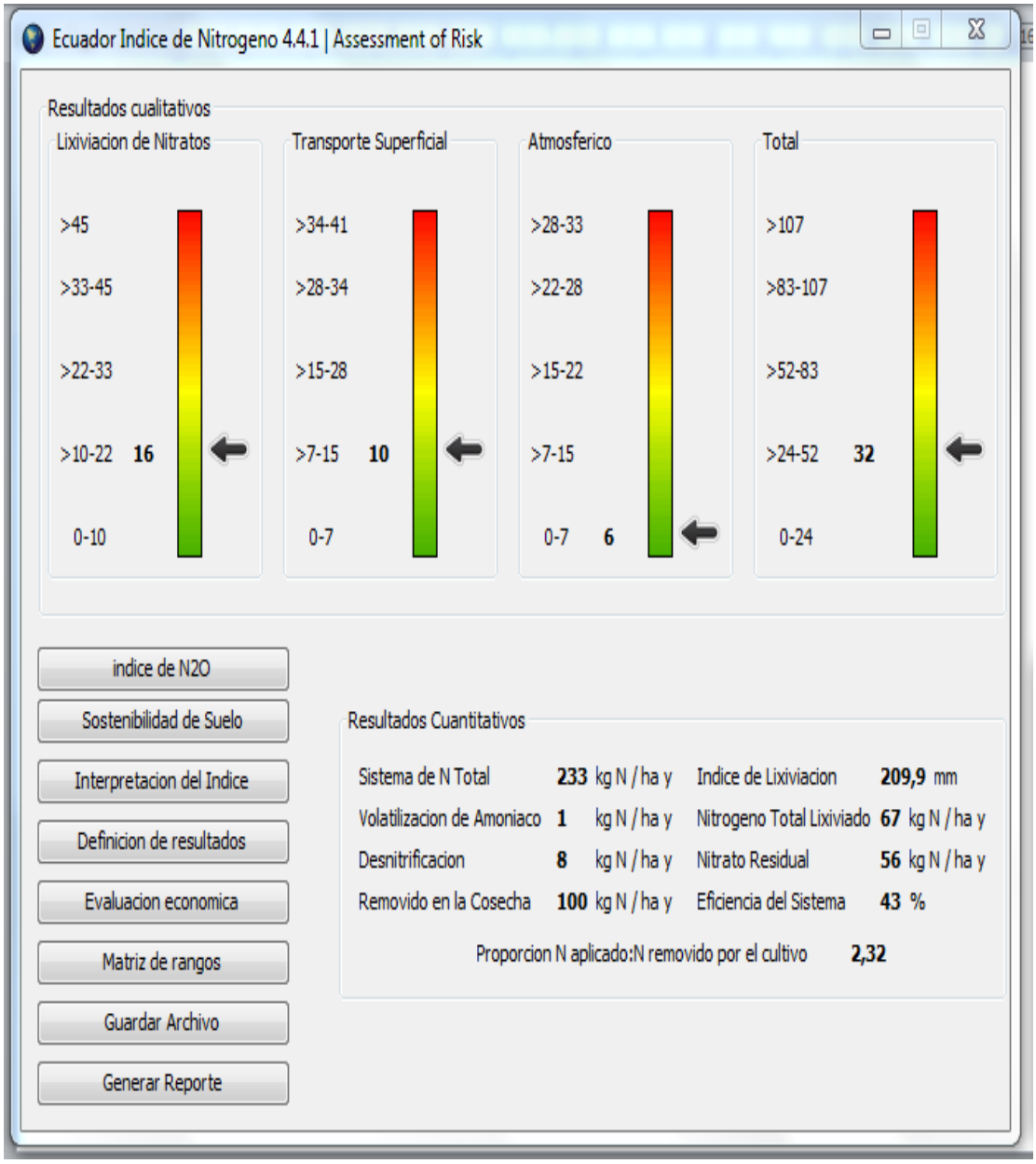


Gráfico Nº 13. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: TratamientoT4: 120 Kg/ha de N.

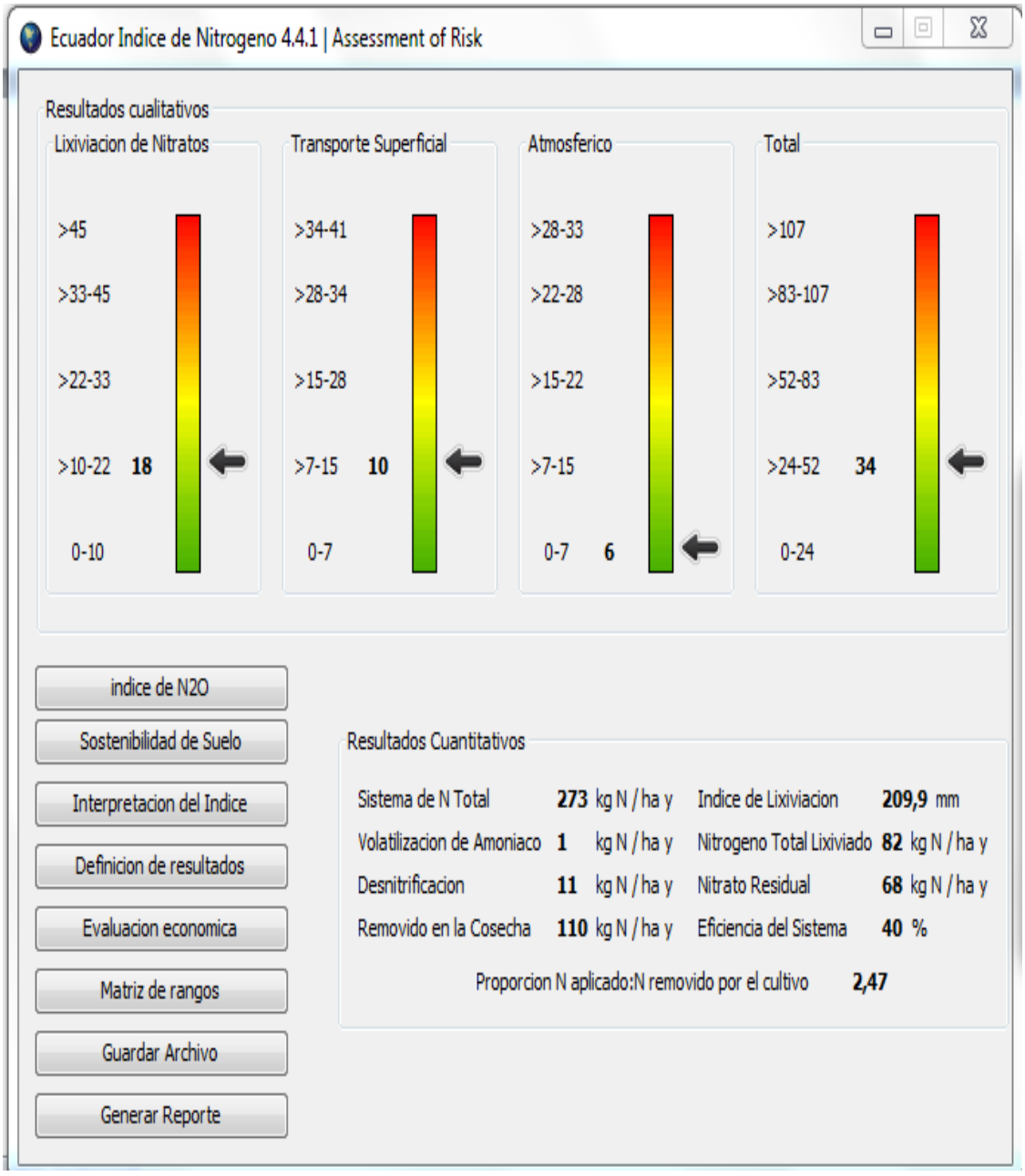
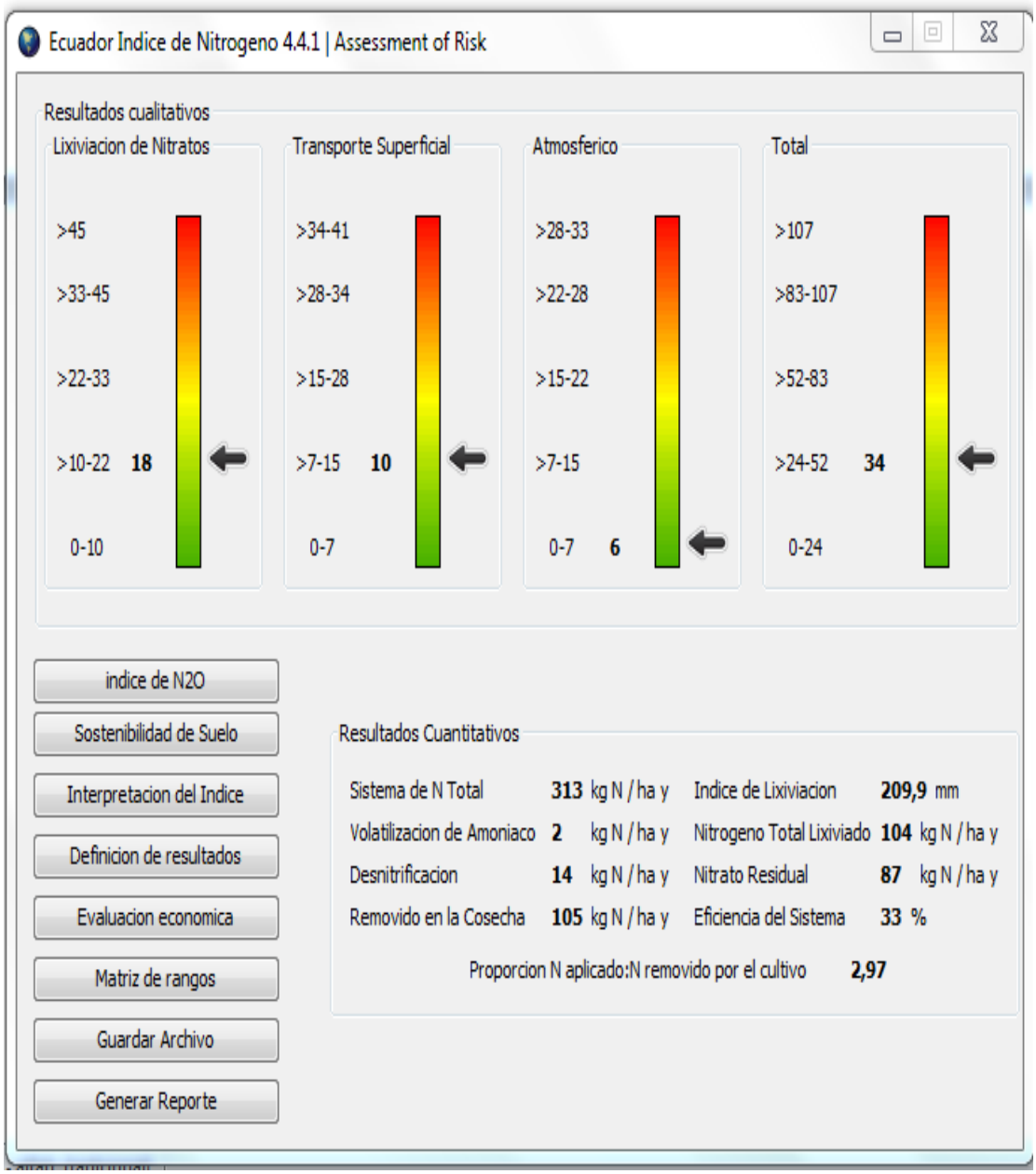


Gráfico Nº 14. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: Tratamiento T5: 160 Kg/ha de N.



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 el acame de tallo, eficiencia agronómica y eficiencia química.

En esta investigación se calcularon valores del CV muy inferiores al 20 % en las variables agronómicas 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 el acame de tallo 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 en amaranto

Cuadro Nº4. Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que tuvieron una relación estadística significativa con el rendimiento del cultivo de Amaranto (Variable Dependiente Y).

Variables e indicadores independientes (Xs) **(Componentes de rendimiento)**	**Coeficiente de correlación "r"**	**Coeficiente de regresión "b"**	**Coeficiente de determinación (R^2) (%)**
Días a la floración	0,511*	308,34	26
Días al panojamiento	-0,531*	-258,13	28
Longitud de la panoja principal	0,584*	79,950	34
Altura de planta a la cosecha	0,666**	28,664	44
Rendimiento en kilogramos por parcela	0,980**	528,764	96
Peso de mil semillas	0,565*	10571	32
pH de 0-30 cm	-0,843**	-44136,6	71
pH de 30-60	0,778**	8262,1	60
NH_4^+ de 30-60 cm	0,869**	11,715	76
Peso total en Kilogramos	0,828**	12806	69
Biomasa Total	0,828**	0,24011	69

Peso de los Residuos en Kilogramos	0,629**	11679	46
Biomasa de los residuos en kilogramos por Hectárea	0,679**	0,21899	46
Extracción de N total	0,855**	22,037	73
Extracción de N en los residuos	0,559*	25,849	31
Peso del Grano en kilogramos	0,555*	21772	31
Biomasa del grano en Kilogramos	0,555*	0,40823	31
Extracción de N en el grano	0,602*	17,152	36
Materia seca del Grano	0,944**	163,15	89
Eficiencia Agronómica	0,549**	43,461	30
Eficiencia Química	0,805*	2726,0	65
Materia Orgánica 0-30cm	0,575*	1808,5	33

* = 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 las variables independientes que presentaron una correlación significativa positiva con el rendimiento fueron días a la floración, longitud de la panoja principal, altura de planta a la cosecha, peso de mil semillas, pH de 30 -60, NH_4^+ de 30 -60, biomasa total en Kg/ha, biomasa de los residuos en Kg/ha, extracción de nitrógeno total, extracción de nitrógeno en los residuos, peso del grano en Kg, biomasa del grano en Kg/ha, materia seca del grano, eficiencia agronómica, eficiencia química y materia orgánica. (Cuadro N° 4)

Sin embargo las variables que presentaron una estrechez significativa negativa con el rendimiento fueron: días al panojamiento y el pH de 0 -30 cm de profundidad. (Cuadro N° 4)

- **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 las variables independientes que contribuyeron a aumentar el rendimiento de amaranto evaluado en Kg/ha fueron: días a la floración, longitud de la panoja principal, altura de planta a la cosecha, peso de mil semillas, pH de 30 -60, NH_4^+ de 30 -60, biomasa total en Kg/ha, biomasa de los residuos en Kg/ha, extracción de nitrógeno total, extracción de nitrógeno en los residuos, peso del grano en Kg, biomasa

del grano en Kg/ha, materia seca del grano, eficiencia agronómica, eficiencia química y materia orgánica. (Cuadro N° 4)

- **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) variable(s) 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 el 89% de incremento en el rendimiento de amaranto fue debido al mayor contenido de materia seca del grano. (Cuadro N°4)

4.6. Variables agronómicas en quinua

Cuadro Nº 5. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos en las variables agronómicas: Días a la emergencia de plántulas (DEP), Número de plantas por metro lineal (NPML); Días al panojamiento (DP),Días a la floración (DF), Peronospora farinosa hoja; Cercospòra sp hoja; Días a la cosecha (DC), Altura de planta a la cosecha (APC),Longitud de la panoja principal a la cosecha (LPP),Número de plantas cosechadas (NPC), Acame de tallo (AT), Peso de 1000 semillas (PMS),Peso hectolitrico (PH) y Rendimiento en kg/ha. Laguacoto.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	DOSIS DE N EN Kg/ha					MEDIA GENERAL	CV (%)
Días a la emergencia de plántulas (DEP) NS	T1	T2	T3	T4	T5	6,73	6,42
	7,00 A	7,00A	6,67A	6,63A	6,33A	Días	
Número de plantas por metro lineal (NPML) NS	T3	T2	T4	T5	T1	20,67	2,93
	21,33A	21,00A	20,67A	20,67A	19,67A	Plantas	
Días al panojamiento (DP) NS	T3	T2	T1	T5	T4	57,6	1,03
	58,00A	58,00A	58,00A	57,00A	57,00A	Días	
Días a la floración (DF) NS	T4	T3	T5	T2	T1	88,53	1,1
	90,00A	89,00A	88,33A	88,00A	87,33A	Días	
Peronospora farinosa (Mildium) NS	T1	T4	T3	T2	T5	5,33	10,55
	5,67A	5,33A	5,33A	5,33A	5,00A		
Cercospòra sp (Ojo de gallo)*	T1	T4	T3	T2	T5	3,93	10,89
	4,67A	4,00AB	4,00AB	3,67AB	3,33AB		
Días a la cosecha (DC) NS	T5	T4	T3	T1	T2	157,87	1,06
	159,33A	158,67A	158,00A	157,33A	156,00A	Días	

Altura de planta a la cosecha (APC) *	T5	T4	T3	T2	T1	125,06	5,37
	138,58A	133,78A	124,67A	123,12AB	105,15B	cm	
Longitud de la panoja principal a la cosecha (LPP) *	T5	T4	T2	T3	T1	33,82	9,6
	37,95A	36,23AB	34,52AB	33,30AB	27,12B	cm	
Número de plantas cosechadas (NPC) NS	T5	T4	T3	T2	T1	801,2	0,12
	802,00A	801,00A	801,00A	801,00A	801,00A	Plantas	
Acame de tallo (AT) NS	T3	T5	T4	T1	T2	1,27	38,14
	1,67A	1,33A	1,33A	1,00A	1,00A	%	
Peso de 1000 semillas (PMS) NS	T3	T4	T5	T2	T1	2,88	4,03
	3,01 A	2,88 A	2,88 A	2,84 A	2,80A	(g)	
Peso Hectolítrico (PH) NS	T1	T5	T3	T2	T4	65,62	1,4
	66,33A	65,93A	65,53A	65,33A	64,97A	Puntos	
Rendimiento en kg/Ha.**	T4	T5	T3	T2	T1	2693,66	0,64
	3421,33A	3128,33B	2932,33C	2606,00D	1380,33E		

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

- **TRATAMIENTOS (Dosis de nitrógeno en kg/ha)**

La respuesta de los niveles de nitrógeno en cuanto a las variables agronómicas: Cercospora sp. (Ojo de gallo), Altura de planta a la cosecha (APC), Longitud de la panoja principal a la cosecha (LPP), Rendimiento en kilogramos por hectárea (RKH), fueron diferentes. (Cuadro N°5)

Sin embargo en las variables: Días a la emergencia de las plántulas (DEP); Numero de plantas por metro lineal (NPML), Días al panojamiento (DP), Días a la floración (DF), Peronospora farinosa (Mildium), Días a la cosecha (DC), Numero de plantas cosechadas (NPC), Acame de tallo (AT), Peso de mil semillas (PMS), Peso Hectolítrico (PH), fueron estadísticamente similares (NS). (Cuadro N° 5)

Para **Incidencia de Cercospora en la hoja,** la quinua INIAP-Tunkahuan, presento una reacción intermedia.

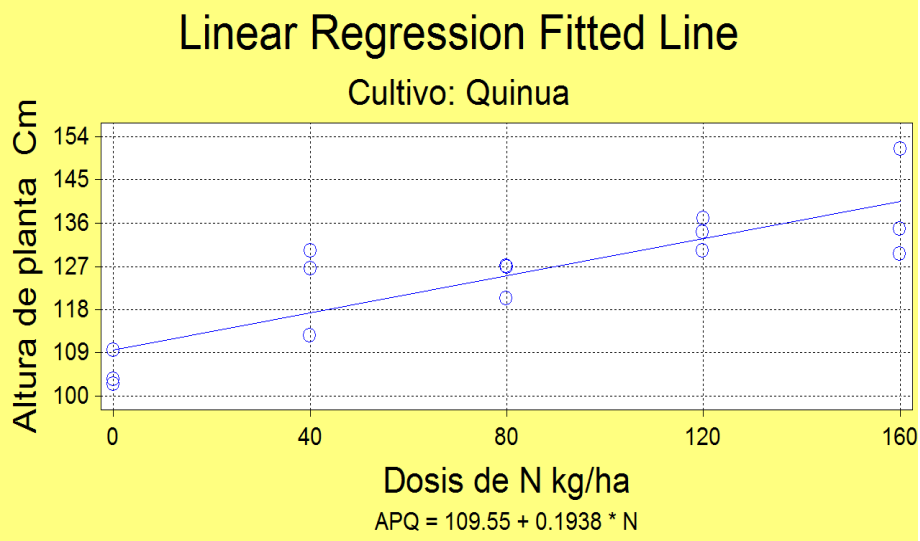
Existió una alta presión del inoculo debido a las condiciones de humedad; sin embargo esta variedad es tolerante a esta enfermedad, como reportan Murillo, A. et. al. 2008.

Quizá el N pudo incidir en un mayor desarrollo de las plantas, pues en el testigo sin N, se presentó la lectura más alta con 4,67. (Cuadro N° 5)

En la variable **altura de plantas a la cosecha en cm (APC),** el promedio más alto presentó el tratamiento T5 (160 kg/ha de N), con 138,58 cm, mientras que el tratamiento con menor promedio registro el T1 (0 kg/ha de N), con 105,15 cm. (Cuadro N°5)

Para APC, se presentó una respuesta lineal significativa, es decir a mayor dosis de N, mayor APC. (Gráfico N° 15)

Gráfico N° 15. Regresión lineal: Altura de planta de quinua en cm versus las dosis de N.



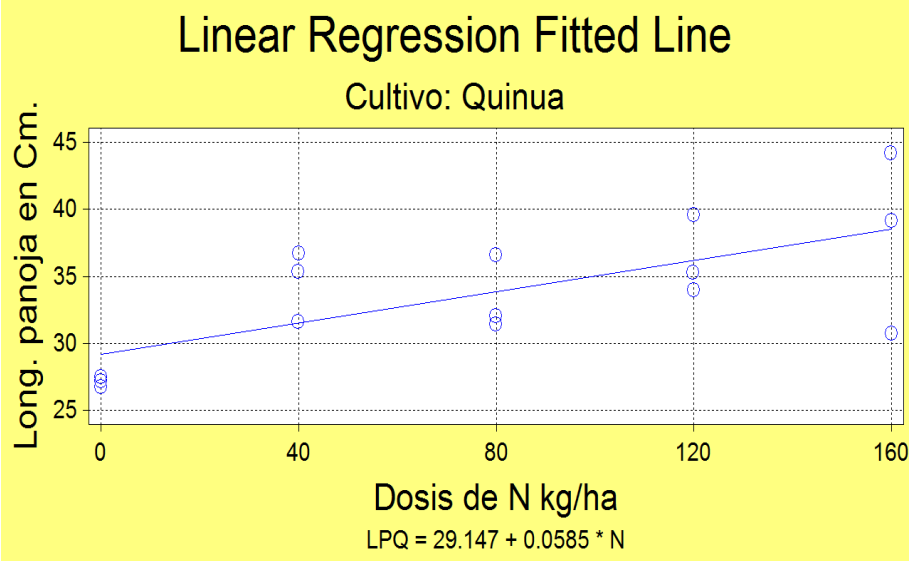
Estos resultados demostraron que el nitrógeno aplicado si influyó notablemente en el crecimiento de la planta ya que es una especie extractora de nutrientes y que a niveles elevados de nitrógeno promueve una rápida división y elongación celular, y además hubo otros factores determinantes como la cantidad de luz solar, humedad y asimilación de nutrientes por planta. Además la APC, es una característica varietal y depende de su interacción genotipo-ambiente.

En la variable **Longitud de panoja principal (LPP),** el promedio más alto registro el T5 (160 kg/ha de N), con 37,95cm, y el menor el T1 (0 kg/ha de N), con 27,12 cm, (Cuadro N°5). Para LPP, presentó una respuesta lineal y cuadrática como efecto de las dosis de N. en promedio a mayor dosis de N mayor fue la LPP. (Gráfico N° 11)

La longitud de la panoja, es una característica varietal y depende de factores ambientales como la cantidad y calidad de luz solar, humedad y su interacción genotipo-ambiente.

Son determinantes también la nutrición y la sanidad de las plantas. Mayor longitud de panoja, rendimiento en condiciones normales del cultivo y buen manejo agronómico.

Gráfico N° 16. Regresión lineal: Longitud de panoja principal de quinua en cm versus las dosis de N.



Para la variable **Rendimiento en kilogramos por hectárea (RKH),** el tratamiento con el promedio más alto fue el T4 (120 kg/ha N), con 3421kg/ha, y el menor promedio fue el T1 (0 kg/ha de nitrógeno) con 1380 kg/ha. (Cuadro N°5)

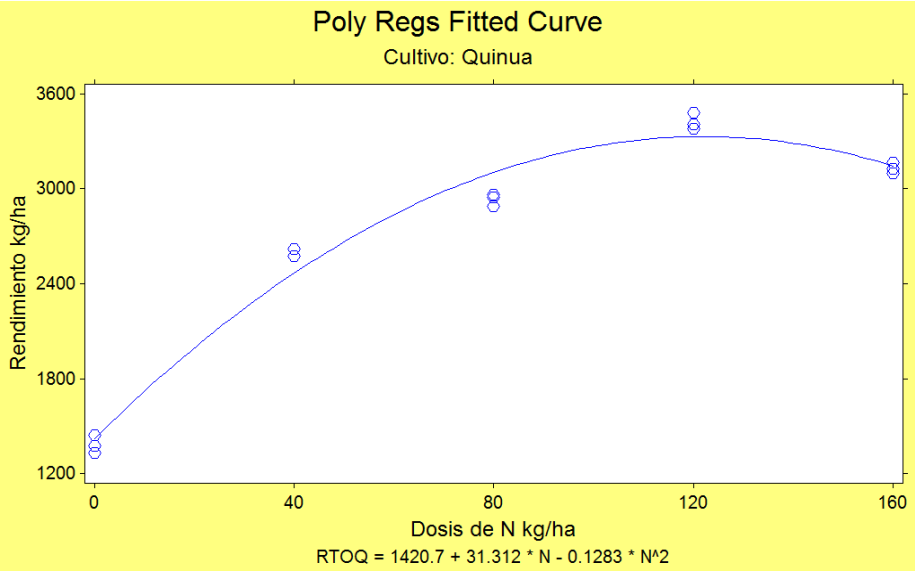
La respuesta de las dosis de N en relación a la variable rendimiento, fue lineal, cuadrática, cubica y cuartica (Gráfico N° 12), es decir de 0 a 120 Kg/ha de N, se incrementó el rendimiento de quinua, pero con 160 Kg/ha hubo un cambio a punto de inflexión. Quizá porque dosis altas de N con periodos de sequía en la fase reproductiva de la planta, reduce la eficiencia química y agronómica. Para que haya una eficiencia del N mayor al 50%, las condiciones climáticas, edáficas y sanitarias debe ser adecuada. Periodos de extrema sequía o fuerte precipitaciones afectan la eficiencia del N, porque hay mayor volatilización y lixiviación del N.

El mejor rendimiento del T4, tuvo una relación significativa y positiva con los componentes del rendimiento: altura de planta y la longitud de la panoja principal a la cosecha y la adaptación excelente de esta variedad de quinua en esta zona agroecológica. Plantas más altas, panojas más largas y por ende mayor producción.

Estos resultados nos confirman que la aplicación de nitrógeno en dosis óptimas, época de aplicación y fraccionando del N en tres aplicaciones, fueron notables en el incremento del rendimiento de quinua.

Además el rendimiento, es una característica varietal y depende de su interacción genotipo-ambiente.

Gráfico N° 17. Regresión lineal: Rendimiento en kilogramos por hectárea versus las dosis de N.



La respuesta de la dosis de nitrógeno en cuanto a las variables**, Peso de mil semillas (PMS) y Peso hectolitrito (PH),** fueron similares.

Numéricamente los promedios más altos en estas variables fueron el T3 (80 Kg/ha de N) con 3.01 gramos y para el PH el T1 (0Kg/ha de N) con 66.33 puntos. (Cuadro N° 5)

El Peso de 1000 semillas y pH, son indicadores de calidad del grano y los valores evaluados en este ensayo, son similares a los reportados por varios autores como Peralta, E. et. al. 2005.

4.6.1. Variables químicas en el ensayo de quinua

Cuadro Nº 6. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables químicas en el suelo de 0 a 30 cm de profundidad: Ph del suelo; Amonio (NH_4^+) en Kg/ha; Nitratos (NO_3^-) en Kg/ha; Materia Orgánica (MO) en %. Indicadores de 30 a 60 cm: pH del suelo; Amonio (NH_4^+) en Kg/ha; Nitratos (NO_3^-) en Kg/ha; Materia Orgánica (MO) en %. Indicadores: Biomasa Total del tejido vegetal y grano (BTVG) en Kg/ha; Biomasa del tejido vegetal (BTV) en Kg/ha; Materia seca de tejido Vegetal (MSTV) en %; Extracción del N tejido vegetal (ENTV) en Kg/ha; Biomasa del grano (BG) en Kg/ha; Materia seca del grano en (%); Extracción de N en el grano (ENG) Kg/ha; Extracción total de N tejido vegetal y grano (ETNTVG) en Kg/ha, Eficiencia Agronómica (EA) en kg/ha y Eficiencia química (EQ) en %. Laguacoto. 2012.

VARIABLES QUÍMICAS DEL SUELO	DOSIS DE N EN Kg/ha					MEDIA GENERAL	CV (%)
pH del suelo reporte análisis de suelo 0-30 cm de profundidad NS	T1	T3	T5	T2	T4	7,12	2,12
	7,24A	7,24A	7,08A	7,05A	7,01A		
Amonio (NH_4^+) en kg/ha reporte análisis de suelo 0-30 cm **	T3	T1	T4	T2	T5	89,47	3,83
	110,00A	86,67B	85,33B	84,00B	81,33B		
Nitratos (NO_3^-) en kg/ha reporte análisis de suelo de 0-30 cm **	T5	T3	T4	T1	T2	24,63	1,19
	40,47A	31,53B	28,73C	15,40D	7,00E		
Materia orgánica % (MO) reporte análisis suelo 0-30 cm de profundidad NS	T3	T2	T5	T4	T1	3,19	3,89
	3,33A	3,20A	3,17A	3,13A	3,10A		
pH del suelo reporte análisis de suelo 30-60 cm de profundidad *	T5	T2	T3	T1	T4	7,26	0,52
	7,33A	7,30AB	7,26AB	7,21B	7,21B		

Amonio (NH_4^+) en kg/ha reporte análisis de suelo 30-60 cm NS	T4	T3	T5	T1	T2	86,67	4,72
	87,33A	87,33A	86,67A	86,00A	86,00A		
Nitratos (NO_3^-) en kg/ha reporte análisis de suelo de 30-60 cm **	T3	T4	T5	T2	T1	19,15	1,63
	23,80A	21,60B	20,87B	15,13C	14,33C		
Materia orgánica % (MO) reporte análisis suelo 30-60 cm de profundidad NS	T4	T3	T1	T2	T5	2,43	8,79
	2,50A	2,50A	2,40A	2,37A	2,37A		
Biomasa del grano kg/ha (BG) **	T4	T5	T3	T2	T1	2815,99	3,45
	3413,33A	3128,89B	2951,11B	2613,33C	1973,33D		
Biomasa de tejido vegetal (BTV) kg/ha **	T5	T4	T3	T2	T1	6933,33	7,65
	11591,11A	10328,89A	5102,22B	4017,77B	3626,66B		
Biomasa total kg/ha **	T5	T4	T3	T2	T1	9748,66	5,66
	14720,00A	13742,22A	8053,33B	6631,11BC	5596,66C		
Materia seca de tejido vegetal % (MSTV) **	T4	T3	T2	T5	T1	90,77	0,39
	92,73A	91,80AB	91,33B	89,60C	88,37D		
Extracción de N Tejido vegetal en kg/ha (ENTV) **	T4	T5	T3	T2	T1	40,47	9,37
	66,06A	56,21A	39,27B	25,21C	15,58C		
Materia seca del grano % (MSG.) **	T1	T4	T5	T3	T2	89,16	0,51
	93,50A	88,97B	88,20BC	87,60C	87,53C		
Extracción de N en grano kg/ha (ENG) **	T5	T4	T3	T2	T1	102,35	4,65
	120,69A	110,08AB	106,63B	100,91B	73,45C		
Extracción total de N tejido vegetal + grano (ETNTVG) **	T5	T4	T3	T2	T1	142,78	5,17
	176,73A	176,14A	145,89B	126,11B	89,03C		
Eficiencia Agronómica kg/ha (EA) **	T2	T3	T4	T5	T1	15,81	6,14
	30.52A	19.40B	17,01B	12,14C	0,00D		
Eficiencia Química (EQ) **	T2	T4	T3	T5	T1	55	20,22
	78A	73AB	71AB	55B	00C		

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

La respuesta de los niveles de nitrógeno (T1: 0 Kg/ha; T2: 40 Kg/ha; T3: 80 Kg/ha; T4: 120 Kg/ha; T5: 160 Kg/ha) en cuanto a los indicadores de química de suelo de 0 a 30 cm de profundidad como: Amonio (NH_4^+); pH de suelo; Nitratos (NO_3^-) en Kg/ha; Biomasa total del tejido vegetal y grano (BTTVG) en Kg/ha; Biomasa del tejido vegetal (BTV) en Kg/ha; Materia seca del tejido vegetal (MSTV); Extracción de nitrógeno de tejido vegetal (ENTV) en kg/ha; Biomasa del grano (BG) en kg/ha; Materia seca del grano (MSG); Extracción de nitrógeno en el grano (ENG) en Kg/ha; Extracción total de nitrógeno en el tejido vegetal más grano (ETNTVG) en Kg/ha; Eficiencia Agronómica (EA) en Kg/ha; Eficiencia química (EQ) en %, fueron estadísticamente diferentes (Cuadro N° 6).Sin embargo en las variables pH de suelo de 0-30cm de profundidad; Materia orgánica (MO) en % de 0-30 cm de profundidad; Amonio (NH_4^+) en Kg/ha y Materia orgánica (MO.) en % de 30-60 cm de profundidad, fueron estadísticamente similares (NS). (Cuadro N° 6)

Para NH_4^+ en Kg/ha a una profundidad de 0-30 cm (NH_4), el promedio más alto registró el T3 (80 Kg/ha de N) con 110 Kg/ha y el menor en el T5 (160 Kg/ha de N) con 81,33 Kg/ha. (Cuadro N° 6)

Los factores que incidieron para que exista menor concentración de amonio en el suelo son la relación C/N de los materiales de descomposición, calidad de los residuos del cultivo, condiciones ambientales en el suelo, temperatura, humedad, Ph del suelo y los procesos de lixiviación y volatilización.

Para el contenido de nitrato (NO_3^-) de 0-30 cm de profundidad, el promedio más alto se registró en el T5 (160 Kg/ha de N) con 40,47 Kg/ha y el menor en el T2 (40 Kg/ha de N) con 7 Kg/ha. (Cuadro N° 6)

El T5, presentó una mayor concentración de NO_3^- , por el N aplicado. En el testigo con 0 Kg/ha de N aplicado la concentración fue menor de NO_3^-.

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.

El contenido de Nitrato (NO_3^-) en el suelo a una profundidad de 30-60 cm, el promedio más alto se determinó en el T3 (80 Kg/ha de N) con 23,80 Kg/ha y el menor en el T1 (0 Kg/ha de N) con 14,33 Kg/ha. (Cuadro N°6)

Para el pH de suelo a una profundidad de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm, los contenidos variaron, quizá por el azar, no hubo un efecto significativo de las dosis de N.

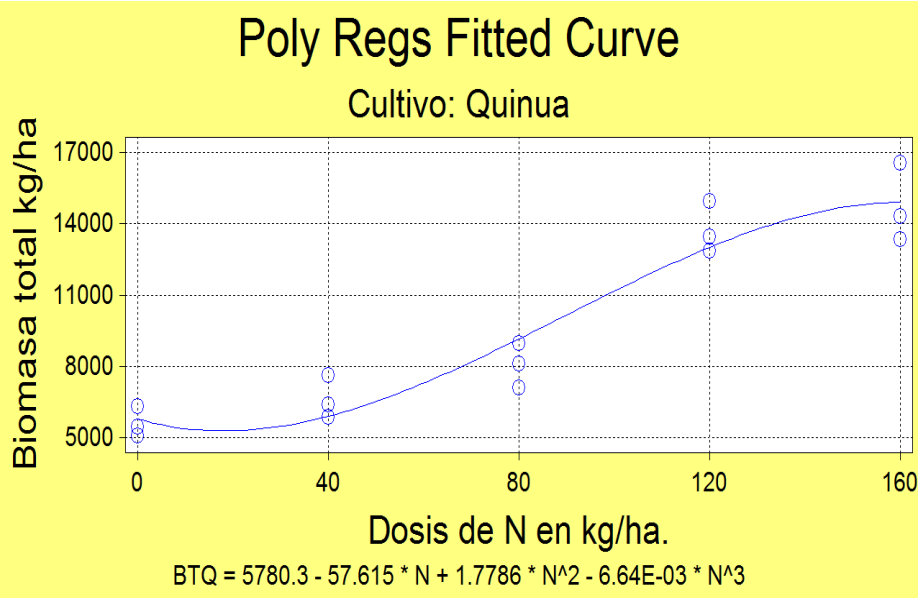
Para la **Biomasa total en Kg/ha (BT),** la mejor respuesta se registró en el T5 (160 Kg/ha de N) con 14720 Kg/ha y el menor promedio en el T1 (0Kg/ha de N) con 5596,66 Kg/ha. (Cuadro N°6)

Esta respuesta es lógica porque con 160 Kg/ha de N, se alcanzó una mayor producción de biomasa por componentes como: altura de planta, número de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud de la panoja, peso del grano, volumen radicular, porcentaje de materia seca, dosis de nitrógeno, además se suman los factores climáticos como precipitación, temperatura, cantidad y calidad de luz solar.

La menor respuesta como es lógico fue el T1 con 0 Kg/ha de N, los factores determinantes fueron menor altura, menor área foliar, y menor concentración de N.

A mayor dosis de N, mayor biomasa total, es decir una respuesta lineal, cuadrática y cubica. (Gráfico N° 18)

Gráfico N° 18. Regresión lineal, cuadrática y cubica: Biomasa total en Kg/ha versus las dosis de N.



Para **Biomasa de tejido vegetal Kg/ha (BTV),** el promedio más elevado se calculó en el T5 (160 Kg/ha de N) con 11591,11kg/ha y el menor en el T1 (0 Kg/ha N) con 3626,66 kg/ha. (Cuadro N°6)

Esto se debe a que el N evidentemente influyó en el volumen de las raíces, altura de planta, diámetro del tallo, índice de área foliar, etc.

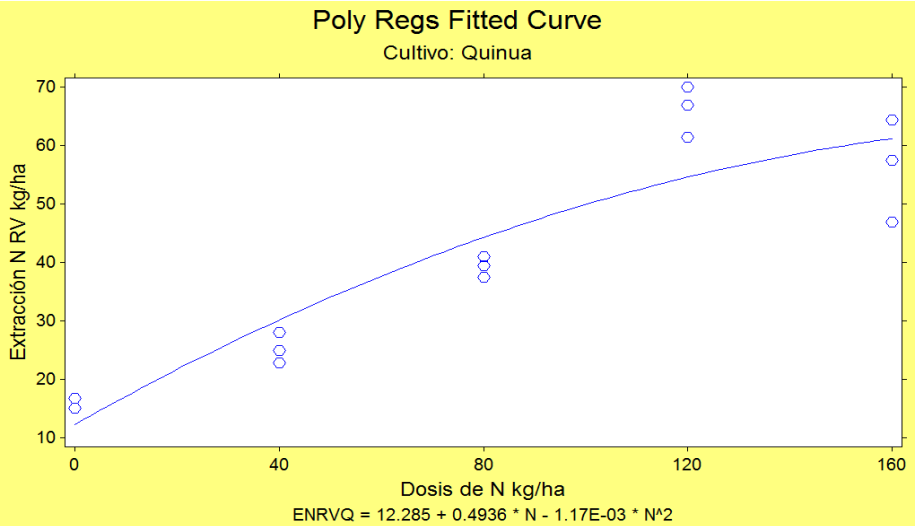
Para **Materia seca del tejido vegetal en % (MSTV),** el mayor promedio presentó el T4 (120 Kg/ha de N) con el 92,73 % y el menor en el T1 (0 Kg/ha de N) con el 88,30 % (Cuadro N°6).

La **MS,** está relacionada con el contenido de humedad del grano y restos vegetales. La MS, contiene los diferentes minerales, proteína, fibra, exporto etéreo e hidratos de carbono.

Para la **Extracción del Nitrógeno en el tejido vegetal en Kg/ha (ENTV),** el promedio más alto se evaluó en el T4 (120 Kg/Ha de N) con 66,06 kg/ha y el menor en el T1 (0Kg/ha de N) con 15,58 Kg/ha (Cuadro N° 6). La mayor respuesta fue en el T4 quizás por que existió

mayor eficiencia del nitrógeno y el menor en el testigo T1 porque existió menor cantidad de nitrógeno en el suelo.

Gráfico N° 19. Regresión lineal y cuadrática: Extracción del Nitrógeno en el tejido vegetal en Kg/ha de quinua versus las dosis de N.



Para **Biomasa del grano en Kg/ha (BG),** el promedio más elevado presentó el T4 (120 Kg/ha de N) con 3413 Kg/ha y el menor en el T1 (0 Kg/ha de N) con 1973 Kg/ha. (Cuadro N° 6)

El N, tiene una relación directa con el contenido de biomasa, a mayores dosis, mayor contenido de biomasa.

Para **Materia seca del grano en % (MSG),** el mayor promedio presentó el T1 (0 Kg/ha de N) con el 93,50 % y el menor promedio en el T2 (40 Kg/ha de N) con el 87,53 %. (Cuadro N°6)

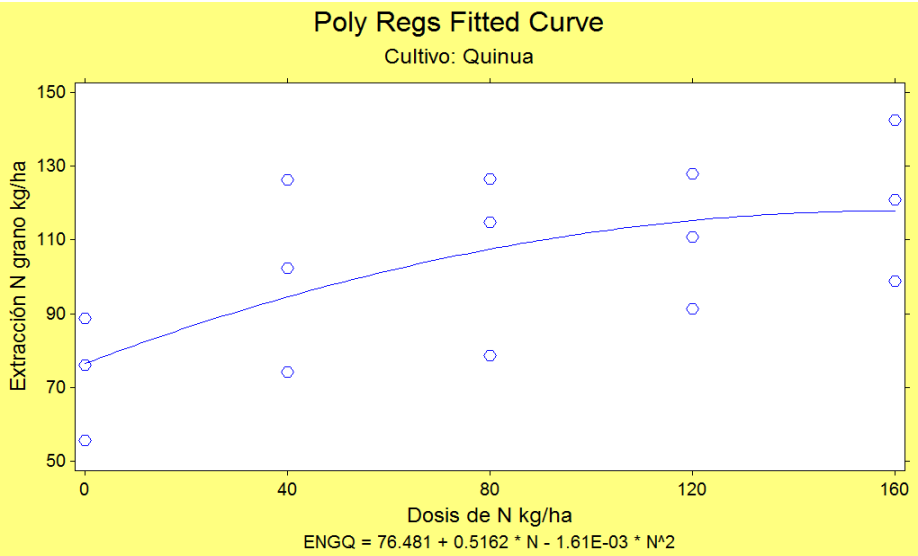
Quizá los factores determinantes fueron, tamaño del grano, contenido de hidratos de carbono, etc. Además él % de Materia seca del grano, depende de las características varietales y de su interacción genotipo – ambiente.

Para **Extracción de Nitrógeno en el grano Kg/ha (ENG**), el promedio más alto registró en el T5 (160 Kg/ha de N) con 120,69 Kg/ha, y el menor

en el T1 (0 Kg/ha de N) con 35,60 Kg/ha (Cuadro N° 6). Esto es lógico, mayores dosis de N, más extracción de N por el cultivo y la quinua demanda dosis altas de N.

Además la extracción del N dependió de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo; de las características varietales y de su interacción genotipo – ambiente.

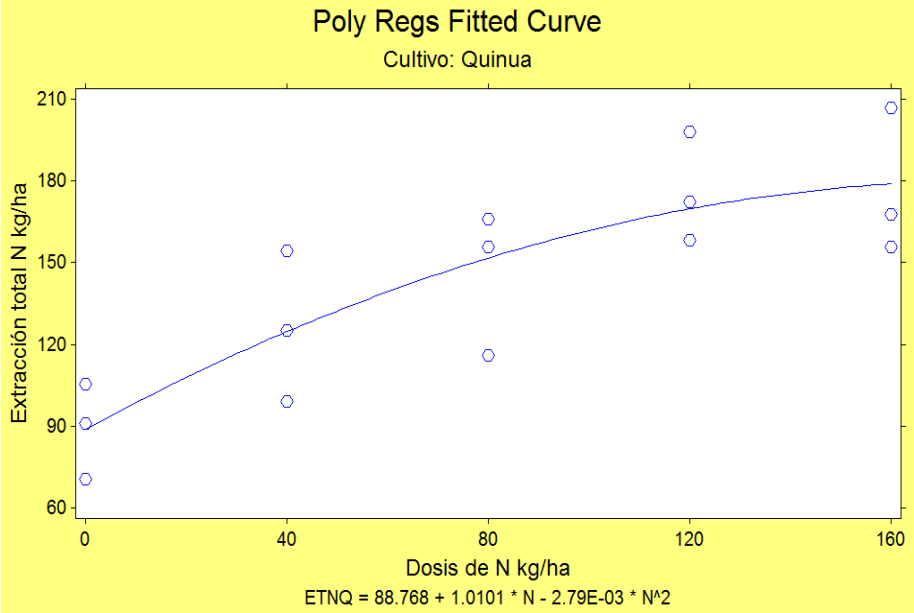
Gráfico N° 20. Regresión lineal y cuadrática: Extracción del Nitrógeno en el grano en Kg/ha de quinua versus las dosis de N.



Para **Extracción Total de Nitrógeno Kg/ha en Tejido vegetal y grano (ETN),** el mayor promedio se registró en el T5 (160 Kg/ha de N) con 176,73 Kg /ha, y el menor valor el T1 (0 Kg/ha de N) con 89,03 Kg/ha. (Cuadro N°6)

La diferencia de estos resultados se dieron por la dosis de N aplicado al suelo; a mayor dosis de N, mayor extracción de N bajo condiciones normales del clima y del manejo agronómico con buenas prácticas de cultivo.

Gráfico N° 21. Regresión lineal y cuadrática: Extracción del Nitrógeno total en Kg/ha de quinua versus las dosis de N.



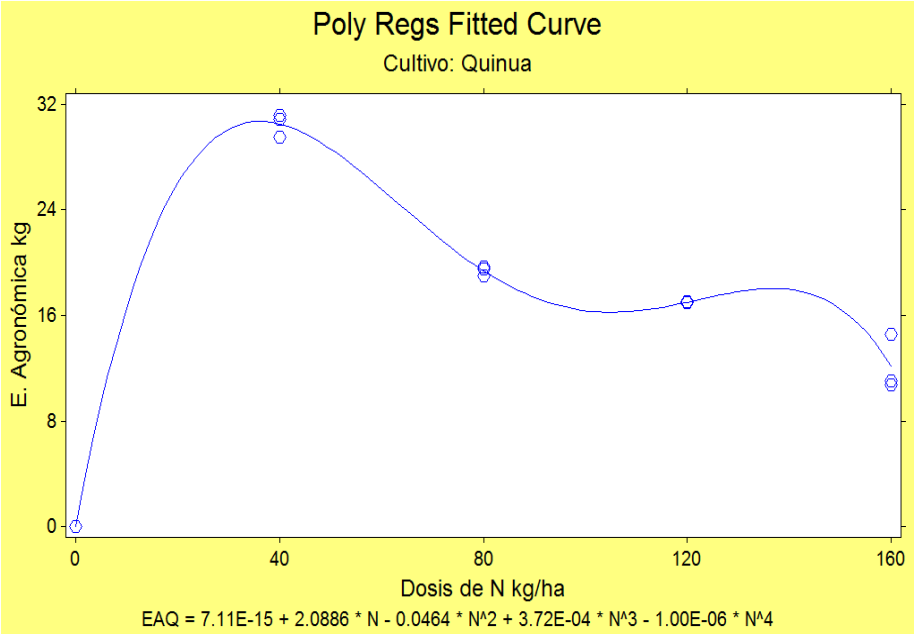
Para la **Eficiencia agronómica (EA),** evaluada en Kg/ha, el promedio más elevado se registró en el T2 (40 Kg/ha de N) con 30,52 Kg de grano producido por kg de N aplicado.

El menor promedio presentó el T5 (160 Kg/ha de N) con 12,14 Kg de grano producido por kg de N aplicado. (Cuadro N°6)

Estos resultados confirman que dosis altas de N aplicado, sin las condiciones climáticas no sean favorables, la eficiencia agronómica se reduce drásticamente.

Además influyo la cantidad y distribución de precipitación (Anexo N°3), rango amplio de temperatura, humedad del suelo, cantidad y calidad de luz, vientos, respiración, evapotranspiración, índice de área foliar, tasa de fotosíntesis, sanidad de las plantas y panojas, nutrición de la planta, eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y densidad de plantas por hectárea.

Gráfico N° 22. Regresión lineal, cuadrática, cubica y cuartica: Eficiencia Agronómica de quinua versus las dosis de N.

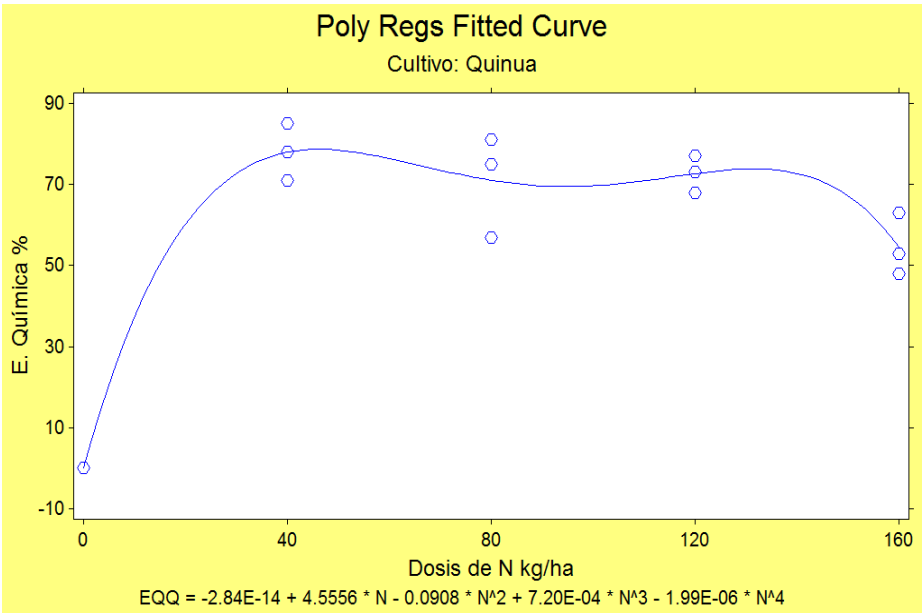


Para la **Eficiencia química en % (EQ),** el promedio más alto se registró en el T2 (40 Kg/ha N) con 78% y el menor promedio en el T5 (160 Kg/ha de N) con el 55%. (Cuadro N° 6)

Quizás estos resultados se dieron por que no hubo una buena asimilación del nitrógeno por la planta, por la deficiente cantidad y distribución de la lluvia y por estrés de sequía durante el ciclo de cultivo.

La eficiencia química del nitrógeno, depende de los caracteres varietales, condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Además son determinantes las condiciones bioclimáticas como la cantidad y distribución de precipitación (Anexo N° 3), temperatura, humedad del suelo, cantidad y calidad de luz, vientos, respiración, evapotranspiración, índice del área foliar, tasa de fotosíntesis, sanidad de las plantas, nutrición de la planta, eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y la eficiencia agronómica.

Gráfico N° 23. Regresión lineal, cuadrática y cubica: Eficiencia Química de quinua versus las dosis de N.



4.7. Índice de nitrógeno en quinua

Cuadro N° 7. Resumen de los principales resultados del análisis de Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador. Promedio de los tratamientos en estudio. Laguacoto. 2012.

INDICADORES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
Evaluación de riesgo					
Nitrógeno total en sistema (Kg/ha/año)	113	153	193	233	273
Desnitrificación (Kg N/ha/año)	2	5	8	11	14
Nitrógeno Removido Cosecha (Kg /ha/año)	99	130	146	171	156
Nitrógeno Total Lixiviado (Kg N/ha/año)	7	9	21	29	59
Nitrato Residual (Kg N/ha/año)	4	6	15	20	40
Eficiencia del Sistema (%)	87	85	76	73	57
Proporción N aplicado: N removido por el cultivo (Kg N/ha/año)	1,12	1,16	1,3	1,35	1,73
Evaluación Económica					
Desnitrificación $/ha y (Pérdida)	1,21	3,61	6,02	8,43	10,8
Nitrógeno Total Lixiviado [$/ha y (Pérdida)]	5,19	7,14	16,32	21,69	44,6
Nitrato Residual [$/ha y (Pérdida)]	3,14	4,93	11,26	14,97	30,4

De acuerdo con los resultados obtenidos del Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador, los resultados de los cinco 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, tuvieron 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 quinua (INIAP-Tunkahuan) de febrero a agosto/2012, fue un año con exceso de precipitación durante los primeros 100 días del ciclo del cultivo y sequía en la fase de panojamiento y reproductiva lo que incidió en la eficiencia química, agronómica e índice de nitrógeno.

El tratamiento T1 registró 113 Kg N total/ha/año; un proceso de desnitrificación mínima de 2 Kg de N/ha/año; en la cosecha se removieron 99 Kg de N/ha/año, lixiviado 7 kg/ha/año. En el suelo en forma de nitrato quedaron 4 Kg de N/ha/año; se presentó una eficiencia del sistema del 87% y una proporción de N aplicad: N removido por el cultivo de 1.12 Kg N/ha/año. (Cuadro N°7 y Gráfico Nº23)

El tratamiento T_2 (40 Kg/ha de N), presentó una eficiencia total del sistema del 85% (Cuadro N°7).

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

Bajo condiciones normales del clima, tendría una respuesta lineal a las dosis de N; es decir a mayor cantidad de N, mayor rendimiento de quinua;

sin embargo para un ensayo sostenible del N y reducir las pérdidas e incrementar la eficiencia, es necesario un manejo integrado del cultivo con buenas prácticas de producción (BPP).

En términos económicos el tratamiento T1 y el T2 presentaron la menor pérdida económica. (Cuadro N°7)

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.

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 la 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 benéficas con la consiguiente reducción de fertilidad.

Gráfico Nº 24. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del Programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: Tratamiento T1: 0 Kg/ha de N.

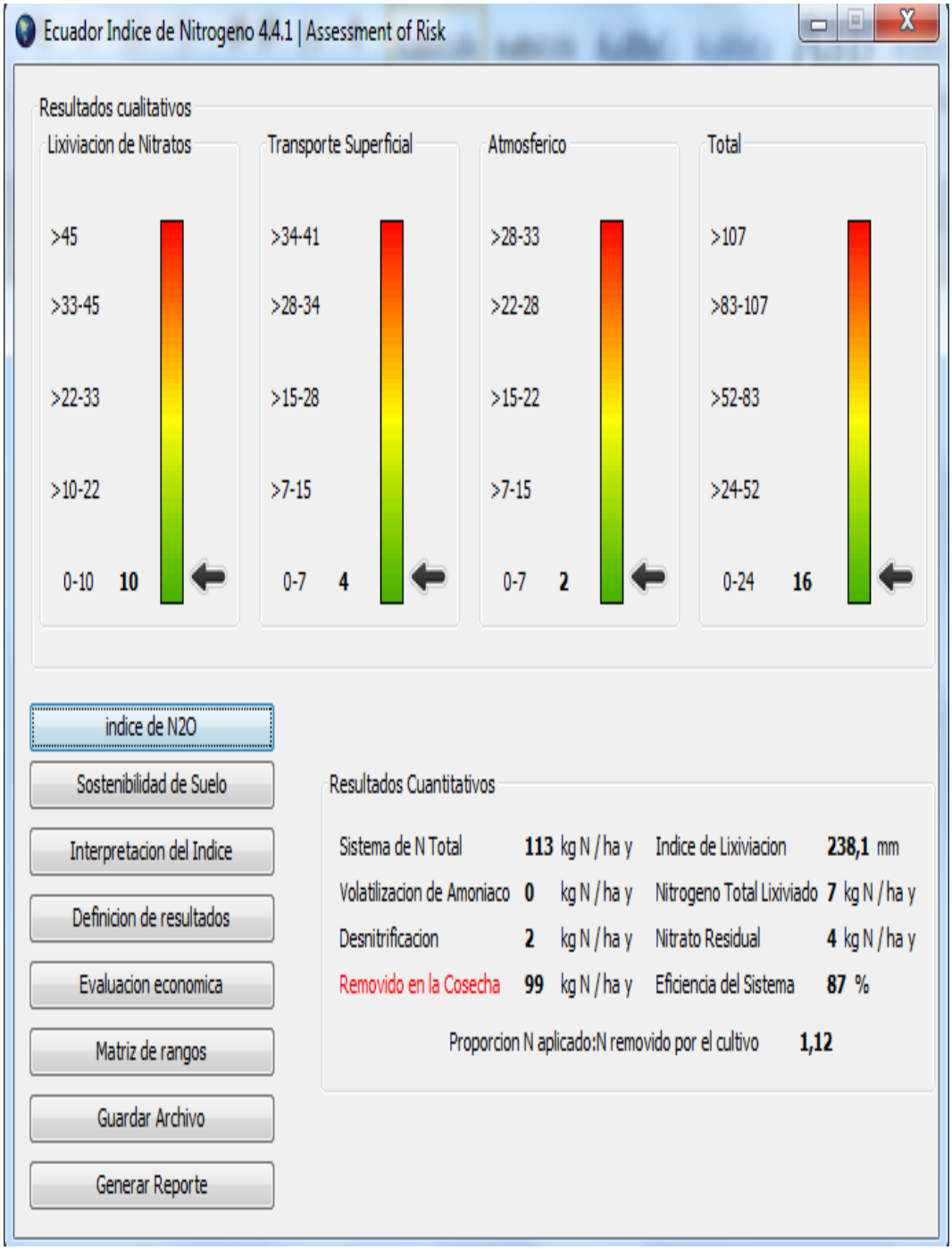


Gráfico Nº 25. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del Programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: TratamientoT2: 40 Kg/ha de N.

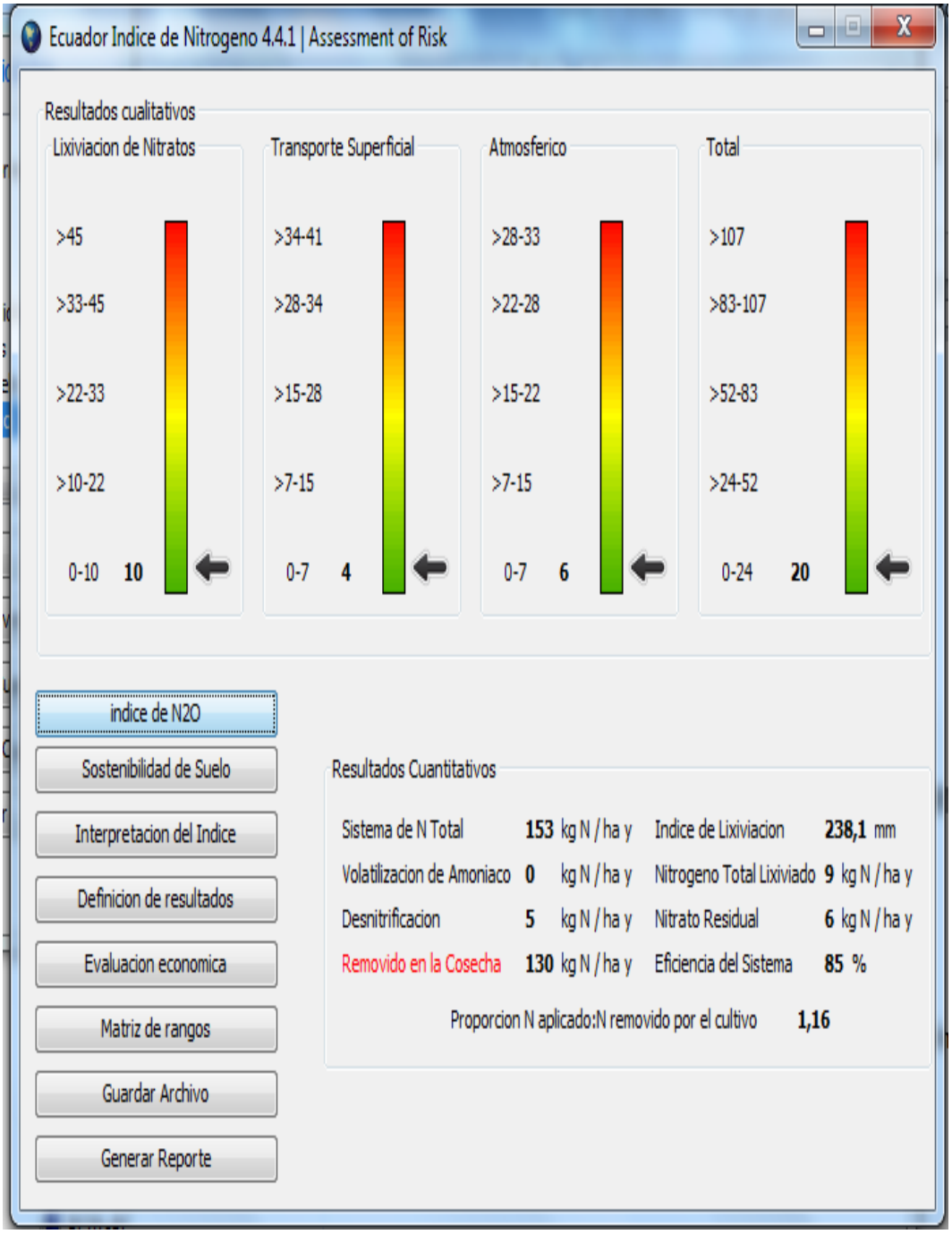


Gráfico Nº 26. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del Programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: Tratamiento T3: 80 Kg/ha de N.

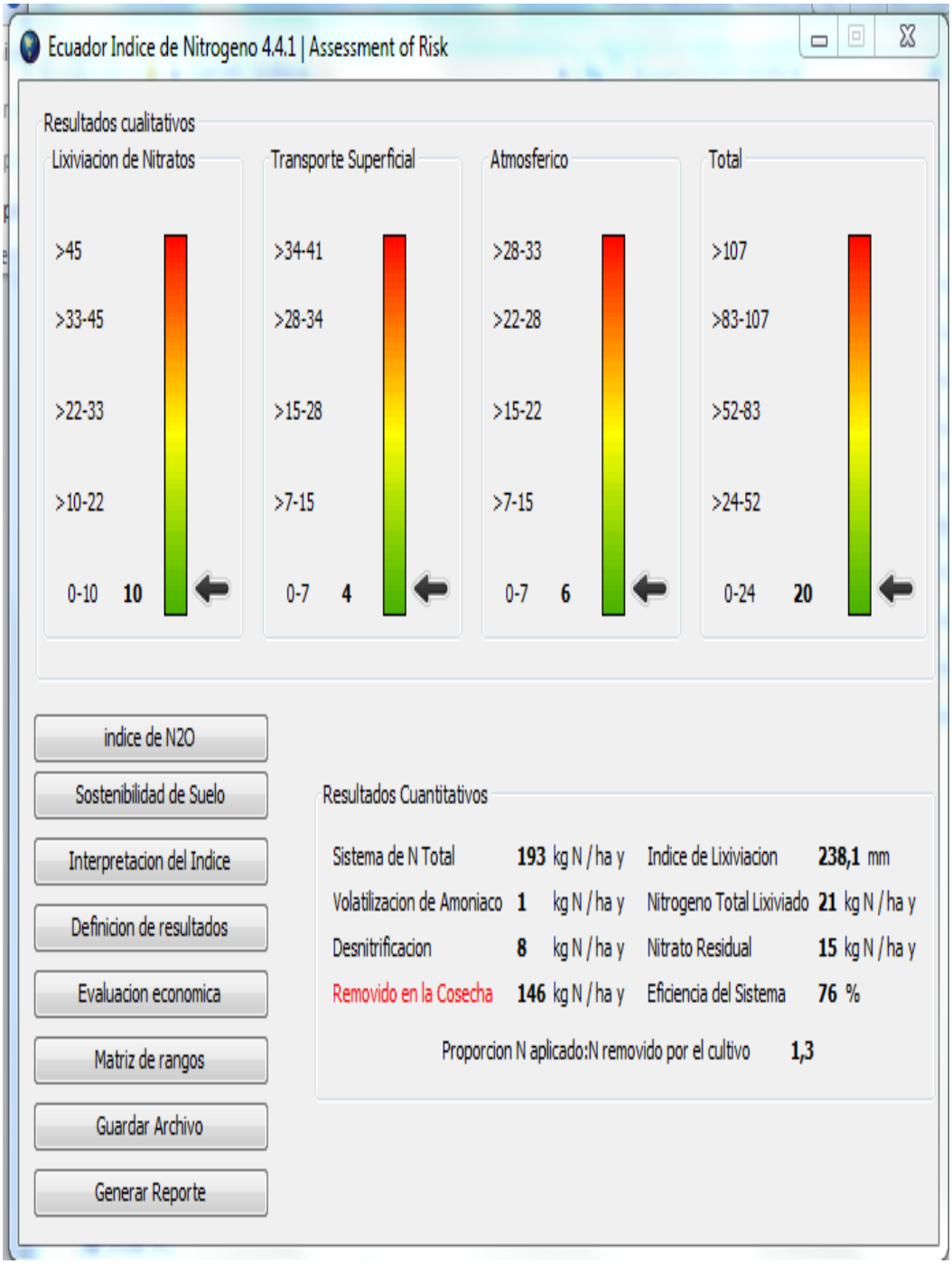


Gráfico Nº 27. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del Programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: Tratamiento T4: 120 Kg/ha de N.

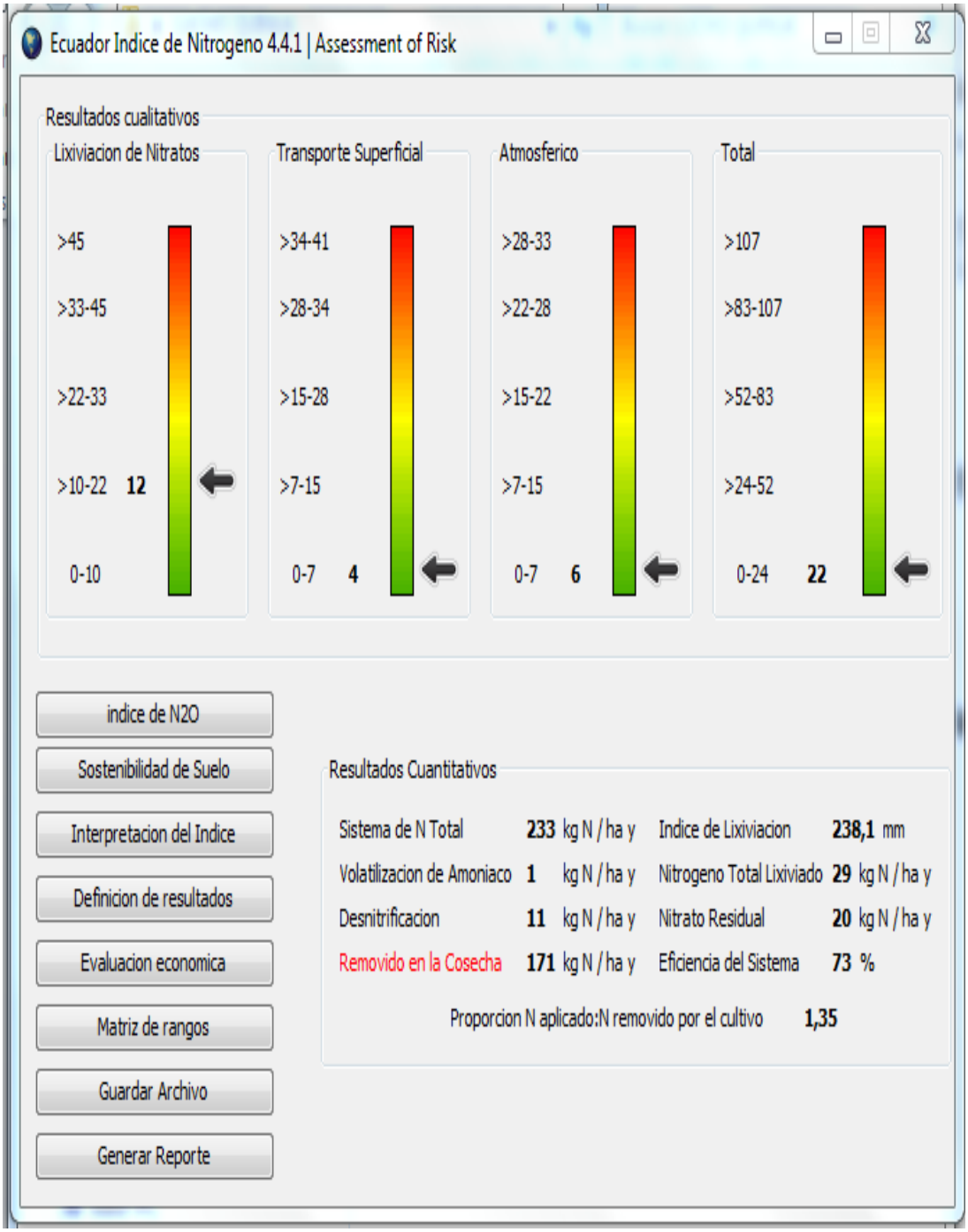
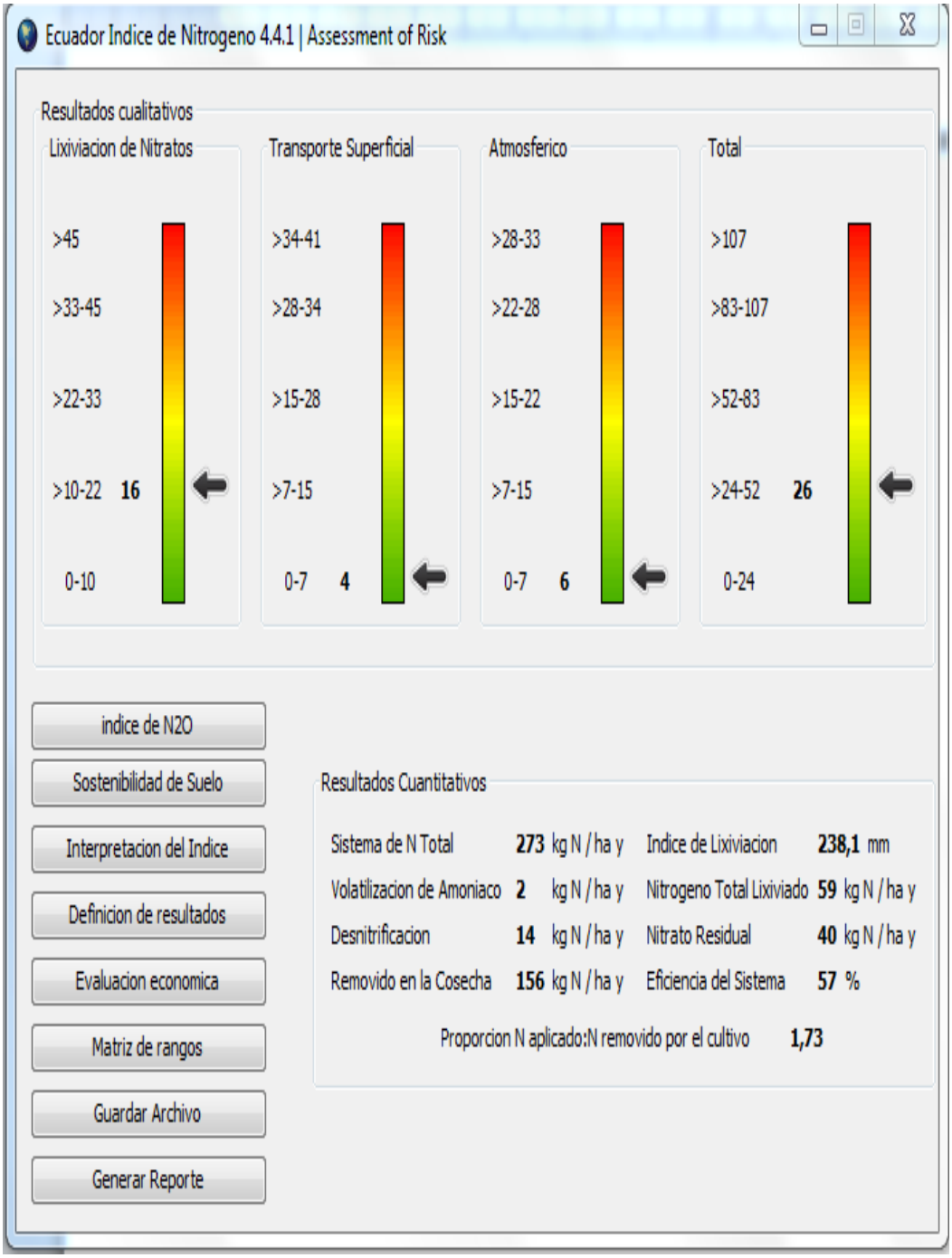


Gráfico Nº 28. Resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del Programa Índice de Nitrógeno versión 4.4.1. Ecuador: Tratamiento T5: 160 Kg/ha de N.



4.6.2. Coeficiente de Variación (CV)

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

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

4.6.3. Análisis de correlación y regresión lineal en quinua

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 del cultivo de Quinua (Variable Dependiente Y). Laguacoto. 2012.

Variables e indicadores independientes (Xs) **(Componentes de rendimiento)**	**Coeficiente de correlación "r"**	**Coeficiente de regresión "b"**	**Coeficiente de determinación (R^2) (%)**
Días a la emergencia	-0,526*	-791,90	28
Días a la floración	0,633**	372,82	40
Cercospòra sp (Ojo de gallo)	-0,554*	-0684,59	31
Longitud de la panoja principal	0,710**	104,74	50
Altura de planta a la cosecha	0,849**	46,693	72
Rendimiento en kilogramos por parcela	0,982**	556,64	96
NO_3^- de 0-30cm en kilogramos por Hectárea	0,596*	35,399	36
NO_3 -de 30 - 60 cm en kilogramos por Hectárea	0,777**	147,00	60
Peso total en Kilogramos	0,768**	7526,2	59
Biomasa Total	0,768**	0,14112	59
Peso de los Residuos en Kilogramos	0,722**	8030,6	52

Biomasa de los residuos en kilogramos por Hectárea	0,722**	0,15057	52
Extracción de N total	0,844**	15,589	71
Extracción de N en los residuos	0,877**	32,530	77
Materia seca de los residuos	0,749**	343,08	56
Peso del Grano en kilogramos	0,731**	39747	54
Biomasa del grano en Kilogramos	0,731**	0,74525	54
Extracción de N en el grano	0,655**	19,447	43
Materia seca del Grano	-0,813**	-254,58	66
Eficiencia Agronómica	0,553*	39,259	31
Eficiencia Química	0,732**	1558,80	54

* = Significativo al 5%

** = Altamente significativo al 1 %

- **Coeficiente de correlación "r"**

En esta investigación las variables independientes que presentaron una correlación significativa positiva con el rendimiento fueron: días a la floración, longitud de la panoja principal, altura de planta a la cosecha, NO_3^- de 0 -30 cm de profundidad, biomasa total, biomasa de los residuos en Kg/ha, extracción de nitrógeno total, extracción de nitrógeno en los residuos, peso del grano en Kg, biomasa del grano en Kg/ha, extracción del nitrógeno en el grano, eficiencia agronómica y eficiencia química. (Cuadro N° 8)

Sin embargo las variables que presento una estrechez significativa negativa con el rendimiento fueron: días a la emergencia, Cercospòra sp (Ojo de gallo), días al panojamiento y materia seca del grano. (Cuadro N° 8).

- **Coeficiente de regresión "b"**

En esta investigación las variables independientes que contribuyeron a aumentar el rendimiento de quinua evaluado en Kg/ha fueron: días a la floración, longitud de la panoja principal, altura de planta a la cosecha, NO_3^- de 0 -30 cm de profundidad, NO_3^- de 30 - 60 cm en kilogramos por Hectárea, biomasa total, biomasa de los residuos en Kg/ha, extracción de nitrógeno total, extracción de nitrógeno en los residuos, peso del grano en Kg, biomasa del grano en Kg/ha, extracción del nitrógeno en el grano, eficiencia agronómica, eficiencia química. (Cuadro N°8)

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

En esta investigación el 77% de incremento en el rendimiento de quinua fue debido a la mayor extracción de nitrógeno en los residuos vegetales (Cuadro N° 8). Esto quiere decir que el incremento del rendimiento en la variable dependiente (Y) fue debido a una mayor extracción de nitrógeno en los residuos vegetales.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez realizado los diferentes análisis estadísticos, agronómicos, físicos y químicos del suelo, e índice de nitrógeno, se sintetizan las siguientes conclusiones:

La respuesta de la dosis de N en cuanto a la variable rendimiento de amaranto y quinua fueron diferentes registrándose el promedio más alto en el tratamiento T4 (120 Kg/ha de N) con 2743 Kg/ha al 14 % de humedad para el amaranto y 3421 kg/ha para la quinua.

- Los componentes del rendimiento más importantes que contribuyeron a incrementar el rendimiento de amaranto fueron: Biomasa total con el 72%, extracción del nitrógeno total con el 78% y materia seca del grano con el 79%. Para la quinua fueron: La altura de planta a la cosecha con el 71%, extracción de nitrógeno total con el 76% y extracción de nitrógeno en los residuos con el 89%.

- Se presentaron una respuesta lineal en el amaranto y quinua en los indicadores de biomasa, extracción de N en los restos vegetales y el grano; es decir a mayor dosis de N, promedios más altos de estos componentes del rendimiento.

- La mayor eficiencia agronómica en amaranto, se determinó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con un promedio de 11.35 Kg de grano de amaranto por cada Kg de N aplicado. En la quinua, se cuantificó en el tratamiento T2 (40 Kg/ha de N) con un promedio de 15.64 Kg de grano de quinua por cada Kg de N aplicado.

- La mayor eficiencia química del Nitrógeno en amaranto se determinó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con un promedio del 45%

y en la quinua se determinó en el tratamiento T2 (40 Kg/ha de N) con un promedio del 78 %.

- Las condiciones climáticas principalmente la cantidad y distribución de la lluvia, las características físicas, químicas y biológicas del suelo y los cultivares de amaranto y quinua; influyeron en la eficiencia agronómica y química del N.

  A mayor precipitación con mala distribución y sequía, se incrementaron los procesos de volatilización y lixiviación del N.

  La menor pérdida económica por procesos de volatilización, desnitrificación, lixiviado y nitratos residuales, fue con 40 kg/ha de N aplicado.

- La mayor eficiencia del sistema total en amaranto se presentó en el tratamiento T3 con el 43% y en la quinua en el T2 con el 85%.

- Finalmente esta investigación contribuyó a generar información y resultados valiosos para realizar un manejo sustentable del N, para reducir las pérdidas y contaminación de los acuíferos y del ambiente y además mitigar el calentamiento global del planeta.

5.2. Recomendaciones

- Para las zonas agro-ecológicas con períodos de una mala distribución e intensidad de la precipitación durante el ciclo de cultivo y en suelos franco arcillosos con cultivos de amaranto (INIAP- Alegría) y quinua (INIAP -Tunkahuan), se recomienda aplicar entre 40 a 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 en banda lateral y con suelo húmedo.

- Los cultivos de amaranto (INIAP- Alegría) y quinua (INIAP-Tunkahuan) se adaptan muy bien en la zona agro- ecológica de Laguacoto. La época de siembra es de Enero a Febrero. Se debe realizar a choro continuo y en surcos separados cada 60 cm, la cantidad de 10 Kg/ha de semilla certificada.

- En zonas con exceso de lluvia, se recomienda sembrar en la parte superior del surco con el propósito que la semilla no sea arrastrada por el agua en el proceso de escorrentía.

- 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 los cultivos de quinua y amaranto.

- Es necesario realizar un análisis físico- químico del suelo completo de todas las unidades experimentales, al inicio de establecer el cultivo porque es la base para calcular la eficiencia del índice de N.

- Se recomienda validar este estudio de Índice de Nitrógeno en los cultivos de quinua y amaranto, en varios ambientes de las zonas

agroecológicas de la Provincia de Bolívar, como son el Alto Guanujo, San Pablo 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, nutricionales durante y al final del ciclo de cultivo, siendo fundamental el apoyo a los estudiantes con el servicio de laboratorios de suelos y bromatología por parte de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del ambiente y de esta manera contribuir a generar ciencia y tecnología para el manejo sustentable del N.

VI. RESUMEN Y SUMMARY

6.1. Resumen

El amaranto y la quinua, fueron domesticados por los Incas, y cultivados en variados sistemas de producción y tienen una excelente calidad nutricional, misma que puede contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria, para mitigar los altos índices de desnutrición de la población. El nitrógeno (N) es el nutriente más importante en la agricultura y es usado a nivel mundial. El N en el amaranto y la quinua, es esencial para la productividad. Sin embargo el uso inadecuado y la baja eficiencia química y agronómica, dan como efecto altas tasas de contaminación del ambiente. La eficiencia del nitrógeno es inferior al 50%, las pérdidas son superiores al 30% y el 70% se distribuye en las plantas y en el suelo, siendo vital reducir la lixiviación, volatilización y contaminación del ambiente y del agua. Estrategias para esto son las Buenas Prácticas de Manejo y la herramienta Índice de Nitrógeno (IN), mismo que genera un balance anual de las entradas y salidas de N en el sistema de producción, así como el N residual potencialmente disponible a cultivos subsecuentes. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de cinco dosis de N, sobre la eficiencia del sistema de producción de amaranto y quinua. Los principales materiales fueron: Amaranto INIAP Alegría, quinua INIAP Tunkahuan, Urea y Software IN. Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar con 5 tratamientos (0; 40; 80; 120 y 160 kg/ha de N) y 3 repeticiones. Análisis de varianza y polinomios ortogonales. Análisis de suelo antes y al final del ensayo, nutricional de restos vegetales y del grano. Cuantificación de indicadores físicos, químicos, y biológicos del suelo, cantidad y distribución de la precipitación, variables agronómicas, extracción de N y aplicación del Software IN. Durante el ciclo del cultivo, en el amaranto, se registró un total de 292.8 mm, con el 95% de lluvia en los primeros 100 días, y en la quinua 345. 9 mm, con el 90% de lluvia en los primeros 100 días, lo que incidió en la eficiencia del N y el rendimiento. La respuesta de las dosis de N, fue diferente. Para el

rendimiento, se presentó una respuesta lineal y cuadrática. El incremento más importante para amaranto fue de 0 a 40 kg/ha de N, con 895 kg/ha de grano y en la quinua con 1.226 kg/ha. Para Biomasa total y extracción de N en los tejidos y el grano, existió una respuesta lineal; es decir a mayor dosis de nitrógeno, más biomasa y N en los tejidos y el grano. Eficiencia agronómica más alta, se presentó con 40 kg/ha de N. El IN, determinó mayor eficiencia (43%) en el sistema con 80 kg/ha de N en el amaranto y en la quinua 85% de eficiencia con 40 kg/ha de N. Los valores promedios del rendimiento, biomasa, materia seca, extracción de N, eficiencia química y agronómica, dependieron del manejo agronómico del cultivo, condiciones climáticas, características físicas, químicas y biológicas del suelo. El rendimiento promedio más alto de grano en el amaranto, se cuantificó con 120 kg/ha de N con 2.743 kg/ha al 14% de humedad y en la quinua con 3.421 kg/ha. A mayor dosis de N, más producción de biomasa, extracción de N en los restos vegetales y en el grano. La mayor eficiencia agronómica en el amaranto se determinó con 40 kg/ha de N con 12 kg de grano producido y en la quinua también con 40 kg/ha de N, con 15 kg de grano producido por kg de N aplicado. A mayor precipitación y mala distribución, más lixiviación. La menor pérdida económica por procesos de volatilización, desnitrificación, lixiviado y nitratos residuales, fue con 40 kg/ha de N. Finalmente este estudio contribuyó a generar información y resultados valiosos, para realizar un manejo sustentable del N, para reducir las pérdidas y contaminación de los acuíferos y del ambiente; y mitigar el cambio climático.

6.2. Summary

Amaranth and quinoa, were domesticated by the Incas, and cultivated in various production systems and have excellent nutritional quality, it can contribute to food security and sovereignty, to mitigate the high levels of malnutrition in the population. Nitrogen (N) is the most important nutrient in agriculture and is used worldwide. The N in amaranth and quinoa, is essential for productivity. But improper use and low chemical and agronomic efficiency, give the effect high rates of pollution. Nitrogen efficiency is less than 50 % , the losses are greater than 30% and 70% is distributed in plants and in the soil , being vital reduce leaching , volatilization , and environment pollution and water . Strategies for this are the Best Management Practices and the tool Nitrogen Index (IN), it generates an annual review of the inputs and outputs of N in the production system and the residual N potentially available to subsequent crops. The objective of this research was to study the effect of five N rates on the production efficiency of amaranth and quinoa. The main materials were: Amaranth lNlAP Algeria, quinoa lNlAP Tunkahuan, Urea and Software IN. We applied a design randomized complete block with 5 treatments (0, 40, 80, 120 and 160 kg / ha N) and 3 replications. Analysis of variance and orthogonal polynomials. Soil analysis before and at the end of the trial, nutritional and of grain plant debris. Quantification of physical, chemical, and biological soil, amount and distribution of rainfall, agronomic variables, extraction and application of the Software N IN. During the crop cycle, the amaranth, there were a total of 292.8 mm, with 95 % of rainfall in the first 100 days, and 345,9 mm, with 90 % of rainfall in the first 100 days, which affected the efficiency of N and yield. The dose response of N, was different. For performance, there was a linear and quadratic response. The most significant increase for amaranth was 0 to 40 kg / ha of N, with 895 kg / ha and quinoa grain with 1,226 kg / ha. For total biomass and extracting and N in the grain tissues, there was a linear response, that is a higher dose of nitrogen, the more biomass and N in the tissue and grain. Agronomic efficiency higher presented with 40 kg N / ha

The IN, determined efficiency (43 %) in the system with 80 kg / ha N in amaranth and quinoa 85 % efficiency with 40 kg / ha of N. The average values of yield, biomass, dry matter, N extraction, chemical and agronomic efficiency, depended agronomic crop management, weather conditions, physical, chemical and biological soil. The highest average grain amaranth was quantified with 120 kg / ha of N to 2,743 kg / ha at 14% moisture and quinoa with 3,421 kg / ha. A higher dose of N, more biomass production, extraction of N in plant debris and in the grain. The agronomic efficiency was determined amaranth 40 kg N / ha to 12 kg of grain produced quinoa and also 40 kg N / ha, 15 kg of grain produced per kg of N applied. The higher rainfall and poor distribution, more leaching. The process less economic loss by volatilization, denitrification and residual nitrates leached was 40 kg N / ha. Finally, this study contributed to generate information and valuable results for sustainable management of N, to reduce losses and contamination of aquifers and the environment, and climate change mitigation.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ, M. et. al. 2002. Caracterización, La Quinua hacia su cultivo comercial. (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias)

2. BAVER, G. Y GARDNER. 1991. Física de Suelos. Editores Noriega México D.F. Pp. 52-53.

3. BIOAGRO. 2010. Nitrificación del amonio a partir de un fertilizante de liberación controlada y urea convencional. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/pdf/ba/v22n3/art04.pdf

4. DOMÍNGUEZ, A. 1998. Tratado de fertilización. Editorial. Mundi –prensa. Madrid, España. Pp. 45-47.

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

6. FAIRHURST, T. WITT, C. 2002. Guía Práctica para el Manejo Manejo de Nutrientes. España. Pp. 1-40.

7. FAO, 1992. Producción y Protección Vegetal N° 26. Kiwicha (Amaranthus caudatus). Roma, Italia. Pp.146.

8. FAO, 1996. Fijación Biológica del Nitrógeno. Desde el Surco.Impresión. Publingragf. Quito, Ecuador. Pp. 54-56.

9. FUENTES PRINCIPALES DE NITRÓGENO Y AGUAS SUBSUBTERRÁNEAS. 2003. Art. de Divulgación. Disponible en http://ecoplexity.org/node/596htm

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

11. GISPERT, C. 1998. Bibliografía Práctica Agrícola y Ganadería. Fundamentos de la Agricultura. Tomo I. Pp. 29-35.

12. IPNI. 2009. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos publicado por Phosphate Institute. Unidad 3.

13. JACKSON. M. 1982. Análisis Químico de Suelos. OMEGA S.A. Pp. 32-45.

14. MANUAL AGROPECUARIO. 2004. Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Colombia. Pp. 23-34.

15. MARTIN, A. 1990. Introducción a la Microbiología del Suelo. P. 243.

16. MARTÍNEZ, R. et. al. 2008. La Fijación Biológica del Nitrogeno Atmosférico en Condiciones tropicales. Ed. CIARA. Caracas, Venezuela. Pp. 166.

17. MAZÓN, N. et. al. 2003. Catálogo del Banco de germoplasma de amaranto (Amaranthussp.) INIAP Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Departamento Nacional de Recursos Filogenéticos y Biotecnología.

18. MILANO, E. 2007. Que son los Biofertilizantes y como nos pueden beneficiar. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. Publicación gratuita. Bolivariano de Venezuela. Pp. 4-10.

19. MINERAL NUTRITION OF HIGHER PLANST. 1986. Academic Press. London.

20. MONTERO, C. et. al. 1994. INIAP- ALEGRÍA. Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la sierra Ecuatoriana, Boletín divulgativo N° 246. 24p.

21. MUJICA, A. y BERTI, J. 1997. El cultivo de Amaranto (Amaranthus spp.) producción, mejoramiento Genético y utilización. Departamento de Agricultura, División de Produccion y Protección Vegetal. Roma-Italia. 97p.

22. MUJICA, A. et. al. 2001. “QUINUA (Chenopodium quinoa will). Ancestral Cultivo Andino. Alimento del Presente y Futuro.

23. NIETO, C. 1990. Identificación de Microcentros de variabilidad en Quinua, Amaranto y chocho en Ecuador. INIAP. EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito - Ecuador. 15p.

24. PERALTA, E. et. al. 2008. Manual Agrícola de Granos Andinos: chocho, Quinua, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Manual N°. 69. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina INIAP. Quito, Ecuador. Pp. 37-40-41-42-49-50-52.

25. PERALTA, E. et.al.2009. Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: chocho, quinua y amaranto, para la Sierra ecuatoriana. Publicación Miscelánea Nº 151. Programa Nacional de leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. Pp.8.

26. PERALTA, E. 2010. Producción y distribución de semilla de buena calidad con pequeños agricultores de granos andinos: chocho, quinua, amaranto. Publicación Miscelánea Nº 169. Programa Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. Pp.10- 15-27.

27. QUINTERO, C. 2000. Eficiencia del uso de nitrógeno en trigo y maíz en la región pampeana de Argentina. Disponible en: http://www.elsitioagricola. com/articulos/quintero/Eficiencia%20de%20Uso%20-del%20Nitrogeno%20en %20Trigo%20y%20Maiz

28. RAMÍREZ, M. 2004. Desarrollo de un Método Alternativo de Producción de Almácigos de tomate con bacterias fijadoras de Nitrógeno. Tesis de Ingeniería en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela Biología.Carrera de Ingeniería en Biotecnología. Catalogó. Pp. 66.

29. RIVERA, M. et.al. 1998. Catálogo del banco de germoplasma de Chocho (Lupinos mutabilis Sweet) y otras especies de Lupinos

INIAP. FUNDACYT BID-206. Quito - Ecuador.

30. RODRÍGUEZ, F. 1992. Fertilizantes nutrición vegetal. Editorial AGT, Editor. México. Pp. 53-56.

31. ROCHE, J. 2005. "La Quinua en el Ecuador". Grupo Consultor de la Quinua, Quito-Ecuador. Pp. 29-30.

32. ROMERO, L. 1995. Algunos Aspectos de la Nutrición Mineral de las plantas. Editorial Granada.

33. SICA, 2001, Quinua. Quinoa/Canihua.Chenopodium quinoa will,www .sica.gob.ec./agronegocios/productos%20para%20invertir/granos/ /%-20cereales/quinua_mag.pdf.

34. SUQUILANDA, M. 2006. Agricultura Orgánica. Tercera Edición. Ecua_ dor. Pp. 95-126.

35. TÉCNICO EN AGRICULTURA, 2002. CULTURAL, S.A. Madrid, España. Pp. 68-334-465-466.

36. TISDALE, S. Y WERNER, N. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial limusa, S.A. México. Pp. 141-144, 145-171.

37. THOMPSON, L. TROEH, F. 1997. Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté, S. A. España. Traducido al español por Juan Puigdefabregastomás. Pp. 299-361.

38. UHART, S. Y ECHEVERRÍA, H. 1997. Fertilizar maíz. Revista Fertilizar INTA. P. 32.

39. URQUIAGA S. Y ZAPATA, F. 2000. Manejo eficiente de la fertización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe Editorial Génesis Porto Alegre Río Grande do Sul. Brasil. Pp. 100-110.

40. WITT, C. et. al. 2002. utrient management. Practical guide for nutrient management. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International

Rice Reserch Institute (IRRI). Pp. 1-100.

41. http://botanicaeconomicadeamaranto.blogspot. com/2008/04/clasificacionontaxonomica-del-amaranto.htm.

42. http://archive.idrc.ca/library/document/100162/chap8_s.htm

43. http://www.sudesteagropecuario.com.ar/2010/12/15/amaranto-granifero

44. http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=search&Itemid=176

45. http://www.monografias.com/trabajos52/produccion-quinua/produccion-quinua.htm.

46. http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap4.htm

47. http://www.lenntech.com/espanol/ciclo-nitrogeno.htm

48. http://www.manualdelombricultura.com/.../pal/116.htm

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

50. http://www.selba.org/EspTaster/Ecologica/Agua/Desnitrificacion.htm

51. http://www.ruena.csic.es/areas_perdidas

52. http://www.ipe.net.aebce

53. http://www.geocities.com/raaapero/ao.htm

54. http://www.pronaca.com

55. http://www.fertilizando.com//Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%2

56. http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/transf.htm

57. http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.

58. http://www.infojardin.net/.../relacion-carbono-nitrogeno.htm

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

60. http://articulos.infojardin.com/articulos/carencias-nitrogeno-fosforo-Potasio.htm.

61. http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/.../11hoja.html

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

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

64. http://www.jardinyplantas.com/suelos-y-fertilizantes/tecnicas-deaplicacion-de-fertilizantes.html

65. http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/FERTILIZERS-THE-INDUSTRY.html

66. http://htm.rincondelvago.com/fertilidad-y-fertilizantes.html

67.http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/1189A35640D60A0E852579A0006BF734/$FILE/Uso%20Eficiente%20del%20Nitr%C3%B3geno%2020de%20los%20Fertilizantes%20Convencionales.pdf

68.http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03_1_ 0.htm

69.http://www.care.org.pe/pdfs/GIRH/Manual%20de%20fertilizacion%20de%20la%20quinua%20def.pdf

70.http://eurocontaminacion...blogspot...com/2009/05/repunta-la-contaminación por-nitratos.html

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

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

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

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

75.http://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/39819-El-papel-del-nit

rogeno-en-la-agricultura-y-la-contaminacion-por-nitrato.htm

76.http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_de_suelos#Inceptisoles.html

77.http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_de_suelos#Inceptisoles.htm

78. http://www.wordreference.com/definicion/biomasa.htm

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

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

81. http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/materia-seca-3585/089-p0.htm

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

83.http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/bolarios/Investigacion/fijacionN.htm

84. http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776

85. http://www.ecured.cu/index.php/Nitr%C3%B3geno

86. http://www.monografias.com/trabajos58/quinua/quinua.shtm

87. http://montenoa.com/botanica.htm

88. http://www.elsitoagricola.com

89.www.conabio.gob.mx/institución/conabio_español/doctos/amaranto.htm.

90. http://www.hoy.com.ec/noticias- ecuador/amaranto-un-alimento-paralos-astronautas-293692.htm

91. http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/el-ecuador-pierde-oportunidades- de-exportacion-con-el-amaranto-395703.htm

92. http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa

93.http://www.ehu.es/contenidos/informacion/vri_encuentos/es_vri_encu/a

djuntos/4_GMurua_L.pdf

94.http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/ad_hoc/54020700NitrogenTools/Ni trogen%20Index%204.4%20User%20Manual%20final.pdf

95.http://repositorio.utb.edu.ec:8080/bitstream/123456789/98/1/FINAL%20Tesis%20de%20quinua%20Luis%20luna%20UTB%2020011..pdf

96.http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Manualesmarroz_quinu a/Manual_Quinua.htm.

ANEXOS

ANEXO N°1

Mapa del lugar del ensayo



ANEXO Nº 2

2.1. Análisis físico, químico del suelo al inicio del cultivo de quinua y amaranto

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 : OSWALDO VILLAFUERTE
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : G. LAGUACOTO II
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : QUINUA
Fecha de Muestreo : 09/01/2012
Fecha de Ingreso : 13/01/2012
Fecha de Salida : 23/01/2012

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
87836	LOTE A1 0-30	6,69 PN	47,00 M	35,00 A	5,70 B	0,34 M	13,20 A	4,50 A	3,2 M	12,1 A	98,0 A	3,6 B	0,13 B
87837	LOTE A1 30 60	6,84 PN	48,00 M	36,00 A	7,70 B	0,30 M	13,00 A	4,40 A	3,0 M	11,3 A	97,0 A	2,6 B	0,43 B

INTERPRETACION

pH				Elementos	
Ac	= Acido	N	= Neutro	B	= Bajo
LAc	= Liger. Acido	LAl	= Lige. Alcalino	M	= Medio
PN	= Prac. Neutro	Al	= Alcalino	A	= Alto
	RC = Requieren Cal			T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

2.2. Análisis físico, químico del suelo después del cultivo de amaranto

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 : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO II
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : AMARANTO
Fecha de Muestreo : 08/10/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 23/10/2012

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
90485	T1 0-30	7,14 PN	28,00 B	12,00 M		0,36 M	13,40 A	3,60 A					
90486	T2 0-30	6,83 PN	21,00 B	8,70 B		0,45 A	11,00 A	2,90 A					
90487	T3 0-30	6,81 PN	25,00 B	11,00 M		0,78 A	11,80 A	3,30 A					
90488	T4 0-30	6,85 PN	27,00 B	14,00 M		0,69 A	12,40 A	3,10 A					
90489	T5 0-30	6,87 PN	36,00 M	11,00 M		0,44 A	12,50 A	3,00 A					

INTERPRETACION

pH				Elementos	
Ac	= Acido	N	= Neutro	B	= Bajo
LAc	= Liger. Acido	LAl	= Lige. Alcalino	M	= Medio
PN	= Prac. Neutro	Al	= Alcalino	A	= Alto
RC	= Requieren Cal			T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

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

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO II
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : AMARANTO
Fecha de Muestreo : 08/10/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 23/10/2012

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	$N-NO_3^-$	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
90485					3,30 M	3,72	10,00	47,22	17,36	0,18	7,60				
90486					3,50 M	3,79	6,44	30,89	14,35	0,18	11,70				
90487					3,50 M	3,58	4,23	19,36	15,88	0,11	11,00				
90488					3,50 M	4,00	4,49	22,46	16,19	0,11	11,40				
90489					3,60 M	4,17	6,82	35,23	15,94	0,14	6,50				

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

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 : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO II
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : AMARANTO
Fecha de Muestreo : 08/10/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 24/10/2012

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
90490	T1 30-60	6,95 PN	11,00 B	11,00 M		0,75 A	12,70 A	3,30 A					
90491	T2 30-60	6,98 PN	38,00 M	8,10 B		0,36 M	12,20 A	3,30 A					
90492	T3 30-60	6,98 PN	56,00 M	12,00 M		0,49 A	12,50 A	3,20 A					
90493	T4 30-60	7,07 PN	41,00 M	11,00 M		0,40 M	12,90 A	3,30 A					
90494	T5 30-60	7,07 PN	43,00 M	11,00 M		0,40 M	13,40 A	3,40 A					

INTERPRETACION

pH				Elementos	
Ac	= Acido	N	= Neutro	B	= Bajo
LAc	= Liger. Acido	LAl	= Lige. Alcalino	M	= Medio
PN	= Prac. Neutro	Al	= Alcalino	A	= Alto
	RC = Requieren Cal			T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : LAGUACOTO II
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : AMARANTO
Fecha de Muestreo : 08/10/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 23/10/2012

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
90490					3,50 M	3,85	4,40	21,33	16,75	0,21	3,70				
90491					3,00 M	3,70	9,17	43,06	15,86	0,18	5,40				
90492					3,50 M	3,91	6,53	32,04	16,19	0,32	8,60				
90493					3,20 M	3,91	8,25	40,50	16,60	0,18	5,00				
90494					3,30 M	3,94	8,50	42,00	17,20	0,18	3,70				

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 de los residuos y grano de amaranto

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección : GURANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO 2
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación : OSWALDO VILLAFUERTE

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : AMARANTO
Fecha de Muestreo : 09/09/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 24/10/2012

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
20529	T1 AMARANTO RESTOS VEGETA	0,63	0,05	3,44	1,16	0,40	0,20		26,5	8,2	3,4	190,0	7,1		
20530	T2 AMARANTO RESTOS VEGETA	0,77	0,03	3,52	1,18	0,43	0,17		27,7	11,7	3,3	201,2	9,5		
20531	T3 AMARANTO RESTOS VEGETA	0,70	0,04	3,58	1,20	0,41	0,18		27,1	12,1	3,7	163,9	13,4		
20532	T4 AMARANTO RESTOS VEGETA	0,70	0,03	3,27	0,93	0,31	0,15		25,0	11,2	3,3	224,6	10,5		
20533	T5 AMARANTO RESTOS VEGETA	0,63	0,03	3,54	1,14	0,34	0,11		24,2	14,0	3,6	206,0	10,9		
20534	T1 GRANO	2,24	0,39	0,43	0,17	0,21	0,21		8,2	34,4	6,7	129,2	12,8		
20535	T2 GRANO	1,82	0,28	0,29	0,12	0,14	0,16		6,8	94,1	6,1	80,1	10,0		
20536	T3 GRANO	2,31	0,33	0,31	0,12	0,16	0,18		6,7	116,6	7,0	112,3	12,7		
20537	T4 GRANO	2,45	0,44	0,46	0,17	0,23	0,22		9,2	194,5	7,8	154,2	17,8		
20538	T5 GRANO	2,45	0,33	0,33	0,13	0,16	0,18		7,1	125,5	6,8	166,7	13,9		

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 141/2 Panamericana Sur,Apdo.. 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO – ECUADOR

Nombre del propietario:	Universidad Estatal de Bolívar			Fecha de muestreo:	09/09/2012
Nombre del remitente:	Sr. Oswaldo Villafuerte			Muestra:	foliar
Nombre de la Granja	Laguacoto 2			Fecha ingreso Laboratorio:	09/10/2012
Localización	Veintimilla	Guaranda	Bolívar	Fecha de entrega	30/10/2012
	Parroquia	Cantón	Provincia		

INFORME DE RESULTADOS DE MATERIA SECA

No. Muestra Laboratorio	Identificación del lote	%
		Materia seca
20529	T1 Amaranto restos vegetales	93.6
20530	T2 Amaranto restos vegetales	93.8
20531	T3 Amaranto restos vegetales	93.5
20532	T4 Amaranto restos vegetales	94.2
20533	T5 Amaranto restos vegetales	82.5
20534	T1 grano	81.6
20535	T2 grano	88.1
20536	T3 grano	91.1
20537	T4 grano	91.1
20538	T5 grano	89.5

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 : OSWALDO VILLAFUERTE
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : G. LAGUACOTO II
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : QUINUA
Fecha de Muestreo : 09/01/2012
Fecha de Ingreso : 13/01/2012
Fecha de Salida : 23/01/2012

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	ppm	ppm	Textura (%)			Clase Textural
Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	N-NO3	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
87836					2,50 B	2,93	13,24	52,06	18,04	22,00					
87837					2,40 B	2,95	14,67	58,00	17,70	20,50					

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

2.4. Análisis físico, químico del suelo después del cultivo de quinua

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 : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO II
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual : QUINUA
Fecha de Muestreo : 04/10/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 23/10/2012

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
90475	T1 0-30	7,25 PN	43,00 M	56,00 A		0,30 M	11,70 A	4,10 A					
90476	T2 0-30	7,07 PN	42,00 M	62,00 A		0,49 A	11,40 A	4,10 A					
90477	T3 0-30	7,01 PN	55,00 M	56,00 A		0,36 M	11,10 A	4,00 A					
90478	T4 0-30	7,07 PN	41,00 M	53,00 A		0,36 M	11,30 A	4,10 A					
90479	T5 0-30	7,08 PN	39,00 M	46,00 A		0,37 M	10,70 A	3,80 A					

INTERPRETACION

pH				Elementos	
Ac	= Acido	N	= Neutro	B	= Bajo
LAc	= Liger. Acido	LAl	= Lige. Alcalino	M	= Medio
PN	= Prac. Neutro	Al	= Alcalino	A	= Alto
	RC = Requieren Cal			T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

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	: UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección	: GUARANDA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: LAGUACOTO II
Provincia	: BOLÍVAR
Cantón	: GUARANDA
Parroquia	: VEINTIMILLA
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	: QUINUA
Fecha de Muestreo	: 04/10/2012
Fecha de Ingreso	: 09/10/2012
Fecha de Salida	: 23/10/2012

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
90475					3,00 M	2,85	13,67	52,67	16,10	0,18	7,60				
90476					3,30 M	2,78	8,37	31,63	15,99	0,18	3,60				
90477					3,20 M	2,78	11,11	41,94	15,46	0,14	15,80	39	45	16	Franco
90478					3,10 M	2,76	11,39	42,78	15,76	0,21	14,40				
90479					3,00 M	2,82	10,27	39,19	14,87	0,07	20,20				

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

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 : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : LAGUACOTO II
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : QUINUA
Fecha de Muestreo : 04/10/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 23/10/2012

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
90480	T1 30.60	7,21 PN	42,00 M	35,00 A		0,19 B	11,40 A	3,70 A					
90481	T2 30.60	7,33 PN	42,00 M	45,00 A		0,23 M	10,50 A	3,90 A					
90482	T3 30.60	7,27 PN	44,00 M	39,00 A		0,24 M	10,80 A	3,90 A					
90483	T4 30.60	7,21 PN	44,00 M	43,00 A		0,29 M	11,20 A	4,10 A					
90484	T5 30.60	7,33 PN	44,00 M	31,00 A		0,23 M	9,90 A	3,40 A					

INTERPRETACION

pH				Elementos	
Ac	= Acido	N	= Neutro	B	= Bajo
LAc	= Liger. Acido	LAl	= Lige. Alcalino	M	= Medio
PN	= Prac. Neutro	Al	= Alcalino	A	= Alto
	RC = Requieren Cal			T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

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 : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : LAGUACOTO II
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : QUINUA
Fecha de Muestreo : 04/10/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 23/10/2012

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_{-NO_3}	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
90480					2,50 B	3,08	19,47	79,47	15,29	0,14	7,00				
90481					2,30 B	2,69	16,96	62,61	14,63	0,14	7,70				
90482					2,60 B	2,77	16,25	61,25	14,94	0,11	11,90				
90483					2,60 B	2,73	14,14	52,76	15,59	0,14	10,90				
90484					2,30 B	2,91	14,78	57,83	13,53	0,14	10,50				

INTERPRETACION

Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y CI
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

2.5. Reporte de análisis foliares de los residuos y grano de quinua

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Dirección : GURANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO 2
Provincia : BOLÍVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación : OSWALDO VILLAFUERTE

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : QUINUA
Fecha de Muestreo : 09/09/2012
Fecha de Ingreso : 09/10/2012
Fecha de Salida : 24/10/2012

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
20519	T1 QUINUA RESTOS VEGETALES	0,42	0,07	1,83	0,33	0,26	0,08		17,3	34,2	6,5	140,0	9,3		
20520	T2 QUINUA RESTOS VEGETALES	0,63	0,07	1,79	0,30	0,26	0,07		16,7	24,6	5,3	299,4	10,0		
20521	T3 QUINUA RESTOS VEGETALES	0,77	0,06	1,94	0,33	0,26	0,08		18,6	40,6	6,2	237,1	14,5		
20522	T4 QUINUA RESTOS VEGETALES	0,63	0,07	1,65	0,27	0,19	0,06		14,9	28,6	5,2	139,1	6,0		
20523	T5 QUINUA RESTOS VEGETALES	0,49	0,06	1,78	0,30	0,21	0,07		17,8	44,6	6,1	145,5	9,3		
20524	T1 GRANO	3,72	0,69	1,31	0,12	0,37	0,23		16,4	45,4	10,5	119,5	31,0		
20525	T2 GRANO	3,86	0,73	0,70	0,06	0,30	0,23		16,2	44,8	10,8	78,3	26,5		
20526	T3 GRANO	3,51	0,78	0,83	0,08	0,33	0,24		17,0	54,3	10,9	97,6	33,9		
20527	T4 GRANO	3,23	0,80	1,25	0,11	0,38	0,27		18,8	49,9	11,6	130,9	40,0		
20528	T5 GRANO	3,86	0,76	0,99	0,08	0,33	0,25		18,1	47,6	10,6	109,3	34,2		

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 141/2 Panamericana Sur,Apdo.. 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO – ECUADOR

Nombre del propietario:	Universidad Estatal de Bolívar			Fecha de muestreo:	09/09/2012
Nombre del remitente:	Sr. Oswaldo Villafuerte			Muestra:	foliar
Nombre de la Granja	Laguacoto 2			Fecha ingreso Laboratorio:	09/10/2012
Localización	Veintimilla	Guaranda	Bolívar	Fecha de entrega	30/10/2012
	Parroquia	Cantón	Provincia		

INFORME DE RESULTADOS DE MATERIA SECA

No. Muestra *Laboratorio*	Identificación del lote	%
		Materia seca
20519	T1 Quinua restos vegetales	88.4
20520	T2 Quinua restos vegetales	91.4
20521	T3 Quinua restos vegetales	91.7
20522	T4 Quinua restos vegetales	92.7
20523	T5 Quinua restos vegetales	89.7
20524	T1 grano	93.9
20525	T2 grano	87.5
20526	T3 grano	87.7
20527	T4 grano	88.9
20528	T5 grano	88.1

RESPONSABLE LABORATORIO

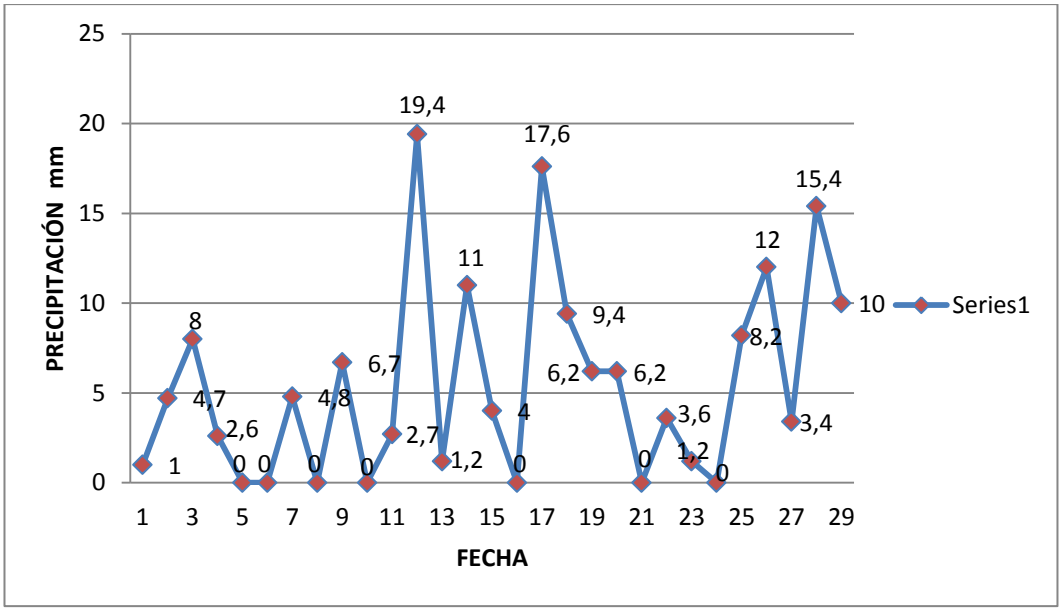
LABORATORISTA

ANEXO Nº 3

Datos de precipitación durante el ciclo del cultivo de quinua y amaranto (Febrero a Agosto del 2012)

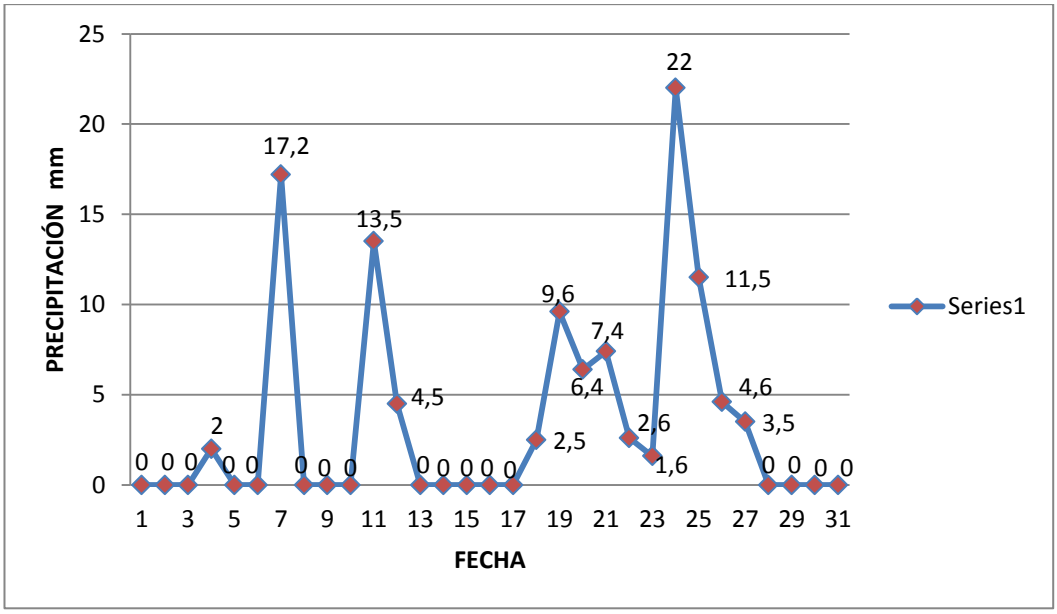
Febrero del 2012

Cantidad y distribución de precipitación: 53,8 mm.



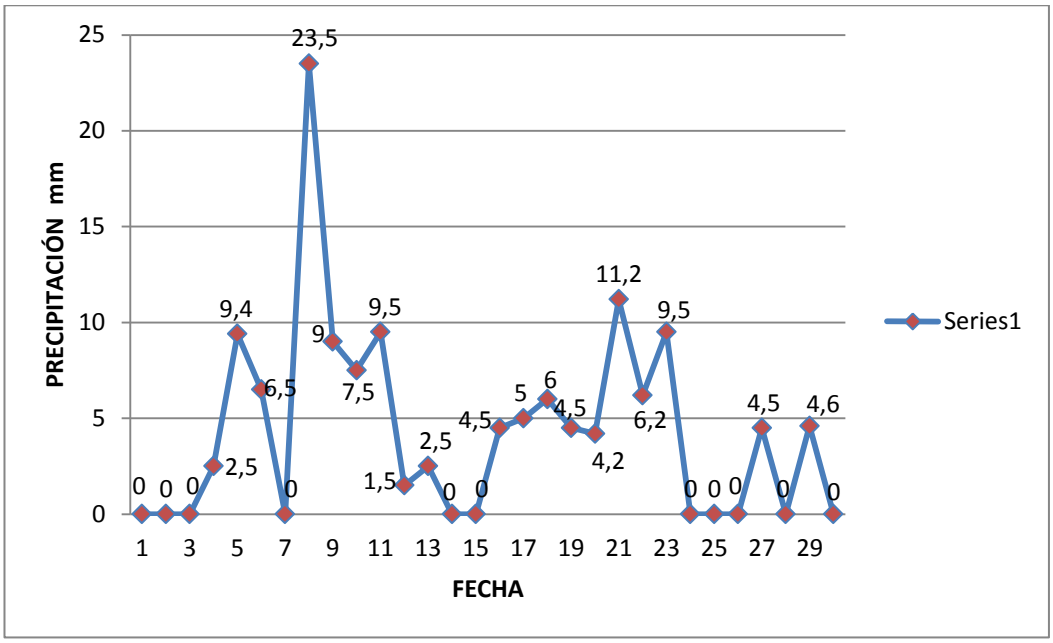
Marzo del 2012

Cantidad y distribución de precipitación: 104,9 mm.



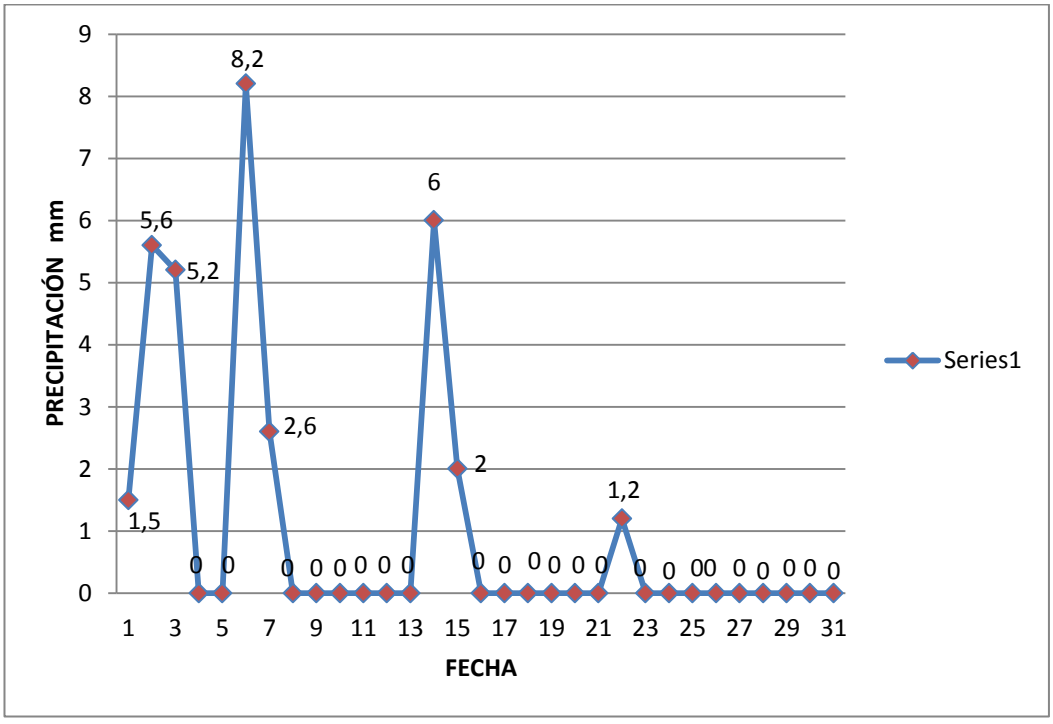
Abril del 2012

Cantidad y distribución de precipitación: 132,10 mm.



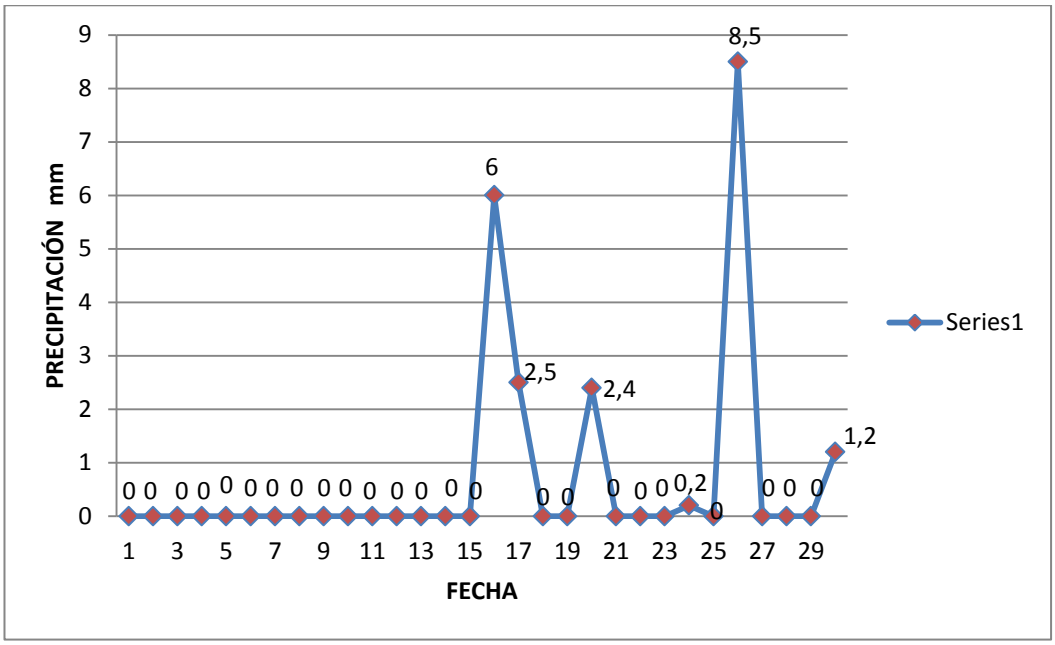
Mayo del 2012

Cantidad y distribución de precipitación 32,30 mm.



Junio del 2012

Cantidad y distribución de precipitación: 20,80 mm.

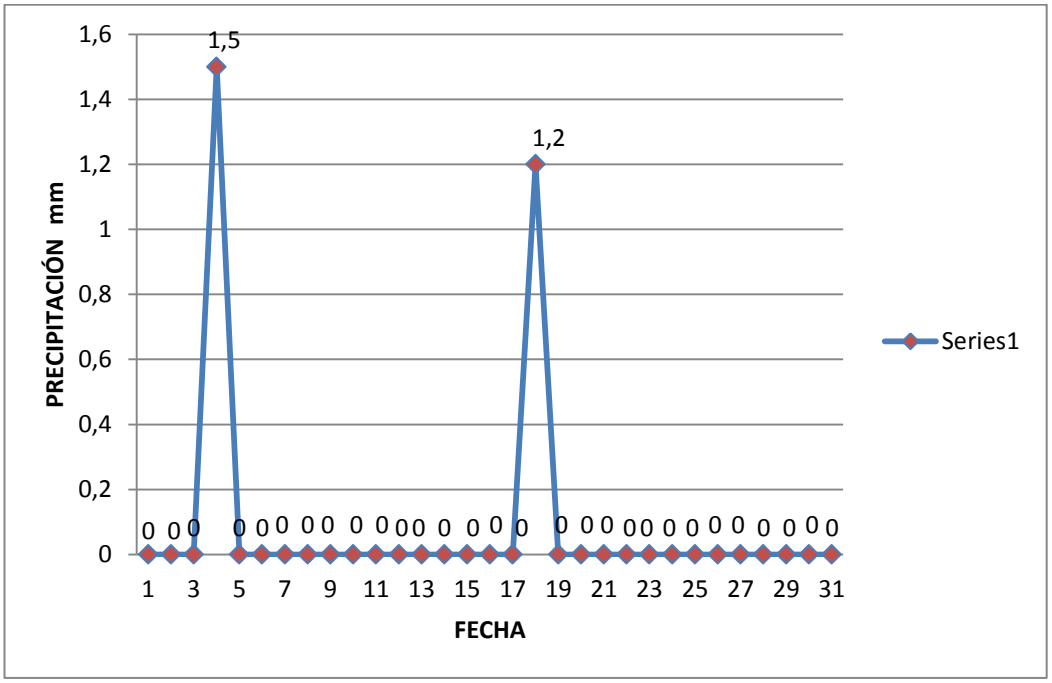


Julio del 2012

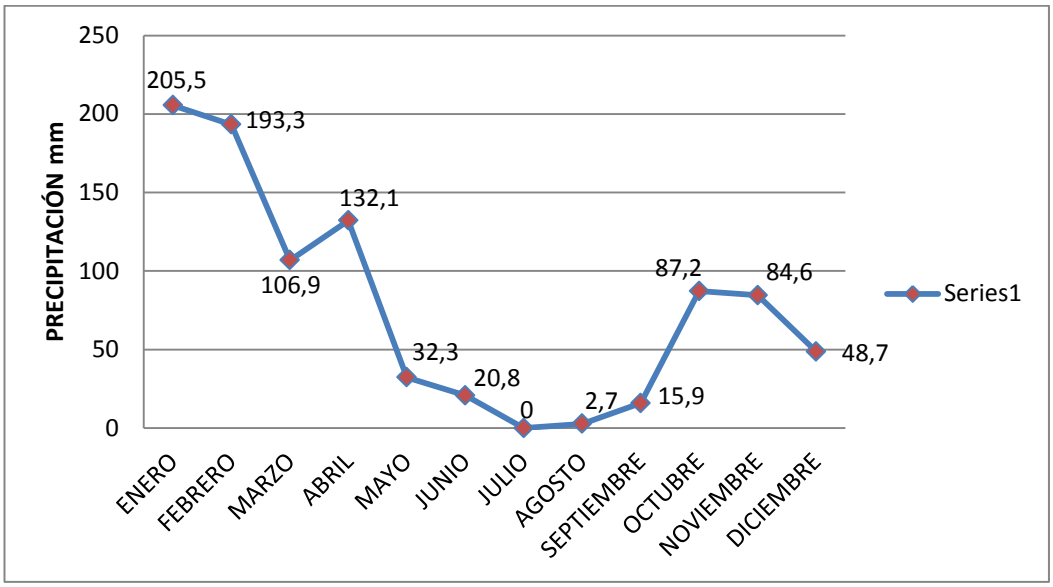
No se registró ninguna precipitación

Agosto del 2012

Cantidad y distribución de precipitación 1,5 mm



Cantidad y distribución de precipitación. Laguacoto 2012



Precipitación total durante el ciclo del cultivo de amaranto: 292.8 mm

Precipitación total durante el ciclo del cultivo de quinua: 345.9 mm

Precipitación total del año 2012: 896mm

ANEXO Nº 4

Base de datos: Cultivo amaranto

V1 Repeticiones

V2 Tratamientos

V3 Días a la emergencia

V4 Número de plantas por metro lineal

V5 Días al panojamiento

V6 Días a la floración

V7 Longitud de la panoja principal

V8 Altura de planta a la cosecha

V9 Días a la cosecha

V10 Numero de plantas cosechadas

V11 Rendimiento en kilogramos por hectárea

V12 Peso de mil semillas

V13 Peso hectolitrico

V14 pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm

V15 NH_4^+ en kg/ha profundidad de 0 – 30 cm

V16 $N\text{-}NO_3^-$ en kg/ha profundidad de 0 – 30 cm

V17 pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm

V18 NH_4^+ en kg/ha profundidad de 30 – 60 cm

V19 $N\text{-}NO_3^-$ en kg/ha profundidad de 30 – 60 cm

V20 Biomasa total en kg/ha

V21 Biomasa de los residuos en kg/ha

V22 Extracción del N total en kg/ha

V23 Extracción del N de residuos en kg/ha

V24 Materia seca en % de los residuos

V25 Biomasa del grano en kg/ha

V26 Extracción del N del grano en kg/ha

V27 Materia seca en % del grano

V28 Eficiencia agronómica

V29 Eficiencia química.

CASO N°	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18
1	1	1	8	21	50	76	26,55	63,3	148	800	1054	1,03	81,4	7,14	56	15,2	6,95	22
2	1	2	7	22	48	75	30	70,5	149	802	1952	1,04	79,6	6,83	42	23,4	6,98	76
3	1	3	7	20	48	76	32,35	85,1	149	801	2438	1,07	80,7	6,81	50	22	6,98	112
4	1	4	8	21	47	78	30,65	88,3	150	800	2685	1,07	82,5	6,85	54	22,8	7,07	82
5	1	5	7	22	47	77	33,4	88	148	802	2595	1,13	81	6,87	72	13	7,07	86
1	2	1	8	20	50	77	30,55	85,4	148	802	1128	1,01	80,8	7,12	60	15,4	6,93	24
2	2	2	8	21	47	78	31,85	87,4	148	801	1999	1,02	82,6	6,85	40	23	6,97	74
3	2	3	7	22	48	77	29,4	83,9	150	802	2495	1,04	82,6	6,79	46	22,4	6,96	116
4	2	4	7	20	49	79	36,55	107	153	801	2744	1,07	82,5	6,86	56	23	7,05	80
5	2	5	8	21	47	78	38,95	108	148	800	2607	1,03	82,5	6,85	76	12,6	7,09	82
1	3	1	7	22	49	76	33,7	87,3	153	801	1117	1,04	80,8	7,16	52	15	6,93	20
2	3	2	7	20	50	77	33,85	89,3	149	800	2035	1,02	82,6	6,8	44	23,2	6,96	72
3	3	3	7	21	47	78	37,5	105	150	800	2527	1,02	82,1	6,83	46	22,2	6,97	108
4	3	4	8	22	50	77	41,65	109	153	802	2801	1,09	81,6	6,86	58	22,6	7,09	84
5	3	5	8	20	47	77	42	113	150	801	2650	1,08	79,1	6,89	70	13,4	7,04	88

V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29
7,4	5386,66	4160	53,67	26,2	93,6	1226,66	27,47	81,6	0	0
10,8	7573,33	6133,33	73,42	47,22	93,8	1440	26,2	88,1	22,45	49
17,2	8213,33	6453,33	85,82	45,17	93,5	1760	40,65	91,1	17,3	40
10	9173,33	7146,66	99,67	50,02	94,2	2026,66	49,65	91,1	13,59	38
7,4	11733,33	9920	106,91	62,49	82,5	1813,33	44,42	89,5	9,63	33
7,6	6186,66	4640	65,11	30,16	93,8	1546,66	34,95	81,4	0	0
11,2	7253,33	5546,66	74,54	43,82	93,6	1706,66	30,72	88,3	21,77	23
16,8	9013,33	6933,33	95,61	47,15	93,7	2080	48,46	91,2	17,09	38
10,2	9546,66	7200	108,14	51,12	94	2346,66	57,02	91	13,47	35
6,8	11200	9013,33	112,38	58,59	82,3	2186,66	53,79	89,7	9,94	29
7,2	5546,66	3573,33	66,19	21,8	93,8	1973,33	44,39	81,7	0	0
11	7093,33	4266,66	84	31,99	93,9	2826,66	52,01	88	22,95	44
14,4	7786,66	4160	113	29,95	93,7	3626,66	83,05	91,3	17,63	58
10,4	9653,33	5813,33	114,53	19,69	94,4	3840	94,84	89	14,03	40
7,6	12373,33	8640	143,67	51,84	82,2	3733,33	91,83	89,6	9,58	48

Ensayo de quinua

V1 Repeticiones

V2 Tratamientos

V3 Días a la emergencia

V4 Número de plantas por metro lineal

V5 Días al panojamiento

V6 Días a la floración

V7 Peronospora farinosa

V8 Cercospora sp.

V9 Longitud de la panoja principal

V10 Altura de planta a la cosecha

V11 Días a la cosecha

V12 Número de plantas cosechadas

V13 Rendimiento en kilogramos por hectárea

V14 Peso de mil semillas

V15 Peso hectolitrico

V16 pH del suelo profundidad de 0 – 30 cm

V17 NH_4^+ en kg/ha profundidad de 0 – 30 cm

V18 $N\text{-}NO_3^-$ en kg/ha profundidad de 0 – 30 cm

V19 pH del suelo profundidad de 30 – 60 cm

V20 NH_4^+ en kg/ha profundidad de 30 – 60 cm

V21 $N\text{-}NO_3^-$ en kg/ha profundidad de 30 – 60 cm

V22 Biomasa total en kg/ha

V23 Biomasa de los residuos en kg/ha

V24 Extracción del N total en kg/ha

V25 Extracción del N de residuos en kg/ha

V26 Materia seca en % de los residuos

V27 Biomasa del grano en kg/ha

V28 Extracción del N del grano en kg/ha

V29 Materia seca en % del grano

V30 Eficiencia agronómica

V31 Eficiencia química.

CASO N°	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16
1	1	1	7	20	59	87	6	4	27	109,4	156	801	1329	2,82	66,7	7,25
2	1	2	7	21	58	88	6	4	35	112,7	156	802	2576	2,97	63,8	7,07
3	1	3	7	21	58	90	5	4	37	120,2	159	801	2891	2,85	65,5	7,01
4	1	4	6	21	57	90	6	4	40	130,3	158	802	3378	2,89	65,1	7,07
5	1	5	7	21	57	87	5	3	39	134,7	161	801	3097	2,83	65,4	7,08
1	2	1	7	20	57	88	*6*	5	27	102,6	160	800	1372	2,81	65,6	7,18
2	2	2	7	22	58	89	6	4	32	126,4	156	801	2620	2,77	65,2	7,1
3	2	3	7	22	57	88	6	4	31	126,9	159	800	2944	2,86	65,1	7,6
4	2	4	7	21	57	90	5	4	35	137	158	800	3406	2,91	65,6	7
5	2	5	6	20	57	90	6	4	31	129,5	158	802	3124	2,89	66,4	7,1
1	3	1	7	19	58	87	5	5	27	103,5	156	802	1440	2,78	66,7	7,29
2	3	2	7	20	58	87	4	3	37	130,3	156	800	2622	2,78	67	6,98
3	3	3	6	21	59	89	5	4	32	127	156	802	2962	3,31	66	7,1
4	3	4	6	20	57	90	5	4	34	134,2	160	801	3480	2,84	64,2	6,97
5	3	5	6	21	57	88	4	3	44	151,6	159	803	3164	2,92	66	7,05

V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31
86	15,2	7,21	84	14	5056,66	3573,33	70,55	15	88,4	1493,3	55,55	93,9	0	0
84	7,2	7,33	84	15,4	5866,66	3946,66	98,97	24,9	91,4	1920	74,11	87,5	31,17	71
110	31,6	7,27	88	23,8	7093,33	4853,33	115,99	37,4	91,7	2240	78,62	87,7	19,52	57
82	28,8	7,21	88	21,8	13440	10613,33	158,16	66,9	92,7	2826,7	91,3	89,9	17,07	73
78	40,4	7,33	88	21	14293,33	11733,33	155,81	57,5	89,7	2560	98,82	88,1	11,05	53
90	15,6	7,18	86	14,4	5440	3413,33	91,01	15	88,7	2026,7	76	93,5	0	0
80	6,8	7,29	82	15	6400	3733,33	125,16	22,8	91	2666,7	102,4	87,8	30,85	85
106	31,2	7,3	90	23,6	8106,66	5120	155,65	41	91,9	2986,7	114,7	87,2	19,65	81
88	28,4	7,17	92	21,4	12853,33	9440	172,29	61,4	92,9	3413,3	110,9	88,5	16,95	68
82	40,8	7,35	86	21,2	13333,33	10186,66	167,69	46,9	89,3	3146,7	120,8	88,6	14,6	48
84	15,4	7,24	88	14,6	6293,33	3893,33	105,54	16,7	88	2400	88,8	93,1	0	0
88	7	7,28	92	15	7626,66	4373,33	154,21	28	91,6	3253,3	126,2	87,3	29,55	78
114	31,8	7,2	84	24	8960	5333,33	166,04	39,5	91,8	3626,7	126,6	87,9	19,02	75
86	29	7,24	82	21,6	14933,33	10933,33	197,97	70	92	4000	128	88,5	17	77
84	40,2	7,3	86	20,4	16533,33	12853,33	206,69	64,3	89,8	3680	142,4	87,9	10,77	63

ANEXO Nº 5

Análisis de Tendencias Polinomiales

Ensayo de amaranto

Polynomial Contrasts of APA by N

Degree = 1, Linear Trend

Contrast	21.514	SS (Contrast)	1388.6
Scheffe's F	12.43	P (Scheffe's F)	0.0016
T-Statistic	7.05	P (T-Statistic)	0.0001**
SE (Contrast)	3.0511		

Degree = 2, Quadradic Trend

Contrast	-0.7483	SS (Contrast)	1.6800
Scheffe's F	0.02	P (Scheffe's F)	0.9995
T-Statistic	-0.25	P (T-Statistic)	0.8124ns
SE (Contrast)	3.0511		

Degree = 3, Cubic Trend

Contrast	-4.2375	SS (Contrast)	53.868
Scheffe's F	0.48	P (Scheffe's F)	0.7490
T-Statistic	-1.39	P (T-Statistic)	0.2023ns
SE (Contrast)	3.0511		

Degree = 4

Contrast	-0.5857	SS (Contrast)	1.0290
Scheffe's F	0.01	P (Scheffe's F)	0.9998
T-Statistic	-0.19	P (T-Statistic)	0.8526ns
SE (Contrast)	3.0511		

Error term used: R*N, 8 DF

Polynomial Contrasts of LPPA by N

Degree = 1, Linear Trend

Contrast	6.3509	SS (Contrast)	121.00
Scheffe's F	6.75	P (Scheffe's F)	0.0112

T-Statistic	5.19	P (T-Statistic)	0.0008**
SE (Contrast)	1.2226		

Degree = 2, Quadradic Trend

Contrast	0.6459	SS (Contrast)	1.2515
Scheffe's F	0.07	P (Scheffe's F)	0.9894
T-Statistic	0.53	P (T-Statistic)	0.6116ns
SE (Contrast)	1.2226		

Degree = 3, Cubic Trend

Contrast	-0.2899	SS (Contrast)	0.2521
Scheffe's F	0.01	P (Scheffe's F)	0.9995
T-Statistic	-0.24	P (T-Statistic)	0.8185ns
SE (Contrast)	1.2226		

Degree = 4

Contrast	-0.6992	SS (Contrast)	1.4667
Scheffe's F	0.08	P (Scheffe's F)	0.9857
T-Statistic	-0.57	P (T-Statistic)	0.5831ns
SE (Contrast)	1.2226		

Error term used: R*N, 8 DF

Polynomial Contrasts of RTOA by N

Degree = 1, Linear Trend

Contrast	1196.4	SS (Contrast)	4.29E+06
Scheffe's F	3648.95	P (Scheffe's F)	0.0000
T-Statistic	120.81	P (T-Statistic)	0.0000**
SE (Contrast)	9.9029		

Degree = 2, Quadradic Trend

Contrast	-608.82	SS (Contrast)	1.11E+06
Scheffe's F	944.93	P (Scheffe's F)	0.0000
T-Statistic	-61.48	P (T-Statistic)	0.0000**
SE (Contrast)	9.9029		

Degree = 3, Cubic Trend

Contrast	6.8516	SS (Contrast)	140.83
Scheffe's F	0.12	P (Scheffe's F)	0.9716
T-Statistic	0.69	P (T-Statistic)	0.5086ns
SE (Contrast)	9.9029		

Degree = 4

Contrast	-37.968	SS (Contrast)	4324.8
Scheffe's F	3.68	P (Scheffe's F)	0.0554
T-Statistic	- 3.83	P (T-Statistic)	0.0050**
SE (Contrast)	9.9029		

Error term used: R*N, 8 DF

Polynomial Contrasts of BTA by N

Degree = 1, Linear Trend

Contrast	4514.0	SS (Contrast)	6.11E+07
Scheffe's F	63.04	P (Scheffe's F)	0.0000
T-Statistic	15.88	P (T-Statistic)	0.0000**
SE (Contrast)	284.27		

Degree = 2, Quadradic Trend

Contrast	404.10	SS (Contrast)	489888
Scheffe's F	0.51	P (Scheffe's F)	0.7339
T-Statistic	1.42	P (T-Statistic)	0.1930ns
SE (Contrast)	284.27		

Degree = 3, Cubic Trend

Contrast	556.24	SS (Contrast)	928224
Scheffe's F	0.96	P (Scheffe's F)	0.4801
T-Statistic	1.96	P (T-Statistic)	0.0861ns
SE (Contrast)	284.27		

Degree = 4

Contrast	53.267	SS (Contrast)	8512.2
Scheffe's F	0.01	P (Scheffe's F)	0.9998

T-Statistic	0.19	P (T-Statistic)	0.8560ns
SE (Contrast)	284.27		

Error term used: R*N, 8 DF

Análisis de Tendencias Polinomiales

Ensayo de quinua

Polynomial Contrasts of APQ by N

Degree = 1, Linear Trend

Contrast	24.518	SS (Contrast)	1803.4
Scheffe's F	9.99	P (Scheffe's F)	0.0034
T-Statistic	6.32	P (T-Statistic)	0.0002**
SE (Contrast)	3.8795		

Degree = 2, Quadradic Trend

Contrast	-5.0156	SS (Contrast)	75.469
Scheffe's F	0.42	P (Scheffe's F)	0.7918
T-Statistic	-1.29	P (T-Statistic)	0.2322ns
SE (Contrast)	3.8795		

Degree = 3, Cubic Trend

Contrast	3.8264	SS (Contrast)	43.923
Scheffe's F	0.24	P (Scheffe's F)	0.9059
T-Statistic	0.99	P (T-Statistic)	0.3529ns
SE (Contrast)	3.8795		

Degree = 4

Contrast	-4.2869	SS (Contrast)	55.132
Scheffe's F	0.31	P (Scheffe's F)	0.8666
T-Statistic	-1.11	P (T-Statistic)	0.3013ns
SE (Contrast)	3.8795		

Error term used: R*N, 8 DF

Polynomial Contrasts of LPPQ by N

Degree = 1, Linear Trend

Contrast	7.3945	SS (Contrast)	164.03
Scheffe's F	3.89	P (Scheffe's F)	0.0484
T-Statistic	3.94	P (T-Statistic)	0.0043**
SE (Contrast)	1.8746		

Degree = 2, Quadradic Trend

Contrast	-1.9287	SS (Contrast)	11.160
Scheffe's F	0.26	P (Scheffe's F)	0.8926
T-Statistic	-1.03	P (T-Statistic)	0.3336ns
SE (Contrast)	1.8746		

Degree = 3, Cubic Trend

Contrast	2.3401	SS (Contrast)	16.428
Scheffe's F	0.39	P (Scheffe's F)	0.8107
T-Statistic	1.25	P (T-Statistic)	0.2472ns
SE (Contrast)	1.8746		

Degree = 4

Contrast	-2.1673	SS (Contrast)	14.092
Scheffe's F	0.33	P (Scheffe's F)	0.8476
T-Statistic	-1.16	P (T-Statistic)	0.2810ns
SE (Contrast)	1.8746		

Error term used: R*N, 8 DF

Polynomial Contrasts of RTOQ by N

Degree = 1, Linear Trend

Contrast	1363.4	SS (Contrast)	5.58E+06
Scheffe's F	4635.05	P (Scheffe's F)	0.0000
T-Statistic	136.16	P (T-Statistic)	0.0000**
SE (Contrast)	10.013		

Degree = 2, Quadradic Trend

Contrast	-768.29	SS (Contrast)	1.77E+06
Scheffe's F	1471.90	P (Scheffe's F)	0.0000
T-Statistic	-76.73	P (T-Statistic)	0.0000**

SE (Contrast)	10.013		

Degree = 3, Cubic Trend

Contrast	37.104	SS (Contrast)	4130.1
Scheffe's F	3.43	P (Scheffe's F)	0.0648
T-Statistic	3.71	P (T-Statistic)	0.0060**
SE (Contrast)	10.013		

Degree = 4

Contrast	-239.84	SS (Contrast)	172573
Scheffe's F	143.44	P (Scheffe's F)	0.0000
T-Statistic	-23.95	P (T-Statistic)	0.0000**
SE (Contrast)	10.013		

Error term used: R*N, 8 DF

Polynomial Contrasts of BTQ by N

Degree = 1, Linear Trend

Contrast	8018.5	SS (Contrast)	1.93E+08
Scheffe's F	158.29	P (Scheffe's F)	0.0000
T-Statistic	25.16	P (T-Statistic)	0.0000**
SE (Contrast)	318.67		

Degree = 2, Quadradic Trend

Contrast	1109.8	SS (Contrast)	3.70E+06
Scheffe's F	3.03	P (Scheffe's F)	0.0851
T-Statistic	3.48	P (T-Statistic)	0.0083**
SE (Contrast)	318.67		

Degree = 3, Cubic Trend

Contrast	-1612.2	SS (Contrast)	7.80E+06
Scheffe's F	6.40	P (Scheffe's F)	0.0130
T-Statistic	-5.06	P (T-Statistic)	0.0010**
SE (Contrast)	318.67		

Degree = 4

Contrast	-1536.7	SS (Contrast)	7.08E+06
Scheffe's F	5.81	P (Scheffe's F)	0.0171
T-Statistic	- 4.82	P (T-Statistic)	0.0013**
SE (Contrast)	318.67		

Error term used: R*N, 8 DF

ANEXO Nº 6

REPORTE DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE NITRÓGENO DEL ENSAYO DE AMARANTO:

T1

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Oswaldo villafuerte

03/26/2013

laguacoto 3 - amaranto

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 153
Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0
Desnitrificacion (kg N / ha y): 2

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 44
Indice de Lixiviacion (milimetros): 209,9
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 62

Nitrato Residual (kg N / ha y): 45
Eficiencia del Sistema (%): 29
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 3,4

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0
Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 1,21
Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 47,02
Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 34,41

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		16			
Transporte Superficial	4				
Calidad Atmosferico	2				
Sosteni-bilidad	11				
Total	22				

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

T2

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Oswaldo Villafuerte

03/26/2013

laguacoto 3 - amaranto

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 193

Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0

Desnitrificacion (kg N / ha y): 5

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 80

Indice de Lixiviacion (milimetros): 209,9

Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 59

Nitrato Residual (kg N / ha y): 49

Eficiencia del Sistema (%): 41

Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 2,4

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0,3

Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 3,61

Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 44,79

Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 37,25

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		16			
Transporte Superficial		10			
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		32			

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

T3

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Oswaldo Villafuerte

03/26/2013

Laguacoto 3 - amaranto

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 233

Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 1

Desnitrificacion (kg N / ha y): 8

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 100

Indice de Lixiviacion (milimetros): 209,9

Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 68

Nitrato Residual (kg N / ha y): 56

Eficiencia del Sistema (%): 43

Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 2,3

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0,61

Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 6,02

Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 51,61

Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 42,92

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		18			
Transporte Superficial		10			
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		34			

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

T4

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Oswaldo villafuerte

03/26/2013

Laguacoto 3 - amaranto

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 273

Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 1

Desnitrificacion (kg N / ha y): 11

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 110

Indice de Lixiviacion (milimetros): 209,9

Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 82

Nitrato Residual (kg N / ha y): 68

Eficiencia del Sistema (%): 40

Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 2,5

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0,91

Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 8,43

Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 62,58

Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 52,04

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		18			
Transporte Superficial		10			
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		34			

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yaboo.com

T5

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Oswaldo Villafuerte

03/26/2013

Laguacoto 3 - amaranto

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 313

Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 2

Desnitrificacion (kg N / ha y): 14

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 105

Indice de Lixiviacion (milimetros): 209,9

Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 105

Nitrato Residual (kg N / ha y): 87

Eficiencia del Sistema (%): 33

Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 3

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 1,22

Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 10,83

Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 79,68

Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 66,27

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		18			
Transporte Superficial		10			
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		34			

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

REPORTE DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE NITRÓGENO DEL ENSAYO DE QUINUA

T1

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Luis
03/26/2013
laguacoto 2 - quinua

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 113
Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0
Desnitrificacion (kg N / ha y): 2

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 99
Indice de Lixiviacion (milimetros): 238,1
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 8

Nitrato Residual (kg N / ha y): 5
Eficiencia del Sistema (%): 87
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,1

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0
Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 1,21
Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 5,87
Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 3,54

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos	10				
Transporte Superficial	4				
Calidad Atmosferico	2				
Sosteni-bilidad	11				
Total	16				

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

T2

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Luis

03/26/2013

laguacoto 2 - quinua

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 153

Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 0

Desnitrificacion (kg N / ha y): 5

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 130

Indice de Lixiviacion (milimetros): 238,1

Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 10

Nitrato Residual (kg N / ha y): 7

Eficiencia del Sistema (%): 85

Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,2

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0,3

Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 3,61

Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 7,78

Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 5,37

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos	10				
Transporte Superficial	4				
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total	20				

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

T3

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Luis

03/26/2013

Laguacoto 2 - quinua

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 193

Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 1

Desnitrificacion (kg N / ha y): 8

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 146

Indice de Lixiviacion (milimetros): 238,1

Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 22

Nitrato Residual (kg N / ha y): 15

Eficiencia del Sistema (%): 76

Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,3

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0,61

Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 6,02

Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 16,96

Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 11,71

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos	10				
Transporte Superficial	4				
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total	20				

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

T4

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Luis
03/26/2013
Laguacoto 2 - quinua

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 233
Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 1
Desnitrificacion (kg N / ha y): 11

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 171
Indice de Lixiviacion (milimetros): 238,1
Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 29

Nitrato Residual (kg N / ha y): 20
Eficiencia del Sistema (%): 73
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,4

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 0,91
Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 8,43
Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 22,33
Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 15,41

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		12			
Transporte Superficial	4				
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total	22				

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yahoo.com

T5

Ecuador Nitrogen Index 4.4.1

Reporte de calculo detallado

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

Informacion Basica

Luis

03/26/2013

laguacoto 2 - quinua

Evaluacion del Riesgo

Sistema de N Total (kg N / ha y): 273

Volatilizacion de Amoniaco (kg N / ha y): 2

Desnitrificacion (kg N / ha y): 14

Removido en la Cosecha (kg N / ha y): 156

Indice de Lixiviacion (milimetros): 238,1

Nitrogeno Total Lixiviado (kg N / ha y): 60

Nitrato Residual (kg N / ha y): 41

Eficiencia del Sistema (%): 57

Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo: 1,7

Evaluacion economica

Volatilizacion de Amoniaco($ / ha y (Perdida)): 1,22

Desnitrificacion($ / ha y (Perdida)): 10,83

Nitrogeno Total Lixiviado($ / ha y (Perdida)): 45,22

Nitrato Residual($ / ha y (Perdida)): 31,21

Clases o Categorias

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lixiviacion de Nitratos		16			
Transporte Superficial	4				
Calidad Atmosferico	6				
Sosteni-bilidad	11				
Total		26			

Para preguntas:

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

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

Luis Escudero
INIAP
Email: escuderoluis2005@yaboo.com

ANEXO Nº 7

Fotografías del proceso de seguimiento y evaluación de los ensayos de quinua y amaranto

Toma de muestras de suelo antes del ensayo de quinua y amaranto:

Profundidades de 0-30 y 30 a 60 cm




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







Preparación del terreno surcado y trazado de parcelas en los ensayos de quinua y amaranto






Siembra de los ensayos de quinua y amaranto







Evaluación de días a la emergencia en los ensayos de quinua y amaranto






Raleo de plantas en los ensayos de quinua y amaranto



Evaluación de número de plantas por metro lineal en los ensayos de quinua y amaranto



Fertilización complementaria con N, en los ensayos de quinua y amaranto fraccionado en tres aplicaciones 30; 60 y 90, días después de la siembra

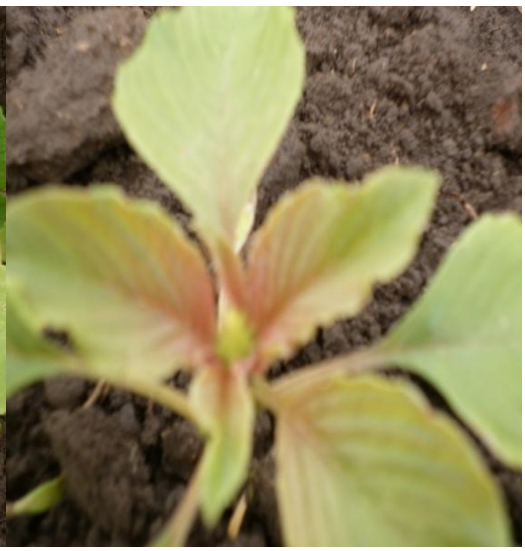





Registro de días al panojamiento en los ensayos de quinua y amaranto







Registro de dias a la floracion en los ensayos de quinua y amaranto






Evaluación de enfermedades foliares Cercospora spp y Peronospora farinosa en quinua




Controles fitosanitarios de enfermedades foliares en quinua





Evaluación de altura de plantas, longitud de la panoja en los ensayos de quinua y amaranto en cm









Registro de días a la cosecha en los ensayos de quinua y amaranto









Cosecha manual de quinua y amaranto







Toma de muestras de restos vegetales, grano en los ensayos de quinua y amaranto





Preparación de las muestras de restos vegetales y del grano




Trilla manual de la quinua y amaranto




Evaluación del porcentaje de humedad del grano




Registro del peso de mil semillas en quinua y amaranto







Registro del Peso Hectolítrico en quinua y amaranto




Evaluación del rendimiento en Kg por parcela





Visita del Tribunal de Tesis y Transferencia de Tecnología a Agricultores









Gira de observación de Técnicos de las ERAS y productores/as en madures fisiológica





ANEXO Nº 8

Glosario de Términos Técnicos

Adaptación.-El proceso de adaptarse está relacionado con cambios durante la vida del organismo. En términos fisiológicos, la palabra adaptación se usa para describir el ajuste del fenotipo de un organismo a su ambiente.

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.

Amonificación.- La amonificación es la conversión a ion amonio del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino (-NH2) o imino (-NH-).

Axonomorfa.- Se aplica a la raíz de la planta que se hunde o penetra en la tierra verticalmente como una prolongación del tronco pivotante.

Biomasa.- Considera por biomasa a todo el conjunto de elementos vivos que componen un espacio geográfico y que actúan en combinación de muchas maneras diversas afectándolo tanto positiva como negativamente.

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

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.

Episperma.- Cubierta de la semilla que proviene de los tegumentos del primordio seminal.

Endosimbiosis.- Se denomina endosimbiosis a la asociación en la cual un organismo habita en el interior del otro.

Factores abiótico.- Los factores abióticos son los distintos componentes que determinan el espacio físico en el cual habitan los seres vivos; entre los más importantes podemos encontrar: el agua, la temperatura, la luz, el pH, el suelo y los nutrientes. Son los principales frenos del crecimiento de la población.

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.

Fitomejoramiento.- El fitomejoramiento es visto como un área que se vuelve más dinámica, al permitir seleccionar plantas con características deseables como resistencia a plagas y enfermedades, alto rendimiento, siendo una estrategia incluida en el manejo fitosanitario integrado.

Fotorespiracion.- Proceso respiratorio de las plantas C3 que se da a nivel de los peroxisomas y por el cual se pierde un tercio del CO2 fijado por fotosíntesis.

Germoplasma.- El germoplasma es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras.

Hermafroditismo.- Es un término de la biología y zoología, con el cual se designa a los organismos que poseen a la vez órganos reproductivos usualmente asociados a los dos sexos: macho y hembra.

Humidificación.- La humidificación es una operación que consiste en aumentar la cantidad de vapor presente en una corriente gaseosa; el

vapor puede aumentar pasando el gas a través de un líquido que se evapora en el gas.

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.

Inflorescencia.- Sistema de ramificación o agrupación de flores. Existen dos grandes grupos principales de inflorescencias, las racemosas y las cimosas,que a su vez pueden ser simples o compuestas, según que el eje principal produzca ramitas unifloras o plurifloras, respectivamente.

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.

Lixiviación.- En sistemas de riego, cuando este se hace con aguas con un importante contenido salino, se dosifica una cantidad mayor de agua que la estrictamente necesaria para las plantas, a fin de que, al percolar esta agua hacia los drenes, evite la acumulación de sales en el terreno, lo que podría ser negativo para las plantas.

Nitrato.- Los nitratos son sales o ésteres del ácido nítrico $H\text{-}NO_3$.

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.

Nitrificación.- La nitrificación es la oxidación biológica de amonio con oxígeno en nitrito, seguido por la oxidación de esos nitritos en nitratos.

La nitrificación es una etapa importante en el ciclo del nitrógeno en los suelos.

Oxidación.- Expresado de una manera muy general, diremos que la oxidación ocurre cuando un átomo inestable pierde un electrón, lo que permite que el átomo forme un compuesto nuevo con otro elemento.

Peso hectolítrico.- El término de peso hectolítrico se refiere al concepto de "densidad aparente" del grano. Se habla de densidad aparente porque es una relación entre la masa y el volumen de una muestra de grano, considerando dentro de este volumen no solamente el espacio ocupado por los granos propiamente dichos sino también el volumen de los espacios intergranulares.

Pistilo.- Órgano femenino vegetal, que ordinariamente ocupa el centro de la flor y consta de uno o más carpelos. En su base se encuentra el ovario y en su ápice el estigma, frecuentemente sostenido por un estilo. Su conjunto constituye el gineceo.

Sésil.- Dicho de un órgano, que carece de pie o soporte.

Seudocereales.- son plantas de hoja ancha (no gramíneas), que son usadas de la misma manera que los cereales (los verdaderos cereales son pastos).Su semilla puede ser molida a harina, y así utilizada.

Volatilización.- Es el cambio de estado que ocurre cuando una sustancia pasa del estado sólido al gaseoso, por aumento de la temperatura, sin pasar por el estado líquido intermedio**.**