



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA RESPUESTA DE CUATRO LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO DURO (*Triticum durum*) A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN DOS LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE BOLÍVAR.

Proyecto de investigación 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, Carrera de Ingeniería Agronómica.

AUTORES:

JHONNY CÓRDOVA TOCTO
MARCELO FABIÁN SOLÍS ARMIJO

DIRECTOR DE PROYECTO:

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

GUARANDA – ECUADOR

2019

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA RESPUESTA DE CUATRO
LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO DURO (*Triticum durum*) A LA
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN DOS LOCALIDADES DE LA
PROVINCIA DE BOLÍVAR.**

REVISADO Y APROBADO POR:

ING. CARLOS MONAR BENAVIDES M.Sc.
DIRECTOR

ING. DAVID SILVA GARCÍA Mg.
ÁREA DE BIOMETRÍA

ING. NELSON MONAR GAVILANEZ M.Sc.
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Jhonny Córdova, con CI N° 1751741313 y Marcelo Solis, con CI N° 1714199609, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

JHONNY CORDOVA TOCTO

AUTOR

CI: 1751741313

MARCELO SOLIS ARMIJO

AUTOR

CI: 1714199609

ING. CARLOS MONAR BENAVIDES M.Sc

DIRECTOR

CI: 1801358530

ING. NELSON MONAR GAVILANEZ M.Sc.

ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

CI: 0201089836

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por haberme dado la fe, inteligencia, fortaleza y la capacidad de aprender y seguir adelante ya que sin el nada es posible.

A mis padres Irma y Marcelo, que siempre han estado a mi lado con infinito amor y dedicación.

A mi esposa Ana y esos tres retoños que son la razón de mí ser, los cuales me inspiran para seguir adelante.

A mi hermana Gabriela y su familia por el respeto y cariño mostrado.

Marcelo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios quien nos da las fuerzas y protección para seguir adelante y continuar con la meta planteada. A mi padre Juan que está en el cielo, a mi madre Reyna Latorre por haber sido el pilar fundamental para alcanzar este logro, por ser una madre ejemplar, luchadora, que cada día me enseñó a no rendirme ante cualquier dificultad.

También a mi esposa Vedsabeth por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional, a mi hermano Juan por apoyarme siempre en cada obstáculo presente; con quien compartí momentos agradables de mi vida y a mis tres hijos que son la razón para seguir adelante.

A mis hermanos que de una y otra manera han estado a mi lado apoyándome y guiándome para lograr la meta establecida.

Jhonny

AGRADECIMIENTO

Le agradecemos a Dios por su infinito amor, por habernos permitido culminar nuestra carrera profesional y ser nuestro guía en el transcurso de nuestra vida.

A nuestros padres por su amor, comprensión por habernos inculcado valores y ser la parte fundamental en nuestros logros.

A nuestras familias quienes han sido nuestro sustento y nos han dado la fuerza para seguir adelante, guiándonos y apoyándonos para lograr la meta establecida.

Al Ing. Carlos Monar Benavides (director), por compartir su experiencia en cada una de sus enseñanzas y por ser una persona ejemplar, quien dedica su tiempo al máximo a cada cosa que realiza.

A los Ing. David Silva García (Biometrista) e Ing. Nelson Monar Gavilanez (Área Redacción Técnica), quienes con su apoyo y dedicación han hecho posible culminar con esta investigación.

A la Lic. Mirian secretaria de la Facultad de Ciencias Agropecuaria Recursos Naturales y del Ambiente por su apoyo desde el inicio de nuestra carrera.

A cada uno de los docentes que impartieron conocimiento a lo largo del proceso de formación académica y por su amistad brinda.

Finalmente a la Universidad Estatal de Bolívar por abrirnos las puertas y permitirnos ser parte de tan prestigiosa institución.

ÍNDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|---|---------------|
| ÍNDICE GENERAL..... | VI |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | XIII |
| RESUMEN..... | XVI |
| SUMMARY | XVII |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. PROBLEMA | 4 |
| III. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 3.1. CEREAL | 5 |
| 3.2. ORIGEN E HISTORIA..... | 7 |
| 3.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA | 8 |
| 3.4. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS..... | 9 |
| 3.4.1. Raíz..... | 9 |
| 3.4.2. Tallo | 9 |
| 3.4.3. Hojas..... | 9 |
| 3.4.4. Flor (Espiga)..... | 10 |
| 3.4.5. La Inflorescencia | 10 |
| 3.4.6. Fruto | 11 |
| 3.5. ETAPAS DE EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRIGO | 11 |
| 3.5.1. Germinación | 11 |
| 3.5.2. Emergencia de la plántula | 11 |
| 3.5.3. Macollaje | 12 |
| 3.5.4. Alargamiento de los tallos..... | 12 |
| 3.5.5. Espigamiento..... | 12 |
| 3.5.6. Llenado y madurez del grano | 12 |
| 3.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS | 13 |
| 3.6.1. Pluviosidad | 13 |
| 3.6.2. Heliofania | 13 |
| 3.6.3. Temperatura | 14 |
| 3.7. SUELOS..... | 14 |
| 3.7.1. pH..... | 15 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.7.2. | Preparación del suelo | 15 |
| 3.8. | FERTILIZACIÓN | 16 |
| 3.8.1. | Nitrógeno..... | 16 |
| 3.8.2. | Fósforo | 17 |
| 3.8.3. | Potasio | 17 |
| 3.9. | DESINFECCIÓN DE SEMILLA | 18 |
| 3.10. | SIEMBRA | 18 |
| 3.10.1. | Siembra en surcos..... | 19 |
| 3.11. | ENFERMEDADES | 20 |
| 3.11.1. | Las royas de los cereales | 20 |
| 3.11.2. | Manchas por Cenicillas | 21 |
| 3.11.3. | Carbones..... | 21 |
| 3.11.4. | Manchas Foliars..... | 22 |
| 3.12. | DEFENSA NATURAL CONTRA PATÓGENOS Y PARÁSITOS . | 23 |
| 3.13. | GENÉTICA DE LA RESISTENCIA VEGETAL | 24 |
| 3.14. | RESISTENCIA DE NO HUÉSPED | 24 |
| 3.15. | RESISTENCIA VERTICAL..... | 24 |
| 3.16. | RESISTENCIA HORIZONTAL..... | 25 |
| 3.17. | MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL TRIGO | 25 |
| 3.17.1. | Objetivo en el mejoramiento del Trigo | 25 |
| 3.17.2. | Métodos de mejoramiento de trigo..... | 25 |
| 3.17.3. | Variedades originadas por selección | 25 |
| 3.17.4. | Variedades creadas por hibridación | 26 |
| 3.17.5. | Mejoramiento de plantas en ambientes favorables | 26 |
| 3.17.6. | Precocidad | 26 |
| 3.17.7. | Capacidad de los tallos para permanecer erectos | 27 |
| 3.17.8. | Resistencia al acame..... | 27 |
| 3.17.9. | Resistencia al desgrane..... | 28 |
| 3.17.10. | Variedades de trigo duro | 28 |
| 3.17.11. | Rendimiento del grano | 28 |
| 3.17.12. | Calidad | 29 |
| 3.17.13. | Calidad del trigo duro..... | 29 |
| 3.18. | COSECHA | 29 |
| 3.19. | NITRÓGENO..... | 30 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.19.1. | Ciclo del Nitrógeno | 30 |
| 3.19.2. | Fijación del Nitrógeno..... | 31 |
| 3.19.3. | El nitrógeno en las Plantas | 33 |
| 3.19.4. | Carencia del Nitrógeno | 33 |
| 3.19.5. | El ciclo del nitrógeno en la naturaleza | 35 |
| 3.19.6. | La producción agrícola y el nitrógeno..... | 36 |
| 3.19.7. | Método de aplicación del fertilizante | 37 |
| 3.20. | UREA | 38 |
| 3.20.1. | Propiedades | 39 |
| 3.20.2. | Solubilidad | 39 |
| 3.20.3. | Urea en la naturaleza | 40 |
| 3.20.4. | La Urea como fertilizante para diferentes tipos de cultivos..... | 40 |
| 3.21. | EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO (EUN) | 41 |
| 3.22. | DOSIS DE APLICACIÓN DEL NITRÓGENO..... | 41 |
| 3.23. | EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN TRIGO..... | 42 |
| 3.23.1. | Incrementación de la eficiencia del uso del Nitrógeno | 43 |
| 3.24. | HERRAMIENTAS PARA EL ÍNDICE DE NITRÓGENO..... | 43 |
| 3.24.1. | Índice de Nitrógeno..... | 43 |
| IV. | MARCO METODOLÓGICO..... | 46 |
| 4.1. | MATERIALES..... | 46 |
| 4.1.1. | Ubicación de los ensayos | 46 |
| 4.1.2. | Situación geográfica y climática | 46 |
| 4.1.3. | Zona de vida | 47 |
| 4.1.4. | Material experimental | 47 |
| 4.1.5. | Materiales de campo..... | 47 |
| 4.1.6. | Materiales de oficina | 48 |
| 4.2. | MÉTODOS..... | 48 |
| 4.2.1. | Factores en estudio | 48 |
| 4.2.2. | Tratamientos..... | 49 |
| 4.2.3. | Procedimiento..... | 50 |
| 4.2.4. | Tipos de análisis | 50 |
| 4.3. | MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS..... | 51 |
| 4.3.1. | Determinación del estado físico – químico del suelo..... | 51 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.3.2. | Determinación de nitrógeno de restos vegetales y grano | 52 |
| 4.3.3. | Determinación de materia seca (MS) | 52 |
| 4.3.4. | Días a la emergencia de plántulas (DEP) | 53 |
| 4.3.5. | Número de plantas por metro cuadrado (PMC) | 53 |
| 4.3.6. | Número de macollos por planta (NPM) | 53 |
| 4.3.7. | Días al espigamiento (DE) | 53 |
| 4.3.8. | Número de hojas por planta (NHPP)..... | 53 |
| 4.3.9. | Número de nudos por tallo principal (NNPTP) | 54 |
| 4.3.10. | Longitud entre nudos (LEN) | 54 |
| 4.3.11. | Color del tallo (CT)..... | 54 |
| 4.3.12. | Diámetro del tallo (DT)..... | 54 |
| 4.3.13. | Altura de plantas (AP)..... | 54 |
| 4.3.14. | Número de espigas por metro cuadrado (NEMC)..... | 55 |
| 4.3.15. | Número de espiguillas por espiga (NEE)..... | 55 |
| 4.3.16. | Número de granos por espiguilla (NGE)..... | 55 |
| 4.3.17. | Número de granos por espiga (NGE)..... | 55 |
| 4.3.18. | Longitud de espiga (LE)..... | 55 |
| 4.3.19. | Color de las espigas (CE)..... | 56 |
| 4.3.20. | Acame del tallo (AT)..... | 56 |
| 4.3.21. | Evaluación de enfermedades foliares (EEF) | 56 |
| 4.3.22. | Longitud de barbas (LB) | 57 |
| 4.3.23. | Días a la cosecha (DC) | 57 |
| 4.3.24. | Rendimiento por parcela (RP)..... | 58 |
| 4.3.25. | Porcentaje de humedad del grano (PHG) | 58 |
| 4.3.26. | Peso de 1000 semillas en gramos (PCS) | 58 |
| 4.3.27. | Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH)..... | 58 |
| 4.3.28. | Color del grano (CG)..... | 59 |
| 4.3.29. | Peso Hectolitrito (PH) | 59 |
| 4.3.30. | Grano quebrado (GQ)..... | 59 |
| 4.3.31. | Sanidad de grano (SDG) | 59 |
| 4.3.32. | Profundidad radicular (PR) | 59 |
| 4.4. | MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO | 60 |
| 4.4.1. | Preparación del suelo | 60 |
| 4.4.2. | Siembra..... | 60 |

| | | |
|---------|--|------------|
| 4.4.3. | Tape..... | 60 |
| 4.4.4. | Control químico de las malezas | 60 |
| 4.4.5. | Fertilización con nitrógeno..... | 60 |
| 4.4.6. | Cosecha | 61 |
| 4.4.7. | Trilla..... | 61 |
| 4.4.8. | Secado | 61 |
| 4.4.9. | Aventado..... | 61 |
| 4.4.10. | Almacenamiento..... | 61 |
| 4.4.11. | Análisis nutricional proximal | 61 |
| V. | RESULTADOS Y DISCUSION..... | 62 |
| 5.1. | VARIABLES AGRONÓMICAS CUANTITATIVAS | 62 |
| 5.2. | ANALISIS DE CORRELACION Y REGRESION LINEAL | 109 |
| VI. | COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 113 |
| VII. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 114 |
| 7.1. | CONCLUSIONES | 114 |
| 7.2. | RECOMENDACIONES | 116 |
| | Bibliografía..... | 111 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Descripción | Página |
|--|---------------|
| Cuadro 1.- Clasificación taxonómica del trigo. | 8 |
| Cuadro 2. Promedio de extracción de nutrientes del trigo. | 17 |
| Cuadro 3. Propiedades de la urea. | 39 |
| Cuadro 4. Ubicación de los ensayos | 46 |
| Cuadro 5.- Situación geográfica y climática de las dos localidades | 46 |
| Cuadro 6.- Líneas en estudio. | 48 |
| Cuadro 7. Número de tratamientos: AxB. | 49 |
| Cuadro 8.- Descripción del proceso de investigación. | 50 |
| Cuadro 9.- Tabla de Análisis de Varianza (ADEVA). | 50 |
| Cuadro 10. Análisis de varianza combinado. | 51 |
| Cuadro 11. Escala de COBB. 2000 | 56 |
| Cuadro 12. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% del factor A. | 67 |
| Cuadro 13. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% del factor B. | 78 |
| Cuadro 14. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% de factores AxB | 91 |
| Cuadro 15. Resultados del análisis químico del suelo | 98 |
| Cuadro 16.- Resultados de la Prueba de Tukey al 5% muestras de suelo | 99 |
| Cuadro 17. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% nitrógeno del suelo. | 101 |
| Cuadro 18. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% NxL comparacion. | 104 |
| Cuadro 19. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% análisis nutri. proximal ... | 107 |
| Cuadro 20. Resultados análisis combinado de correlación y regresión lineal ... | 109 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| Descripción | Página |
|--|---------------|
| Gráfico 1. Ciclo del Nitrógeno en la naturaleza..... | 31 |
| Gráfico 2. Etapas en el ciclo del Nitrógeno | 35 |
| Gráfico 3. Análisis de las dosis óptimas de aplicación de nitrógeno | 36 |
| Gráfico 4. Promedios Días al Espigamiento de Loc 1: Laguacoto III. 2017. | 70 |
| Gráfico 5. Promedios Días al Espigamiento de Loc 2: San Pablo. 2017. | 71 |
| Gráfico 6. Promedios Días a la Cosecha de Loc 1: Laguacoto III. 2017. | 71 |
| Gráfico 7. Promedios Días a la Cosecha de Loc 2: San Pablo. 2017. | 72 |
| Gráfico 8. Promedios del Rendimiento (kg/ha) de Loc 1: Laguacoto III. 2017. . | 72 |
| Gráfico 9. Promedios del Rendimiento (kg/ha) de Loc 2: San Pablo. 2017. | 73 |
| Gráfico 10. Promedios de Materia Seca (kg/ha) de Loc 1: Laguacoto III. 2017. | 73 |
| Gráfico 11. Promedios de Materia Seca (kg/ha) de. Loc 2: San Pablo. 2017. | 74 |
| Gráfico 12. Promedios del rendimiento (kg/ha) al 13% de humedad de 2 loc. | 74 |
| Gráfico 13. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Número de Espigas por Metro Cuadrado como efecto de cuatro dosis de N. Laguacoto III. 2017. | 80 |
| Gráfico 14. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Número de Espigas por Metro Cuadrado como efecto de cuatro dosis de N. San Pablo. 2017. | 81 |
| Gráfico 15. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Rendimiento de trigo en kg/ha al 13% de humedad por efecto de cuatro dosis de N. Laguacoto III. 2017. | 82 |
| Gráfico 16. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Rendimiento de trigo en kg/ha al 13% de humedad por efecto de cuatro dosis de N. San Pablo. 2017. | 82 |
| Gráfico 17. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Materia Seca en kg/ha al 13% de humedad por efecto de cuatro dosis de N. Laguacoto III. 2017. | 83 |
| Gráfico 18. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Materia Seca en kg/ha al 13% de humedad por efecto de cuatro dosis de N. San Pablo. 2017. . | 84 |
| Gráfico 19.- Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable número de espigas por metro cuadrado. Laguacoto III. 2017. | 93 |
| Gráfico 20. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable número de espigas por metro cuadrado. San Pablo. 2017. | 93 |
| Gráfico 21. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable número de granos por espiga. Laguacoto III. 2017. | 94 |
| Gráfico 22. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de trigo en kg/ha. Laguacoto III. 2017. | 95 |
| Gráfico 23. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de trigo en kg/ha. San Pablo. 2017. | 95 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 24. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable biomasa en kg/ha. Laguacoto III. 2017..... | 96 |
| Gráfico 25. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable biomasa en kg/ha. San Pablo. 2017..... | 96 |
| Gráfico 26. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0 a 0.15 m en dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2017. | 99 |
| Gráfico 27. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0.15 a 0.30 m en dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2017. | 100 |
| Gráfico 28. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0 a 0.15 m como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N en el cultivo de trigo duro. 2017. | 101 |
| Gráfico 29. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0.15 a 0.30 m como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N en el cultivo de trigo duro. 2017..... | 102 |
| Gráfico 30. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0 a 0.15 m como efecto de la interacción localidades por dosis de nitrógeno en el cultivo de trigo duro. 2017..... | 105 |
| Gráfico 31. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0.15 a 0.30 m como efecto de la interacción localidades por dosis de nitrógeno en el cultivo de trigo duro. 2017. | 105 |
| Gráfico 32. Contenido de Proteína (%) en cuatro líneas promisorias de trigo duro evaluado en las localidades de Laguacoto III y San Pablo. 2018. | 108 |
| Gráfico 33. Regresión lineal entre los Días a la Cosecha versus el Rendimiento de trigo duro. Promedio combinado de dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2018..... | 110 |
| Gráfico 34. Regresión lineal entre el Diámetro del Tallo versus el Rendimiento de trigo duro. Promedio combinado de dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2018..... | 110 |
| Gráfico 35. Regresión lineal entre el peso de mil semillas versus el rendimiento de trigo duro. Promedio combinado de dos localidades: Laguacoto III y San pablo. 2018..... | 111 |
| Gráfico 36. Regresión lineal entre el Número de Macollos por Planta versus el Rendimiento de trigo duro. Promedio combinado de dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2018..... | 111 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Ubicación de la investigación.
- Anexo 2. Análisis físico químico del suelo. Laguacoto III. 2017
- Anexo.3.Resultados del análisis nutricional proximal de las líneas del departamento de nutrición y calidad del INIAP.
- Anexo 4. Resultados del análisis foliar de las líneas del departamento de nutrición y calidad del INIAP.
- Anexo 5. Cromática del color verde.
- Anexo 6. Base de datos.
- Anexo 7. Precipitación durante el ciclo del cultivo de Trigo Duro.
- Anexo 8. Imágenes.
- Anexo 9. Glosario de términos técnicos.

RESUMEN Y SUMMARY

RESUMEN

El cultivo de trigo junto al maíz, arroz y papa, constituyen los alimentos globales del planeta por su contribución a la seguridad y soberanía alimentaria. El Ecuador importa anualmente el 98% de su demanda nacional de trigo, misma que está alrededor de 550.000 Tm/año, de las cuales aproximadamente el 30% corresponden a trigo duro. Este proceso de investigación con trigo duro, se viene realizando desde el año 2008 y los resultados son promisorios en cuanto a la adaptación agronómica, calidad nutricional y molinera. Este experimento se realizó en dos zonas agroecológicas (Laguacoto y San Pablo) de la provincia Bolívar, Ecuador. Los objetivos que se plantearon fueron: i) Evaluar los principales componentes agronómicos de cuatro líneas promisorias de trigo duro en dos localidades. ii) Medir el efecto de cuatro dosis de nitrógeno sobre los componentes del rendimiento. iii) Determinar la calidad nutricional proximal y molinera. Se aplicó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar en arreglo factorial y en parcela dividida con tres repeticiones y dos localidades. El factor A correspondió a las parcelas grandes con las cuatro líneas de trigo. El Factor B fueron las subparcelas con cuatro dosis de nitrógeno en kg/ha. Se evaluaron los principales componentes agronómicos del rendimiento y la calidad del grano a través de los diferentes análisis estadísticos y de calidad nutricional. El germoplasma evaluado mostró estabilidad agronómica y genética en las dos zonas agroecológicas y el rendimiento tuvo una interacción directa con la zona agroecológica. La localidad de San Pablo mostró un mayor potencial de rendimiento con 6 Tm/ha por las mejores condiciones bioclimáticas y edáficas del suelo. Sin embargo para zonas agroecológicas afectadas por el cambio climático como son la sequía, calor, alta radiación solar, amplio rango de temperatura, heladas, granizadas y vientos fuertes, el trigo duro mostró tolerancia a estos factores climáticos adversos y se obtuvieron rendimientos promedios sobre las 3 Tm/ha. Existió una respuesta lineal y cuadrática del nitrógeno sobre el rendimiento, siendo el nivel óptimo económico de 80 kg/ha. El germoplasma evaluado tiene los indicadores de calidad nutricional que demanda la industria harinera, sobresaliendo las líneas A2 y A3. Finalmente, este estudio demostró la gran potencialidad del cultivo de trigo duro en la provincia Bolívar en territorios comprendidos entre los 2200 y 2850 m de altitud y de esta manera mejorar la eficiencia de los sistemas de producción locales y contribuir a la seguridad alimentaria.

Palabras Clave: Eficiencia, Interacción, Línea, Proteína, Trigo Duro, Zona Agroecológica.

SUMMARY

The cultivation of wheat, maize, rice and potato, constitute global foods on the planet for its contribution to safety and food sovereignty. The Ecuador annually imports 98% of its national wheat demand; same which is around 550,000 Tm/year, of which about 30% correspond to durum wheat. This process of research with hard wheat has been done since 2008 and the results are promising in terms of agronomic adaptation, quality nutritional and milling. This experiment was conducted in two agro-ecological zones (Laguacoto and San Pablo) in the province of Bolivar, Ecuador. The objectives that were raised were: i) Evaluate the main agronomic components of four promising lines of durum wheat in two locations. (ii) Measure the effect of four doses of nitrogen on the yield components. (iii) Determine the quality nutritional proximal and milling. A complete block experimental design was applied to random in factorial arrangement and split plot with three replications and two locations. Factor A corresponded to the main plots with four lines of wheat. The B Factor was the split plot with four doses of nitrogen kg/ha. The main components of the agronomic performance and the quality of the grain through the different statistical analysis and nutritional quality were evaluated. The germplasm evaluated showed agronomic and genetic stability in the two agro-ecological zones and the performance had direct interaction with the agro-ecological zone. The location of San Pablo showed more potential performance with 6 Tm/ha by the best bio-climatic conditions and soil. However for agro-ecological zones affected by climate change, such as drought, heat, high solar radiation, wide range of temperature, frost, hailstorms and strong winds, the durum wheat showed tolerance to these adverse climatic factors and is they obtained yields averages about 3 Tm / has. There was a linear and quadratic response of nitrogen on yield, being the economic optimum level of 80 kg/ha. The germplasm evaluated has indicators of nutritional quality that demands the milling industry, protruding lines A2 and A3. Finally these studies demonstrated the great potential of the cultivation of durum wheat in the province Bolívar in territories between 2200 and 2850 m altitude and thus improve the efficiency of local production systems and thus contribute to the food security.

Key Words: Agro-ecological Zone, Efficiency, Interaction, Line, Durum Wheat, Protein.

I. INTRODUCCIÓN

El trigo es el cereal más utilizado en la alimentación humana, debido al alto valor energético y a un mayor contenido de proteínas en comparación con el maíz y el arroz. Este cereal se cosecha en prácticamente todo el mundo, siendo en el hemisferio norte en donde encontramos las mejores condiciones para su cultivo. La superficie cultivada de trigo es la más extendida y su comercio mundial es mayor que el del resto de los commodities agrícolas. (Gamboa, R., et al. 2015)

De la producción de trigo a nivel mundial, los principales tipos comerciales son los harineros y el trigo duro, en un 90 % y 94 % respectivamente, siendo éste último cultivado en África del Norte, Medio Oriente, la URSS, India, Italia, Francia y regiones norteafricanas de Canadá. (Strubbs, R., et al. 2007)

El consumo mundial de trigo durante el ciclo 2014/15 fue de 701.52 millones de toneladas, una cifra récord a la fecha, superior en 1.51 por ciento al consumo del año anterior. Las estimaciones de consumo para 2015/16 sitúan a éste en 714.81 millones de toneladas. El dinamismo del consumo se atribuye al consumo de países en desarrollo al igual que a las preferencias de los consumidores por el trigo como sustituto de cereales como el maíz. (Gamboa, R., et al. 2015)

En el país, no se cultiva trigo duro, sin embargo de las 600.000 TM importadas en el año 2009, casi el 40% corresponde a trigo duro para la industria de fideos (pastas), elaboración de galletas, sémola, etc. (Valenghi, D. 2006. Citado por Aguilar, X. 2013)

En el Ecuador, no se disponen de variedades de trigo duro; la UEB a través del Proyecto de Investigación y Producción de Semillas de Ingeniería Agronómica, inició en el año 2008 un proceso de investigación de 49 accesiones de trigo duro procedentes del CIMMYT, México de las cuales actualmente se disponen de cuatro accesiones con excelentes características morfoagronómicas y de calidad para la industria harinera del país, mismas que pueden ser liberadas como las

primeras variedades comerciales en el Ecuador. (Monar, C. 2012. Citado por Flores, J. 2015; Monar, C. 2016)

En la provincia Bolívar, se cultivaron aproximadamente 4.200 has en el año 2010; principalmente en los cantones Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes, con un rendimiento promedio de 1200 kg/ha. Los cereales y particularmente el trigo responden a la fertilización química y orgánica, siendo el nutriente más importante el nitrógeno por su relación directa con el contenido de proteína. (Monar, C. 2010)

Los ensayos realizados en la última década muestran una eficiencia agronómica promedio de 6 a 7 kg de trigo por cada kg de N aplicado, con máximos de 12 a 14. Esto significa que si el trigo requiere de 30 a 35 kg de N para producir una tonelada de grano, la eficiencia de utilización del nitrógeno de la urea es en promedio de 18 al 25 %. (Quintero, C. y Broschette, G. 2016)

Es de vital importancia validar la estabilidad del germoplasma en varios ambientes previo a la liberación como variedades comerciales, para dar respuestas apropiadas a los productores en función de zonas agroecológicas. (Monar, C. 2017. Entrevista Personal)

Las aplicaciones deficientes de N producen ingresos menores y llevan a la sobre explotación de los recursos, mientras que las aplicaciones excesivas aumentan los riesgos de pérdida de nutrientes. Los sistemas productivos sustentables deben ser eficientes en el uso de los insumos, para evitar estos peligros ambientales que conllevan la pérdida del N. Es por esto que se deberían validar las aplicaciones a las condiciones de fertilidad particulares y al potencial de rendimiento esperado, donde el límite de producción del cultivo está dado por la combinación del potencial genético y el ambiente en que se desarrolla. (Martínez, J., et al. 2015)

El uso de fertilizantes a base de Nitrógeno debe ser eficiente para no contaminar con excesos a través del $\text{NO}_3\text{-N}$ y que resulta en eutrofización de cuerpos en el

agua y emisiones ambientalmente dañinas de $\text{NO}_3/\text{N}_2\text{O}$. Ante el exceso de humedad puede lixiviarse y no estar al alcance del cultivo, mientras que el nitrógeno mineral puede agotarse por la absorción, evitando la transformación en materia orgánica y abonos nitrogenados. Las pérdidas globales de nitrógeno por volatilización son del 7 % en países industrializados y 18 % en países en desarrollo. (Verhulst, N., et al. 2015)

El cambio climático que se experimenta en esta última década, ha sido consecuencia de los efectos producidos por la combustión del petróleo, pero, existe también la influencia de algunas especies reactivas de nitrógeno como el óxido nitroso en combustibles y su uso masivo en fertilizantes nitrogenados. La degradación de este abono termina por convertirse en amonio en el aire, en donde deterioran la capa de ozono y aumentan el efecto invernadero, por otro lado los óxidos al mezclarse con vapor de agua forman ácido nítrico que suele caer como lluvia ácida. (Olivares, J. 2007)

Por lo tanto esta investigación estuvo centrada en validar germoplasma de trigo duro en varios ambientes y la respuesta a varias dosis de nitrógeno.

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

- Evaluar las principales características agronómicas de cuatro líneas promisorias de trigo duro en dos localidades.
- Determinar el efecto de cuatro dosis de N sobre la producción de trigo duro.
- Generar una base de datos consistente de los principales descriptores morfológicos y agronómicos de las cuatro líneas de trigo duro

II. PROBLEMA

El Ecuador en la constitución del 2008 se auto impuso el lograr la soberanía alimentaria, en su Artículo 281 dice: “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente”. Sin embargo el 98% del trigo que se consume en nuestro país es importado y solamente el 2% restante de la producción es realizada en nuestro país con variedades de trigo harinero que no son utilizables para la industria de la pasta, galletas y fideos, en el cual se utiliza trigo duro, y su demanda se incrementa entre el 2 y 3% por cada año.

La falta de políticas serias y que respalden la producción en el Ecuador de este cereal, y limitados recursos para los procesos de investigaciones para la obtención de variedades resistentes a enfermedades foliares como las royas (*Puccinia spp*), carbones (*Tilletia spp*), mancha foliar (*Helminthosporium sp*) y (*Fusarium sp*), han incidido en que la producción de trigo en el país sea deficitaria y deficiente calidad para los diferentes segmentos de la cadena de valor de trigo.

La incorrecta utilización del nitrógeno en los cultivos de trigo de la zona es causante de la pérdida del nitrógeno del suelo por lixiviación, volatilización y desnitrificación contaminando el agua, suelo y ambiente. La eficiencia química del N, es inferior al 25 % en Ecuador y apenas una producción de 10 kg de grano por kg de N aplicado.

Por los antecedentes mencionados es vital obtener nuevas variedades de trigo duro a través del proceso de investigación, que se adapten a las condiciones edafoclimáticas de nuestro país, con resistencia a las enfermedades y que responda a la demanda de la industria molinera nacional.

III. MARCO TEÓRICO

1.1. CEREAL

Cuando hacemos referencia a cereales estamos hablando de todo lo relativo o perteneciente a la diosa de la mitología romana Ceres que era la que ejercía como deidad de la tierra y de la agricultura.

Se conoce como cereales a las plantas que pertenecen a la familia de las gramíneas, que contienen almidón, lípidos, celulosa, gluten y distintas proteínas que en su conjunto son componentes básicos en la alimentación humana. (Hernández, G. 2015)

Actualmente, los cereales son la gran fuente de la alimentación humana en todos los continentes, contiene hidratos de carbono, proteínas, grasas y sales minerales, almacenando en su grano una gran cantidad de energía fácilmente asimilable (Carrera, A., et al. 2005).

Después del maíz y el frijol, el trigo es una de las tres Fuentes más importantes de nutrientes de bajo costo en la dieta, sobre todo para las poblaciones rurales y urbanas de escasos recursos. Además, tanto el cultivo de trigo como su procesamiento y consumo, generan una importante derrama económica y un gran número de empleos en varios sectores y actividades de la cadena del Sistema Producto Trigo. (Peña, R., et al. 2008)

A lo largo de la historia el trigo ha llegado a ser considerado como el mejor de los cereales para su uso en la alimentación humana, sustituyendo completamente a la cebada y al centeno, por lo que el comercio internacional se ha centrado prácticamente en este cereal, y por tanto, la disponibilidad de trigo es considerada como un signo de civilización avanzada, reflejando generalmente, una situación alimentaria favorable de muchos millones de personas al mismo tiempo, indicando estabilidad en las condiciones económicas y políticas. Los países con

un adecuado suministro de trigo han sido considerados durante siglos bien nutridos. (Carrera, A., et al. 2005)

Bajo esta denominación se incluye un conjunto de especies del género *Triticum* de cada características muy diversas, desde variedades espontáneas distribuidas por oriente próximo, hasta variedades de trigo cultivadas distribuidas por todo el mundo que corresponden fundamentalmente a las especies (*T. aestivum* L., trigo blando y *Triticum turgidum* L. var. *durum*, trigo duro) y constituye a escala mundial la principal fuente de calorías y proteínas en la alimentación humana, siendo cultivadas en zonas con condiciones climáticas muy variables. (Carrera, A., et al. 2005)

El género *Triticum* contiene alrededor de 30 tipos de trigos que tienen suficientes diferencias genéticas como para ser considerados especies distintas o subespecies. Alrededor de la mitad se cultivan en alguna parte del mundo y el resto crece en forma silvestre. (Steven, A. 2005)

El trigo tetraploide (*Triticum durum*), conocido comercialmente como durum, macarronero, cristalino, o candeal, posee un endospermo muy duro (vítreo) de apariencia cristalina, muy adecuado para producir pastas alimenticias. (Kohli, M. 2007)

Históricamente, es probable que los trigos duros tradicionales se hayan adaptado mejor que los trigos harineros tradicionales a las difíciles condiciones de las regiones donde se siembran los duros. Algunos científicos piensan que, como clase, los duros tienen más éxito que los harineros en el llenado de grano durante el periodo de clima abrasador que caracteriza el final del ciclo de crecimiento en las regiones productoras de trigo duro. (Steven, A. 2005)

El contenido de proteínas en el trigo duro es aproximadamente un 30 – 35% más elevado que el trigo blando (panadero), lo que se traduce en un mayor contenido de este constituyente en la pasta alimenticia que en el pan, si ambos contenidos se

expresan sobre base seca. El (*Triticum durum*) contiene, así mismo, más beta – caroteno, que se trata de proteger a lo largo del proceso de obtención de la sémola, puesto que el color es uno de los índices de calidad de la pasta alimenticia. (Hernández, M. 2009)

La industria molinera genera dos tipos de productos: de tipo A o harinas, que se obtienen de la molienda de trigos de los grupos 1, 2 y 3 o de su mezcla, con tres grados de calidad (común o estándar, fina y extrafina), los cuales constituyen la base para la elaboración de panes, tortillas, galletas, pasteles y cereales de desayuno; y de tipo B o sémolas (exclusivamente del grupo 5), para elaborar pastas y macarrones. (Peña, R., et al. 2008)

Los manufactureros desean macarrón de color ámbar fuerte o dorado. El color del grano de los trigos duros puede variar de blanco a amarillo naranja. Los industriales mezclan a menudo diferentes duros para obtener el color que desean, pero rechazan los de color blanco o gris, o moteado. El color amarillo deseable es causado por un alto porcentaje de caroteno. (Steven, A. 2005)

La clasifica con base en el color de su grano, en el caso del trigo duro (*Triticum durum*), es ámbar. El color del trigo es determinado por una capa de pigmentos localizada entre el endospermo y las capas externas del grano (pericarpio); los trigos blancos carecen de pigmento. (Kohli, M. 1997)

1.2. ORIGEN E HISTORIA

El trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. El arroz, el maíz y el trigo son indudablemente los tres cereales que más se cultivan en el mundo y los de mayor consumo humano. En los últimos años se ha estimado que el arroz ocupa aproximadamente 148 millones de hectáreas; el maíz, 140 millones, y el trigo, un poco más de 200 millones. Juntos proveen más del 60 por ciento de las calorías y proteínas necesarias en nuestra dieta diaria. (Ramos F. 2013)

Las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre hace más de doce mil años eran del tipo (*Triticum monococcum* y *Triticum dicoccum*), caracterizadas fundamentalmente por tener espigas frágiles que se disgregan al madurar. En América fue introducido por los españoles primero en Chile y Bolivia se admite que Sebastián Cobo sembró trigo por primera vez en 1526. (Escobar W. 1997)

1.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

| | |
|--------------------|----------------------|
| Reino: | <u>Plantae</u> |
| División: | <u>Magnoliophyta</u> |
| Clase: | <u>Liliopsida</u> |
| Orden: | <u>Poales</u> |
| Familia: | <u>Poaceae</u> |
| Subfamilia: | <u>Pooideae</u> |
| Tribu: | <u>Triticeae</u> |
| Género: | <u>Triticum</u> |
| Especie: | turgidum |
| Nombre científico: | Triticum turgidum L. |

Cuadro 1.- Clasificación taxonómica del trigo.

Fuente: Hilleweart, H. 2016

1.4. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

1.4.1. Raíz

El trigo posee una raíz fasciculada, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad. (Hilleweart, H. 2016)

Por otra parte en suelo franco arcilloso se ha evaluado que las raíces dependiendo de la variedad llegan hasta 30 cm de profundidad y en suelos francos el sistema radicular puede llegar hasta los 40 y 50 cm. de profundidad. (Monar, C. 2002)

1.4.2. Tallo

El tallo del trigo es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0,50 a 2 metros de altura, es poco ramificado, al comienzo de la fase vegetativa se halla dentro de una masa celular que constituye el nudo de ahijamiento, presenta brotes auxiliares a partir de los cuales se origina los tallos hijos, se vuelve después hueco, salvo en los nudos, donde permanece compacto. (Rojas, M. 2003. Citado por Flores, J. 2015)

El nudo verdadero es un tabique que se manifiesta por una zona más abultada o algo contraído y es el punto donde nace la hoja y la yema. Su papel es dar consistencia a la caña y al nudo vaginal en el engrosamiento de la base de la vaina que envuelve el entrenudo. El tamaño de los entrenudos es variable según las especies, estando muy influenciados por las condiciones del suelo y clima. (Monar, C. 2004. Citado por Guerrero E. 2017)

1.4.3. Hojas

Las hojas del trigo tienen una forma lineal lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas. Entre el limbo y la porción envainadora se encuentran un tejido de color blanco y sutil, de

naturaleza membranosa, denominada lígula su forma y tamaño sirve para diferenciar el trigo de los demás géneros de cereales cuando las plantas aún no han echado las espigas, tienen una longitud de 15 a 25 cm y de 5 a 1 cm de ancho. (Rojas, M. 2003. Citado por Flores, J. 2015)

1.4.4. Flor (Espiga)

La flor es muy pequeña y desprovista de atractivo visual, su fecundación constituye un hecho importante, tiene lugar antes de la apertura de flor, es decir, antes que las anteras aparezcan al exterior. El trigo es una planta autógena, la cual tiene consecuencias importantes, en la práctica de la selección del cruzamiento y la reproducción de la planta. (Rojas, M. 2003. Citado por Flores, J. 2015)

1.4.5. La Inflorescencia

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas, lodículos o glomélulas, las que albergan los órganos sexuales, integrados por tres estambres y un pistilo. Este pistilo posee un estigma bifido, el ovario encierra un solo óvulo. (Esquinas, J. 2006. Citado por Flores, J. 2015)

La espiga está compuesta de varias espiguillas distribuidas a lo largo de ambos lados del raquis. Cada espiguilla está integrada por flores individuales (florejillas) que contienen los órganos femenino (pistilos) y los masculinos (estambres) encerrados en una cubierta protectora llamadas lema y palea. Durante la floración, las florejillas se abren y las partes de los estambres que contienen el polen se abren y lo liberan. El polen cae sobre los estigmas (partes receptoras de los órganos femeninos) de su propia flor (autopolinización). (Stubbs, R., et al. 2007)

1.4.6. Fruto

El fruto de los cereales se denomina cariósipide, tiene una forma ovalada y en los extremos redondeada, sobresaliendo el germen en uno de ellos y en el otro, un mechón de finos pelos. Se forma por tres partes principalmente: endospermo, salvado y germen. La mayor parte del salvado lo constituye el pericarpio que forma la epidermis, el epicarpio y el endocarpio; contiene vitaminas, minerales y gran cantidad de proteínas. Entre el salvado y el endospermo se encuentra la capa de aleurona que cumple un papel fundamental en el desarrollo del embrión durante la germinación. Éste es el depósito de alimento para el embrión y constituye el 82 % del peso del grano, contiene almidón, proteínas y pequeñas cantidades de celulosa, vitaminas y minerales, El germen es rico en vitaminas del grupo B y E, grasas, proteínas y minerales. (Juárez Z., et al. 2014)

1.5. ETAPAS DE EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRIGO

Desde la siembra del grano hasta la cosecha, la planta de trigo atraviesa seis estadios diferentes:

1.5.1. Germinación

La germinación de las semillas implica, en primer lugar, la hidratación de sus tejidos, paso previo para que la germinación pueda continuar, siempre que las condiciones de temperatura, aporte de oxígeno e iluminación sean las adecuadas. (Pita, J. 2006)

1.5.2. Emergencia de la plántula

La emergencia de la plántula es cuando aparece la primera hoja a través del coleóptilo, cada hoja se desarrolla a intervalos de 8 a 10 días. (Abadia, B. 2017)

1.5.3. Macollaje

Durante este proceso que dura entre 30 y 40 días la planta incrementa el número de tallos, hojas y raíces. (Martin, G. 2011)

1.5.4. Alargamiento de los tallos

Esta etapa se caracteriza por la elongación de los entrenudos, que dan origen al “tallo verdadero” de las plantas. En este sentido, se destaca que cada tallo tiene en su base un nudo por cada hoja diferenciada separado por entrenudos de menos de 1 mm. (Abadia, B. 2017)

1.5.5. Espigamiento

El estado de vaina engrosada o bota se inicia cuando la espiga asciende y termina cuando las primeras aristas (o espiguillas en cultivares múticos) comienzan a emerger por arriba de la lígula de la hoja bandera. Durante este período se logra la máxima tasa de acumulación de materia seca de la espiga y se produce la formación de los gametos masculinos y femeninos. Además, cuando las puntas de las aristas emergen desde la vaina de la hoja bandera, la espiga alcanza su mayor longitud. En este estado generalmente la vaina de la hoja bandera se abre y deja ver la espiga. (Abadia, B. 2017)

1.5.6. Llenado y madurez del grano

Existe un período crítico para el llenado de granos, que va desde 20 días prefloración y 10 días post floración, guardando relación dicho proceso con las condiciones ambientales como la temperatura y la disponibilidad hídrica. Durante la primera fase se crean los sitios dónde se acumulará el almidón y proteínas. Período que se completa en 10-20 días (la cantidad de días, depende de la temperatura). Fase denominada “lag” (retraso), porque ya hubo fertilización pero no hay sustancial ganancia de materia seca. La segunda fase es el período efectivo de llenado, iniciando 10-15 días después de la floración, se superpone con la

primera fase y se extiende por unos 25-35 días. Período dónde se sintetiza y acumula la mayor cantidad de proteínas. La tercera fase, se inicia con la madurez fisiológica y se extiende por un tiempo variable en función del porcentaje de humedad con el que se pretende cosechar. Con la relación a la calidad panadera es importante destacar que los distintos tipos de proteínas de reserva se depositan en distintos momentos durante el llenado de granos, por ejemplo, las gliadinas son las primeras proteínas de reserva en depositarse y aparecen en pequeña proporción alrededor de los 5-10 días después de la floración, ya que representan el 10% de la cantidad total en madurez fisiológica. Las gluteninas son detectables alrededor de 20 días después de la floración. (Casas, L., et al. 2012)

1.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS

El cultivo de trigo requiere las siguientes condiciones climáticas:

1.6.1. Pluviosidad

Requiere de 450 a 650 mm durante el ciclo de cultivo. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm/día, la absorción de agua del cultivo se ve poco afectada para un agotamiento del agua del suelo inferior al 50 % del total de agua disponible en el suelo. Existen procedimientos moderados de agua para el cultivo cuando los niveles de agotamiento son del 70 al 80 % y un procedimiento riguroso con noveles que sobrepasan el 60 %. (Martínez, A.; López, F. 2012)

1.6.2. Heliofania

La luz no es un factor importante. Sin embargo, en un cultivo denso las hojas inferiores reciben poca luz. Por lo tanto, la eficiencia fotosintética es baja sin embargo necesitan de 1500 a 2000 horas de sol durante el ciclo de cultivo. En la época de floración, el trigo requiere un periodo de días largos es decir, con más de 12 horas por día. Cuando la duración del día no es suficiente en la época de

floración, estas se tardaran o no florecerán. Sin embargo algunas variedades son insensibles a la duración del día. (Rojas, M. 2003. Citado por Flores, J. 2015)

En variedades cultivadas en Ecuador como INIAP - Cojitambo, INIAP - Cotacachi, Cibambe, Greina y Crespo, prospera con menos de 900 horas /luz /año. (Monar, C. 2002. Citado por Flores, J. 2015)

1.6.3. Temperatura

El trigo se cultiva principalmente en zonas templadas. Sin embargo las plantas pueden crecer en áreas con altas temperaturas a condición que no haya alta humedad. La temperatura en que se cultiva en nuestro país está ubicada entre rangos de 8 a 18°C. (Rojas, M. 2003. Citado por Flores, J. 2015)

Por otra parte en algunos lugares el trigo germina a 0°C, la temperatura más adecuada para el cultivo de trigo va de los 10 a los 20°C pudiendo notarse que las temperaturas de 16 a 19°C son las mejores. En cuanto a las unidades de calor, el trigo necesita 2200 unidades distribuidas de la siguiente manera: siembra a la floración: 1000 unidades. Floración a la madurez: 1200 unidades. (Centro Internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT. 2006. Citado por Flores, J. 2015)

1.7. SUELOS

El trigo requiere suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular. Al ser poco permeables los suelos arcillosos conservan demasiada humedad durante los inviernos lluviosos. El suelo arenoso requiere, en cambio, abundante lluvia durante el verano, dada su escasa capacidad de retención. En general se recomienda que las tierras de secano dispongan de un buen drenaje. (Guerrero, E. 2017)

De acuerdo a las investigaciones se ha comprobado que los suelos franco arcillosos y franco arenosos son los más indicados para este cultivo. El trigo se puede cultivar en suelos de la más diversa naturaleza con un buen porcentaje de arcilla, además de cierta cantidad de cal, es decir que son buenos para el cultivo de trigo suelos francos de tipo suelto y bien drenado. (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIAP. 2006. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.7.1. pH

El trigo prospera mal en tierras ácidas; las prefiere neutras o algo alcalinas. También los microorganismos beneficiosos del suelo prefieren los suelos neutros o alcalinos. (Guerrero, E. 2017)

1.7.2. Preparación del suelo

Cuando el trigo va en regadío puede suceder a muchos otros cultivos y según el cultivo precedente, será distinta la labor de preparación. Si por tratarse de sembrar sobre rastrojo de maíz o incluso sobre un rastrojo anterior de trigo, etc., se considera conveniente alzar el terreno a cierta profundidad, siempre hay que tener muy en cuenta que al trigo le va mal para su nacencia que se encuentre la tierra demasiado hueca. Si por las razones que sean se ha realizado una labor de alzar relativamente profunda, habrá que tratar de dejar el terreno más apelmazado. (INIAP. 1999. Citado por Guerrero, E. 2017)

Esto se consigue mucho con las gradas de discos pesadas, que, aunque aparentemente dejan el terreno muy fino y hueco, esto ocurre en algunos centímetros de la superficie, pero debajo de esta capa superficial, dado su elevado peso, más bien compactan. Es curioso observar que en las rodadas de los tractores, al regresar de la besana sobre el terreno sembrado, la nacencia del trigo es mejor

Esta labor tiene por objeto remover la capa superficial del suelo, hasta una profundidad de 20-30 cm, con la cual se consigue airear la tierra y enterrar los

residuos vegetales del cultivo anterior. La preparación del suelo dependerá del cultivo que precedió al que se va a realizar. Si antes fue un cultivo de escarda el trabajo será más sencillo, porque el terreno está más suelto como consecuencia de ser removido constantemente por las labores del cultivo, y por eso se impidió el desarrollo de las malezas. Para estos casos se hará suficiente un arado, una cruz, un paso de rastra de disco, otro con rastra de dientes, finalmente la nivelada. Tiempo previo para preparar el suelo será de unos tres meses, y si no fuera posible, al menos se iniciara la preparación con 45 días de anticipación a la siembra. (INIAP. 2001. Citado por Guerrero, E. 2017)

En suelos de la provincia Bolívar y en rotación después de maíz asociado con fréjol, es suficiente barbecho con yunta un mes antes de la siembra y una labor de cruz un día antes de la siembra. En dotación después de la papa se recomienda únicamente una cruz. (Monar, C. 2002. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.8. FERTILIZACIÓN

1.8.1. Nitrógeno

Las principales fuentes de nitrógeno para las plantas son la materia orgánica del suelo y el añadido con los fertilizantes. Las plantas lo toman preferentemente en forma nítrica o en forma amoniacal. Los fertilizantes nitrogenados de forma nítrica se usarán cuando se encuentre avanzado el estado de cultivo, ya que, al no ser el ion NO_3^- retenido por los suelos, puede lavarse con lluvias abundantes. El nitrógeno estimula la vegetación y la macolla y enriquece los granos de gluten, por lo que mejoran en calidad. La escasez de nitrógeno hace que las plantas tomen un color verde pálido, que el crecimiento sea lento y la planta se endurezca. Su exceso prolonga el ciclo vegetativo de la planta. (INIAP. 2006. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.8.2. Fósforo

El fósforo interviene activamente en la mayor parte de las reacciones bioquímicas complejas de la planta que son la base de la vida: respiración, síntesis y descomposición de glúcidos, síntesis de proteínas, actividad de las diastasas, etc. (Stauffer, 2003. Citado por Capelle, J. 2011)

A principio de la vida vegetativa del trigo, el fósforo favorece mucho el desarrollo de las hojas, que se encuentran más enderezadas, y beneficia también notablemente el desarrollo radicular. El fósforo es un correctivo del nitrógeno en el sentido de que da más rigidez a la planta, También resiste las heladas, así como el nitrógeno retrasa la maduración, el fósforo la anticipa. (CIMMYT. 2007. Citado por Flores, J. 2015)

1.8.3. Potasio

Corrientemente se denomina "potasa" al óxido de potasio, K_2O , y en potasa se expresan las riquezas de los fertilizantes potásicos. La potasa queda enterrada por los coloides del suelo, por lo que debe incorporarse con una rastra para ponerla al alcance de las raíces. El potasio disminuye la transpiración, por lo que la resistencia a la sequía aumenta; también hace a la planta más resistente al frío. La necesidad máxima de potasio para el trigo es en el encañado. (Flores, J. 2015)

A continuación se determina el promedio general de extracción de nutrientes de los tipos de trigo:

| Extracciones | Trigo Blando | Trigo Duro |
|--------------|-------------------|-------------------|
| N | 28 Kg/Tm grano | 32 Kg/Tm grano |
| P_2O_5 | 14 Kg/Tm grano | 15 Kg/Tm grano |
| K_2O | 25-40 Kg/Tm grano | 25-40 Kg/Tm grano |

Cuadro 2. Promedio de extracción de nutrientes del trigo.

Fuente: Mulero, J. 2007. Citado por Flores, J. 2015

1.9. DESINFECCIÓN DE SEMILLA

La desinfección se realiza por prevención, acción que debe ser ejecutada un día antes de instalación del cultivo, toda esta labor se realiza para evitar la presencia de hongos. Se recomienda cualquier fungicida de contacto. (Cuadros, Y. 2009)

1.10. SIEMBRA

En nuestra provincia, las siembras se inician entre diciembre y abril, sin embargo en algunas zonas se acostumbra a sembrar antes tomando en cuenta los factores climáticos. La cantidad de semilla a emplearse para la siembra varía con el tipo de suelo, variedad y método de siembra. (Monar, C.; Valenghi, D. 1999. Citado por Flores, J. 2015)

En trabajos realizados por el INIAP en nuestra provincia, se recomienda sembrar 140 Kg/Ha de semilla certificada en el sistema de siembra al voleo para trigo harinero y entre 180 y 200 kg/ha para trigo duro bien sea en surcos o al voleo. (Monar, C. 1998. Citado por Flores, J. 2015; Monar, C. 2017)

Para el trigo duro se puede establecer los siguientes criterios para la siembra:

- Establecer unas 250 plantas/m² - 500 ± 10% (espigas); tomando en consideración el Poder germinativo y peso de 1000 semillas.
- Trigo duro: 180-230 kg/Ha.
- Máquina: Separación entre líneas 15-18 cm.
- Al voleo: Desaconsejable.
- Profundidad: 2-5 cm. (Mulero, J. 2007. Citado por Flores, J. 2015)

En el ciclo vegetativo del trigo se distinguen tres períodos:

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

- Período de reproducción, desde el encañado hasta la terminación del espigado.
- Período de maduración, que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección.

1.10.1. Siembra en surcos

La siembra en surcos o línea, se realiza con sembradoras de cereales de invierno que efectúa la operación de siembra y la de abonada a la vez. Con este sistema se reduce la cantidad de semillas empleadas a 120 Kg/Ha. la distribución de las plantas es más uniforme, el grado de ahijamiento mayor. (Producción Agrícola, 1995. Citado por Guerrero, E. 2017)

En la zona sur de los cantones de San Miguel y Chillanes, la siembra se realiza en surcos realizados con arado de reja separados cada 20 y 25 cm, posteriormente se realiza el tape con el mismo arado de reja, o con tracción de la yunta. (Monar, C. 2002. Citado por Guerrero, E. 2017)

Ventajas

- Se puede establecer un buen programa de control de control de malezas.
- Se obtiene mejor calidad del grano.
- Se puede producir semilla.
- Se puede ahorrar agua para uso agrícola
- Se limpia de malezas sustancialmente para siembras en melgas en años posteriores. (Moreno, O., et al. 2008)

Desventajas

- Falta de equipo y oportunidad del mismo.
- No se recomienda en suelos muy arenosos, arcillosos o salinos.

- El rendimiento se recomienda un poco menor en forma general. (Moreno, O., et al. 2008)

1.11. ENFERMEDADES

Durante su ciclo vegetativo el trigo es susceptible al ataque de plagas y enfermedades producidas por diferentes patógenos, las principales plagas y enfermedades que se presentan en el cultivo son:

1.11.1. Las royas de los cereales

Son hongos del género *Puccinia spp*, que ocasionan unas pústulas en las hojas y las espigas de los cereales. En las hojas, las pústulas perjudican la asimilación y perturban el metabolismo, con lo que el rendimiento disminuye. (Guerrero, E. 2017)

Las pústulas que ocasionan son origen de un gran número de esporas, que son transportadas por el viento y originan la propagación de la enfermedad. Entre las royas más importantes se encuentran la roya amarilla, producida por el hongo (*Puccinias triiformis*), la roya de la hoja, producida por (*Puccinia recondita*) y la roya del tallo producida por (*Puccinia graminis*). La defensa contra las royas es el cultivo de variedades resistentes a ella. No obstante, en caso de años de enfermedad, pueden ser útiles económicamente algunos fungicidas como Triadimefon (Bayleton 250 CE) y Butrizol. (Guerrero, E. 2017).

- **Roya Amarilla (*Puccinia striiformis*)**, las pústulas de la roya amarillas o lineal, que contiene uredosporas de un color que varía entre amarillo y el amarillo anaranjado, por lo general forman estrías estrechas sobre las hojas. Se pueden encontrar pústulas sobre vainas, cuellos y glumas. (CIMMYT. 2008. Citado por Guerrero, E. 2017).
- **Roya del Tallo (*Puccinia graminis*)**, las pústulas que contienen masas de uredosporas, son de color café oscuro y se les encuentra en ambas caras de la

hoja, en los tallos y las espigas. Si la infección es leve, por lo general las pústulas están dispersas, pero se aglutinan cuando la infección es intensa. Antes de que se formen las pústulas pueden aparecer "pecas" y, antes de que las masas de esporas emerjan a través de la epidermis, es posible palpar los sitios de infección que se perciben como zonas ásperas al tacto; a medida que emergen las masas de esporas, los tejidos superficiales adquieren una apariencia áspera y agrietada. (Pressott, J., et al. 1986)

1.11.2. Manchas por Cenicillas

- **Oídio (*Erysiphe graminis*)**, el hongo causante de la enfermedad persiste en invierno como micelio en el rastrojo del trigo y en gramíneas silvestres. Las ascosporas son producidas y esparcidas al trigo por el viento durante la primavera, aunque esto puede retrasarse dependiendo del clima. Primero atacan las hojas más bajas, para después ir ascendiendo hasta alcanzar la espiga.

Las hojas atacadas presentan unas manchas verdes rodeadas por zonas amarillentas. En el centro de estas manchas aparece una pelusa que está formada por diversos órganos del hongo.

El daño se produce por la reducción de la capacidad fotosintética cuando las superficies verdes son sombreadas y por la absorción de agua y nutrientes de la planta por el hongo. (AgroEs.es. 2015)

1.11.3. Carbones

- **Carbón Hediondo (*Tilletia caries*)**, las plantas enfermas son de menor desarrollo, altura y muestran un color blanquecino en madurez. En las espigas, los granos toman una forma esférica y son reemplazados por una masa de esporas de color negro que despiden un fuerte olor (trimetilamina) a pescado descompuesto (carbón hediondo). (Mandariaga, R. 2018)
- **Carbón Volador (*Ustilago tritici*)**, la enfermedad se hace evidente sólo al momento de la emergencia de las espigas. Al igual que en el Carbón Cubierto,

el Carbón Volador es una enfermedad mono cíclica, es decir tiene una sola aparición en el ciclo del hospedero. Todo el crecimiento vegetal de la espiga a excepción del raquis es reemplazado por clamidosporas del hongo, de color negro, pulverulento que se desprenden fácilmente con la acción del viento. (Mandariaga, R. 2018)

1.11.4. Manchas Foliares

- **Tizón Foliar (*Septoria tritici*)**, los sitios de infección inicial tienen una forma irregular, con manchas o lesiones cloróticas ovales o alargadas. A medida que se extienden, en centro de las lesiones se toma de color pajizo pálido, ligeramente necrótico, a menudo con numerosos puntitos negros (picnidios). Las lesiones causada por *Septoria tritici* tienden a ser lineales y restringidos lateralmente. Puede ser afectado en todo las partes de la planta, las infecciones intensas puede matar las hojas, espigas y toda la planta. (CIMMYT. 2007. Citado por Guerrero, E. 2017)
- **Tizón Foliar (*Helminthosporium sativum*)**, las lesiones tienen forma alargada u oval y por lo general son de color café oscuro. Conforme madura la lesión en el centro a menudo se torna de color que varía entre el café claro y el bronceado, y está rodeado por un anillo irregular de color café oscuro. (CIMMYT. 2007. Citado por Guerrero, E. 2017)
- **Mancha Foliar (*Fusarium nivale*)**, a fines de la etapa de formación de nudos y comienzos del embuchamiento aparece la enfermedad *Fusarium nivale*. Las lesiones se presentan como zonas moteadas ovales o elípticas, de color verde grisáceo, localizadas generalmente donde se curva la hoja. Las lesiones crecen con rapidez, convirtiéndose en manchas “oculares” con centros blanquecinos a partir del centro de las lesiones. El hongo también puede ser tizón de las plántulas, pudrición del pie, roña del espigado y moho níveo rosado. Las esporas se reproducen en el aire fresco y húmedo sobre la superficie del suelo y son transportadas a las hojas por el viento y la lluvia. (CIMMYT. 2008. Citado por Guerrero, E. 2017)

- **Mancha foliar por alternaría (*Alternaria triticina*)**, aparecen pequeñas lesiones cloróticas ovales o elípticas que, a medida que se extienden, toman una forma irregular. Los bordes de las lesiones pueden volverse difusos y de color café claro u oscuro. La infección comienza generalmente en las hojas inferiores, pero se pueden encontrar síntomas en todas las partes de la planta. El hongo sobrevive en forma de esporas sobre la semilla, o de micelios dentro de ésta. La esporulación en las hojas inferiores produce inóculo que puede ser dispersado por el viento y originar la propagación secundaria de la enfermedad. El inóculo transmitido por la semilla a menudo causa infecciones en la última parte del ciclo de cultivo. La humedad elevada o la irrigación y las temperaturas cálidas (20 a 25°C) favorecen la infección y el desarrollo de la enfermedad. (Prioletta, S. 2015)
- **Virus del Amarillamiento (BYDV)**, las plantas afectadas presentan hojas amarillentas, crecimiento de raíces reducido, retraso (o ausencia) de la formación de espigas y disminución del rendimiento. Las espigas de las plantas enfermas tienden a mantenerse erguidas y se tornan negras o descoloridas durante la maduración, a causa de las colonias de hongos saprofitos. (CIMMYT. 2008. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.12. DEFENSA NATURAL CONTRA PATÓGENOS Y PARÁSITOS

Tres estrategias de defensa pueden ser reconocidas en plantas: Evasión Resistencia y Tolerancia, el más importante es la resistencia. La evasión reduce los chances para el contacto entre huésped o planta alimento y un potencial enemigo natural, generalmente con un resultado de una particular morfología, fonología u olor de la planta huésped. (Danial, D. 1998. Citado por Castillo, J. 1998)

Resistencia es la habilidad de la planta para reducir el crecimiento y/o desarrollo de la cantidad de daños por unidad de cantidad de parásito, mientras más baja la producción, más tolerante (igual menos sensibilidad) es la planta. (PREDUZA. 1998. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.13. GENÉTICA DE LA RESISTENCIA VEGETAL

La introducción o apareamiento de un gen de resistencia en el hospedero provoca el surgimiento de un gen de virulencia en el patógeno que le posibilita vencer ese gen de resistencia. Los patógenos que pueden vencer esa resistencia suelen estar presentes en bajas frecuencias, en la población del patógeno, o ser el resultado de una mutación. De esta manera, para cada gen nuevo de resistencia incorporado surgirá uno de virulencia correspondiente en el patógeno. (Aramendiz, H. 2017)

1.14. RESISTENCIA DE NO HUÉSPED

Es bien conocido que todas las especies de plantas son completamente resistentes a una mayoría de potenciales enemigos naturales, en otras palabras, todas las especies de plantas no son huéspedes (plantas no comestibles) para una mayoría de potenciales enemigos. (Rosales, M.; Mascarúa, M. 2001. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.15. RESISTENCIA VERTICAL

La resistencia vertical por lo general se controla por uno o algunos genes (de ahí el nombre de resistencia monogénica u oligogénica). Al parecer, estos genes controlan una etapa importante de la interacción que se establece entre el patógeno y la planta hospedante y, por tanto, tienen una función importante en la expresión de la resistencia vertical (resistencia de genes mayores). En presencia de la resistencia vertical, el hospedante y el patógeno al parecer son incompatibles y el primero generalmente responde desarrollando una reacción de hipersensibilidad y, de esta forma, el patógeno no puede establecerse ni multiplicarse en la planta hospedante. En general, la resistencia vertical inhibe el establecimiento inicial del patógeno que llega al campo proveniente de plantas hospedantes que carecen de (o tienen) genes mayores distintos que confieren resistencia a la planta. La resistencia vertical inhibe el desarrollo de epifitias al limitar el inóculo inicial. La resistencia vertical es muy común contra hongos y nematodos, pero es rara contra insectos, bacterias y virus. (Aramendiz, H. 2017)

1.16. RESISTENCIA HORIZONTAL

La resistencia horizontal, a pesar de ser efectiva contra todas las razas, apenas disminuye el tamaño de las lesiones producidas por el patógeno, aumenta el período de incubación del mismo, disminuye el número de esporas producidas por lesiones, etc. Todos sus efectos son parciales: menor número de esporas infectan el follaje de las variedades horizontalmente resistentes; las lesiones se desarrollan más lentamente; las esporas son producidas en menor cantidad y más tardíamente. Todos estos efectos sumados producen una reducción en la tasa de desarrollo de la enfermedad (Agrios. 2005. Citado por Aramendiz, H. 2017)

1.17. MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL TRIGO

1.17.1. Objetivo en el mejoramiento del Trigo

Tienen como objetivo seleccionar los mejores genotipos dentro de una población, o crear genotipos nuevos con características previamente definidas. (Maçãs, B. et al. 2011. Citado por Tueros, M. 2018)

1.17.2. Métodos de mejoramiento de trigo

Las mitologías de selección actuales siguen rigurosamente los postulados de la genética Mendeliana. Las mitologías, aplicadas a diferentes formas de producción de las plantas es lo que se denomina “Métodos de Mejoramiento”. (Maçãs, B. et al. 2011. Citado por Tueros, M. 2018)

1.17.3. Variedades originadas por selección

El hombre selecciona las plantas que le ofrecen más ventajas (mejores frutos, mayor crecimiento, mayor resistencia a enfermedades, etc.), y realiza cruzamientos selectivos entre esas variedades para obtener descendencia con mejores rendimientos. Además, desde que es agricultor, el hombre no solo ha seleccionado sino que también ha trasladado especies vegetales de un lugar a otro,

a otras condiciones ambientales. Estas variables ambientales también originaron gran diversidad en los vegetales. (ChileBio. 2018)

1.17.4. Variedades creadas por hibridación

Desde 1930, la mayor parte de las variedades mejoradas, se han obtenido por hibridación, esto es lógico ya que solo se puede llevar a cabo un programa inteligente de hibridación una vez que se han seleccionado y probado los materiales progenitores y se han aislado las mejores líneas de dichos materiales. La gran acumulación de conocimientos en el campo de la genética en la primera parte de este siglo, han conducido a una mayor comprensión de la mecánica y los principios que intervienen en la combinación de características convenientes de variedades progenitoras mediante la hibridación. (Manual Agrícola, 1994. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.17.5. Mejoramiento de plantas en ambientes favorables

Aunque aparentemente se ha estabilizado el nivel más alto de resistencia de trigo al invierno, en la actualidad los fitogenetistas han creado muchas variedades que combinan con una excelente resistencia al invierno con mejorías en varias calidades, como la resistencia al acame. Resistencia a las enfermedades, mejor grano y rendimiento. En los granos de cereales, el germoplasma doméstico con un crecimiento adaptado a la primavera podría ser una fuente valiosa de diversidad genética para la tolerancia al frío. (Partsons, D. 1994. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.17.6. Precocidad

En muchas zonas ha habido una tendencia hacia la obtención de variedades de trigo más precoces. Durante el periodo de maduración, un adelanto puede evitar daños de final de estación, además de permitir una recolección temprana. Pero también hay ciertas desventajas; los trigos extremadamente precoces pueden ser de bajo rendimiento y menor resistencia, hay menos producción debido a que las

plantas tienen un período de crecimiento más corto para macollar, florear, elaborar y almacenar principios nutritivos para el grano. (Mauri, P., Vergara, G. 2003)

Variedades precoces con ciclo de cultivo de 130 a 150 días son los más apropiados en zonas agroecológicas con alta incidencia de fuertes vientos y lluvias menores de 400 a 500 mm anuales. (Monar, C. 2002. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.17.7. Capacidad de los tallos para permanecer erectos

La capacidad de una variedad para permanecer erectos en el campo hasta el momento de la cosecha sin pérdida del grano tiene importancia para la obtención de alto rendimiento. El uso combinado y la aplicación de mayores cantidades de fertilizantes, en particular nitrógeno, han aumentado la necesidad de que el fitomejorador obtenga mejores variedades con relación a su capacidad de permanecer erectos. (Poehlman, J. 1995. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.17.8. Resistencia al acame

Es uno de los principales accidentes del periodo reproductivo en los cereales, que puede causar mermas muy importantes en el rendimiento del grano. El encamado se produce a consecuencia del doblamiento, más o menos acentuado, de los entrenudos de la base del tallo, que no pueden soportar el peso del sistema aéreo de la planta (Carrera, A., et al. 2005. Citado por Indurain, I. 2010).

La causa mecánica directa del encamado es la lluvia o el viento. Entre los factores que favorecen el encamado están: exceso de agua y nitrógeno, alta densidad de plantas, o insuficiente insolación de las plantas. Todas estas situaciones generan normalmente desequilibrios entre la nutrición nitrogenada y carbonada. El nitrógeno favorece la elongación de los tejidos y la insuficiencia de glúcidos frena la solidificación de las paredes de sostén (Carrera, A., et al. 2005).

1.17.9. Resistencia al desgrane

Las pérdidas por desgrane se presentan generalmente cuando la cosecha combinada se retrasa por algún tiempo después de la maduración especialmente si los trigos maduran durante un periodo bastante caluroso y seco. (Monar, C. 2000. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.17.10. Variedades de trigo duro

En términos generales, es frecuente clasificar las variedades de trigo en alguno de los tres grupos siguientes en función a la duración del ciclo: variedades de otoño o de ciclo largo, variedades alternativas y variedades de primavera o ciclo corto. A su vez las alternativas se pueden dividir en alternativas tardías o alternativas precoces.

Anton (Ciclo largo)

Don Pedro

Gallareta (Ciclo medio)

Jabato (Ciclo corto)

Nuño (Ciclo corto)

Regallo (Ciclo medio)

Sula (Ciclo medio)

Vitron (Ciclo medio) (Carrera, A., et al. 2005)

1.17.11. Rendimiento del grano

El rendimiento de una variedad se mide en kilogramos o en hectolitros por hectárea. La capacidad de una variedad para producir se manifiesta mediante los procesos fotosintéticos y metabólicos dentro de la planta. Se debiera decir que la capacidad de rendimiento de una variedad depende de su capacidad peculiar para sintetizar almidones, proteínas y otros materiales, tras localizarlos y almacenarlos en el grano. (Práctica de los Cultivos, 1996. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.17.12. Calidad

Los objetivos del mejoramiento del trigo están especialmente hacia la producción de un mayor rendimiento del grano. Para el agricultor que se interese por la calidad para el mercado del trigo el concepto de calidad no siempre tiene el mismo significado para él, que para el molinero o el panadero a quienes interesa principalmente para la molienda y la panificación. (Poehlman, J. 1995. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.17.13. Calidad del trigo duro

- **Peso específico (Kg/Hl):** Relacionado con el rendimiento de harina o sémola. Valores normales: 77-80 (trigo blando), 78-82 (trigo duro).
- **% Proteínas:** Explican bien el comportamiento posterior de la masa ya que el gluten (galeína y glutamina) retiene CO₂ permitiendo a la masa expandirse. Valores normales: 10-13%.
- **Rendimiento de Molienda:** % de harina o sémola extraída. Valores normales: 70-75%.
- **% Cenizas:** Contenido de sales minerales. Relacionado inversamente con rendimiento en harina o sémola. Valores normales: 1,5-1,9%.
- **Peso de 1000 semillas (g):** Sobre todo en trigo duro. Valores normales: 35-50g.
- **En Trigos Duros, además: Vitrosidad (%):** Expresa dureza y compacidad del grano. Muy relacionado con el rendimiento en sémola. Ha de ser mayor del 80%. Carácter genérico pero muy influido por ambiente.
- **% β-Caroteno:** Da color amarillo-ámbar. Debe ser mayor del 4%. (Mulero, J. 2007. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.18. COSECHA

La cosecha se realiza en época seca del año cuando el grano se encuentre lo suficiente maduro pero no fácilmente desprendible de las espigas para evitar

pérdidas. La cosecha puede ser realizada a mano con hoz, o a máquina. (Fierro, H. 1997. Citado por Flores, J. 2015)

1.19. NITRÓGENO

La palabra nitrógeno proviene de las voces griegas νίτρον (nitron=nitrato potásico) y γεν (gen=generación), y designa a un elemento no metálico que se encuentra en la atmosfera en estado gaseoso y en numerosos compuestos inorgánicos y orgánicos; que no sirve para la respiración ni para la combustión, y constituyen casi las cuatro quintas partes del aire atmosférico. Es un elemento fundamentalmente en la composición de los seres vivos. El nitrógeno es un elemento químico de símbolo N y su número atómico 7. El nitrógeno elemental es un gas diatómico, incoloro, insípido, y en su mayoría inerte en condiciones normales, lo que constituye 78,09% en volumen de la atmosfera terrestre. El elemento nitrógeno fue descubierto como un componente separable de aire, por el médico escocés Daniel Rutherford, en 1.772. (Treviño, J. 2017)

Es un nutriente de gran importancia debido a su presencia en las principales biomoléculas de la materia vegetal; si añadimos que los suelos suelen soportar un déficit de este elemento, tendremos que, junto al potasio y el fósforo, es uno de los elementos claves en la nutrición mineral. En términos mundiales es el elemento que más limita las cosechas y por ello, el que más se fertiliza. (Álvarez, R. 2017)

1.19.1. Ciclo del Nitrógeno

El nitrógeno es esencial para la vida; es un elemento biogénico; forma parte de las proteínas, principales componentes de la celulosa. La fuente natural de nitrógeno es la atmosfera, pero los seres vivos no lo asimilan directamente; para que lo incorporen es necesaria una serie de pasos que en conjunto constituyen el ciclo biológico del Nitrógeno. El nitrógeno se encuentra libre en la atmósfera, en forma de gas N₂. Por las descargas eléctricas, durante las tormentas, el nitrógeno

se une con el oxígeno y forma NO_2 (nitrito) y NO_3 (nitrato) que son arrastrados al suelo por la lluvia. (Bermejo, I. 2010)

- Las bacterias nitrificantes toman directamente el nitrógeno atmosférico y lo convierten en amoníaco NH_3 . Sobre el amoníaco actúan las bacterias nitrosomas que lo convierten en nitrito, NO_2 . Sobre el nitrito actúan las bacterias Nitrobacter que lo convierten en nitrato NO_3 que se fija en el suelo.
- Las plantas absorben del suelo los nitratos disueltos en el agua y con la fotosíntesis utilizan el nitrógeno para elaborar proteínas y clorofila.
- Los herbívoros, con la digestión, transforman las proteínas vegetales en proteínas animales.
- Sobre los restos animales y vegetales, actúan las bacterias desnitrificantes que liberan el nitrógeno N_2 a la atmósfera.
- Parte del nitrógeno liberado por las bacterias desnitrificantes se convierte en amoníaco NH_3 , que puede permanecer en el suelo o puede ir a la atmósfera, cerrándose el ciclo. (Bermejo, I. 2010)

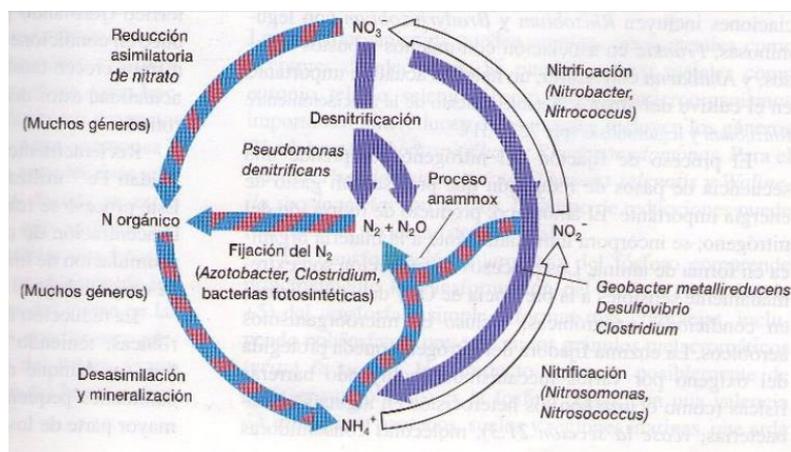


Gráfico 1.- Ciclo del Nitrógeno en la naturaleza
Fuente: Costas, J., et al 2009

1.19.2. Fijación del Nitrógeno

Se denomina Fijación de nitrógeno al proceso de reducción del nitrógeno gaseoso de la atmósfera a amonio (NH_4^+). Y se denomina reducción asimilatoria de nitrato

al proceso de reducción del nitrato de amonio o que es lo mismo, a la transformación del nitrógeno del amonio (NH_4^+) a su forma orgánica. Frecuentemente los niveles de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) en los suelos son muy bajos, y solo algunas procariotas pueden llevar a cabo la fijación del nitrógeno atmosférico. Las células eucariotas carecen por completo de esta capacidad, limitando el crecimiento de las plantas. (Costas, J., et al 2009)

Es necesario apuntar que la fijación de nitrógeno es un proceso que consume mucha energía, y que los fijadores simbióticos de nitrógeno obtienen esta energía del cultivo al que están asociados, lo que en un principio provoca algunas pérdidas en la producción vegetal. Además parece que los organismos no simbióticos pueden funcionar eficazmente a temperaturas altas del suelo, pero salvo el (*Azotobacter spp.*) no son eficaces en condiciones templadas. Muchos suelos, en especial los suelos ácidos, no poseen poblaciones activas de estas bacterias y se ha determinado ampliamente que la inoculación bacteriana puede aumentar los rendimientos. (FAO, 1996. Citado por: Flores J. 2015)

Uno de los compuestos, el nitrato, la forma más usual tomada por la planta, es clave en su nutrición y puede hallarse en el suelo derivado del contenido mineral del mismo, de aquel que se pueda incorporar de la atmósfera o de la bio-transformación de las moléculas orgánicas que lo contienen formando parte de los restos vegetales y animales que allí llegan o de los propios microorganismos que lo habitan. La desnitrificación, o reducción del nitrato hasta nitrógeno molecular o de nitrógeno N_2 , es una actividad microbiana importante, cuantitativamente considerada y por su efecto contaminante del ambiente. Las pérdidas de nitrógeno asimilable que esta actividad conlleva son compensadas por la llamada fijación de nitrógeno, que se entiende como la oxidación o reducción de este elemento para dar óxidos o amonio. (Olivares, J. 2008)

1.19.3. El nitrógeno en las Plantas

Sobre el efecto de diferentes niveles de investigación y la fertilización nitrogenada en los componentes de la productividad del cultivo del trigo, buscando encontrar mejores condiciones del manejo de irrigación y la fertilización nitrogenada como muchos trabajos, se ha demostrado que la eficiencia del uso del agua es mayor con el aumento de la aplicación del nitrógeno. Sí sabemos que para obtener una tonelada de trigo son necesarios entre 30 y 35 kg de nitrógeno, entonces para obtener un rendimiento de 4 t se necesitan de 120 a 135 kg de fertilizante. Por tanto, si en el suelo hay por ejemplo solo 50 kg, se deben agregar los 70-75 kg faltantes. Por su parte, se ha planteado que para obtener un rendimiento de 3 000 kg de grano por hectárea con un contenido de proteína del 12 %, es necesario que el cultivo absorba 105 kg N/ha. Sí sabemos que para obtener una tonelada de trigo son necesarios entre 30 y 35 kg de nitrógeno, entonces para obtener un rendimiento de 4 t se necesitan de 120 a 135 kg de fertilizante. Por tanto, si en el suelo hay por ejemplo solo 50 kg, se deben agregar los 70-75 kg faltantes. Por su parte, se ha planteado que para obtener un rendimiento de 3 000 kg de grano por hectárea con un contenido de proteína del 12 %, es necesario que el cultivo absorba 105 kg N/ha. En sus investigaciones se encontró que el contenido de proteínas en granos de trigo fue afectado directamente por el nitrógeno incorporado y por los efectos residuales del nitrógeno aplicado al cultivo previo. Más aún cuando la tasa de aplicación al cultivo precedente fue de 60 kg N/ha menores que la dosis normal requeridas. La concentración de proteína en el trigo estuvo en riesgo de no alcanzar los niveles exigidos por los molinos. (Moreno, I. 2001)

1.19.4. Carencia del Nitrógeno

El NH_4 y NO_2 son las formas de N inorgánico del suelo más abundantes. El primero, puede provenir de la mineralización o de fertilizantes y, en condiciones aeróbicas, es rápidamente transformado a NO_2 . Por consiguiente, el NO_3 domina comúnmente en suelos agrícolas, mientras que en ecosistemas naturales o suelos anegados el NH_4 es la especie dominante. Las plantas de trigo pueden utilizar

tanto NH_4 como NO_3 , beneficiándose con la nutrición mixta en determinados estados de desarrollo. La disponibilidad de estas formas para el cultivo depende de diversos factores bióticos y abióticos. Tanto los excesos como la escasez de agua en el suelo limitan la absorción de nutrientes. Los primeros lo hacen por deficiencia de oxígeno y muerte de raíces. Los segundos, porque los tres mecanismos involucrados en la nutrición mineral, el flujo de masa, la difusión y la intercepción por las raíces son reducidos. A su vez los excesos hídricos promueven pérdidas de N que reducen su disponibilidad. Dentro de los mecanismos de pérdida de N por excesos hídricos, es probable que la desnitrificación sea cuantitativamente el más importante a juzgar por el tipo de suelo y condiciones ambientales de la región. Este proceso ocurre en condiciones anaeróbicas, cuando ciertos organismos del suelo, aeróbicos facultativos, toman NO_2 o NO_3 como aceptor final de electrones, liberando N_2O o N_2 . La presencia de residuos carbonosos frescos favorece la transformación. Los excesos de agua en el suelo o el consumo elevado de O_2 de raíces y microorganismos en suelos con problemas estructurales y limitada difusión del gas, originan frecuentemente períodos de anaerobiosis. Por consiguiente, es probable que una proporción relativamente importante del N del fertilizante se pierda por esta vía. Como toda pérdida, la desnitrificación significa menor retorno económico, pero a su vez, si el producto final es N_2O , contribuye a la degradación de la capa de ozono y al efecto invernadero. La lixiviación es otro mecanismo de pérdida de N favorecido por excesos de agua en el suelo. El nitrato es extremadamente soluble en agua pues no es retenido por la fracción sólida del suelo. El potencial de lixiviación es elevado en suelos arenosos, pues el nitrato disuelto en el agua se mueve rápidamente. En suelos arcillosos el movimiento del agua es más lento, pero suelos con arcillas expansivas pueden desarrollar rajaduras que constituyen canales de flujo por donde el agua puede moverse rápidamente y con ella el nitrato, hasta quedar fuera del alcance del sistema radicular. (Kohli, M. 1997)

1.19.5. El ciclo del nitrógeno en la naturaleza

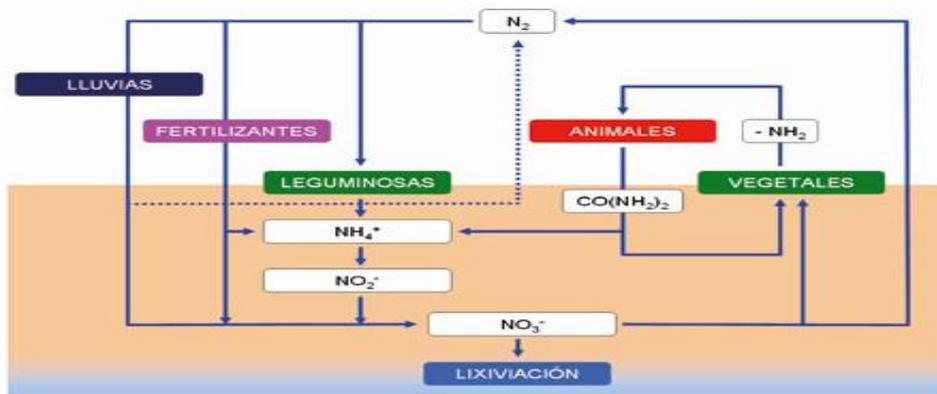


Gráfico 2. Etapas en el ciclo del Nitrógeno

Fuente: Durán, J., et al. 2010

- **Fijación:** Consiste en la incorporación del N atmosférico a las plantas, por medio de la enzima nitrogenasa presente en algunas bacterias y cianobacterias que habitan en el suelo y en ambientes acuáticos, en ausencia de oxígeno. Para ello, los microorganismos (*Rhizobium sp.*) que llevan a cabo esta transformación ($N_2 > NH_3 > NO_3$) viven en el interior de nódulos, siendo las leguminosas las especies huésped en las que suelen habitar y la leg-hemoglobina el pigmento rojo que caracteriza su actividad. Según algunos autores, la cantidad de N fijado por estas bacterias en la biosfera es del orden de 200 millones de toneladas anuales. (Guerrero, E. 2017)
- **Nitrificación o mineralización:** Las raíces de las plantas que cultivamos tan solo pueden absorber dos formas de N: Nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). El amonio se convierte en nitrato por medio de la nitrificación. La transformación del amonio en nitrato aumenta con la temperatura ($> 10\text{ }^\circ\text{C}$) y el pH (5.5 – 6.5) del medio. El proceso se realiza en dos etapas: a) transformación del amonio (NH_4^+) en nitrito (NO_2^-) por medio de bacterias presentes en el suelo (nitrosomonas y nitrococcus); y b) transformación del nitrito (NO_2^-) en nitrato (NO_3^-) por medio de otras bacterias también presentes en el suelo (Nitrobacter). En realidad se trata de dos reacciones de tipo oxidativo, de las cuales las bacterias obtienen energía. (Durán, J., et al. 2010)

- **Asimilación:** Tiene lugar cuando las plantas absorben nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+) a través de sus raíces. En el interior de la planta, estas moléculas son metabolizadas y debidamente combinadas con azúcares y otras moléculas procedentes de la actividad fotosintética, el N se incorpora finalmente a aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos (ADN y ARN) u otras sustancias propias de cada especie. Los animales consumen estas sustancias y las transforman en otras similares de naturaleza animal. (Durán, J., et al. 2010)

1.19.6. La producción agrícola y el nitrógeno

La dosis óptima de nitrógeno que debemos aportar a un cultivo depende de tres factores: a) el cultivo; b) la “fertilidad” de la parcela en el momento de realizar la aplicación; y c) el objetivo que deseamos alcanzar. Por lo tanto, en la mayor parte de los casos, la decisión de utilizar una determinada dosis no puede tomarse a partir del mero cálculo de las extracciones que lleva a cabo el cultivo, tal como se ha venido haciendo durante muchos años, siguiendo las recomendaciones de los tratados clásicos de fertilización en agricultura. (Durán, J., et al. 2010)

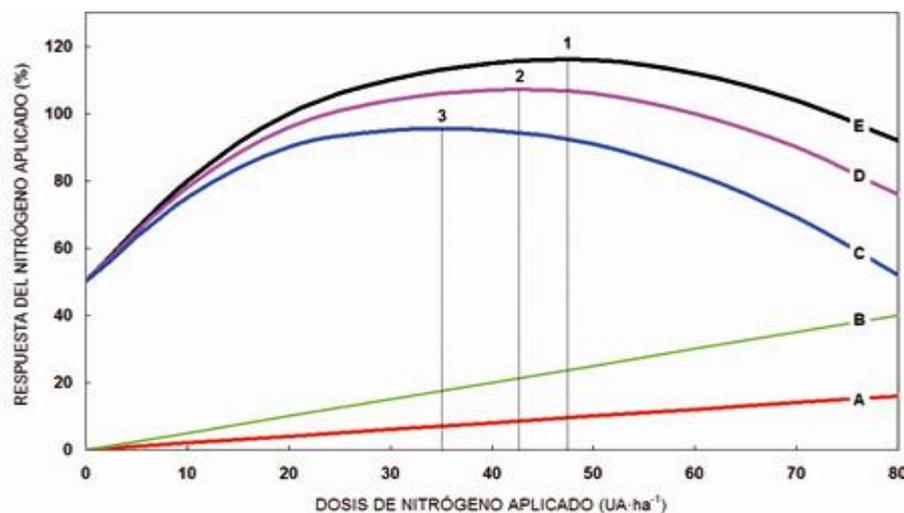


Gráfico 3. Análisis de las dosis óptimas de aplicación de nitrógeno: Agronómica (1), económica (2) y ambiental (3). Curvas: A, Coste del N aplicado; B, coste ambiental del N aplicado; C, beneficio agrícola ambiental; D, beneficio agrícola y E, producción bruta. La dosis de N óptima ambiental siempre es inferior a las dosis óptimas económica y agronómica.

Fuente: Durán, J., et al. 2010

Las recomendaciones agronómicas sobre fertilización están basadas en trabajos experimentales y son válidas para cultivos y zonas concretas. Cuando comparamos el aumento de producción que experimenta un cultivo en función de la cantidad de nitrógeno aplicada por hectárea (UA, unidades arbitrarias), nos encontramos que la producción bruta (E) deja de crecer a partir de un determinado punto (1); se trata del óptimo agronómico. Si observamos la función de producción (D) que se obtiene cuando restamos el coste del N aplicado (A) a la producción bruta (E), obtenemos otro óptimo; se trata del óptimo económico (2) y finalmente, si fuéramos capaces de estimar el coste ambiental que representa la aplicación de N (B), restándolo de la producción bruta (E) obtendríamos otro óptimo; en este caso, se trataría del óptimo ambiental (3). De lo anteriormente expuesto se desprenden dos conclusiones: a) Que la aplicación óptima de N depende claramente del objetivo que deseamos alcanzar (agronómico, económico o ambiental); y b) que los tres óptimos están íntimamente relacionados entre sí ($N_{\text{ambiental}} < N_{\text{económico}} < N_{\text{agronómico}}$). (Durán, J., et al. 2010).

1.19.7. Método de aplicación del fertilizante

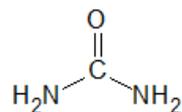
Los cereales de grano pequeño absorben hasta el 90 % del nitrógeno antes de la etapa de hoja bandera. Los residuos aplicados en la superficie con una relación C/N de > 30 atrapan al nitrógeno del fertilizante durante el proceso de descomposición realizado por microorganismos cuando se aplica el fertilizante al voleo, mientras que la colocación del fertilizante debajo de la superficie del suelo evita el contacto directo del nitrógeno del fertilizante con los residuos del cultivo y puede ser útil para reducir el potencial para la volatilización, desnitrificación e inmovilización. La aplicación en bandas de compuestos nitrogenados en el subsuelo en la agricultura de conservación parece ser un método de aplicación eficiente para mejorar la recuperación del fertilizante en comparación con la aplicación de compuestos nitrogenados por medio de voleo. (Cox, R., et al. 2015)

La reducida EUN en la agricultura de conservación que se observó en algunos estudios puede deberse a la aplicación al voleo del fertilizante nitrogenado. Hay

una falta de fertilizadoras adecuadas y baratas para la aplicación del fertilizante debajo de la superficie del suelo en la agricultura de conservación. Los agricultores pequeños y medianos pueden usar estos implementos para una aplicación suficiente y eficiente de su fertilizante nitrogenado. Los científicos y fabricantes de maquinaria locales deben combinar esfuerzos para idear la maquinaria necesaria y para promover nuevos métodos de aplicación de fertilizantes nitrogenados. La aplicación debajo de la superficie del suelo por medio de inyección con disco superficial, inyección con cincel, inyección a presión de abono de ganado vacuno y porcino puede reducir la volatilización del NH₃ y reducir las pérdidas de nutrientes en el escurrimiento pero potencialmente puede incrementar las emisiones de N₂O. (Verhulst, N., et al. 2015)

1.20. UREA

Urea, también conocida como carbamida, carbonildiamida o ácido arbamídico, es el nombre del ácido carbónico de la diamida. Cuya fórmula química es (NH₂)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. (León, J. 2012)



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. (León, J. 2012)

1.20.1. Propiedades

| | |
|--|--|
| Peso molecular | 60.06 g/mol |
| Densidad | 768 Kg/m ³ |
| Punto de fusión | 132.7 °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 de formación a 25 °C | 47120 cal/mol (endotérmica) |
| Corrosividad | Altamente corrosivo al acero al carbono. Poco al aluminio, zinc y cobre. No lo es al vidrio y aceros especiales. |

Cuadro 3. Propiedades de la urea.

Fuente: León, J. 2012

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 (NH₃ y CO₂). (Méndez, A. 2011)

1.20.2. Solubilidad

Es muy soluble en agua, alcohol y amoníaco. Poco soluble en éter y otros a temperatura ambiente. (Guerrero, E. 2017)

- **Principales reacciones**

Por termo descomposición, a temperaturas cercanas a los 150 – 160 °C, produce gases inflamables y tóxicos y otros compuestos. Por ejemplo amoníaco, dióxido de carbono, cianato de amonio (NH₄OCN) y biurea HN (CONH₂)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. (León, J. 2012)

1.20.3. Urea en la naturaleza

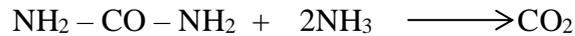
La urea es producida por los mamíferos como producto de la eliminación del amoníaco, el cual es altamente tóxico para los mismos. El llamado ciclo de la urea, es el proceso que consiste en la formación de urea a partir de amoníaco. Por otra parte, se encuentran en el suelo numerosas bacterias que liberan una enzima llamada ureasa. La ureasa es una enzima hidrolítica que cataliza la reacción de descomposición de urea por el agua, con formación de una molécula de anhídrido carbónico y dos moléculas de amoníaco. De ésta forma vemos que en dos situaciones distintas, en la naturaleza se verifica la reacción en ambos sentidos. (Textos Científicos. 2005)

1.20.4. La Urea como fertilizante para diferentes tipos de cultivos

El 90% de la urea producida se emplea como fertilizante. Se aplica al suelo y provee nitrógeno a la planta. También se utiliza la urea de bajo contenido de biuret (menor al 0.03%) como fertilizante de uso foliar. Se disuelve en agua y se aplica a las hojas de las plantas, sobre todo frutales, cítricos. La urea como fertilizante presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno, el cual es esencial en el metabolismo de la planta ya que se relaciona directamente con la cantidad de tallos y hojas, las cuáles absorben la luz para la fotosíntesis. Además el nitrógeno está presente en las vitaminas y proteínas, y se relaciona con el contenido proteico de los cereales. (León, J. 2012)

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



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. (Quiminet. 2007)

1.21. EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO (EUN)

La EUN es la proporción de rendimiento del grano por unidad de nitrógeno disponible en el suelo, incluido el nitrógeno del suelo residual presente y el fertilizante nitrogenado. Sin embargo, no todo el nitrógeno disponible en la planta viene del fertilizante nitrogenado. La EUN es una función de la estructura edáfica, condiciones climáticas, interacciones entre el suelo y procesos bacterianos y la naturaleza de las fuentes de nitrógeno orgánicas e inorgánicas, lo cual no está incluido en la siguiente fórmula. La forma más sencilla de calcular la EUN es con base en un balance parcial de nitrógeno:

$$\text{EUN} = (\text{nitrógeno exportado del campo a los cultivos}) / (\text{nitrógeno aplicado})$$

(Verhulst, N., et al. 2015)

1.22. DOSIS DE APLICACIÓN DEL NITRÓGENO

La dosis de fertilizante nitrogenado aplicado es el principal factor para determinar el rendimiento, seguido por la fuente de nitrógeno, momento de la aplicación y método de aplicación. Se puede calcular la dosis óptima de fertilizante nitrogenado a través del análisis de muestras de suelo colectadas antes de la siembra o con el uso de sensores. La dosis óptima varía con el potencial de

rendimiento del sistema de producción. Una evaluación válida de la dosis de nitrógeno considera:

- El potencial de productividad del suelo
- Cultivos previos
- Relación del precio de los fertilizantes nitrogenados al valor del cultivo
- Minimizar pérdidas ambientales.

En todos los casos, se deberá evitar una aplicación excesiva de compuestos nitrogenados. Los síntomas del exceso son rendimientos reducidos debido a que el cultivo está más susceptible a plagas y enfermedades y así como al acame. Por lo general, las plantas reducen la movilización del nitrógeno al grano y continúan con su crecimiento vegetativo. (Verhulst, N., et al. 2015)

1.23. EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN TRIGO

La eficiencia fisiológica con la que las plantas de trigo utilizan el N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de N. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de N absorbido en toda la planta, mientras que para el trigo la eficiencia fisiológica media está alrededor de 30 kg de grano/kg de N. Los coeficientes de requerimientos de N que se utilizan en los modelos de balance son la inversa de esta eficiencia, lo que da para maíz unos 20 a 25 kg de N/t de grano y para trigo unos 30 a 35 kg N/t grano. La eficiencia agronómica expresa los kg de grano producidos por kg de N aplicado como fertilizante. Este valor depende de la eficiencia fisiológica, de la proporción del N disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo. 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. En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de N se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia. (Quintero, C., Broschette, G. 2016)

1.23.1. Incrementación de la eficiencia del uso del Nitrógeno

Una de las prácticas recomendadas para incrementar la eficiencia de uso del N a valores que rondan el 70 %, es la fertilización foliar. Sin embargo esta alternativa se ve limitada por las bajas cantidades que se pueden adicionar por aplicación (10 kg N/ha). Ante condiciones propicias para la pérdida de N, habría que tratar de incorporar el fertilizante al suelo o utilizar dosis bajas en más de una aplicación. Otra alternativa es la utilización de inhibidores de la actividad ureásica o de la nitrificación o fertilizantes de liberación lenta. Utilizar fuentes alternativas de N como el nitrato de amonio calcáreo o el UAN puede contribuir a reducir las pérdidas gaseosas en algunas situaciones en particular. Sin duda la mejora genética de híbridos o cultivares capaces de utilizar con mayor eficiencia el N sería de gran utilidad, sin embargo esto se contrapone con la selección en ambientes de alta dotación de nitrógeno. (Quintero, C., Broschette, G. 2016)

1.24. HERRAMIENTAS Y USOS TECNOLÓGICOS PARA EL ÍNDICE DE NITRÓGENO

1.24.1. Índice de Nitrógeno

Es una herramienta que estima un balance anual de las entradas y salidas del N, en el SP, así como el N residual que queda en el suelo y que es potencialmente disponible a cultivos subsecuentes. (Monar, C., et al 2017)

El Proyecto Enhancing Capacity for Low Emission Development Strategies (Fortalecimiento de Capacidades para el Desarrollo de Estrategias de Emisiones Bajas - EC-LEDS), es un Programa patrocinado por el Gobierno de USA Desarrollada por el Dr. Jorge Delgado, cuyas características principales son:

- El IN es una herramienta web basada en modelos matemáticos que describen la circulación del N en sistemas agrícolas.
- Permite detectar pérdidas atmosféricas y por lixiviación.
- Estima N₂O, Nitratos, eficiencia en uso del N.
- Genera un diagnóstico del régimen actual de fertilización y ayuda a mejorar la eficiencia en el uso del N.
- Tier 1, 2, 3.
- En México falta información
- Para México se desarrolló Tier Cero. (Lapidus, D., et al. 2008)

La función principal de su creación es dar apoyo a países en vías de desarrollo y acompañar sus esfuerzos por implementar estrategias de:

- Desarrollo transformativo y de largo plazo.
- Acelerar el desarrollo sostenible.
- Resiliente al cambio climático.
- Promotor del crecimiento económico.
- Genera bajas emisiones. (Lapidus, D., et al. 2008)

Cuya finalidad es:

- Mejorar el manejo de nutrientes como una estrategia de reducción de costos para los productores.
- Incremento de la producción y rendimientos.
- Mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

- Mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno utilizando herramientas tecnológicas novedosas.
- Reducir los costos a los productores a través del ahorro de fertilizantes.
- Mitigar emisiones de N₂O.
- Mitigar contaminación de agua subterránea (reduciendo lixiviación de nitratos).
- Generar un diagnóstico del régimen de fertilización.
- Generar recomendaciones para mejorar las estrategias de fertilización.
- Transferencia de tecnología. (Lapidus, D., et al. 2008)

IV. MARCO METODOLÓGICO

1.25. MATERIALES

1.25.1. Ubicación de los ensayos

| Indicadores | Localidad 1 | Localidad 2 |
|--------------------|----------------------|--------------------|
| Provincia | Bolívar | Bolívar |
| Cantón | Guaranda | San Miguel |
| Parroquia | Veintimilla | San Pablo |
| Localidad | Granja Laguacoto III | San Pablo Viejo |

Cuadro 4. Ubicación de los ensayos

1.25.2. Situación geográfica y climática

| Indicador | Localidad 1 | Localidad 2 |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| Altitud | 2632 msnm | 2458 msnm |
| Latitud | 01° 36' 52" S | 01° 47' 34" S |
| Longitud | 78° 59' 54" W | 79° 01' 59" W |
| Temperatura máxima | 21°C | 22°C |
| Temperatura mínima | 7°C | 9.9°C |
| Temperatura media anual | 14.4°C | 14.5°C |
| Precipitación media anual | 980 mm | 1500 mm |
| Heliofanía media anual | 900/h/l/año | 780 h/l/año |
| Humedad Relativa media anual | 70 % | 80% |

Cuadro 5.- Situación geográfica y climática de las dos localidades

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar 2015.

1.25.3. Zona de vida

La localidad 1 de acuerdo a la zona de vida de Holdrige, L. se encuentra en el Bosque Seco Montano Bajo (bs- MB). La localidad 2 se encuentra en el Bosque Húmedo Montano Bajo (bhMB)

1.25.4. Material experimental

Se utilizaron cuatro líneas promisorias de trigo duro provenientes del Programa de Semillas de la Universidad Estatal de Bolívar, y como fuente de nitrógeno la urea al 46% de N, en dos localidades.

1.25.5. Materiales de campo

- Lote de terreno
- Cinta métrica
- Botas de campo
- Semilla de trigo
- Fertilizantes: Urea
- Herbicida: Metsulfuron Metil 60%
- Envases
- Balde plástico
- Azadones
- Rastrillos
- Machete
- Cámara fotográfica,
- Libreta de campo
- Flexómetro
- Estacas
- Piola
- Fundas plásticas
- Cal

- Balanza de reloj y precisión de peso
- Hoz
- Sacos
- Bomba de mochila
- Determinador de humedad
- Trilladora

1.25.6. Materiales de oficina

- Laptop e impresora
- Conexión a internet
- Copias Xerox
- Papel bon
- Lápices
- Flash memory
- Programas estadísticos INFOSTAT y STATISTXS
- Transporte

1.26. MÉTODOS

1.26.1. Factores en estudio

- **Factor A:** Líneas promisorias de trigo duro con cuatro tipos.

| Línea. | Código/Cruza |
|--------|--|
| A1 | AJAIA_12/F3L0CAL(SEL.ETHIO.135.85)//... CDSS97Y00729S-0TOPM-2Y-0M-0Y-0B-0B-1Y-0BLR-4Y- 0B |
| A2 | LLARETA INIA/GUANAY//RASCON_37/2*TARRO_2 CDSS00Y01042T-0TOPB-16Y-0BLR-9Y-0B-0Y-2M-0Y |
| A3 | PLATA_10/4/RYA/BERK//HUI/3/LARU/5/HUI//... CDSS00Y01128T-0TOPB-20Y-0MLR-3Y-0B-0Y-1B-0Y |
| A4 | SWAHEN_2/KIRKI_8//PROZANA_1 CDSS94Y00783T-C-1M-0Y-0B-2Y-0B-0BLR-1Y-0B |

Cuadro 6.- Líneas en estudio.

- **Factor B:** Nitrógeno en Kg/ha, con cuatro dosis:

B1: 0

B2: 40

B3: 80

B4: 120

1.26.2. Tratamientos

16 Tratamientos resultantes de la combinación de los factores en estudio (AxB)
Líneas de trigo, por niveles de nitrógeno.

Número de tratamientos: AxB: $4 \times 4 = 16$ según la siguiente descripción.

| Tratamiento No. | Código | Descripción. |
|-----------------|--------|---|
| T1 | A1B1 | Línea de trigo duro 1 UEB con 0kg/ de N |
| T2 | A1B2 | Línea de trigo duro 1 UEB con 40kg/ de N |
| T3 | A1B3 | Línea de trigo duro 1 UEB con 80kg/ de N |
| T4 | A1B4 | Línea de trigo duro 1 UEB con 120kg/ de N |
| T5 | A2B1 | Línea de trigo duro 2 UEB con 0kg/ de N |
| T6 | A2B2 | Línea de trigo duro 2 UEB con 40kg/ de N |
| T7 | A2B3 | Línea de trigo duro 2 UEB con 80kg/ de N |
| T8 | A2B4 | Línea de trigo duro 2 UEB con 120kg/ de N |
| T9 | A3B1 | Línea de trigo duro 3 UEB con 0kg/ de N |
| T10 | A3B2 | Línea de trigo duro 3 UEB con 40kg/ de N |
| T11 | A3B3 | Línea de trigo duro 3 UEB con 80kg/ de N |
| T12 | A3B4 | Línea de trigo duro 3 UEB con 120kg/ de N |
| T13 | A4B1 | Línea de trigo duro 4 UEB con 0kg/ de N |
| T14 | A4B2 | Línea de trigo duro 4 UEB con 40kg/ de N |
| T15 | A4B3 | Línea de trigo duro 4 UEB con 80kg/ de N |
| T16 | A4B4 | Línea de trigo duro 4 UEB con 120kg/ de N |

Cuadro 7. Número de tratamientos: AxB

1.26.3. Procedimiento

| | |
|--|--|
| Tipo de diseño experimental | Bloques completos al azar (DBCA): Arreglo factorial 4x4 en Parcela Dividida. 3 repeticiones y 2 localidades. |
| Número de tratamientos. | 16/Localidad |
| Número de repeticiones. | 3/Localidad |
| Número de parcelas Grandes. | 12/Localidad |
| Número de subparcelas. | 48/Localidad |
| Superficie de la parcela principal o grande (Líneas de trigo) | 1170 m ² (10 m x 17 m) |
| Superficie de la Subparcela (Dosis de Nitrógeno) | 42.50 m ² (10 m x 4.25 m) / Localidad |
| Área total del ensayo sin caminos | 2040 m ² (68 x 30 m) / Localidad |
| Área neta de la sub parcela | 26 m ² (8 m x 3.25) / Localidad |
| Área total del ensayo con caminos. | 2964 m ² (78 m x 38 m) /Localidad |
| Superficie total del ensayo/ 2 Loc. | 5928 m ² |

Cuadro 8.- Descripción del proceso de investigación

1.26.4. Tipos de análisis

- **Análisis de varianza (ADEVA) sencillo por localidad, según el siguiente detalle:**

| Fuentes de variación | Grados de libertad | CME* |
|---------------------------------------|--------------------|--|
| Bloques(r-1) | 2 | $\int^2 e + 4 \int^2 e l + 16 \int^2 \text{bloques}$ |
| Parcela FA Líneas T. (a-1) | 3 | $\int^2 e + 4 \int^2 e l + 12 \Theta^2 A$ |
| Error experimental 1: (a-1)(r-1) | 6 | $\int^2 e + 4 \int^2 e l$ |
| Sub parcela FB: Niveles de N (b-1) | 3 | $\int^2 e + 12 \Theta^2 B$ |
| FA x FB: (a-1)(b-1) | 9 | $\int^2 e + 3 \Theta^2 A \times B$ |
| Error Experimental 2: a(b-1)(r-1) | 24 | $\int^2 e$ |
| Total (txr)-1 | 47 | |

Cuadro 9. Tabla de Análisis de Varianza (ADEVA).

- **Análisis de varianza (ADEVA) combinado según el siguiente detalle**

| Fuentes de variación (FV) | Grados de libertad (G.L) | C M E* |
|----------------------------------|---------------------------------|---|
| Localidades (L-1) | 1 | $\int e + 48 \int \text{localidades}$ |
| Bloques/localidad L(r-1) | 4 | $\int e + 16 \int \text{bloques/loc.}$ |
| Factor A (a-1) | 3 | $\int e + 24 \Theta^2 A$ |
| Factor B (b-1) | 3 | $\int e + 24 \Theta^2 B$ |
| A x B (a - 1) (b - 1) | 9 | $\int e + 6 \Theta^2 A \times B$ |
| A x L (a - 1) (L - 1) | 3 | $\int e + 12 \Theta^2 A \times L$ |
| B x L (b - 1) (L - 1) | 3 | $\int e + 12 \Theta^2 B \times L$ |
| AxBxL (a - 1)(b - 1)(c - 1) | 9 | $\int e + 3 \Theta^2 A \times B \times L$ |
| Error Expimental: L (t-1) (r-1) | 60 | $\int e$ |
| TOTAL (L x A x B x r) | 95 | |

Cuadro 10. Análisis de varianza combinado

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

- Prueba de Tukey al 5% para comprobar promedios de factor A e interacciones A x B, cuando la prueba de Fisher sea significativa.
- Tendencias polinomiales para el factor B.
- Análisis de efecto principal de localidades.
- Análisis de correlación y regresión lineal.
- Análisis nutricional proximal de las mejores líneas de trigo duro.

1.27. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS

1.27.1. Determinación del estado físico – químico del suelo

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

manejo de suelos y aguas del INIAP, para determinar las características físicas – químicas del mismo.

Después de cosechado el ensayo, se recolectaron 3 muestras de suelo de 0 - 15 cm y 3 muestras de 15 - 30 cm de profundidad para realizar un análisis químico completo del suelo en el laboratorio de manejo de suelos y aguas del INIAP. Estos análisis químicos antes y después del ensayo sirvieron como insumos para determinar la eficiencia del índice de Nitrógeno.

1.27.2. Determinación de nitrógeno de restos vegetales y grano

Se procedió a tomar una sub muestra de cada repetición con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m² antes de la cosecha. Finalmente se obtuvo 4 muestras que corresponden a 0N; 40N; 80N y 120 N. Se colocaron en sacos de lona y se llevaron a la bodega de la Universidad 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.

Finalmente se empacaron los residuos vegetales en fundas de papel con un peso de 500 gr y el grano con 200 gr, mismos que se enviaron al laboratorio de manejo de suelos y aguas del INIAP, para sus respectivos análisis foliares.

1.27.3. Determinación de materia seca (MS)

Se expresa en porcentaje. Se cosecho 5 plantas al azar de cada parcela neta al inicio de la senescencia, se pesó las muestras en fresco para luego introducirlas en la estufa a 65 °C hasta obtener un peso constante y obtener la muestra seca.

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Materia seca} = (\text{Peso seco}/\text{Peso fresco}) \times 100$$

Con estos datos se calculó la producción de materia seca de la planta en Kg/ha. (INIAP/PNRT-papa, 2008. Citado por Guerrero, E. 2017)

1.27.4. Días a la emergencia de plántulas (DEP)

Esta variable se registró en días transcurridos desde la siembra y hasta cuando más del 50% de plántulas emergieron en la parcela total.

1.27.5. Número de plantas por metro cuadrado (PMC)

Se determinó mediante el conteo directo antes del período de macollamiento entre los 15 y 20 días después de la siembra en cuatro muestras al azar dentro de cada unidad experimental, con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m².

1.27.6. Número de macollos por planta (NPM)

Concluido el macollamiento entre los 35 a 45 días después de la siembra, en la parcela neta, se tomaron al azar 20 plantas y se contaron el número de macollos, calculando el promedio por planta. Valor que dependió de las líneas de trigo y los factores bioclimáticos.

1.27.7. Días al espigamiento (DE)

Esta variable, se registró en días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas de la parcela total, contaban con espigas completas.

1.27.8. Número de hojas por planta (NHPP)

Cuando el cultivo se encontraba en etapa de floración, se contaron el NHPP, en una muestra al azar de 20 plantas en la parcela neta.

1.27.9. Número de nudos por tallo principal (NNPTP)

Concluido el período de la floración, se contaron el número de nudos por tallo principal en una muestra al azar de 20 plantas en cada unidad experimental.

1.27.10. Longitud entre nudos (LEN)

Cuando el cultivo se encontraba en espigamiento, se evaluaron 20 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta con un flexómetro se midió la longitud entre nudos de las plantas en cm desde el nudo inferior hasta el nudo más próximo.

1.27.11. Color del tallo (CT)

Cuando el cultivo se encontraba en espigamiento, se evaluó 20 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta, relacionando el color del tallo con la tabla de gama de color verde (Anexo N° 5).

1.27.12. Diámetro del tallo (DT)

Cuando el cultivo se encontraba en espigamiento, se evaluó 20 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta, con un calibrador de Vernier se midió el diámetro de la sección media del tallo en mm.

1.27.13. Altura de plantas (AP)

Cuando el cultivo se encontraba en espigamiento, se evaluó 20 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta. Con un flexómetro se midió la altura total de las plantas en cm desde la corona del tallo hasta la última espiguilla de la espiga principal.

1.27.14. Número de espigas por metro cuadrado (NEMC)

En espigamiento, se contaron el número de EMC en cuatro muestras al azar en cada parcela neta, con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m².

1.27.15. Número de espiguillas por espiga (NEE)

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

1.27.16. Número de granos por espiguilla (NGE)

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

1.27.17. Número de granos por espiga (NGE)

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

1.27.18. Longitud de espiga (LE)

En la etapa de espigamiento, se midió la longitud de las espigas en cm, en una muestra al azar de 20 espigas por parcela. La espiga se midió con un flexómetro desde la base del raquis, hasta la espiguilla terminal de la espiga.

1.27.19. Color de las espigas (CE)

En la etapa de espigamiento, se evaluó el color de las espigas mediante la siguiente escala:

1. Blanco
2. Café claro
3. Café oscuro
4. Crema
5. Otros.

Fuente: Monar, C. 2000. Citado por Flores, J. 2016.

1.27.20. Acame del tallo (AT)

Cuando el cultivo alcanza la fase de madurez fisiológica, se procedió a tomar muestras al azar en la parcela neta con la ayuda de un cuadrante de 0.25 m², en donde se registró el número de plantas acamadas y se expresaron en porcentaje.

1.27.21. Evaluación de enfermedades foliares (EEF)

| Reacción | Síntomas y Signos |
|-----------------|---|
| 5/0 | Sin infección visible. |
| 10 R | Resistentes: clorosis o necrosis visible; no hay uredias presentes y si las hay son muy pequeñas. |
| 20 MR | Moderadamente Resistentes: uredias pequeñas y rodeadas ya sea por áreas cloróticas o necróticas. |
| 40 MR | Intermedias: uredias de tamaño variable, algunas clorosis, necrosis o ambas. |
| 60 MS | Moderadamente Susceptibles: uredias de tamaño mediano y posiblemente rodeadas por áreas cloróticas. |
| 100 s | Susceptibles: uredias grandes y generalmente con poca ausencia de clorosis, no hay necrosis. |

Cuadro 11. Escala de COBB. 2000

Fuente: CIMMYT. 1986

Las enfermedades foliares como las royas del tallo, la hoja y espiga, se evaluaron mediante la escala de COBB, en las fases vegetativas y reproductivas.

Se realizaron evaluaciones cuantitativas y cualitativas de la incidencia y severidad de roya amarilla, (*Puccinia striiformis*), roya del tallo, (*Puccinia graminis*), roya de la hoja, (*Puccinia recóndita*), y carbonos, (*Tilletia indica*), en las fases de la emisión de la espiga (antes de la anthesis), y madurez fisiológica. Estas evaluaciones se realizaron en cada parcela neta. Las royas se evaluaron en cuanto a la severidad (% de infección en las plantas) y en la respuesta de campo (tipo de reacción, a la enfermedad). La severidad se evaluó basándose en porcentaje de acuerdo a la escala de COBB modificada.

A partir de la fase de embuchamiento hasta el estado masoso duro en cada parcela neta se realizaron evaluaciones cuantitativas de las enfermedades foliares causadas por: (*Fusarium nivale*), (*Helminthosporium sativum*) y (*Septoria tritici*), de acuerdo a la siguiente escala:

1 a 3: Resistente.

4 a 6: Medianamente resistente.

7 a 9: Susceptible.

(CIMMYT, 1986. Citado por Flores, J. 2016).

1.27.22. Longitud de barbas (LB)

En espigamiento, se midió en cm con un flexómetro la longitud de las barbas en 20 espigas tomadas al azar en cada parcela neta.

1.27.23. Días a la cosecha (DC)

Cuando el cultivo se encontraba en la fase de madurez comercial, se registraron los días transcurridos desde la siembra a la cosecha, es decir cuando el grano alcanza 14% de humedad.

1.27.24. Rendimiento por parcela (RP)

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

1.27.25. Porcentaje de humedad del grano (PHG)

Este componente, se evaluó con la ayuda de un determinador portátil de humedad en porcentaje, después de la cosecha en una muestra de cada unidad experimental.

1.27.26. Peso de 1000 semillas en gramos (PCS)

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

1.27.27. Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH)

El rendimiento (Kg/Ha) al 14% de humedad, se calculó mediante la siguiente relación matemática: (Monar, C. 2000. Citado por Flores, J. 2016)

$$R = PCP \text{ Kg} \times \frac{10.000 \frac{m^2}{ha}}{ANC \frac{m^2}{1}} \times \frac{100 - HC}{100 - HE}$$

Dónde:

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

PCP= Peso de Campo por Parcela en Kg

ANC= Área neta Cosechada en m²

HC= Porcentaje de Humedad de cosecha (%)

HE= Porcentaje de Humedad Estándar (14%)

1.27.28. Color del grano (CG)

Este carácter se evaluó una vez que el grano se cosecho, y por observación directa, mediante la siguiente escala:

Blanco.

Amarillo/crema,

Rojo/café. Otros. (Monar, C. 2006. Citado por Flores, J. 2016).

1.27.29. Peso Hectolitrito (PH)

El PH se evaluó en el laboratorio del Programa de semillas de la Universidad Estatal de Bolívar en una balanza de precisión en una muestra de un Kg. de cada unidad experimental y se expresará en puntos.

1.27.30. Grano quebrado (GQ)

Después de la cosecha el grano seco al 14% de humedad y limpio, se tomó cuatro muestras de 100 granos cada una y se contaron el número de granos quebrados y se expresará en porcentaje. Este indicador se determinó por peso, tomado en una muestra de 200 g, separando los granos quebrados, pesados en g y se expresó en porcentaje mediante una regla de tres.

1.27.31. Sanidad de grano (SDG)

Una vez que el grano estuvo limpio y seco al 14% de humedad, se evaluó por observación directa con la ayuda de una lupa la presencia de carbonos.

1.27.32. Profundidad radicular (PR)

La PR, se midió con un flexómetro en cm en una muestra de 5 plantas tomadas al azar de la parcela neta, después de la cosecha.

1.28. MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO

1.28.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo y las labores culturales se realizaron un mes antes de la siembra en la misma forma en que realizan los agricultores: un arado de discos y dos pases de rastra de discos con tractor.

1.28.2. Siembra

La siembra, se realizó al voleo con una densidad de siembra de 250 Kg /ha de semilla certificada. (Monar, C. 2010. Citado por Flores, J. 2016)

1.28.3. Tape

Se realizó con azadilla de forma manual.

1.28.4. Control químico de las malezas

A los 20 a 30 días después de la siembra, se aplicó el herbicida Ally (Metsulfuron Metil 60%) en una dosis de un gramo/20 litros de agua para el control de malezas de hoja ancha, con una bomba de mochila y boquilla de abanico de 2 m de luz. (Monar, C. 2004. Citado por Flores, J. 2016)

1.28.5. Fertilización con nitrógeno

La dosis total del nitrógeno se fracciono en tres aplicaciones 45; 60 y 75 días después de la siembra (dds), para lo cual se utilizó como fuente de nitrógeno la urea 46%, misma que se aplicó al voleo. La cantidad de N que se aplico fue 40, 80 y 120 Kg/ha.

1.28.6. Cosecha

Se efectuó en forma manual con el uso de una hoz, cuando el cultivo alcanzó la madurez comercial.

1.28.7. Trilla

Se utilizó una trilladora (estacionaria experimental) del Proyecto de Investigación y Producción de Semillas de la UEB.

1.28.8. Secado

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

1.28.9. Aventado

Se realizó con la ayuda del viento o con una limpiadora experimental del Proyecto de Investigación y Producción de Semillas de la UEB.

1.28.10. Almacenamiento

El germoplasma previamente etiquetado, seco y limpio se guardó en recipientes de plástico para su conservación.

1.28.11. Análisis nutricional proximal

De la mejor accesión de trigo duro en cuanto al rendimiento y con dosificaciones de 40 y 80 kg/ha de nitrógeno, se tomó una muestra de 1 kg para su análisis nutricional proximal; proteína, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra, gluten y cenizas, en el Laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad de INIAP Santa Catalina

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.29. VARIABLES AGRONÓMICAS CUANTITATIVAS

Cuadro 12. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Líneas de trigo duro) en las variables: Días a la emergencia de plántulas (DEP); Numero de plantas por metro cuadrado (NPMC); Numero de macollos por planta (NMP); Días al espigamiento (DE); Numero de hojas por planta (NHPP); Numero de nudos por tallo principal (NNPTP); Longitud entre nudos (LEN); Diámetro del tallo (DT); Altura de planta (AP); Número de espigas por metro cuadrado (NEMC); Numero de espiguillas por espiga (NEE); Numero de granos por espiguilla (NGE); Número de granos por espiga (NGEs); Longitud de la espiga (LE); Longitud de barbas (LB); Días a la cosecha (DC); Peso de mil semillas en gramos (PMS); Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); Peso hectolitrito (PH); Sanidad del grano (SDG); Profundidad radicular (PR) y Biomasa (B). Laguacoto III y San Pablo. 2018.

| Variables | Localidad 1: Laguacoto III | | | | | |
|-----------|----------------------------|----|-----|------|---------------|------------------------------|
| | FA: Líneas de Trigo Duro | | | | Media General | Coeficiente de Variación (%) |
| | A1 | A2 | A3 | A4 | | |
| DEP (*) | 9 AB | 8B | 9 A | 9 AB | 9 | 5.87 |

| | | | | | | |
|------------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| NPMC (ns) | 370 B | 413 A | 448 A | 404 A | 408 | 13.03 |
| NMP (ns) | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 | 7.75 |
| DE (*) | 78 B | 79 B | 83 A | 79 B | 80 | 2.44 |
| NHPP (ns) | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 | 9.12 |
| NNPTP (ns) | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 | 8.65 |
| LEN (*) | 6.75 AB | 6.48 AB | 7.28 A | 6.41 B | 6.73 | 5.57 |
| DT (ns) | 2.50 A | 2.41 A | 2.49 A | 2.42 A | 2.46 | 8.25 |
| AP (ns) | 71.09 A | 67.45 A | 67.66 A | 67.53 A | 68.43 | 3.76 |
| NEMC (**) | 370 D | 550 A | 493 B | 409 C | 456 | 2.03 |
| NEE (ns) | 12 A | 13 A | 12 A | 12 A | 12 | 7.59 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|-------|
| NGE (*) | 3 AB | 3 A | 2 B | 2 B | 3 | 11.36 |
| NGEs (**) | 28 B | 31 A | 25 C | 28 B | 28 | 6.32 |
| LE (ns) | 4.68 A | 4.65 A | 4.55 A | 4.84 A | 4.68 | 6.41 |
| LB (**) | 13.61 B | 13.99 B | 14.80 A | 12.74 C | 13.79 | 5.29 |
| DC (*) | 163 B | 164 B | 168 A | 164 B | 165 | 1.18 |
| PMS (ns) | 39.01 A | 37.11 A | 37.73 A | 39.91 A | 38.44 | 4.16 |
| RH (ns) | 3073.90 A | 3265.10 A | 3197.50 A | 356.00 A | 3148.10 | 3.28 |
| PH (*) | 81.52 AB | 80.73 B | 83.20 A | 80.39 B | 81.46 | 1.39 |
| SDG (**) | 7.46 AB | 6.17 C | 6.84 BC | 8.07 A | 7.13 | 5.38 |
| PR (ns) | 14.65 A | 15.15 A | 14.32 A | 14.39 A | 14.63 | 10.47 |

| | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------|
| Ms (**) | 5978.10 D | 8993.00 A | 8186.40 B | 6590.00 C | 7436.90 | 3.28 |
| Localidad 2: San Pablo | | | | | | |
| DEP (*) | 8 AB | 7 B | 10 A | 9 AB | 8 | 1.70 |
| NPMC (*) | 347 B | 363 AB | 411 A | 421 A | 386 | 13.23 |
| NMP (ns) | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 | 13.86 |
| DE (**) | 72 B | 73 AB | 75 A | 71 B | 73 | 1.06 |
| NHPP (ns) | 5 A | 5 A | 5 A | 5 A | 5 | 9.71 |
| NNPTP (**) | 4 B | 4.00 A | 4 B | 4.00 A | 4 | 3.74 |
| LEN (**) | 8.75 A | 7.79 B | 8.68 A | 7.47 C | 8.17 | 3.58 |
| DT (ns) | 3.87 A | 3.98 A | 3.87 A | 3.62 A | 3.84 | 5.24 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------|
| AP (ns) | 80.75 A | 79.02 A | 79.51 A | 76.89 A | 79.04 | 3.75 |
| NEMC (**) | 396 B | 409 B | 461 A | 407 B | 418 | 3.23 |
| NEE (ns) | 14 A | 14 A | 14 A | 12 A | 14 | 8.17 |
| NGE (ns) | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 | 7.45 |
| NGEs (**) | 47 A | 42 A | 40 A | 31 B | 40 | 13.19 |
| LE (ns) | 5.55 A | 5.56 A | 5.33 A | 5.19 A | 5.41 | 5.73 |
| LB (**) | 14.21 BC | 15.15 AB | 16.03 A | 13.09 C | 14.62 | 4.12 |
| DC (**) | 179 B | 180 AB | 182 A | 178 B | 180 | 0.43 |
| PMS (ns) | 51.88 A | 51.61 A | 54.15 A | 55.73 A | 53.35 | 4.56 |
| RH (**) | 5863.80 B | 6310.30 A | 6214.80 A | 5616.70 B | 6001.40 | 4.27 |

| | | | | | | |
|----------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|-------|
| PH (*) | 82.21 B | 81.89 B | 84.13 A | 81.72 B | 82.49 | 1.52 |
| SDG (**) | 6.68 A | 6.22 B | 5.66 C | 4.97 D | 5.88 | 4.93 |
| PR (ns) | 11.44 A | 12.27 A | 11.51 A | 12.18 A | 11.85 | 12.78 |
| B (**) | 8611.00 B | 7152.00 C | 10261.00 A | 8025.00 B | 8512.40 | 6.37 |

Cuadro 12. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A.

ns = No Significativo. ** Altamente Significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Los análisis estadísticos, se realizaron por localidad por cuanto las varianzas no fueron homogéneas para la mayoría de las variables evaluadas. Únicamente se realizó el análisis combinado para medir el efecto principal de localidades.

El orden de los análisis e interpretaciones se presentan por factores principales e interacciones.

5.1. 1. Factor A: Líneas de trigo duro

La respuesta de las cuatro líneas de trigo duro en cuanto a las variables: NMP, NHPP, DT, AP, NEE, NGE, LE, PMS y PR, fueron similares en las dos localidades (Cuadro 12). Los valores promedios calculados en la localidad 1: Laguacoto III, fueron similares para los componentes: NPMC, NNPTP, y el RH (Cuadro 12).

Para el resto de variables evaluadas, la respuesta de las cuatro líneas de trigo duro, fueron diferentes dentro y entre localidades (Cuadro 12).

Para la variable Días al Espigamiento (DE), en Laguacoto III se registró un promedio de 80 días, siendo más precoz en la localidad 2: San Pablo con 73 días; es decir un efecto principal de 7 días más precoz (Cuadro 12 y Graf. 4 y 5). Sin embargo para Días a la Cosecha la localidad 1: Laguacoto III, fue más precoz con 165 días y San Pablo con 180 días (Cuadro 12 y Graf. 6 y 7). Esta respuesta diferente de las localidades evidencia la interacción genotipo ambiente.

En San pablo, las condiciones bioclimáticas fueron más favorables para el cultivo, por lo tanto al haber menos estrés de calor, humedad, vientos, amplio rango de temperatura, etc., las plantas tienen mejores condiciones para completar el ciclo de cultivo y el llenado del grano. El ciclo de cultivo, también es un atributo genético y depende de su interacción genotipo ambiente (CIMMYT. 2005). Los DE y DC, reportados sobre todo en la localidad de Laguacoto III, son mayores a

los encontrados por varios autores como Monar, C. 2013; Lemache, J. 2015 y Flores, J. 2016 y esto quizá de debió al cambio climático.

Para el componente más importante como es el Rendimiento (RH), en la localidad 1, el promedio general fue de 3148.1 kg/ha al 13% de humedad y San Pablo, reportó una media general de 6001.4 kg/ha, lo que evidencia las mejores condiciones bioclimáticas y edáficas para el cultivo de trigo duro. Como efecto principal de la variable rendimiento, San Pablo obtuvo 2853.3 kg/ha más que Laguacoto III (Cuadro 12 y Graf. 8, 9 y 12), lo que significa un incremento del rendimiento del 47.54%. Para esta respuesta sobre el mejor rendimiento en San Pablo, fueron evidentes las mejores condiciones de temperatura, humedad (cantidad y distribución de la lluvia), una baja incidencia de fuertes vientos en la etapa reproductiva, menos calor y radiación solar, sanidad, vigor vegetativo y reproductivo del trigo. Los rendimientos obtenidos en la localidad 1, son superiores a los reportados por varios autores que trabajaron con este germoplasma de trigo duro en Laguacoto II y III desde el año 2008. La localidad de San Pablo, muestra con estos rendimientos un gran potencial para el cultivo de trigo duro, lo cual sería muy importante continuar con estos procesos de validación y transferencia de tecnología y se alinearía plenamente en la nueva matriz productiva y más aún cuando Ecuador importa el 100% de trigo duro para la industria harinera.

Los rendimientos promedios más altos de trigo en la localidad 1 se presentaron en las líneas A2 con 3265.1 y A3 con 3197.5 kg/ha respectivamente; y en respuesta consistente también en San Pablo el promedio más elevado correspondió a las líneas A2 con 6310.3 y A3 con 6214.8 kg/ha respectivamente (Cuadro 12 y Graf. 8 y 9). Esta respuesta del germoplasma, evidencia la estabilidad del germoplasma en estas dos zonas agroecológicas que son muy diferentes en cuanto a los indicadores bioclimáticos, edáficos y biológicos.

Otra variable muy importante es la Materia Seca (Biomasa), misma que tiene una relación o estrechez directa con el rendimiento. En esta investigación, la media

general en Laguacoto III registró 7437 kg/ha y San Pablo con 8512.4 kg/ha, con un incremento promedio de 1075.4 kg/ha (Cuadro 12 y Graf. 10 y 11). La biomasa es muy importante para mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo a mediano plazo (CIMMYT. 2002 y Monar, C. 2016).

Los promedios más elevados de MS en Laguacoto III, se calculó en A2 con 8993 y en San Pablo con la accesión A3 con 10261 kg/ha (Cuadro 12 y Graf. 10 y 11).

En síntesis de acuerdo a los resultados obtenidos en relación a los indicadores agronómicos de estas cuatro líneas promisorias de trigo duro, tienen potencial genético para dar respuesta favorable a los beneficiarios de la cadena de valor del trigo y muy especialmente para la adaptación y mitigación del cambio climático, en consideración que el trigo duro es tolerante a la sequía, calor y al complejo de enfermedades foliares causadas por royas y carbones.

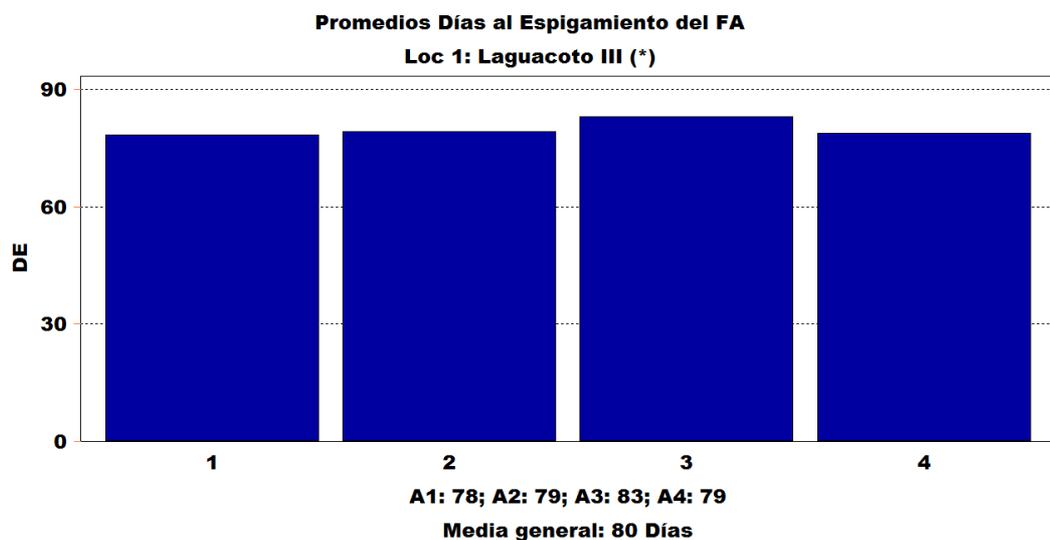


Gráfico 4. Promedios Días al Espigamiento de cuatro líneas promisorias de trigo duro. Localidad 1: Laguacoto III. 2017.

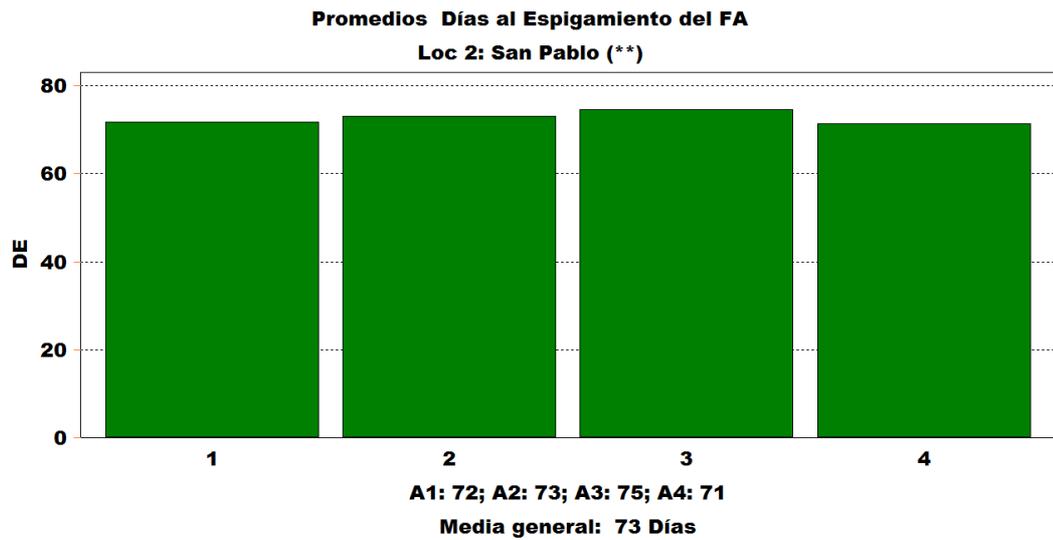


Gráfico 5. Promedios Días al Espigamiento de cuatro líneas promisorias de trigo duro. Localidad 2: San Pablo. 2017.

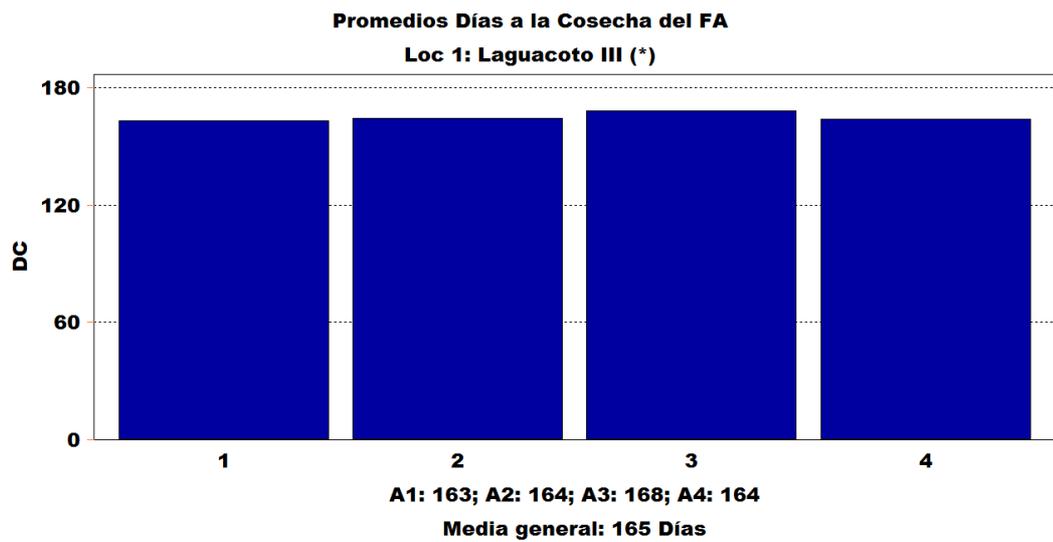


Gráfico 6. Promedios Días a la Cosecha de cuatro líneas promisorias de trigo duro. Localidad 1: Laguacoto III. 2017.

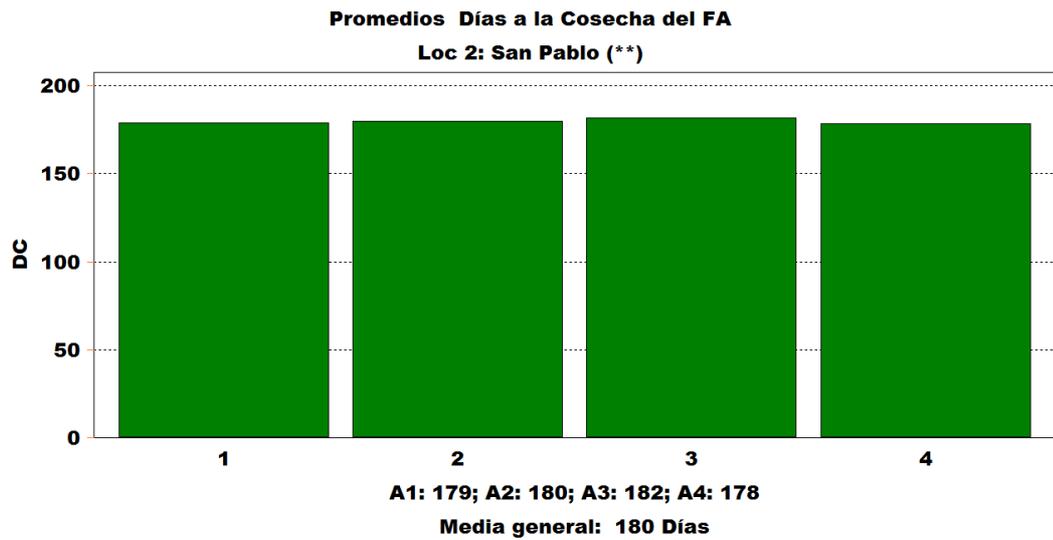


Gráfico 7. Promedios Días a la Cosecha de cuatro líneas promisorias de trigo duro. Localidad 2: San Pablo. 2017.

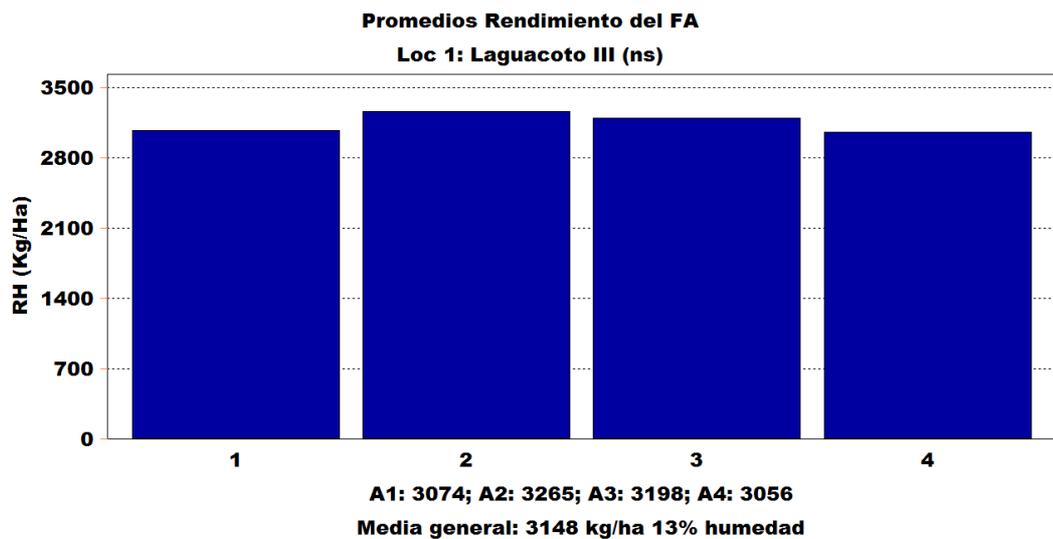


Gráfico 8. Promedios del Rendimiento en kg/ha de cuatro líneas promisorias de trigo duro. Localidad 1: Laguacoto III. 2017.

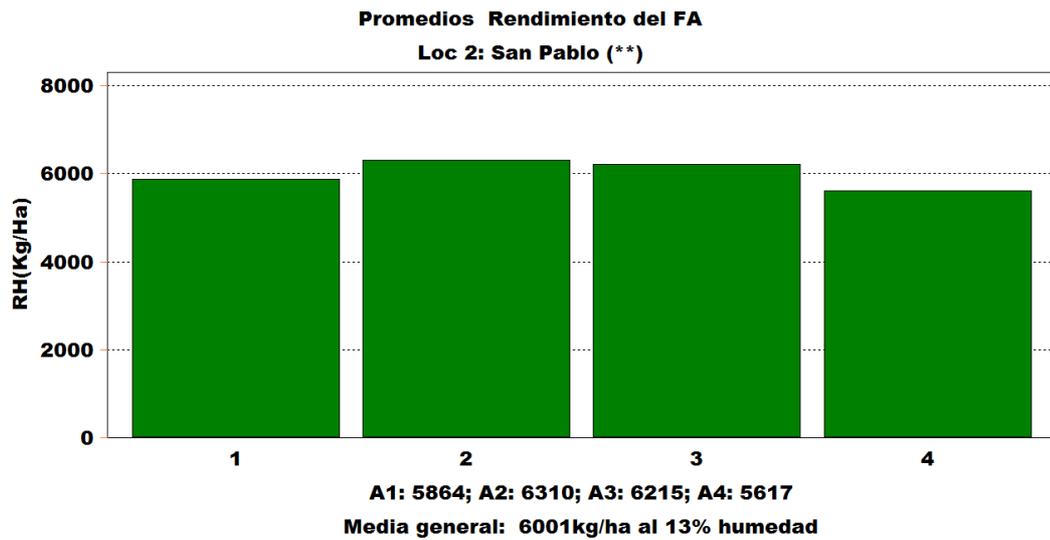


Gráfico 9. Promedios del Rendimiento en kg/ha de cuatro líneas promisorias de trigo duro. Localidad 2: San Pablo. 2017.

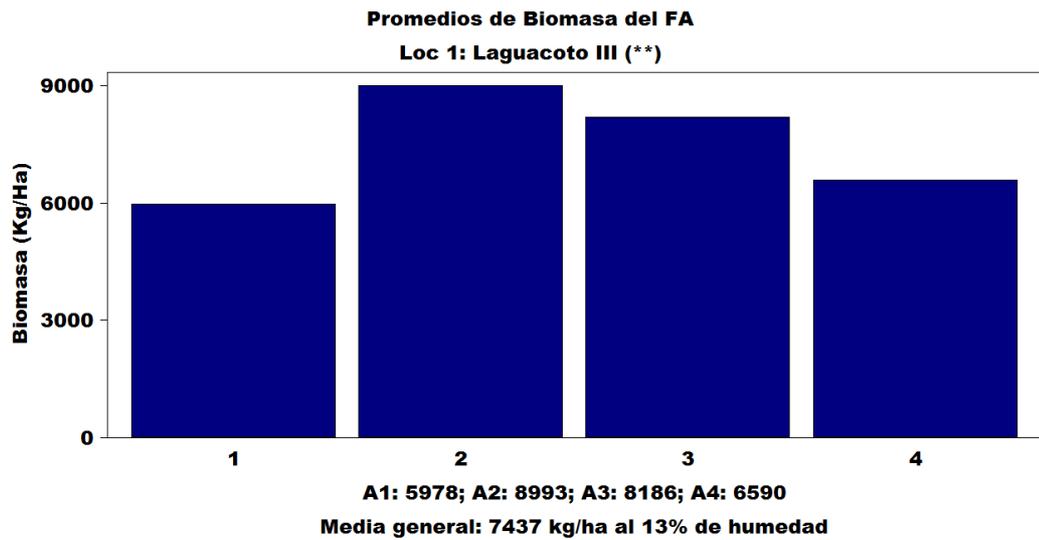


Gráfico 10. Promedios de Materia Seca en kg/ha de cuatro líneas promisorias de trigo duro. Localidad 1: Laguacoto III. 2017.

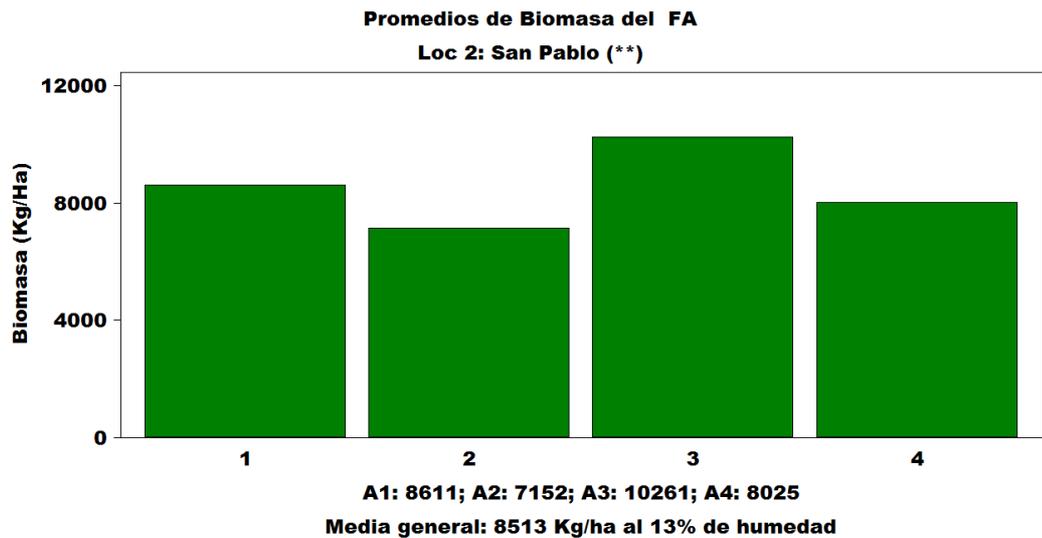


Gráfico 11. Promedios de Materia Seca en kg/ha de cuatro líneas promisorias de trigo duro. Localidad 2: San Pablo. 2017.

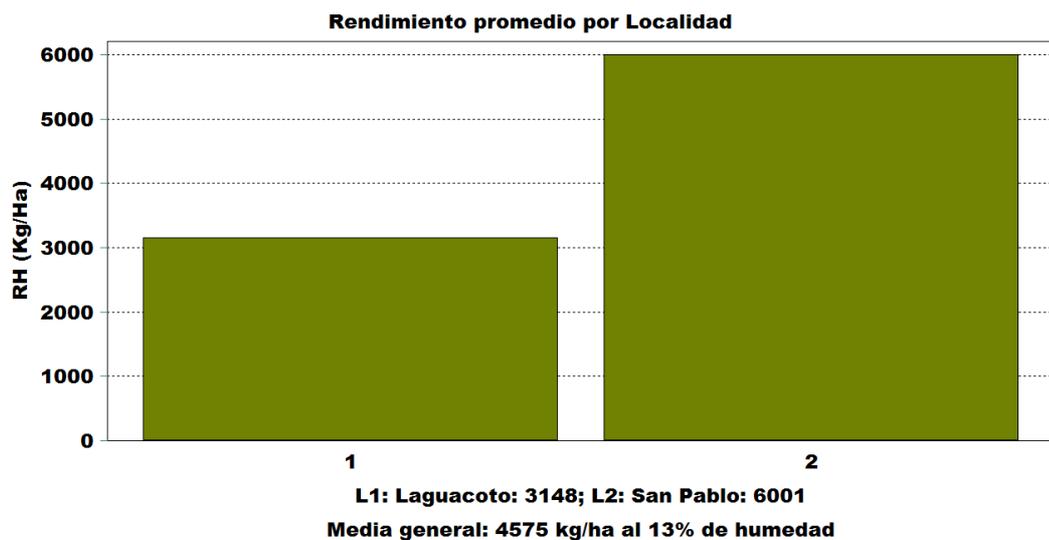


Gráfico 12. Promedios del rendimiento en kg/ha al 13% de humedad de dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2017.

De acuerdo a los resultados que muestra la Graf. 9, es evidente que el rendimiento promedio más elevado en la localidad 2: San Pablo, fue el resultado de los valores promedios más altos de los componentes como granos por espiga, sanidad de la planta y el grano, número de espigas por metro cuadrado, biomasa, peso de mil semillas, peso hectolítrico, mejores condiciones climáticas particularmente la temperatura, cantidad y distribución de la precipitación, y la

mejor calidad del suelo en cuanto a los indicadores de física y química. Por lo tanto esta investigación ha demostrado claramente la excelente adaptación de estas cuatro líneas de trigo duro en esta zona agroecológica.

Sin embargo de acuerdo a la literatura las ventajas del trigo duro son la tolerancia a la sequía, calor, altos niveles de evapotranspiración, radiación solar y los fuertes vientos, lo cual demuestra el rendimiento aceptable del trigo duro en zonas agroecológicas de alto riesgo climático como Laguacoto y con un promedio de rendimiento superior a las 3 tm/ha.

Cuadro 13. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de Nitrógeno) en las variables: Días a la emergencia de plántulas (DEP); Numero de plantas por metro cuadrado (NPMC); Numero de macollos por planta (NMP); Días al espigamiento (DE); Numero de hojas por planta (NHPP); Numero de nudos por tallo principal (NNPTP); Longitud entre nudos (LEN); Diámetro del tallo (DT); Altura de planta (AP); Número de espigas por metro cuadrado (NEMC); Numero de espiguillas por espiga (NEE); Numero de granos por espiguilla (NGE); Número de granos por espiga (NGEs); Longitud de la espiga (LE); Longitud de barbas (LB); Días a la cosecha (DC); Peso de mil semillas en gramos (PMS); Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); Peso hectolitrito (PH); Sanidad del grano (SDG); Profundidad radicular (PR) y Biomasa (B).). Laguacoto III y San Pablo. 2018.

| Localidades | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Variables | Localidad 1: Laguacoto III | | | | Variables | Localidad 2: San pablo. | | | |
| | Factor B: Dosis de nitrógeno. | | | | | Factor B: Dosis de nitrógeno. | | | |
| | B1: 0 Kg | B2: 40 Kg | B3: 80 Kg | B4: 120 Kg | | B1: 0 Kg | B2: 40 Kg | B3: 80 Kg | B4: 120 Kg |
| DEP (n/s) | 9 A | 9 A | 9 A | 9 A | DEP (ns) | 8 A | 9 A | 9 A | 9 A |
| NPMC (**) | 412 AB | 413 AB | 447 A | 364 B | NPMC (ns) | 399 A | 365 A | 391 A | 388 A |
| NMP (**) | 3 AB | 3 B | 3 A | 3 AB | NMP (ns) | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A |

| | | | | | | | | | |
|------------|---------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|
| DE (ns) | 80 A | 80 A | 79 A | 80 A | DE (ns) | 73 A | 73 A | 73 A | 72 A |
| NHPP (ns) | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | NHPP (ns) | 4 A | 5 A | 5 A | 5 A |
| NNPTP (ns) | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | NNPTP (**) | 4 B | 4 A | 4 A | 4 A |
| LEN (ns) | 6.58 A | 6.59 A | 6.97 A | 6.78 A | LEN (**) | 7.35 C | 8.15 B | 8.61 A | 8.59 A |
| DT (**) | 2.21 B | 2.41 AB | 2.57 A | 2.64 A | DT (**) | 3.59 B | 3.83 A | 3.91 A | 4.02 A |
| AP (**) | 61.88 C | 66.89 B | 71.37 A | 73.59 A | AP (ns) | 77.83 A | 79.12 A | 79.67 A | 79.56 A |
| NEMC (**) | 450 B | 444 B | 476 A | 453 B | NEMC (**) | 345 D | 388 C | 494 A | 447 B |
| NEE (**) | 12 AB | 12 B | 12 B | 13 A | NEE (ns) | 14 A | 14 A | 13 A | 14 A |
| NGE (**) | 2 C | 3 B | 3 A | 3 B | NGE (**) | 3 B | 3 A | 3 A | 3 A |
| NGEs (**) | 23 C | 28 B | 31 A | 30 A | NGEs (ns) | 38 A | 38 A | 41 A | 42 A |
| LE (**) | 4.36 C | 4.64 BC | 4.73 AB | 4.98 A | LE (ns) | 5.38 A | 5.33 A | 5.42 A | 5.51 A |

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| LB (**) | 13.11 B | 13.84 AB | 13.59 B | 14.61 A | LB (ns) | 14.61 A | 14.33 A | 14.68 A | 14.86 A |
| DC (ns) | 165 A | 165 A | 164 A | 165 A | DC (ns) | 180 A | 180 A | 180 A | 179 A |
| PMS (**) | 35.58 C | 38.47 B | 40.38 A | 39.33 AB | PMS (ns) | 53.23 A | 53.26 A | 52.41 A | 54.48 A |
| RH (**) | 2222.5 C | 3242.2 B | 3775.2 A | 3352.5 B | RH (**) | 4796.60 D | 5959.3 C | 6849.50 A | 6400.20 B |
| PH (*) | 81.95 A | 81.65 AB | 81.79 A | 81.95 A | PH (ns) | 82.14 A | 82.78 A | 82.22 A | 82.79 A |
| SDG (**) | 8.74 A | 7.19 B | 6.48 C | 6.12 C | SDG (**) | 7.68 A | 5.66 B | 5.07 C | 5.12 C |
| PR (**) | 13.55 B | 14.23 AB | 15.79 A | 14.96 AB | PR (ns) | 11.89 A | 11.97 A | 11.31 A | 12.21 A |
| B (**) | 6447.1 D | 6928.4 C | 8751.7 A | 4716.3 B | B (**) | 6537.00 D | 8058.00 D | 10142.00 A | 9313.00 B |

Cuadro 13. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B. Promedios con la misma letra, son estadísticamente iguales al 5% y promedio con distintas letras, son estadísticamente diferentes al 5%.
NS = no significativo * = Significativo al 5% ** = Altamente Significativo al 1%

5.1.2. Factor B: Dosis de nitrógeno

La respuesta del nitrógeno y su efecto sobre los componentes del rendimiento, se presenta por localidad.

Para la localidad 1: Laguacoto III, no hubo efecto significativo de las dosis del N sobre las variables: DEP, DE, NHPP, NNPTP, LEN, y DC (Cuadro 13), quizá porque más bien dependieron de otros factores edafoclimáticos y genéticos Sin embargo para el resto de variables evaluadas, si hubo un efecto significativo de las dosis del nitrógeno (Cuadro 13).

Para la localidad 2: San Pablo, existió un efecto diferente del nitrógeno en las variables: NNPTP, LEN, DT, NEMC, NGE, RH, SDG y B (Cuadro 13). Para el resto de los componentes del rendimiento en esta localidad, no hubo una respuesta significativa (Cuadro 13).

Para medir el efecto del nitrógeno, nos referiremos principalmente a las variables: Días a la Cosecha (DC), Número de Espigas por Metro Cuadrado (NEMC), Rendimiento de trigo en kg/ha al 13% de humedad (RH) y el rendimiento de Biomasa (B).

Para la variable DC, en las dos localidades, no hubo un efecto significativo del N, presentando una media general de 165 en Laguacoto III y 180 días en San Pablo (Cuadro 13). Quizá este atributo, es más dependiente del genoma y del medio ambiente.

Para la variable NEMC, si se presentó un efecto muy diferente del N en las dos localidades (Cuadro 13). Los promedios más altos se registraron con el nivel de 80 kg/ha de N con 476 en Laguacoto III y 494 en San Pablo; es decir como efecto principal con 18 espigas más por metro cuadrado en San Pablo, lo que tuvo una relación directa con el mayor rendimiento de trigo en kg/ha (Cuadro 13 y Graf. 13 y 14). Para las dos localidades se presentaron respuestas lineal, cuadrática y cúbica

altamente significativas (Graf. 13 y 14); esto quiere decir que se presentaron dos puntos de inflexión de la curva como lo demuestra la regresión polinómica.

Muchos autores como el CIMMYT. 2010; Delgado, J. 2013 y Monar, C. 2016, mencionan que para trigo duro el rango adecuado de espigas por metro cuadrado está entre 450 y 500 espigas; por lo tanto los resultados obtenidos en esta investigación, son similares a los reportados por los autores antes mencionados.

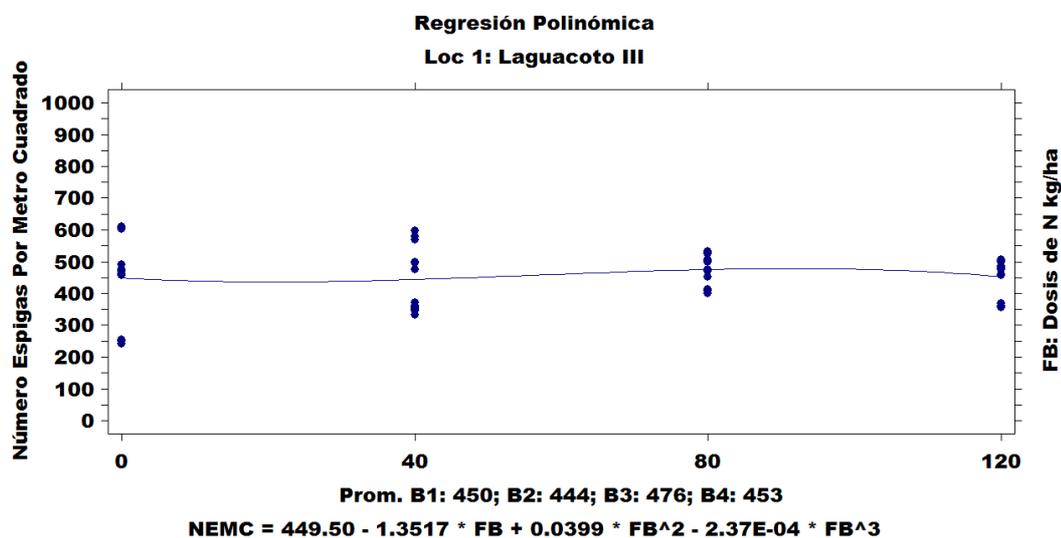


Gráfico 13. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Número de Espigas por Metro Cuadrado como efecto de cuatro dosis de N. Laguacoto III. 2017.

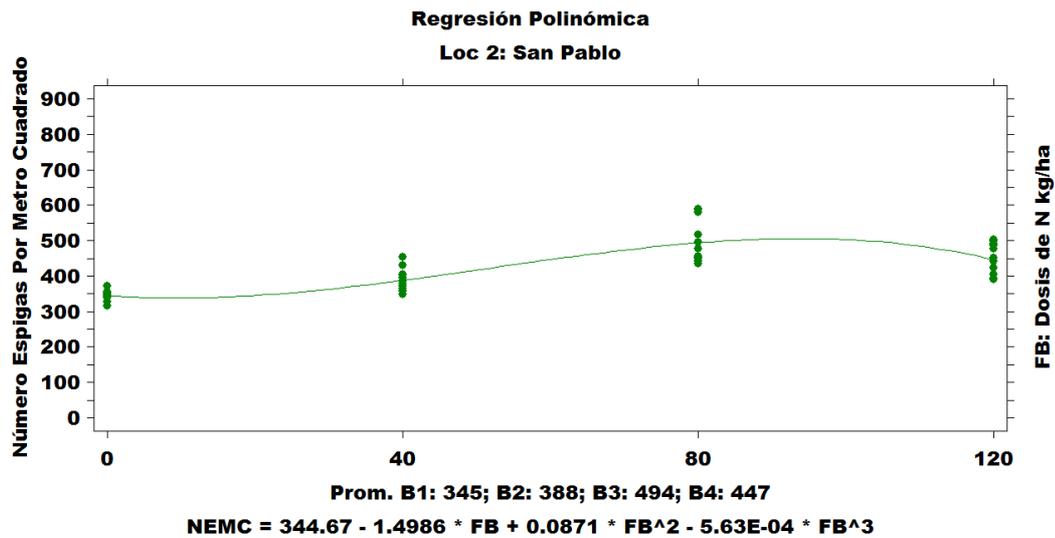


Gráfico 14. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Número de Espigas por Metro Cuadrado como efecto de cuatro dosis de N. San Pablo. 2017.

Para la variable rendimiento de trigo evaluado en kg/ha al 13% de humedad existieron diferencias altamente significativas en las dos localidades y con respuestas lineal, cuadrática y cúbica; es decir con dos puntos de inflexión en la curva, como lo demuestran las Graf. 15 y 16 y sus correspondientes ecuaciones. En las dos localidades el rendimiento promedio más alto, se determinó con la dosis de 80 kg/ha de N con promedios de 3775.2 y 6849.5 kg/ha respectivamente (Cuadro 13 y Graf. 15 y 16).

La mayor eficiencia del N, se dio con los niveles de 40 y 80 kg/ha y esto se debe a que en Laguacoto el cultivo sufrió de estrés de sequía, calor y vientos de hasta 55 km/hora, por lo tanto dosis más altas, no son apropiadas por la pérdida del N principalmente como por los procesos de volatilización, causando contaminación severa al medio ambiente. En cambio en la localidad de San Pablo, los contenidos de N en el suelo fueron más altos y la mejor eficiencia, se dio con los niveles de 40 y 80 kg/ha. Autores como Delgado, J. 2015 y Monar, C. 2015, para los suelos de Laguacoto la mejor eficiencia del N en los cultivos de maíz y trigo se ha obtenido con las dosis de 40 y 80 kg/ha, fraccionando la dosis en tres aplicaciones y de esta manera se reduce la pérdida por lixiviación o volatilización del N.

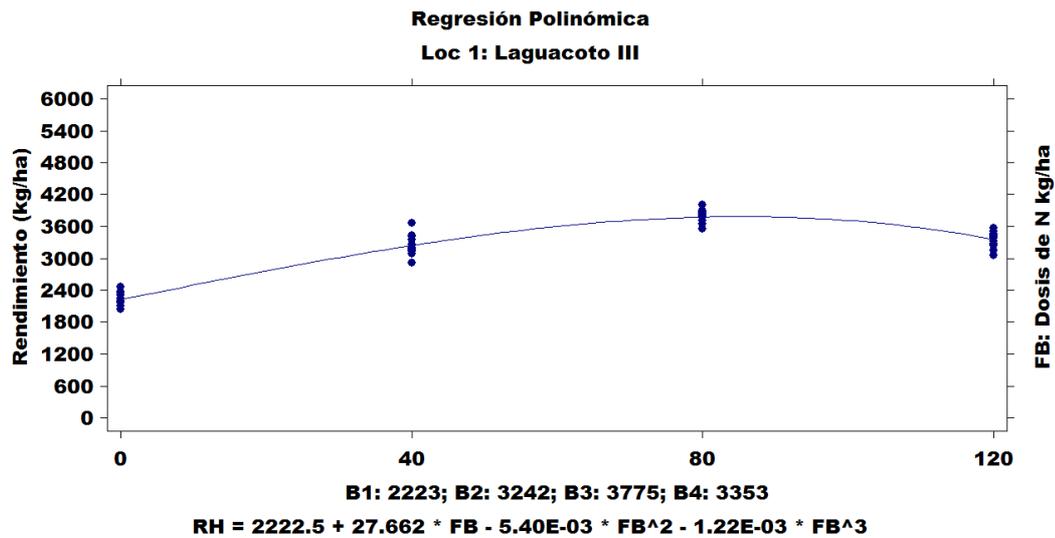


Gráfico 15. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Rendimiento de trigo en kg/ha al 13% de humedad por efecto de cuatro dosis de N. Laguacoto III. 2017.

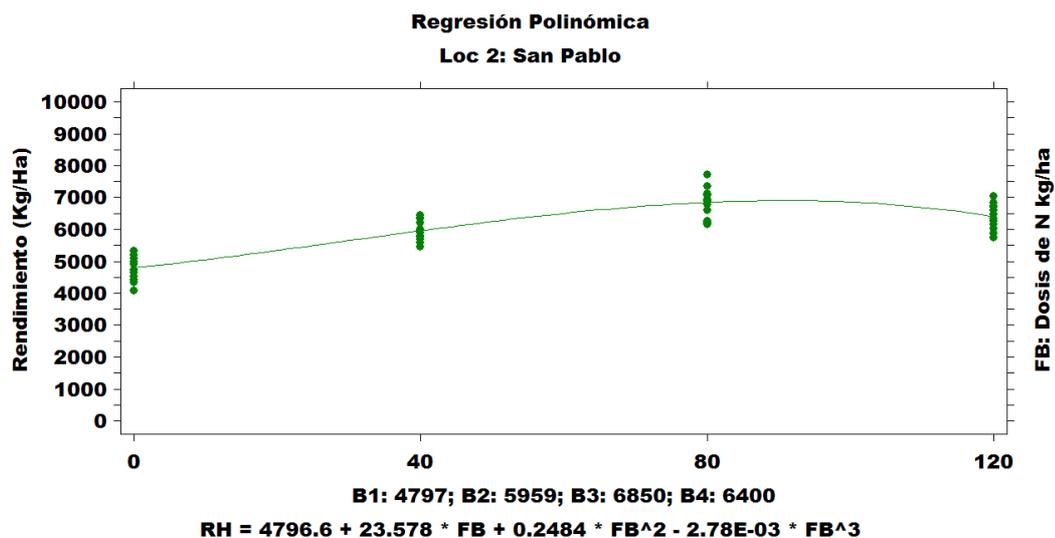


Gráfico 16. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Rendimiento de trigo en kg/ha al 13% de humedad por efecto de cuatro dosis de N. San Pablo. 2017.

Para el componente Biomasa, existieron diferencias altamente significativas en las dos localidades (Cuadro 13). Los promedios más altos y en relación directa con el rendimiento de trigo, se determinaron en las dos localidades con el nivel de 80 kg/ha con 8755.7 y 10142 kg/ha respectivamente de biomasa. También para esta variable se determinó una respuesta lineal, cuadrática y cúbica (Cuadro 13 y Graf.

17 y 18); esto es con dos puntos de inflexión en la curva como lo demuestran las correspondientes ecuaciones de las Graf. 17 y 18.

La contribución de la biomasa al cultivo dentro del proceso de agricultura de Conservación (AC), es fundamental para la sostenibilidad de los sistemas de producción, por su contribución de macro y micro nutrientes y más aún en suelos en condiciones de ladera, donde se hace vital mejorar y conservar la relación C/N, en balance para reducir la emisión de CO₂ a la atmósfera y de esta manera reducir los niveles de contaminación.

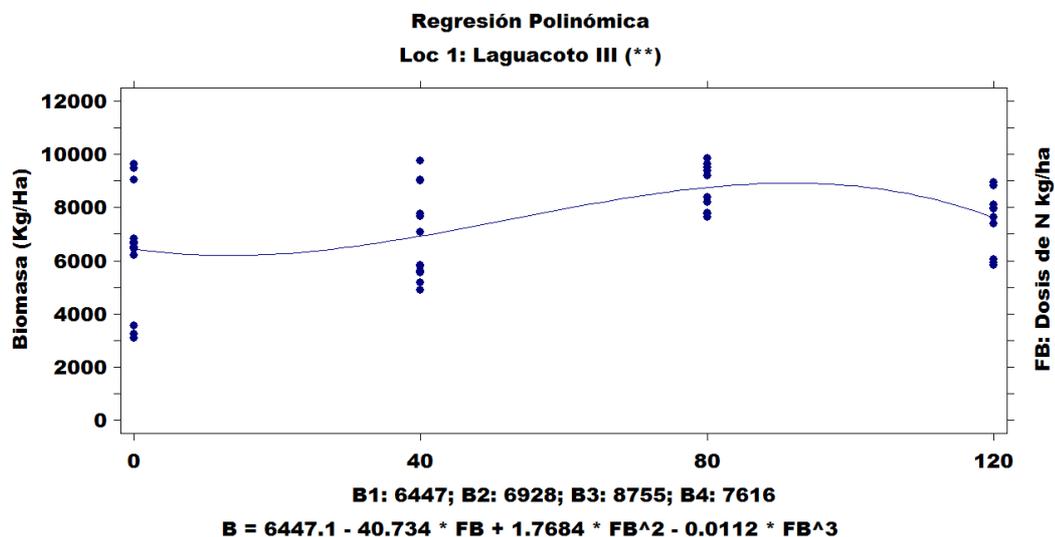


Gráfico 17. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Materia Seca en kg/ha al 13% de humedad por efecto de cuatro dosis de N. Laguacoto III. 2017.

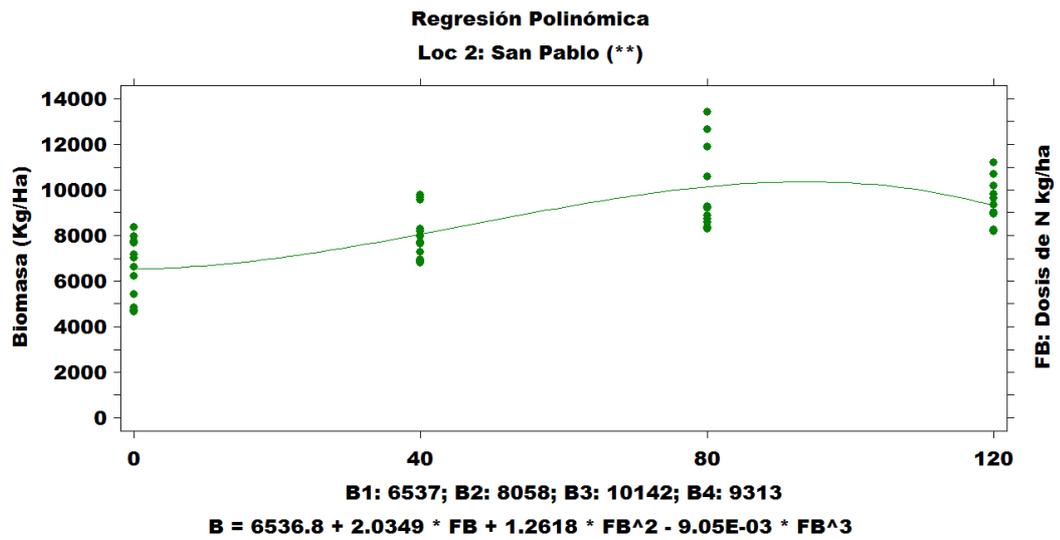


Gráfico 18. Respuesta lineal, cuadrática y cúbica (**) de la variable Materia Seca en kg/ha al 13% de humedad por efecto de cuatro dosis de N. San Pablo. 2017.

Cuadro 14. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción de factores Ax B (Líneas de trigo duro por Dosis de nitrógeno) en las variables: Días a la emergencia de plántulas (DEP); Numero de plantas por metro cuadrado (NPMC); Numero de macollos por planta (NMP); Días al espigamiento (DE); Numero de hojas por planta (NHPP); Numero de nudos por tallo principal (NNPTP); Longitud entre nudos (LEN); Diámetro del tallo (DT); Altura de planta (AP); Número de espigas por metro cuadrado (NEMC); Numero de espiguillas por espiga (NEE); Numero de granos por espiguilla (NGE); Número de granos por espiga (NGEs); Longitud de la espiga (LE); Longitud de barbas (LB); Días a la cosecha (DC); Peso de mil semillas en gramos (PMS); Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH); Peso hectolitrito (PH); Sanidad del grano (SDG); Profundidad radicular (PR) y Biomasa (B).). Laguacoto III y San Pablo. 2018.

| Variables | Localidad 1: Laguacoto III | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Tratamientos | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T1:A1B1 | T2:A1B2 | T3:A1B3 | T4:A1B4 | T5:A2B1 | T6:A2B2 | T7:A2B3 | T8:A2B4 | T9:A3B1 | T10:A3B2 | T11:A3B3 | T12:A3B4 | T13:A4B1 | T14:A4B2 | T15:A4B3 | T16:A4B4 |
| DEP (n/s) | 8 A | 9 A | 9 A | 9 A | 7 A | 8 A | 8 A | 7 A | 10 A | 9 A | 10 A | 9 A | 9 A | 10 A | 9 A | 9 A |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NPMC (ns) | 375 A | 414 A | 348 A | 345 A | 406 A | 417 A | 488 A | 342 A | 468 A | 403 A | 476 A | 444 A | 397 A | 419 A | 475 A | 325 A |
| NMP (**) | 3 B | 3 B | 3 B | 3 B | 3 B | 3 B | 4 A | 3 AB | 3 B | 3 B | 3 B | 3 B | 3 B | 3 B | 3 B | 3 B |
| DE (ns) | 77 A | 79 A | 78 A | 78 A | 80 A | 80 A | 78 A | 79 A | 84 A | 83 A | 83 A | 8 A | 79 A | 78 A | 78 A | 80 A |
| NHPP (ns) | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A |
| NNPTP (*) | 4 A | 4 A | 3 B | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 3 B | 3 B | 4 A | 4 A | 4 A | 3 B | 4 A | 4 A |
| LEN (ns) | 6.83 A | 6.46 A | 7.22 A | 6.47 A | 6.39 A | 6.21 A | 6.65 A | 6.67 A | 7.02 A | 7.24 A | 7.38 A | 7.49 A | 6.06 A | 6.48 A | 6.66 A | 6.44 A |
| DT (ns) | 2.28 A | 2.48 A | 2.66 A | 2.59 A | 2.13 A | 2.29 A | 2.49 A | 2.73 A | 2.28 A | 2.46 A | 2.61 A | 2.61 A | 2.15 A | 2.40 A | 2.53 A | 2.61 A |
| AP (ns) | 65.38 A | 69.61 A | 74.07 A | 75.31 A | 60.87 A | 64.86 A | 69.78 A | 74.29 A | 61.16 A | 66.39 A | 69.71 A | 73.38 A | 60.13 A | 66.72 A | 71.91 A | 71.38 A |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NEMC (**) | 248 G | 362 F | 406 E | 464 D | 607 A | 582 A | 528 B | 482 CD | 478 CD | 490 CD | 502 BC | 502 BC | 465 D | 342 F | 465 D | 362 F |
| NEE (ns) | 11 A | 12 A | 11 A | 14 A | 12A | 13 A | 12 A | 14 A | 12 A | 12 A | 11 A | 11 A | 12 A | 11 A | 11 A | 12 A |
| NGE (*) | 2 B | 2 AB | 3 A | 3 A | 2 AB | 3 A | 3 A | 3 A | 2 B | 3 AB | 3 A | 2 B | 2 B | 2 B | 3 A | 2 AB |
| NGEs (**) | 25 DF | 26 CDE | 31 BC | 29 BCD | 24 DEF | 28 BCD | 34 AB | 38 A | 21 F | 27 CDE | 28 BCD | 25 DEF | 23 EF | 28 CD | 31 BC | 28 CDE |
| LE (ns) | 4.47 A | 4.64 A | 4.71 A | 4.88 A | 4.18 A | 4.74 A | 4.47 A | 5.21 A | 4.34 A | 4.43 A | 4.68 A | 4.73 A | 4.45 A | 4.73 A | 5.06 A | 5.09 A |
| LB (ns) | 13.16 A | 13.67 A | 13.45 A | 14.06 A | 13.05 A | 14.63 A | 12.98 A | 15.29 A | 13.95 A | 14.42 A | 14.98 A | 15.85 A | 12.26 A | 12.52 A | 12.95 A | 13.22 A |
| DC (ns) | 162 A | 164 A | 163 A | 163 A | 164 A | 165 A | 163 A | 164 A | 169 A | 168 A | 168 A | 167 A | 164 A | 163 A | 163 A | 165 A |
| PMS (ns) | 37.63 A | 39.19 A | 40.39 A | 38.82 A | 32.79 A | 37.15 A | 40.26 A | 38.25 A | 35.45 A | 37.64 A | 38.95 A | 38.90 A | 36.45 A | 39.90 A | 41.93 A | 41.37 A |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------------|--------------|----------------|-------------|--------------|---------------|----------------|--------------|--------------|----------------|---------------|
| RH (*) | 2173.6 F | 3155.2 E | 3821.6 AB | 3145.1 E | 2202.3 F | 3427.3 BCDE | 3919.3 A | 3511.5 BCDE | 2338.8 F | 3301.8 DE | 3722.2 ABC | 3427.3 BCDE | 2175.3 F | 3084.4 E | 3637.9 ABCD | 3326.2 CDE |
| PH (ns) | 83.06 A | 81.97 A | 81.56 A | 79.48 A | 80.88 A | 80.82 A | 81.72 A | 79.47 A | 83.54 A | 83.32 A | 83.47 A | 82.48 A | 80.33 A | 80.48 A | 80.41 A | 80.37 A |
| SDG (**) | 8.46 BC | 7.57 DE | 6.72 FG | 7.10 EF | 8.80 B | 6.41 FG | 5.29 H | 4.16 I | 7.54 DE | 6.67 FG | 6.12 G | 7.05 EF | 10.17 A | 8.12 BCD | 7.78 CDE | 6.18 G |
| PR (ns) | 13.74 A | 14.93 A | 14.85 A | 15.09 A | 13.71 A | 15.09 A | 15.98 A | 15.82 A | 13.75 A | 13.47 A | 15.57 A | 14.53 A | 13.00 A | 13.37 A | 16.77 A | 14.41 A |
| B (**) | 3291.9 I | 5223.00 H | 7735.3 DE | 7659.1 D | 9383.1 AB | 9267.9 AB | 9311.1 AB | 8010.1 DE | 6724.2 F | 7504.1 E | 9655.4 A | 8861.8 BC | 6389.2 FG | 5715.5 GH | 8321.0 CD | 5934.4 GH |
| Localidad 2: San Pablo. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DEP (ns) | 8 A | 8 A | 8 A | 8 A | 7 A | 7 A | 7 A | 7 A | 10 A | 10 A | 10 A | 10 A | 9 A | 9 A | 9 A | 9 A |
| NPMC (ns) | 349 A | 322 A | 356 A | 362 A | 350 A | 357 A | 380 A | 353 A | 423 A | 380 A | 423 A | 419 A | 473 A | 403 A | 403 A | 407 A |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NMP (ns) | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A | 2 A |
| DE (ns) | 72 A | 72 A | 71 A | 72 A | 74 A | 73 A | 73 A | 72 A | 75 A | 75 A | 74 A | 74 A | 71 A | 71A | 72 A | 71 A |
| NHPP (ns) | 4 A | 5 A | 5 A | 5 A | 5 A | 5 A | 4 A | 5 A | 4 A | 5 A | 5 A | 4 A | 5 A | 5 A | 4 A | 5 A |
| NNPTP (**) | 3 B | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 3 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A | 4 A |
| LEN (ns) | 8.24 A | 8.65 A | 9.15 A | 8.95 A | 6.88 A | 7.67 A | 8.49 A | 8.15 A | 7.55 A | 8.68 A | 8.98 A | 9.50 A | 6.73A | 7.58 A | 7.82 A | 7.75 A |
| DT (ns) | 3.69 A | 3.92 A | 3.89 A | 3.98 A | 3.75 A | 3.93 A | 4.01 A | 4.25 A | 3.62 A | 3,71 A | 3,99 A | 4.14 A | 3.29 A | 3.76 A | 3.75 A | 3.69 A |
| AP (ns) | 79.78 A | 81.88 A | 80.84 A | 80.49 A | 78.35 A | 79.16 A | 79.78 A | 78.79 A | 77.21 A | 78.59 A | 80.63 A | 81.62 A | 75.96 A | 76.83 A | 77.43 A | 77.36 A |
| NEMC (**) | 345 GH | 365 FGH | 453BCD | 423 DE | 356 FGH | 394 EF | 496 B | 392 EFG | 350 FGH | 430 DE | 585 A | 478 BC | 328 H | 364 FGH | 442 CD | 492 B |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|----------------|-----------|----------------|-----------------|----------------|
| NEE (ns) | 14 A | 15 A | 13 A | 14 A | 15 A | 14 A | 14 A | 14 A | 13 A | 13 A | 14 A | 15 A | 12 A | 12 A | 12 A | 13 A |
| NGE (**) | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 3 A | 2 B | 3 A | 3 AB | 3 A |
| NGEs (ns) | 43 A | 47 A | 52 A | 44 A | 44 A | 35 A | 45 A | 45 A | 39 A | 36 A | 38 A | 46 A | 28 A | 32 A | 32 A | 32 A |
| LE (ns) | 5.39 A | 5.70 A | 5.81 A | 5.30 A | 5.69 A | 5.46 A | 5.46 A | 5.62 A | 5.30 A | 4.97 A | 5.20 A | 5.86 A | 5.12 A | 5.19 A | 5.22 A | 5.24 A |
| LB (*) | 14.38 BCD | 14.19 BCD | 14.82 ABCD | 13.45 BCD | 14.91 ABCD | 14.86 ABCD | 15.02 ABCD | 15.81 ABC | 15.95 AB | 15.02 ABCD | 16.08 AB | 17.07A | 13.17 D | 13.25 CD | 12.82 D | 13.12 D |
| DC (ns) | 179 A | 179 A | 178 A | 179 A | 181 A | 180 A | 180 A | 179 A | 182 A | 182 A | 181 A | 181 A | 178 A | 178 A | 179 A | 178 A |
| PMS (ns) | 52.88 A | 53.03 A | 50.83 A | 50.80 A | 50.43 A | 51.47 A | 51.27 A | 53.30 A | 55.30 A | 53.87 A | 51.50 A | 55.93 A | 54.33 A | 54.66 A | 56.03 A | 57.90 A |
| RH (*) | 4920.20 GH | 5605.40 EFG | 6829.90 ABC | 6099.70 CDE | 5133.70FGH | 6212.00 BCDE | 7301.70 A | 6594.00 BCDE | 4706.80 H | 6223.30 BCDE | 7054.50 AB | 6874.80 ABC | 4425.90 H | 5796.40 DEF | 6212.00 BCDE | 6032.30 CDE |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|---------------|---------------|-----------|------------------|-------------|-----------------|
| PH (ns) | 81.56 A | 82.79 A | 82.45 A | 82.02 A | 80.31 A | 81.63 A | 82.29 A | 83.31 A | 84.62 A | 85.06 A | 82.62 A | 84.22 A | 82.08 A | 81.66 A | 81.52 A | 81.62 A |
| SDG (**) | 9.17 A | 6.56 C | 5.61 EF | 5.33 FG | 6.38 CD | 4.71 HI | 4.36 I | 4.42 HI | 6.87 C | 5.46 EF | 4.92 GH | 5.41 EF | 8.28 B | 5.52 DE | 5.39 FG | 5.32 FG |
| PR (ns) | 11.63 A | 11.93 A | 10.93 A | 11.26 A | 12.23 A | 12.30 A | 11.15 A | 13.41 A | 12.64 A | 11.09 A | 11.09 A | 11.23 A | 11.08 A | 12.58 A | 12.10 A | 12.96 A |
| B (**) | 7146.00 FGH | 7719.00 EFGH | 10570.00 BC | 9011.00 BCDE | 4741.00 I | 6884.00 GH | 8760.00 CDEF | 8222.00 DEFG | 8033.00 DEFGH | 9675.00 BCD | 12656.00 A | 10681.00 B | 6227.00HI | 7954.00 DEFGH | 8582.00DEFG | 9338.00 BCDE |

Cuadro 14. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la interacción de factores AxB (Líneas de trigo duro por Dosis de nitrógeno)

NS = No Significativo. * = Significativo al 5%. ** = Altamente Significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

5.1.3. Interacción de factores líneas de trigo por dosis de nitrógeno (AxB)

Interacción como concepto básico, no es más que la dependencia positiva o negativa de dos o más variables y cuyo efecto se manifiestan por el cambio en dirección y magnitud (Monar, C. 2016).

En la localidad 1: Laguacoto III, la respuesta de las cuatro líneas de trigo duro en cuanto a las variables Número de Macollos por Planta (NMP), Número de Nudos Por Tallo principal (NNPTP), Número de Espigas Por metro Cuadrado (NEMC), Número de Granos por Espiguilla (NGE), Número de Granos por Espiga (NGES), Sanidad del Grano (SDG), Rendimiento de trigo en kg/ha al 13% de humedad (RH) y Biomasa (B), dependieron de las dosis de nitrógeno (Cuadro 14); sin embargo para el resto de variables evaluadas, fueron factores independientes (Cuadro 14).

En la localidad 2: San Pablo la respuesta de las dosis de N en cuanto a las variables: Numero de Nudos Por Tallo Principal (NNPTP), Número de Espigas por Metro Cuadrado (NEMC), Número de Granos por Espiguilla (NGE), Longitud de la Barba (LB), Sanidad del Grano (SDG), Rendimiento de trigo en kg/ha al 13% de humedad (RH) y Biomasa (B), dependieron de las líneas de trigo duro (Cuadro 14) y el resto de variables, presentaron resultados no significativos (Cuadro 14).

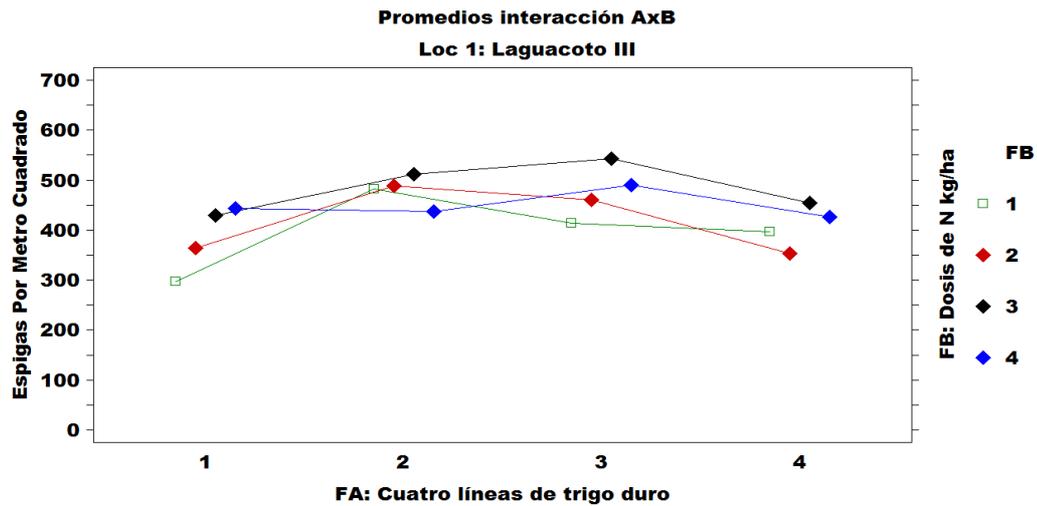


Gráfico 19.- Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable número de espigas por metro cuadrado. Laguacoto III. 2017.

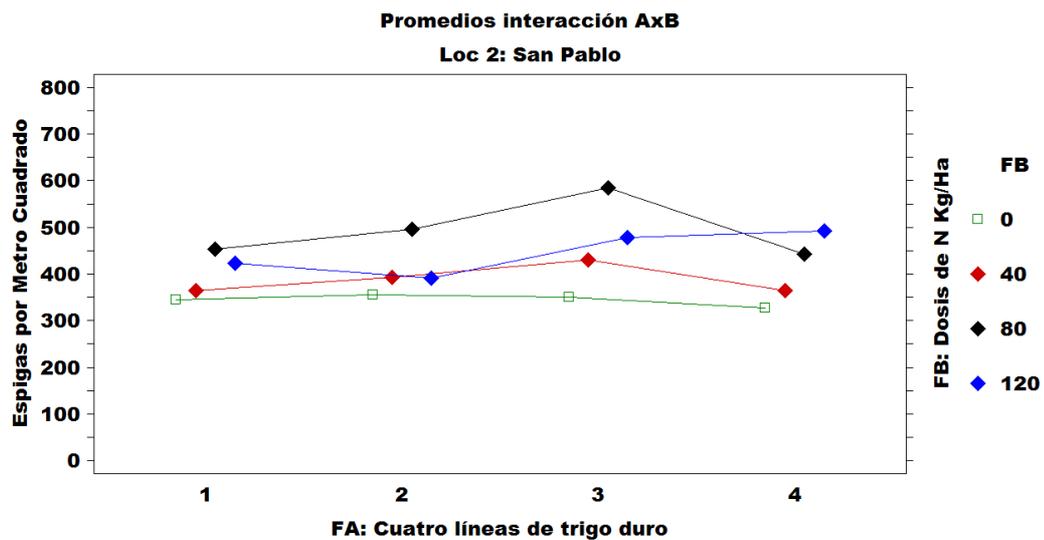


Gráfico 20. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable número de espigas por metro cuadrado. San Pablo. 2017.

La respuesta de las líneas promisorias de trigo duro en relación a la variable Número de Espigas por Metro Cuadrado, dependió de las dosis de nitrógeno en las dos localidades. El promedio más alto en la localidad 1: Laguacoto III, se presentó en los tratamientos A2B1 y A2B2 con 607 y 582 espigas por metro cuadrado respectivamente. En la localidad 2: San Pablo el mayor promedio correspondió al tratamiento A3B3 con 585 espigas (Cuadro 14 y Graf. 19 y 20).

Quizá esta respuesta diferente de los tratamientos fue debido al azar y a la interacción genotipo ambiente.

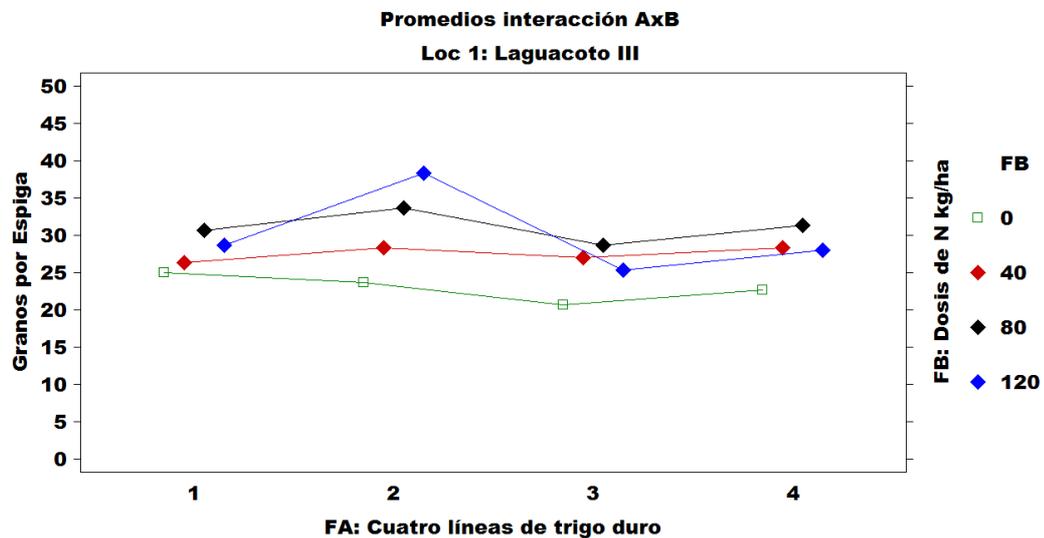


Gráfico 21. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable número de granos por espiga. Laguacoto III. 2017.

Existió una interacción muy dependiente de factores en estudio en la localidad 1: Laguacoto III para la variable número de granos por espiga. El promedio más elevado se registró en los tratamientos A2B3 y A2B4 con 34 y 38 granos por espiga, lo que incidió en una relación directa con el mayor rendimiento de trigo (Cuadro 14 y Graf. 21). El nitrógeno es vital para el llenado del grano y el mayor contenido de proteína. Estos resultados son similares a los reportados por otros autores en trabajos de investigación de este germoplasma e trigo duro en Laguacoto. En la localidad 2: San Pablo, a pesar de no existir dependencia de factores, existió un mayor número de granos por espiga y el promedio más alto se determinó en los tratamientos A1B2 y A1B3 con 47 y 52 granos por espiga y esta es una de las razones porque la localidad 2: San Pablo presentó el mayor rendimiento de trigo (Cuadro 14).

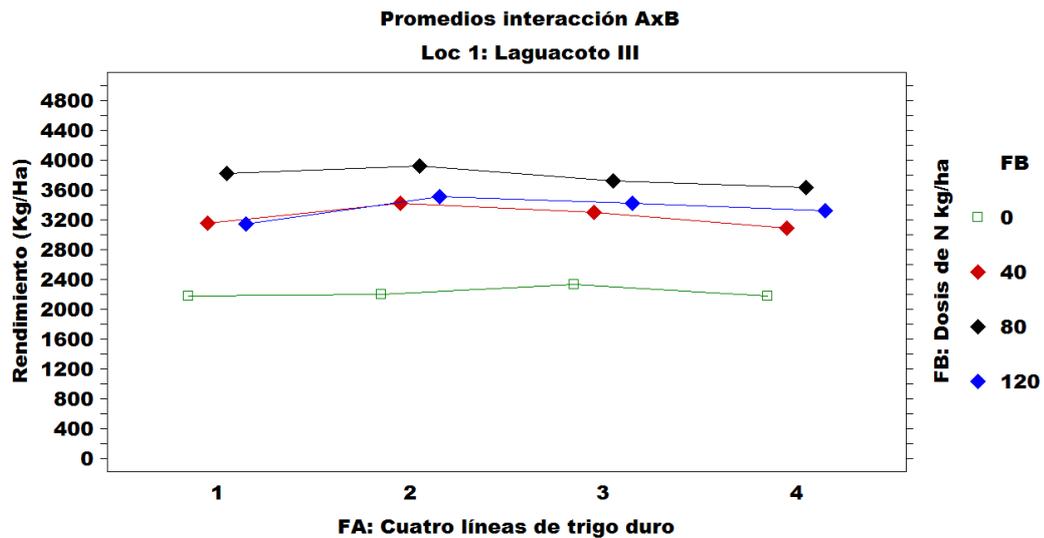


Gráfico 22. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de trigo en kg/ha. Laguacoto III. 2017.

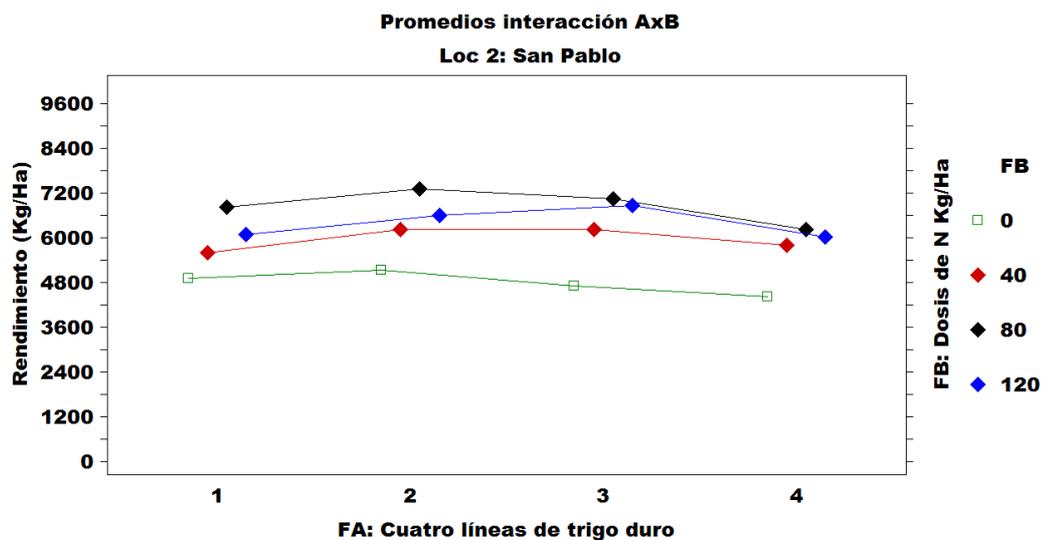


Gráfico 23. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de trigo en kg/ha. San Pablo. 2017.

La respuesta de las cuatro líneas de trigo duro en cuanto al rendimiento, dependió de las dosis de nitrógeno en las dos localidades. El rendimiento promedio más alto en la localidad 1, se presentó en los tratamientos A1B3 (línea de trigo A1 con 80 kg/ha de N) y A2B3 (línea de trigo A2 con 80 kg/ha de N) con 3821.6 y 3919.3 kg/ha al 13% de humedad respectivamente. En la localidad 2, los rendimientos superiores correspondieron a los tratamientos A3B3 y A2B3 con 7054.50 y 7301.70 kg/ha al 13% de humedad (Cuadro 14 y Graf. 22 y 23). Como se infiere

en las dos localidades hay una respuesta importante del nitrógeno pero hay que determinar que la mayor eficiencia del N se tuvo en la localidad 2 por las mejores condiciones edafoclimáticas. Los rendimientos promedios obtenidos en las dos localidades, son muy promisorios y el trigo duro tiene un potencial enorme para diversificar los sistemas de producción locales y contribuir a la seguridad alimentaria.

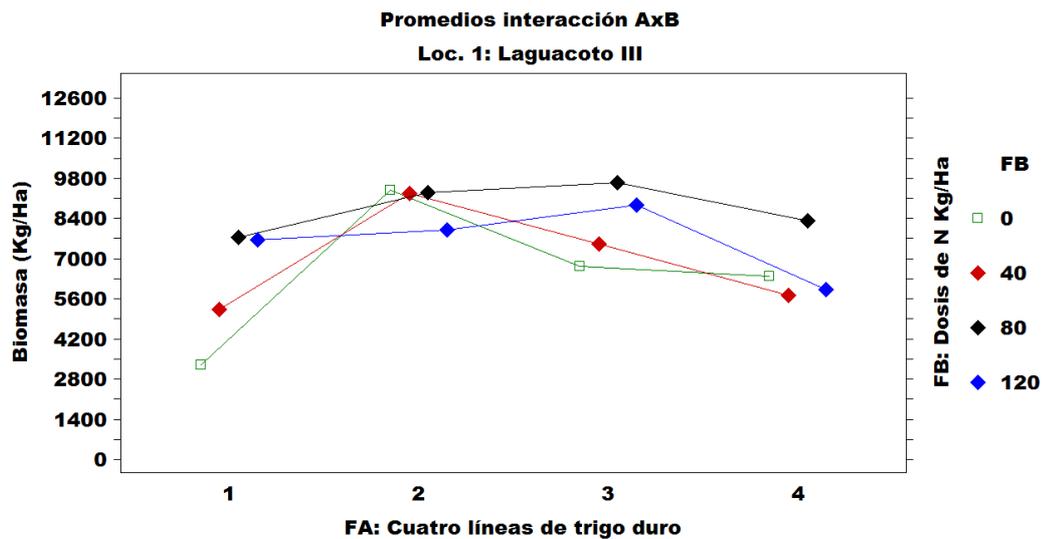


Gráfico 24. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable biomasa en kg/ha. Laguacoto III. 2017.

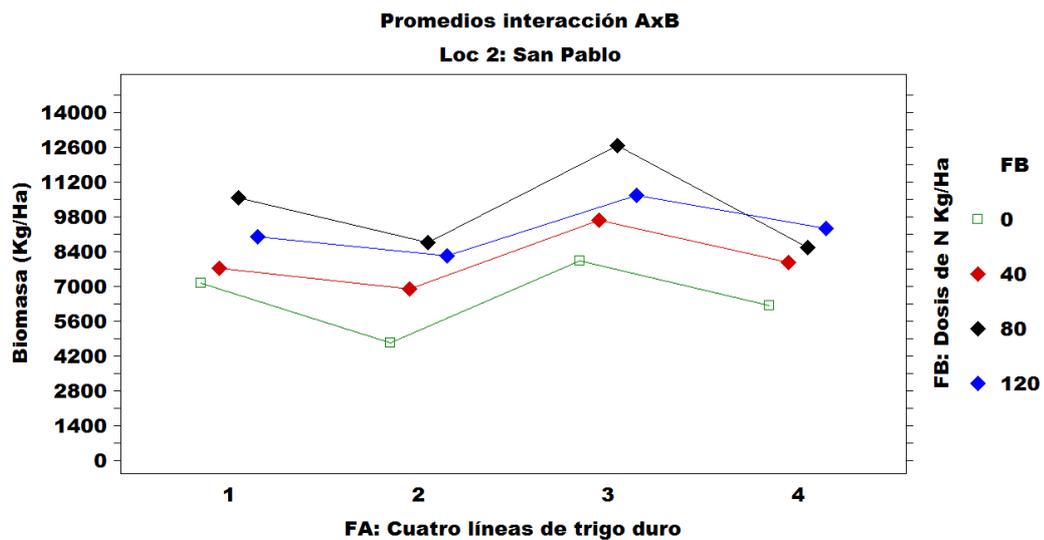


Gráfico 25. Interacción de factores Líneas de trigo duro por dosis de nitrógeno en la variable biomasa en kg/ha. San Pablo. 2017.

La respuesta de las dosis de nitrógeno en cuanto a la variable Biomasa (B), dependieron de las líneas de trigo duro; es decir fueron factores dependientes en las dos localidades. Los promedios más elevados de biomasa en la localidad 1 se registraron en los tratamientos A2B3 y A3B3 con 9311.1 y 9655.4 kg/ha al 13% de humedad. En la localidad 2 promedios superiores fueron cuantificados en los tratamientos A3B4 y A3B3 con 10681.0 y 12656.0 kg/ha (Cuadro 14 y Graf. 24 y 25).

Es evidente en función de los indicadores agronómicos de este experimento que la mejor zona agroecológica para la producción de trigo duro está en San Pablo, debido a los factores bioclimáticos y edáficos del suelo.

El aporte de esta biomasa al suelo es vital para mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo a corto y mediano plazo dependiendo de factores climáticos. Lastimosamente los productores debido a deficientes prácticas agrícolas, queman esta biomasa bien sea de trigo, maíz, arroz, etc. Si logramos a través de procesos de educación, transferencia de tecnología y capacitación aplicar la Agricultura de Conservación (AC), estaremos contribuyendo a la salud del planeta sistemas de producción sostenibles en el tiempo y el espacio (CIMMYT, 2012; Delgado, J. 2014 y Monar, C. 2017).

5.1.4. Resultados del análisis químico del suelo antes y al final del ensayo

Cuadro 15. Resultados del análisis químico del suelo para N, pH y MO antes de realizar el ensayo a dos profundidades y dos localidades.

| Profundidad (m) | Localidades | | | | | |
|--------------------|----------------------------|----------|-----------|-------------------------|----------|-----------|
| | Localidad 1: Laguacoto III | | | Localidad 2: San Pablo. | | |
| | N (kg/ha) | pH | MO (%) | N (kg/ha) | pH | MO (%) |
| 0 a 0.15 | 360 | 6.45 LAc | 3.30 M | 254 | 5.71 LAc | 10.4 A |
| 0.15 a 0.30 | 357 | 6.81 PN | 2.70 B | 264 | 5.86 LAc | 9.2 A |

Cuadro 15. Resultados del análisis químico del suelo

Fuente: INIAP. 2017.

pH: LAc = Ligeramente Acido. PN = Prácticamente Neutro.

Materia Orgánica (MO): A = Alto. B = Bajo

Como se observan los resultados del análisis químico del suelo antes de realizar el ensayo, las dos localidades tienen un contenido alto de N en las dos profundidades, siendo relevante que en San Pablo hay una ligera lixiviación del N a mayor profundidad y es normal por el tipo de suelo franco limoso y mayor cantidad de lluvia durante el período invernal (Cuadro 15). El rango del pH es el adecuado para el cultivo de trigo mismo que va de ligeramente ácido a neutro (Cuadro 15). La mayor diferencia de los suelos de Laguacoto III y San Pablo, es en el contenido de Materia Orgánica. En Laguacoto III por tratarse de suelos con procesos de mayor erosión hídrica y eólica el contenido es medio de 0 a 0.15 m y a mayor profundidad menor cantidad de MO. Los suelos de San Pablo son más jóvenes, antes estuvieron con bosques primarios, y aún disponen de un alto contenido de materia orgánica (Cuadro 15).

En función de estos indicadores, químicamente son suelos de calidad y adecuados para el cultivo de trigo.

Cuadro 16. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del contenido de nitrógeno de las muestras de suelo al final del ensayo por localidades en profundidades de 0 a 0.15 m y de 0.15 a 0.30 m). Localidad 1: Laguacoto III y Localidad 2: San Pablo. 2017.

| Profundidad (m) | Localidades | | Media General | Coeficiente de Variación (%) |
|----------------------|---------------|-----------|---------------|------------------------------|
| | Laguacoto III | San Pablo | | |
| N (0 a 0.15) (**) | 170.34 A | 130.80 B | 150.57 | 0.65 |
| N (0.15 a 0.30) (**) | 156.02 A | 136.66 B | 146.34 | 0.80 |

Cuadro 16.- Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del contenido de nitrógeno de las muestras de suelo al final del ensayo por localidades.

** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%

Fuente: INIAP. 2018

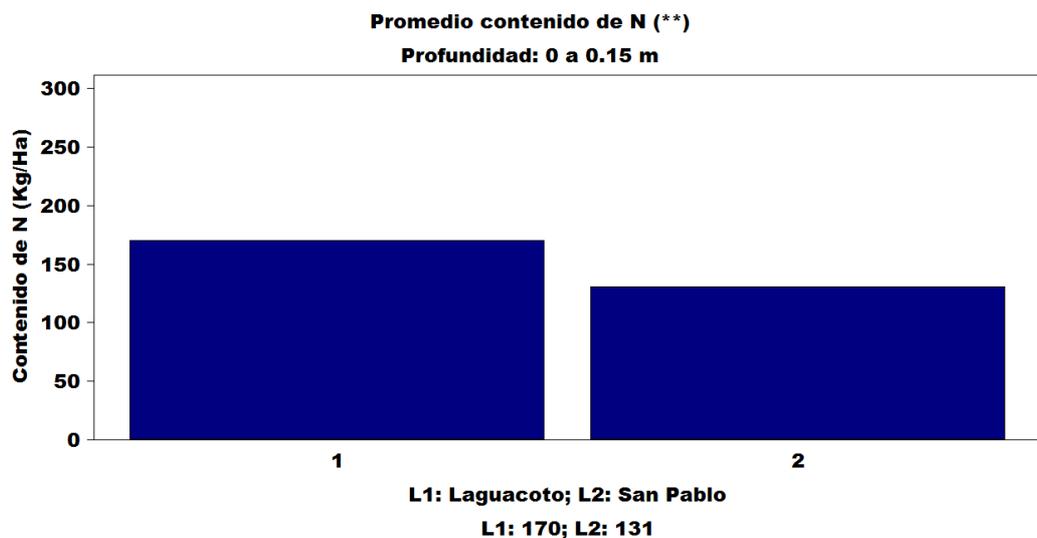


Gráfico 26. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0 a 0.15 m en dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2017.

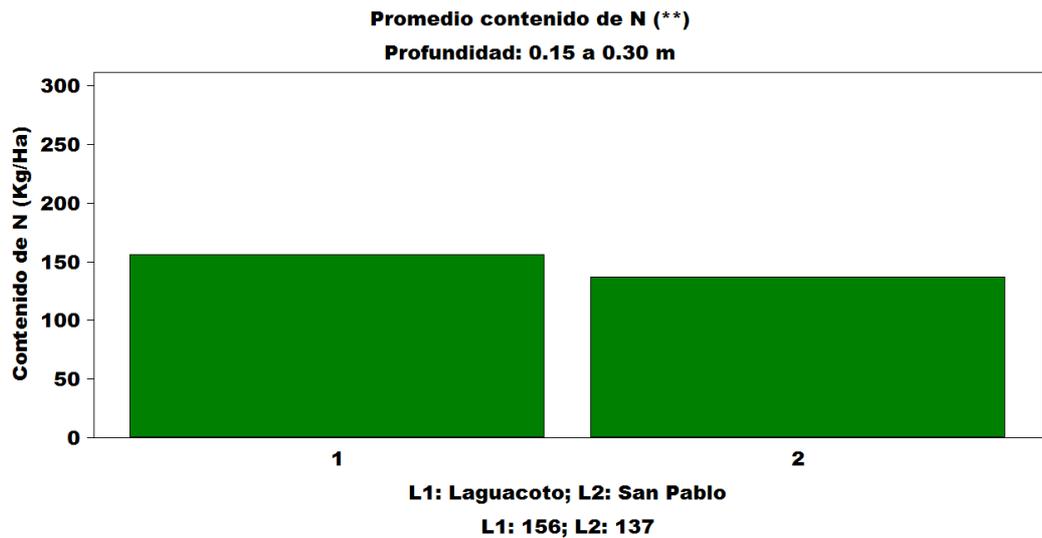


Gráfico 27. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0.15 a 0.30 m en dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2017.

La respuesta de las localidades en estudio al final del ensayo en cuanto al contenido de N a dos profundidades (0 a 0.15 m y 0.15 a 0.30 m), fue muy diferente (Cuadro 16 y Figs. 26 y 27).

Es claramente notorio que el mayor contenido de N en las dos profundidades en estudio, la localidad 1: Laguacoto III, presentó los promedios más elevados con 170.34 (0 a 0.15 m) y de 156.02 (0.15 a 0.30 m) kg/ha respectivamente. Quizá esto se deba al manejo del suelo, el contenido inicial alto de N en el suelo (Cuadro 15), características físicas, químicas y biológicas del suelo, estrés de sequía, baja eficiencia química y agronómica del N, por tanto al ser suelos con una textura franco arcillosa, hay mayor cantidad de N en el suelo. Los suelos de San Pablo son de textura franco limosa, mayor contenido de humedad, mejores indicadores de eficiencia química y agronómica del N, por tanto hay menos N en el suelo.

Como se puede inferir en la localidad 2: San Pablo, debido a los factores físicos y climáticos con mayor cantidad de precipitación, hay mayor movilidad del N hacia horizontes inferiores (Cuadros 15 y 16).

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, es claro que en las dos localidades quedan cantidades importantes de N, debiendo practicarse las

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para reducir la pérdida del N bien sea por Nitratos hacia los acuíferos o volatilización como gases hacia la atmósfera.

Cuadro 17. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del contenido de nitrógeno de las muestras de suelo, por las dosis aplicadas de N (0; 40; 80 y 120 kg/ha). Laguacoto III y San Pablo. 2017.

| Profundidad (m) | Tratamientos | | | |
|--------------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
| | 0 kg/ha | 40 Kg/ha | 80 Kg/ha | 120 Kg/ha |
| N1 (0 – 0.15 m) (**) | 123.47 D | 144.38 C | 162.35 B | 172.08 A |
| N2 (0.15 – 0.30 m) (**) | 118.63 D | 139.83 C | 158.77 B | 168.13 A |

Cuadro 17. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del contenido de nitrógeno de las muestras de suelo

** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%

Fuente: INIAP. 2018

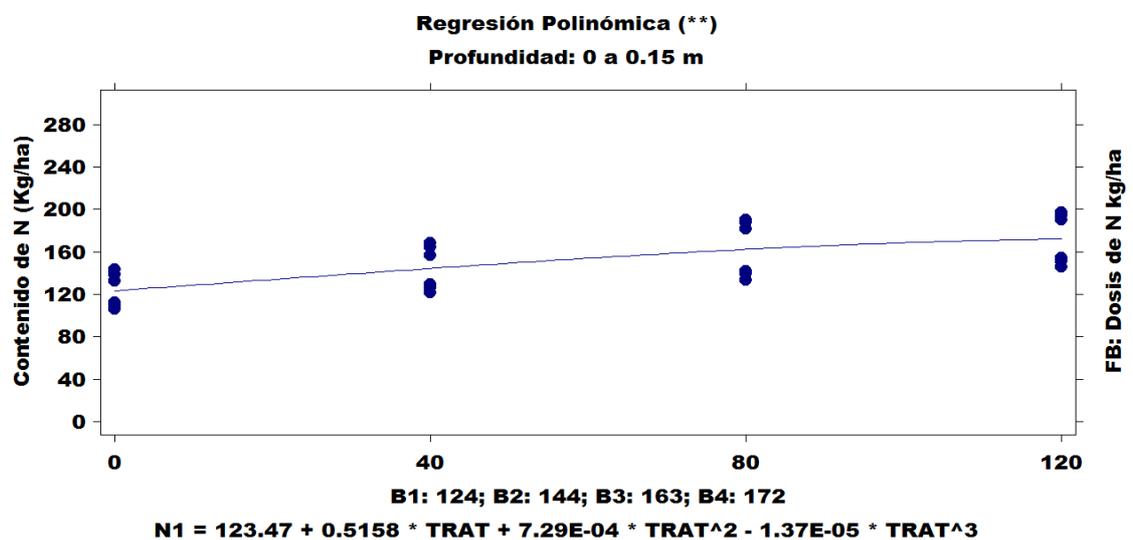


Gráfico 28. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0 a 0.15 m como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N en el cultivo de trigo duro. 2017.

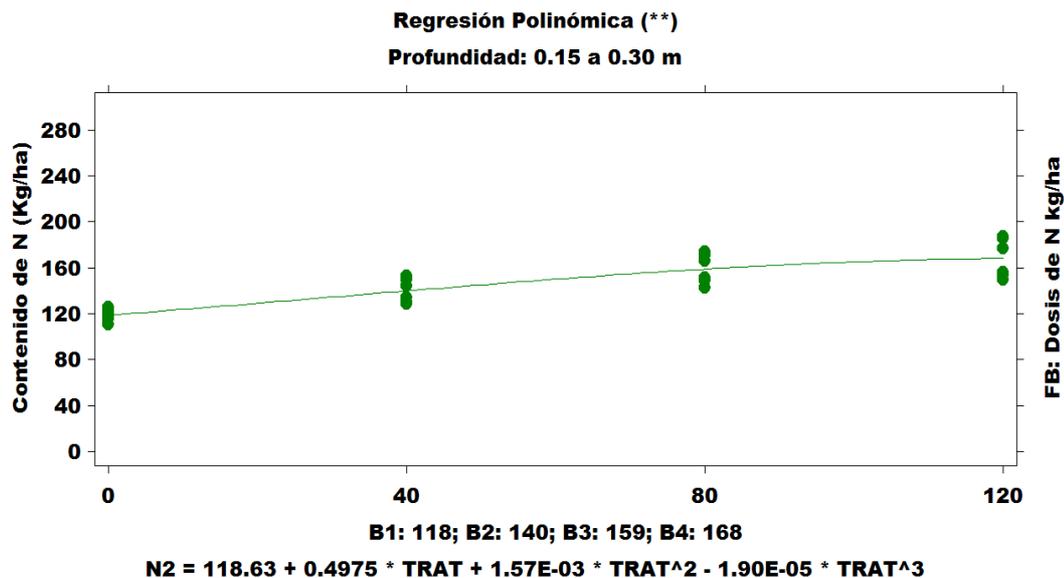


Gráfico 29. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0.15 a 0.30 m como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N en el cultivo de trigo duro. 2017.

De acuerdo a los resultados de la cantidad de N presente en el suelo a dos profundidades de estudio (0 a 0.15 m y 0.15 a 0.30 m) al final del ensayo, está claramente relacionado que a mayor cantidad de nitrógeno aplicado al suelo, mayor fue la cantidad de N residual, con una respuesta de tipo lineal y cuadrática con la dosis más alta aplicada de 120 kg/ha (Cuadro 17 y Graf. 28 y 29).

Es muy importante inferir que en el caso del nivel B1 (0 kg/ha), es decir donde no se aplicó N complementario al suelo utilizando como fuente la urea, los contenidos de N en el suelo son muy importantes al final del ensayo con 124 y 118 kg/ha (Cuadro 17 y Graf. 28 y 29). Quizá esta cantidad importante de N residual en el suelo esté relacionada con el contenido inicial de N en el suelo (Cuadro 15). Lastimosamente este N que queda en el suelo, con seguridad se pierde por las deficientes prácticas en poscosecha como es la labranza convencional con el uso del tractor en dirección a la pendiente, quema de los restos vegetales y los monocultivos especialmente del maíz. Quizá debido a estos y otros factores en la provincia Bolívar hay una baja eficiencia química y agronómica del N.

Estudios realizados por el INIAP. 2007; Lescano, D. y Claudio, H. 2013; Monar, C. 2016, han determinado una eficiencia química del N menor al 20% y por cada kg de N aplicado, sólo se logran alrededor de 12 kg de grano de maíz suave y para trigo los resultados son similares. Por lo tanto es fundamental aplicar las Buenas Prácticas Agrícolas (BPM), para mejorar significativamente la eficiencia química y agronómica del N y de esta manera contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de producción y a la seguridad alimentaria.

Cuadro 18. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del contenido de nitrógeno de las muestras de suelo, de la interacción de los factores Localidad x FB (Dosis de N kg/ha). Laguacoto III (L1) y San Pablo (L2). 2017.

| Profundidad (m) | Tratamientos | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | L1B1 0Kg/ha | L1B2 40Kg/ha | L1B3 80Kg/ha | L1B4 120Kg/ha | L2B1 0Kg/ha | L2B2 40Kg/ha | L2B3 80Kg/ha | L2B4 120Kg/ha |
| N (0 a 0.15) (**) | 137.93 E | 163.07 C | 186.53 B | 193.83 A | 109.00 G | 125.70 F | 138.17 E | 150.33 D |
| N (0.15 – 0.30) (**) | 122.20 F | 148.63 D | 170.23 B | 183.03 A | 115.07 G | 131.03 E | 147.30 D | 153.23 C |

Cuadro 18. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del contenido de nitrógeno de las muestras de suelo, de la interacción de los factores Localidad x FB (Dosis de N kg/ha). Laguacoto III (L1) y San Pablo (L2).

** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%

Fuente: INIAP. 2018

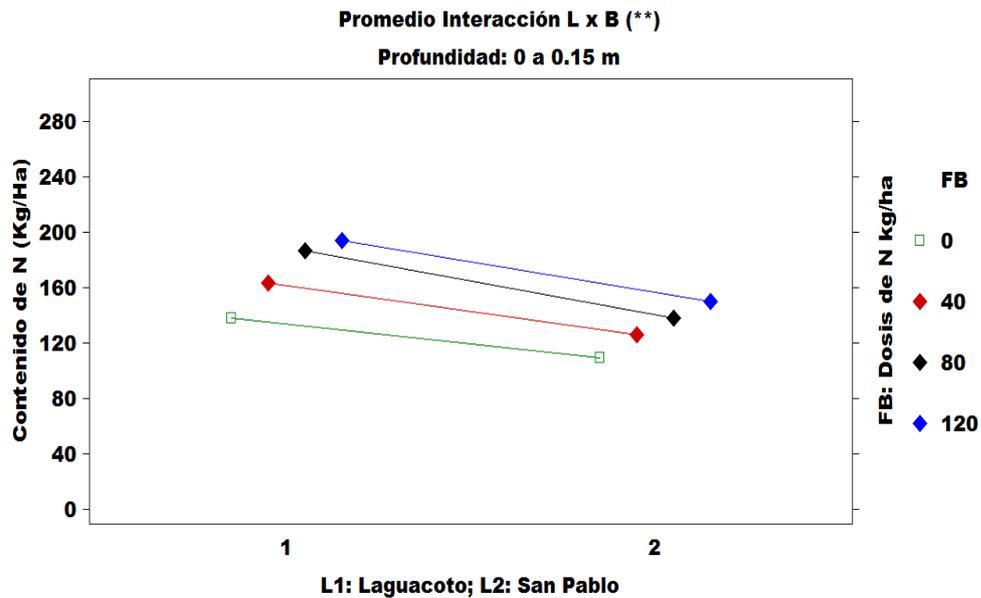


Gráfico 30. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0 a 0.15 m como efecto de la interacción localidades por dosis de nitrógeno en el cultivo de trigo duro. 2017.

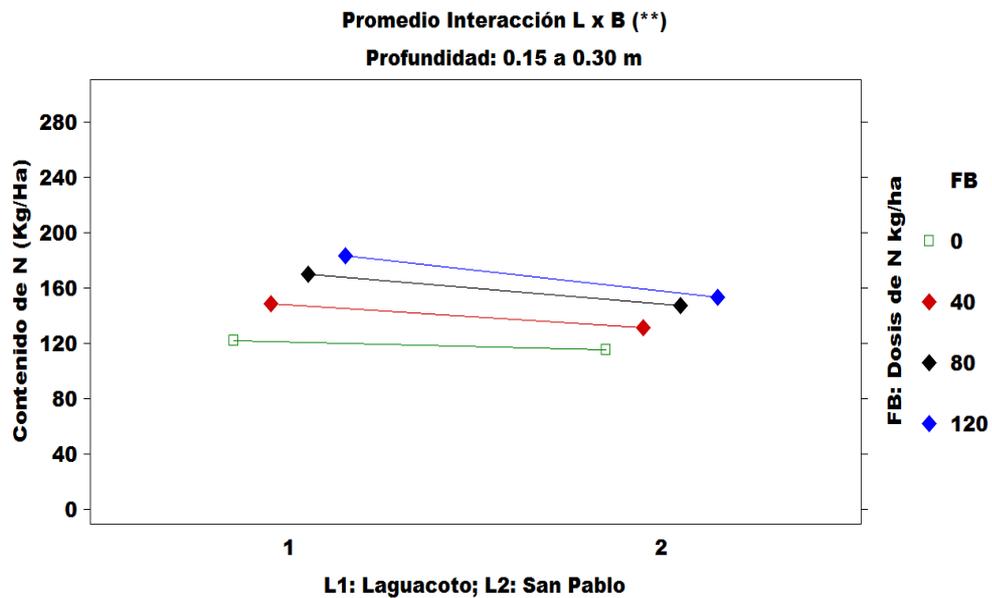


Gráfico 31. Contenido de N en kg/ha al final del ensayo a una profundidad de 0.15 a 0.30 m como efecto de la interacción localidades por dosis de nitrógeno en el cultivo de trigo duro. 2017.

La respuesta de las localidades en estudio en cuanto a la cantidad de N disponible al final del ensayo y a dos profundidades (0 a 0.15 m y 0.15 a 0.30 m), dependieron de las dosis de N aplicadas al suelo utilizando como fuente la urea (Cuadro 18 y Graf. 30 y 31).

Los promedios más altos de N al final del ensayo se cuantificaron en la localidad de Laguacoto III con 120 kg/ha de N aplicado como fuente la urea con 194 kg/ha a una profundidad de 0 a 0.15 m y 183 kg/ha a la profundidad de 0.15 a 0.30 m (Cuadro 18 y Graf. 30 y 31).

Es evidente que a mayor cantidad de N aplicado al suelo, mayor fue la cantidad de N que quede al final del cultivo, aunque es determinante también el contenido inicial de N (Cuadro 15), las condiciones climáticas, edáficas del suelo y el manejo agronómico del cultivo.

Se hace necesario por tanto de una manera urgente contribuir al manejo sustentable del N, para mejorar los indicadores de la eficiencia química y agronómica y de esta manera reducir los niveles de contaminación al medio ambiente.

Los resultados cuantificados en esta investigación aún nos demuestran la calidad de los suelos de las zonas agroecológicas de Laguacoto y San Pablo, siendo vital el manejo sustentable de los mismos a través de la conservación de los restos vegetales, labranza reducida y la rotación de los cultivos, principios fundamentales de la Agricultura de Conservación (CIMMYT. 2015 y Monar, C. 2016).

5.1.5. Resultados del Análisis Nutricional Proximal (ANP)

Cuadro 19. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los resultados en porcentaje (%) del análisis nutricional proximal (Factor A: Cuatro líneas de trigo duro) en las variables: Humedad (H), Cenizas (C), Extracto Etéreo (EE), Proteína (PR), Fibra (FB) y Extracto Libre de Nitrógeno (ELN). 2018.

| Variables | FA: Líneas de Trigo Duro | | | | Media General | Coeficiente de Variación (%) |
|-----------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------------|------------------------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | | |
| H (**) | 12.87 B | 12.65 C | 12.98 A | 12.86 B | 12.84 | 0.30 |
| C (**) | 1.69 B | 1.69 B | 1.79 AB | 1.88 A | 1.76 | 2.20 |
| EE (**) | 1.58 B | 1.79 A | 1.67 B | 1.69 AB | 1.68 | 2.29 |
| PR (**) | 12.60 C | 16.53 A | 12.70 C | 13.09 B | 13.73 | 0.28 |
| FB (**) | 2.37 D | 3.00 C | 3.13 B | 3.80 A | 3.08 | 1.28 |
| ELN (**) | 68.89 A | 64.34 D | 67.73 B | 66.68 C | 66.91 | 0.05 |

Cuadro 19. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los resultados en porcentaje (%) del análisis nutricional proximal
 ** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: INIAP. 2018. (Promedios en Base Seca).

De acuerdo con el Análisis Nutricional Proximal (ANP) realizado en el Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP Santa Catalina de las cuatro líneas promisorias de trigo duro, los indicadores de calidad pasan los requerimientos de la industria harinera como lo han manifestado las Empresas SUMESA y Molinera Novoa SA de la ciudad de Guayaquil (Cuadro 19).

La humedad está bajo los parámetros internacionales, es decir menor al 13%, condición importante junto a la temperatura y la humedad relativa para conservar en óptimas condiciones la materia prima (Cuadro 19).

El contenido de cenizas, misma que contiene los minerales, está dentro de los rangos de trigo duro con el 1.76%. La línea con el valor promedio más alto es A4 con 1.88% (Cuadro 19).

El Extracto Etéreo que son las grasas presentes principalmente en el embrión de la semilla, tiene un valor promedio de 1.68%. La línea con un promedio más alto es A2 con 1.79% (Cuadro 19).

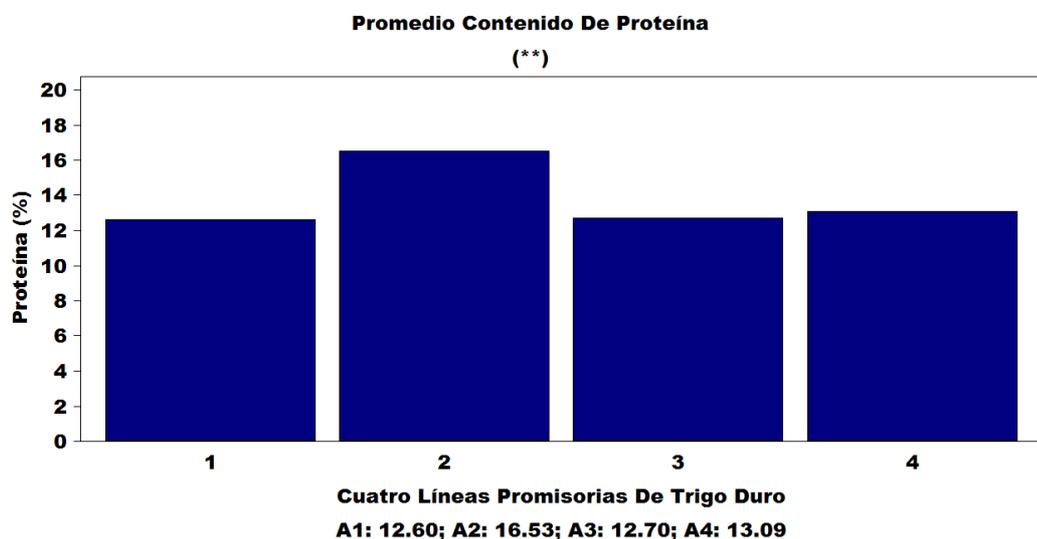


Gráfico 32. Contenido de Proteína (%) en cuatro líneas promisorias de trigo duro evaluado en las localidades de Laguacoto III y San Pablo. 2018.

Un indicador determinante en el trigo duro es el contenido de proteína. Estas líneas sobrepasan el valor mínima que demanda la industria que está alrededor del 11 al 12%. En esta investigación el valor promedio general está en 13.73%. Las líneas con los valores más elevados de proteína están A4 con 13.09 y A2 con 16.53% (Cuadro 19 y Graf. 32). Incrementar a través de procesos de fitomejoramiento un punto en el contenido de proteína es un éxito total y más aún en trigo duro lograr una línea promisorio con el 16.53% de proteína es vital para contribuir a mitigar la desnutrición crónica infantil y los altos índices de desnutrición.

El contenido promedio de fibra está en 3.08%. La línea con el valor promedio más elevado de fibra es A4 con 3.80% (Cuadro 19).

Finalmente el contenido medio general de Extracto Libre de Nitrógeno está en 66.91%. El promedio superior está en la línea A1 con 68.89% (Cuadro 19).

A mayor contenido de proteína, hay una relación inversa con el ELN.

En síntesis estas cuatro líneas promisorias de trigo duro tienen los indicadores agronómicos, morfológicos y nutricionales que demandan los diferentes segmentos de la cadena de valor del trigo duro y son una alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria y adaptación al cambio climático.

1.30. ANALISIS DE CORRELACION Y REGRESION LINEAL

Cuadro 20. Resultados del análisis combinado de dos localidades de correlación y regresión lineal de las variables independiente (Xs) que presentaron significancia estadística positiva o negativa con el rendimiento en seco evaluado en kg/ha al 13% de humedad.

| Variables Independientes (Xs) | Coefficiente de Correlación "r" | Coefficiente de Regresión "b" | Coefficiente de Determinación (R²) (%) |
|---|--|--------------------------------------|--|
| Altura de planta (**) | 0.7590 | 162.14 | 56 |
| Días a la Cosecha (**) | 0.8545 | 177.365 | 73 |
| Diámetro del Tallo (**) | 0.9133 | 1965.23 | 83 |
| Longitud de la Espiga (**) | 0.6542 | 1835.21 | 43 |
| Longitud Entre Nudos (**) | 0.8147 | 1301.14 | 66 |
| Número de Granos Por Espiga (**) | 0.7236 | 129.287 | 52 |
| Número de Macollos Por Planta (**) | -0.7251 | -2027.51 | 53 |
| Peso de Mil Semillas (**) | 0.8504 | 169.578 | 72 |
| Sanidad Del Grano (**) | 0.6799 | 724.280 | 46 |

Cuadro 20. Resultados del análisis combinado de dos localidades de correlación y regresión lineal

** Altamente significativo al 1%.

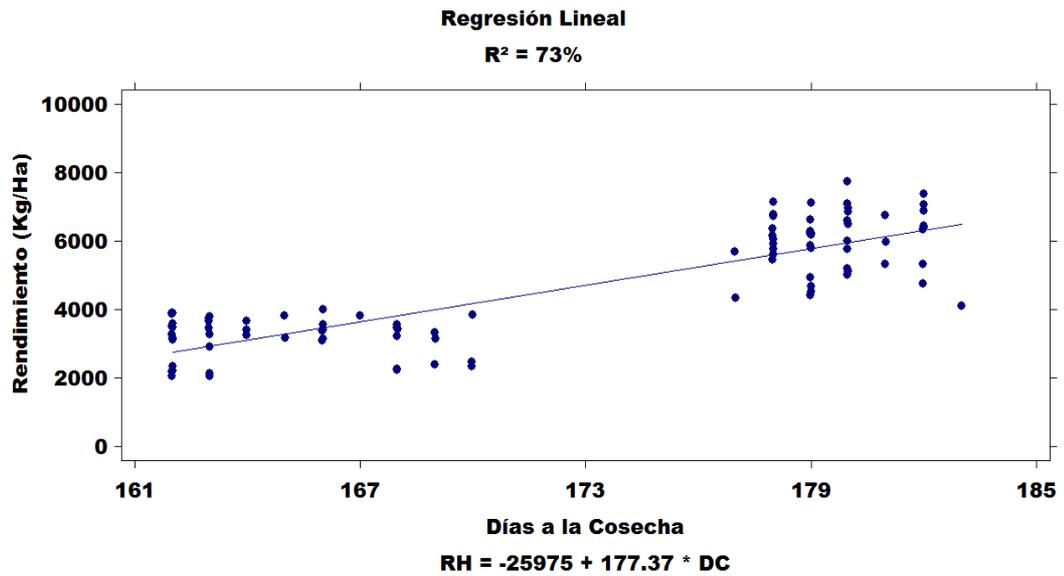


Gráfico 33. Regresión lineal entre los Días a la Cosecha versus el Rendimiento de trigo duro. Promedio combinado de dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2018.

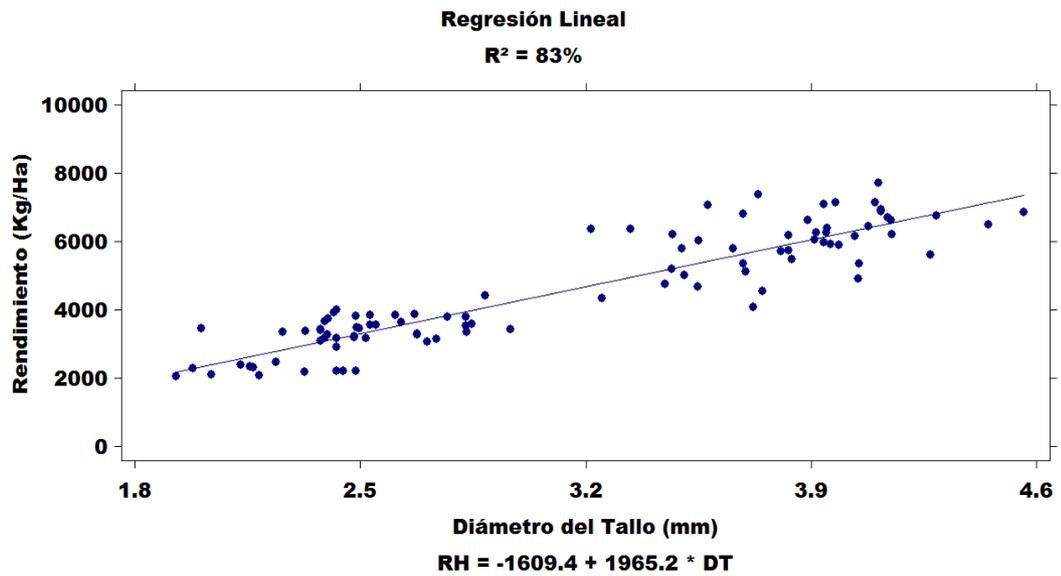


Gráfico 34. Regresión lineal entre el Diámetro del Tallo versus el Rendimiento de trigo duro. Promedio combinado de dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2018.

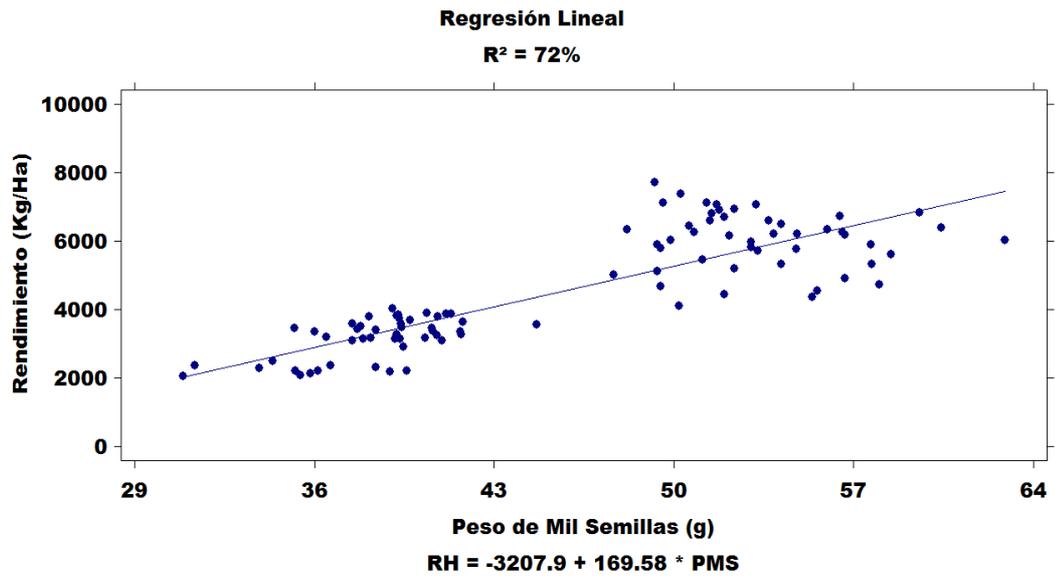


Gráfico 35. Regresión lineal entre el peso de mil semillas versus el rendimiento de trigo duro. Promedio combinado de dos localidades: Laguacoto III y San pablo. 2018.

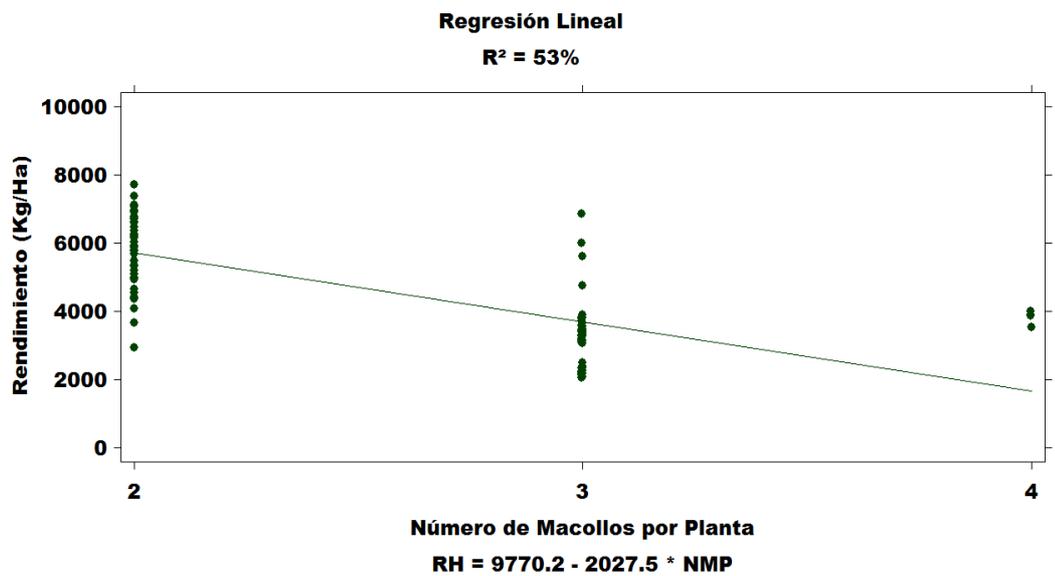


Gráfico 36. Regresión lineal entre el Número de Macollos por Planta versus el Rendimiento de trigo duro. Promedio combinado de dos localidades: Laguacoto III y San Pablo. 2018.

Correlación. Es la relación positiva o negativa entre dos variables y no tiene unidades. Su valor máximo es +/- 1. En esta investigación existieron correlaciones positivas entre las variables Altura de Plantas, Días a la Cosecha, Diámetro del Tallo, Longitud de las Espigas, Longitud entre Nudos, Número de Granos por Espiga, Peso de Mil Semillas y Sanidad del Grano y el rendimiento de trigo (Cuadro 20). Se presentó una correlación negativa significativa entre el Número de Macollos por Planta y el rendimiento (Cuadro 20).

Regresión. Es el incremento o reducción de la variable dependiente (Y), por cada cambio único de la variable (s) independiente (s) (X). En esta investigación los componentes que incrementaron el rendimiento de trigo evaluado en kg/ha al 13% de humedad fueron: AP, DC, DT, LE, LEN, NGES, PMS y la SDG (Cuadro 20). La variable independiente que redujo el rendimiento de trigo fue el Número de Macollos por Planta (Cuadro 20).

Sin embargo las variables independientes que presentaron un mejor ajuste con el rendimiento fueron Días a la Cosecha, Diámetro del Tallo y el Peso de Mil Semillas (Cuadro 20 y Graf. 33, 34 y 35). Esto quiere decir que líneas de trigo más tardías con mayor diámetro del tallo y peso más alto y sano del grano, mayor rendimiento (Graf. 33, 34 y 35).

La variable independiente Número de Macollos por Planta, redujo el rendimiento de trigo; es decir líneas con mayor número de macollos y estrés de sequía, redujeron el rendimiento (Graf. 36).

Coefficiente de Determinación (R^2). Este estadístico, explica con claridad en qué porcentaje se incrementa o reduce el rendimiento por cada cambio único de los componentes agronómicos. Los valores más altos del R^2 que incrementaron el rendimiento fueron el ciclo de cultivo (Días a la Cosecha) con el 73%; Diámetro del Tallo 83% y el Peso de Mil Semillas con 72% (Cuadro 20 y Graf. 33, 34 y 35).

El mayor Número de Macollos por Planta en condiciones de estrés de sequía, redujo el rendimiento en un 53% (Cuadro 20 y Graf. 36).

VI. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De acuerdo con los resultados obtenidos en el proceso de la evaluación de cuatro líneas promisorias de trigo duro en dos localidades y la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno, tenemos evidencia científica con el 95% y el 99% de seguridad que se determinaron diferencias estadísticas en los componentes agronómicos de las cuatro líneas de trigo duro, una respuesta diferente del germoplasma en las dos zonas agroecológicas y a la aplicación de las cuatro dosis de nitrógeno.

Fue determinante en esta investigación la interacción genotipo ambiente, las dosis de nitrógeno y las condiciones bioclimáticas y edáficas del suelo de cada localidad. Por lo tanto para el efecto de localidades, componentes del rendimiento de las líneas de trigo duro y dosis de nitrógeno, con suficiente evidencia científica rechazamos la hipótesis nula; es decir la respuesta del germoplasma de trigo duro fue diferente en las dos localidades, dosis de nitrógeno y se determinó una fuerte interacción entre localidades, líneas de trigo y dosis de nitrógeno.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.31. CONCLUSIONES

Una vez realizado los diferentes análisis agronómicos, estadísticos y nutricionales, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- La respuesta del germoplasma de trigo duro en las dos localidades fue muy diferente. El rendimiento promedio más alto se determinó en la San Pablo con 6001.40 kg/ha al 13% de humedad, lo que significó un incremento del 47.54% en comparación a la localidad de Laguacoto III.
- Existió un efecto diferente de las cuatro líneas de trigo duro. El rendimiento promedio más elevado en las dos localidades fue con la línea A2 con 3265.10 kg/ha en Laguacoto III y 6310.30 kg/ha al 13% de humedad en San Pablo.
- Se determinó un efecto diferente de las dosis del nitrógeno sobre el rendimiento dentro y entre localidades. Para el componente rendimiento de trigo, se presentó una respuesta lineal y cuadrática; es decir el óptimo técnico y económico estuvieron entre los 40 y 80 kg/ha de nitrógeno. Los promedios más altos en las dos localidades se registraron en la dosis B3 (80 kg/ha de N) con 3775.20 kg/ha en Laguacoto III y 6849.50 kg/ha al 13% de humedad en San Pablo.
- En la interacción de factores líneas de trigo por dosis de nitrógeno, los promedios superiores de trigo en las dos localidades se determinaron en el tratamiento: A2B3 (Línea de trigo A2 con 80 kg/ha de N), con 3919.30 kg/ha en Laguacoto III y 7301.70 kg/ha al 13% de humedad.
- Para la interacción Líneas de trigo duro por localidades, el promedio más alto se presentó en A2L2 (Línea de trigo A2 en la localidad de San Pablo) con 6310.30 kg/ha.
- Para la dependencia de factores dosis de nitrógeno por localidades el mayor rendimiento se dio en el tratamiento B2L2 (80 kg/ha de N en la localidad San Pablo) con 6849.50 kg/ha.

- En la interacción líneas de trigo por dosis de nitrógeno y por localidades el rendimiento más alto de trigo se cuantificó en el tratamiento A2B3L2 (Línea de trigo A2 con 80 kg/ha de N en la localidad de San Pablo) con 7301.70 kg/ha.
- Los componentes agronómicos más relevantes que incrementaron el rendimiento fueron el ciclo de cultivo con el 73%, diámetro del tallo con el 83% y el peso de mil semillas con el 72%. El componente que redujo el rendimiento en condiciones de estrés de sequía y calor fue el número de macollos por planta con el 53%.
- De los resultados del análisis químico del suelo antes y después del ensayo, se concluye que los suelos de Laguacoto III y San Pablo, tienen un contenido importante de nitrógeno, sin embargo debido a deficientes prácticas agronómicas, hay un proceso de lixiviación y volatilización importante.
- En función de los resultados del análisis nutricional proximal, las cuatro líneas de trigo duro, tienen indicadores de calidad que demanda la industria harinera relacionados principalmente al Peso Hectolítrico, humedad, fibra, extracto etéreo, cenizas, proteína y extracto libre de nitrógeno. En cuanto al contenido mayor de proteína con el 16.53% sobresalió la línea A2.
- Finalmente este estudio permitió validar alternativas tecnológicas apropiadas para diversificar los sistemas de producción locales con la adición de trigo duro y contribuir seguridad alimentaria.

1.32. RECOMENDACIONES

En función de las principales conclusiones establecidas en esta investigación, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Considerando que se tiene generado una información consistente del germoplasma de trigo duro desde el año 2008, se sugiere a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente y al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México liberar como las primeras variedades de trigo duro en Ecuador a las líneas A2 y A3, para el territorio de los cantones de Guaranda, Chimbo y San Miguel en altitudes de 2200 a 2900 msnm.
- Producir semilla de calidad de acuerdo a la Ley de Semillas del Ecuador de las líneas A2 y A3 con una densidad de siembra de 180 kg/ha en el sistema de siembra en surcos separados cada 20 cm y 200 kg/ha al voleo con el 85% de germinación y 100% de pureza física.
- Las fechas de siembra del trigo duro en las zonas agroecológicas de Laguacoto son durante el mes de febrero y en San Pablo en el mes de abril. Como una sugerencia y en función del análisis químico del suelo aplicar el nivel de fertilización química de 80-40-00 kg/ha de N-P-K. El control químico de malezas de hoja ancha utilizar el herbicida Metsulfuron Metil 60% en dosis de 1 g/20 L de agua entre los 20 y 30 días después de la siembra con una boquilla de abanico.
- Realizar la transferencia de tecnología sobre las Buenas Prácticas Agrícolas a los beneficiarios a través de los procesos de Validación y Vinculación con la comunidad de la Universidad.

- La Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la UEB, debe generar valor agregado con el trigo duro, mismo que es la materia prima principal para la producción de pastas (fideos), galletas y sémola y entre otros subproductos.
- Continuar con los procesos de investigación participativa de nuevo germoplasma de trigo duro mediante la coyuntura existente con el CIMMYT de México, sobre todo con énfasis a la resistencia del germoplasma a las principales enfermedades foliares, sequía, precoces, y excelente calidad para la industria molinera.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abadia, B. 2017. Manual del cultivo de Trigo. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/320465249_Como_crece_y_se_desarrolla_el_cultivo_de_trigo. Consulta: Junio, 2017.
2. AgroEs.es. 2015. Oídio de los cereales, Blumeria, Erysiphe graminis DC., descripción, daño y control integrado. AgroEs.es. en:
<http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/trigo/1269-oidio-de-los-cereales-blumeria-erysiphe-graminis-dc>. Consulta: Julio, 2017.
3. Aguilar, X. 2013. Caracterización Morfoagronómica de 21 accesiones de Trigo Duro (*Triticum turgidum* L. (thell) *durum*) en la localidad de Laguacoto II, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Guaranda, Ecuador. 16 p.
4. Alvarez, R. 2017. Nutrientes de las plantas. Instituto Universitario de la Paz, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de Ingeniería Agroindustrial. En: <https://view.joomag.com/como-aprendo-a-manejar-nutrientes-en-las-plantas/0026490001496162095?page=11>. Consulta: Julio, 2017.
5. Aramendiz, H. 2017. Genética de la resistencia de las plantas a factores bióticos: un informe. ResearchGate En:
https://www.researchgate.net/publication/321475433_Genetica_de_la_resistencia_de_las_plantas_a_factores_bioticos_un_informe. Consulta: Julio, 2017.
6. Bermejo, I. 2010. Agricultura y Cambio Climático. En: Ecologistas en acción. <http://www.ecologistasenaccion.org/article19945.html>. Consulta: Junio, 2017.

7. Capelle, J. 2011. Fertilización fosfatada de trigo [en línea]. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. En: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fertilizacionfosfatada-trigo-juan-capelle.pdf>. Consulta: Junio, 2017.
8. Carrera, A., et al. 2005. CULTIVOS AGRICOLAS (Trigo). Prontuario de agricultura. En: <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788484762485/prontuario-de-agricultura--cultivos-agricolas->. Consulta: Julio, 2017. Pp. 4, 87, 88,104 y 107.
9. Casas, L., et al. 2012. Guía de conocimiento del cultivo de Trigo. Editorial Helena Trust. Buenos Aires, Argentina. Pp. 11, 12.
10. Castillo, J. 1998. Diagnóstico y evolución de resistencia del chocho *Lupinus mutabilis Sweet* a la pudrición radicular. Universidad Nacional de Loja. En: <https://books.google.com.ec/books?id=AnszAQAAMAAJ&pg=PA24&lpg=PA24&dq=Tres+estrategias+de+defensa+pueden+ser+reconocidas+en+plantas:+Evasi%C3%B3n+Resistencia+y+Tolerancia,+el+m%C3%A1s+importante+es+la+resistencia.&source=bl&ots=7TxOHL8OeA&sig=NEIFqz2WelNodXMBJzvHiRoEpc&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjGhcWVy-3dAhWG0FMKHXH1A1AQ6AEwAXoECAgQAQ#v=onepage&q&f=false>. Consultado: Julio, 2017.
11. Centro Internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT. 1986. Enfermedades y Plagas del Trigo. Una guía para la identificación en el campo. Distrito Federal, México. 29 p.
12. Costa, J., et al 2009. *Nitratos en el suelo*. Obtenido de Nitratos en el suelo: <http://www.ugr.es/~cjl/Nitrogeno%20en%20suelos.pdf>

13. Cox, R., et al. 2015. Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación. En: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo, CIMMYT. http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1502-eficiencia-del-uso-de-nitrogeno. Consulta: Junio, 2017. Pp. 1, 2.
14. Cuados, Y. 2009. Manual del cultivo de trigo. Caritas Diocesanas Huancavelitas. En: https://issuu.com/caritashuancavelica/docs/manual_del_cultivo_de_trigo. Consulta: Junio, 2017.
15. ChileBio. 2018. Técnicas de Mejoramiento. ChileBio. En: <https://www.chilebio.cl/mejoramiento-vegetal/>. Consulta: Junio, 2018
16. Durán, J., et al. 2010. El papel del nitrógeno en la agricultura y la contaminación por nitrato. En: Interempresas.net de agricultura. <http://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/39819-El-papel-del-nitrogeno-en-la-agricultura-y-la-contaminacion-por-nitrato.html>. Consulta: Junio, 2017.
17. Escobar, W. 2007. Caracterización morfológica agronómica y bioquímica de la colección ecuatoriana del papa sub Grupo tardías. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Guaranda, Ecuador. 72 p.
18. FAO. 2017. Situación Alimentaria Mundial. En: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>. Consulta: Julio, 2017.
19. Flores, J. 2015. Caracterización morfoagronómica de 14 accesiones de Trigo Duro (*Triticum turgidum* L. (Thell) *durum*) en la localidad de Laguacoto III,

cantón Guaranda, provincia Bolívar. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Guaranda, Ecuador. Pp. 16, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 50, 66, 67, 71.

20. Gamboa, R., et al. 2015. Trigo 2015. En: Panorama Agroalimentario, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial, FIRA. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61954/Panorama_Agroalimentario_Trigo_2015.pdf. Consulta: Julio, 2017. 4 p.
21. Guerrero, E. 2017. Evaluación Agronómica de cuatro líneas promisorias de Trigo Duro (*Triticum turgidum L.*) a la fertilización nitrogenada en la localidad de Laguacoto III, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Guaranda, Ecuador. Pp. 9, 12, 13, 14, 17, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 47.
22. Hernández, G. 2015. Qué son los cereales. En: CANIMOLT, Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo. En: <http://www.canimolt.org/cereales/que-son-los-cereales>. Consulta: Junio, 2017.
23. Hernández, M. 2009. Tratado de Nutrición. Ediciones Días de Santos. Madrid, España. 406 p.
24. Hilleweart, H. 2016. Clasificación y propiedades del Trigo. En: Salud y Buenos Alimentos. <http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=s1&s2=s2&s3=Trigo>. Consulta: Mayo, 2017.
25. Indurain, I. 2010. Evaluación de variedades de Triticale para distintos aprovechamientos: grano, forraje y biomasa energética y estudio comparativo con variedades de trigo. Universidad pública de Navarra, Escuela Técnica

Superior de Ingenieros Agrónomos. En: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2266/577282.pdf?sequence=1>. Julio, 2017.

26. Juárez, Z., et al. 2014. El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. Universidad de las Américas Puebla. Distrito Federal, México. 81 p.
27. Kohli, M. 1997. Explorando altos rendimientos del trigo. Ediciones CIMMYT-INIA. La Estanzuela. En: <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1240/68277.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consulta: Junio, 2016. Pp. 391, 302, 307.
28. Lapidus, D., et al. 2008. Fortalecimiento de Capacidades para el Desarrollo de Estrategias de Bajas Emisiones: Eficiencia en el Uso del Nitrógeno en México. En: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP. [http://www.sagarpa.gob.mx/asuntosinternacionales/cooperacioninternacional/Documents/Cambio%20Clim%C3%A1tico/Proyectos%20de%20Investigaci%C3%B3n%20en%20CC%20\(Dra.%20Saynes,%20COLPOS\).pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/asuntosinternacionales/cooperacioninternacional/Documents/Cambio%20Clim%C3%A1tico/Proyectos%20de%20Investigaci%C3%B3n%20en%20CC%20(Dra.%20Saynes,%20COLPOS).pdf). Consulta: Junio, 2017.
29. León, J. 2012. Bioquímica estructural y metabólica. En: trastornos del ciclo de la Urea. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3Awg_laJcYJ:ae3com.eu/protocolos/protocolo1.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec. Consulta: Julio, 2017.
30. Mandariaga, R. 2018. Enfermedades del trigo de origen fungoso: hongos que llegan con la semilla. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA Carillanca). En:

<http://biblioteca.inia.cl/medios/fichas-tecnicas/cereales/FICHA-04-CARILLANCA.pdf>. Consulta: Julio, 2017.

31. Martín, G. 2011. Cultivo del Trigo. En: Catedra de Forrajes y Cereales. <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/forrajicultura/CultivoTrigo.pdf>. Consulta: Junio, 2017.
32. Martínez, A.; López, F. 2012. Guía para producir Trigo en plano en los Valles de Mexicali y San Luis. Ediciones Agarpa. San Luis, México.
33. Martínez, J., et al. 2015. Eficiencia en el uso del nitrógeno del trigo en la región semiárida de Buenos Aires. Efectos de la dosis y momento de aplicación. En: Agriscientia Vol. N. 31. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2015000100002. Consulta: Julio, 2017. 7 p.
34. Mauri, P., Vergara, G. 2003. Variedades del Instituto Madrileño de Investigaciones Agrarias (IMIA), Trigo Blando. Boletín Agrario Calidad, nutrición y salud (Alimentos Tradicionales en la Comunidad de Madrid). En: https://www.researchgate.net/publication/268074215_Variedades_del_IMIA_Trigo_Bland. Consulta: Junio, 2017.
35. Mendez, A. 2011. Química de la urea. La guía Química. En: <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/quimica-de-la-urea>. Consulta: Julio, 2017.
36. Monar, C. 2010. Informe anual de labores. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Proyecto de Investigación y Producción de Semillas. Guaranda, Ecuador.
37. Monar, C., et al 2017. *Proyecto investigacion y produccion sostenible de semillas*. Obtenido de Proyecto investigacion y produccion sostenible de

semillas.:

<http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/2013/IV%20Congreso%20Mundial%20de%20la%20Quinoa/A.%20Salas%20tem%E1ticas/Sala%201%20Agronom%EDa/Lunes%208%20de%20julio%202013/10.%20Presentacion%20de%20Carlos%20Monar%20-%20Ecuador.pdf> Consultado : Mayo, 2018. 6p.

38. Moreno, I. 2001. El cultivo del trigo. Algunos resultados de su producción en Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 71p.
39. Moreno, O., et al. 2008. Siembra de trigo en surco para el Valle de Mexicali, B.C. CIANO. En: <http://www.oedrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Paquetes/surco.pdf>. Consulta: Julio, 2017.
40. Novoa, R. 2009. Fertilización del cultivo de trigo. Editorial La Platina. Buenos Aires, Argentina. 11 p.
41. Ojeda, A., et al. 2014. Ciclo del Nitrógeno. En: Slide share. <https://de.slideshare.net/andrea0502/actividad-grupal-wiki-8/7?smtNoRedir=1>. Consulta: Junio, 2017.
42. Olivares, J. 2007. Nitrógeno y Cambio Climático. El país. Tribuna circuito científico. En: https://elpais.com/diario/2007/05/09/futuro/1178661607_850215.html Consulta: Julio, 2017.
43. Olivares, J. (2008). Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Granada. Obtenido de Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Granada: <https://www2.eez.csic.es/olivares/ciencia/fijacion/> Consulta: Mayo, 2018.
44. Pita, J. (2006). Germinación de semillas. En: Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación de España:

https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf, Consulta: Julio, 2017.

45. Peña, R., et al. 2008. Calidad de la Cosecha de trigo en México. Publicación Especial de CONASIST. México. 5 p.
46. Pressott, J., et al. 1986. Enfermedades y plagas del trigo, una guía para su identificación. CIMMYT. En:
<https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1110/13397.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consulta: Julio, 2017.
47. Prioleta, S. 2015. Trigo: enfermedades de semilla e inicio de ciclo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. En:
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_trigo_enfermedades_de_semilla.pdf. Consulta: Julio, 2017.
48. Quintero, C.; Broschetti, G. 2016. Eficiencia de uso del Nitrógeno en Trigo y Maíz en la Región Pampeana Argentina. En: Fertilizando.com
<http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp>. Consulta: Julio, 2017.
49. Quiminet. 2007. La urea y sus diversas aplicaciones. En:
<https://www.quiminet.com/articulos/la-urea-y-sus-diversas-aplicaciones-21306.htm>. Consulta: Julio, 2017.
50. Ramos, F. 2013. Maíz, Trigo y Arroz. Los cereales que alimentan al mundo. Editorial La ciencia a tu alcance. Monterrey, México. 23 p.
51. Steven, A. 2005. Trigo duro: Una nueva era para un cultivo antiguo. En: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT.
<http://libcatalog.cimmyt.org/download/cim/22500.pdf>. Consulta: Junio, 2017. Pp. 3, 5, 7.

52. Stubbs, R., et al. 2007. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT. México. Pp. 4, 9, 46.
53. Textos Científicos. 2005. Urea. En:
<https://www.textoscientificos.com/quimica/urea>. Consulta: Julio, 2005.
54. Treviño, J. 2017. Nitrógeno. En: Etimología del Nitrógeno.
<http://etimologias.dechile.net/?nitro.gen>. Consulta: Junio, 2017.
55. Tueros, M. 2018. EFECTO DE DOSIS DE RESPUESTA AGRONOMICA Y RENDIMIENTO DE LINEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO (Triticum aestivum L.) CIMMYT – UNCP EN LA C.C. CHONGOS BAJO-CHUPACA. Universidad Nacional del Centro del Peru. En:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4384/Tueros%20M.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consulta: Junio, 2018.
56. Verhulst, N., et al. 2015. Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación. En: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo, CIMMYT.
http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1502-eficiencia-del-uso-de-nitrogeno. Consulta: Junio, 2017. Pp. 1, 2.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la investigación

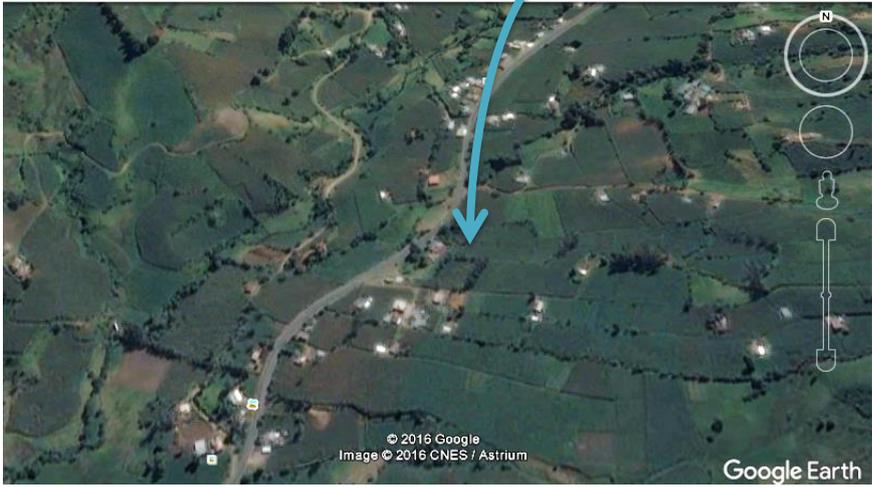


Localidad 1.
Laguacoto II.
Guaranda – Ecuador.
Coordenadas.
Altitud. 2626 msnm
Latitud. 1° 36' 50" S
Longitud. 78° 59' 37" O





Localidad 2.
San pablo de Atenas.
San Miguel – Ecuador
Coordenadas.
Altitud. 2435 msnm
Latitud. 1° 48' 10" S
Longitud. 79°03'47" O



Anexo 2. Base de datos

Evaluación Agronómica de la respuesta de cuatro líneas promisorias de Trigo Duro a la fertilización nitrogenada en dos localidades de la provincia de Bolívar.

- V1.** Tratamientos
- V2.** FA (4 líneas de trigo duro)
- V3.** FB (4niveles de N: 0; 40; 80 Y 120 kg/ha)
- V4.** Días a la emergencia de plántulas (DEP)
- V5.** Número de plantas por metro cuadrado (PMC)
- V6.** Número de macollos por planta (NMP)
- V7.** Días al espigamiento (DE)
- V8.** Número de hojas por planta (NHPP)
- V9.** Número de nudos por tallo principal (NNPTP)
- V10.** Longitud entre nudos (LEN)
- V11.** Diámetro del tallo (DT)
- V12.** Altura de plantas (AP)
- V13.** Número de espigas por metro cuadrado (NEMC)
- V14.** Número de espiguillas por espiga (NEE)
- V15.** Número de granos por espiguilla (NGE)
- V16.** Número de granos por espiga (NGEs)
- V17.** Longitud de espiga (LE)
- V18.** Longitud de barbas (LB)
- V19.** Días a la cosecha (DC)
- V20.** Rendimiento por parcela (RP)
- V21.** Peso 1000 semillas en gramos (PMS)
- V22.** Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH)
- V23.** Peso Hectolítrico (PH)
- V24.** Sanidad del grano (SDG)
- V25.** Profundidad radicular (PR)
- V26.** Biomasa. (B)

| Localidad 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|----|----|-----|----|----|----|----|------|------|-------|-----|-----|-----|-----|
| V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | V12 | V13 | V14 | V15 | V16 |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 378 | 3 | 77 | 4 | 4 | 6.72 | 2.19 | 64.99 | 249 | 11 | 2 | 24 |
| 2 | 1 | 2 | 9 | 406 | 3 | 80 | 4 | 4 | 6.42 | 2.48 | 70.49 | 360 | 12 | 3 | 28 |
| 3 | 1 | 3 | 10 | 344 | 3 | 78 | 4 | 3 | 7.33 | 2.83 | 71.03 | 399 | 12 | 3 | 33 |
| 4 | 1 | 4 | 9 | 444 | 3 | 77 | 4 | 4 | 6.92 | 2.39 | 79.03 | 461 | 14 | 3 | 29 |
| 5 | 2 | 1 | 7 | 400 | 3 | 77 | 4 | 4 | 6.31 | 2.33 | 63.88 | 602 | 13 | 3 | 25 |
| 6 | 2 | 2 | 9 | 360 | 3 | 83 | 4 | 4 | 5.89 | 2.48 | 65.69 | 569 | 14 | 3 | 31 |
| 7 | 2 | 3 | 8 | 484 | 4 | 77 | 4 | 4 | 6.43 | 2.42 | 69.51 | 529 | 13 | 3 | 34 |
| 8 | 2 | 4 | 7 | 306 | 3 | 83 | 4 | 4 | 6.21 | 2.85 | 79.05 | 480 | 15 | 3 | 40 |
| 9 | 3 | 1 | 10 | 486 | 3 | 85 | 4 | 3 | 6.99 | 2.16 | 60.05 | 473 | 11 | 2 | 20 |
| 10 | 3 | 2 | 9 | 390 | 3 | 84 | 4 | 3 | 7.02 | 2.74 | 64.02 | 499 | 10 | 3 | 29 |
| 11 | 3 | 3 | 10 | 506 | 3 | 81 | 3 | 3 | 7.16 | 2.53 | 63.32 | 506 | 13 | 3 | 30 |
| 12 | 3 | 4 | 8 | 440 | 3 | 83 | 4 | 4 | 7.24 | 2.49 | 71.35 | 498 | 12 | 2 | 27 |
| 13 | 4 | 1 | 9 | 450 | 3 | 83 | 3 | 4 | 5.93 | 1.98 | 56.83 | 475 | 11 | 2 | 21 |
| 14 | 4 | 2 | 10 | 450 | 3 | 79 | 4 | 3 | 6.01 | 2.4 | 67.22 | 332 | 11 | 2 | 30 |
| 15 | 4 | 3 | 8 | 586 | 3 | 78 | 4 | 4 | 5.64 | 2.4 | 69.27 | 451 | 11 | 3 | 33 |
| 16 | 4 | 4 | 9 | 282 | 3 | 84 | 4 | 4 | 5.92 | 2.83 | 69.11 | 356 | 12 | 2 | 28 |
| 1 | 1 | 1 | 9 | 436 | 3 | 77 | 4 | 4 | 7.17 | 2.49 | 71.11 | 241 | 12 | 2 | 28 |
| 2 | 1 | 2 | 9 | 448 | 3 | 81 | 4 | 4 | 7.13 | 2.43 | 71 | 355 | 13 | 2 | 26 |
| 3 | 1 | 3 | 9 | 282 | 3 | 80 | 4 | 4 | 6.94 | 2.49 | 81.24 | 407 | 11 | 3 | 28 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|-----|---|----|---|---|------|------|-------|-----|----|---|----|
| 4 | 1 | 4 | 9 | 286 | 3 | 81 | 4 | 4 | 6.75 | 2.71 | 74.27 | 476 | 15 | 3 | 31 |
| 5 | 2 | 1 | 8 | 388 | 3 | 84 | 4 | 4 | 6.61 | 2.13 | 65.74 | 608 | 11 | 2 | 22 |
| 6 | 2 | 2 | 8 | 490 | 2 | 79 | 4 | 4 | 6.29 | 2.39 | 70.41 | 598 | 11 | 3 | 28 |
| 7 | 2 | 3 | 8 | 514 | 4 | 81 | 4 | 4 | 6.83 | 2.43 | 74.07 | 524 | 12 | 3 | 32 |
| 8 | 2 | 4 | 8 | 392 | 3 | 77 | 4 | 3 | 6.52 | 2.5 | 75.27 | 485 | 13 | 3 | 39 |
| 9 | 3 | 1 | 9 | 508 | 3 | 85 | 4 | 4 | 6.73 | 2.24 | 65.46 | 492 | 13 | 2 | 22 |
| 10 | 3 | 2 | 9 | 444 | 3 | 83 | 4 | 4 | 7.61 | 2.38 | 71.24 | 476 | 13 | 2 | 27 |
| 11 | 3 | 3 | 9 | 488 | 3 | 85 | 4 | 4 | 7.41 | 2.53 | 77.05 | 498 | 11 | 3 | 29 |
| 12 | 3 | 4 | 9 | 450 | 3 | 83 | 4 | 4 | 7.23 | 2.38 | 78.66 | 506 | 11 | 2 | 24 |
| 13 | 4 | 1 | 9 | 382 | 3 | 77 | 4 | 3 | 6.78 | 2.43 | 67.42 | 462 | 13 | 2 | 23 |
| 14 | 4 | 2 | 9 | 366 | 3 | 77 | 3 | 3 | 6.96 | 2.38 | 69.31 | 350 | 10 | 2 | 29 |
| 15 | 4 | 3 | 9 | 464 | 3 | 77 | 4 | 3 | 7.18 | 2.55 | 75.56 | 469 | 12 | 3 | 31 |
| 16 | 4 | 4 | 9 | 338 | 3 | 79 | 4 | 4 | 6.66 | 2.33 | 75.94 | 362 | 12 | 3 | 29 |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 310 | 3 | 77 | 3 | 4 | 6.61 | 2.17 | 60.04 | 254 | 11 | 2 | 23 |
| 2 | 1 | 2 | 8 | 388 | 3 | 77 | 3 | 4 | 5.82 | 2.52 | 67.34 | 371 | 11 | 2 | 25 |
| 3 | 1 | 3 | 8 | 418 | 3 | 77 | 4 | 3 | 7.39 | 2.67 | 69.94 | 412 | 11 | 3 | 31 |
| 4 | 1 | 4 | 8 | 304 | 3 | 77 | 4 | 4 | 5.75 | 2.68 | 72.64 | 456 | 13 | 3 | 26 |
| 5 | 2 | 1 | 7 | 430 | 3 | 78 | 4 | 4 | 6.27 | 1.93 | 53 | 611 | 12 | 2 | 24 |
| 6 | 2 | 2 | 7 | 400 | 3 | 78 | 4 | 4 | 6.44 | 2.01 | 58.48 | 579 | 13 | 3 | 26 |
| 7 | 2 | 3 | 7 | 466 | 4 | 77 | 4 | 4 | 6.69 | 2.61 | 65.77 | 533 | 11 | 3 | 35 |
| 8 | 2 | 4 | 7 | 328 | 4 | 77 | 4 | 4 | 7.28 | 2.83 | 68.55 | 482 | 14 | 3 | 36 |
| 9 | 3 | 1 | 10 | 410 | 3 | 83 | 4 | 3 | 7.33 | 2.45 | 57.99 | 469 | 13 | 2 | 20 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|-----|---|----|---|---|------|------|-------|-----|----|---|----|
| 10 | 3 | 2 | 10 | 374 | 3 | 81 | 4 | 3 | 7.09 | 2.26 | 63.91 | 495 | 12 | 3 | 25 |
| 11 | 3 | 3 | 10 | 434 | 3 | 82 | 4 | 4 | 7.56 | 2.77 | 68.76 | 503 | 10 | 3 | 27 |
| 12 | 3 | 4 | 10 | 442 | 3 | 81 | 3 | 4 | 8 | 2.97 | 70.13 | 502 | 11 | 2 | 25 |
| 13 | 4 | 1 | 10 | 360 | 3 | 78 | 4 | 4 | 5.46 | 2.04 | 56.14 | 458 | 13 | 2 | 24 |
| 14 | 4 | 2 | 10 | 440 | 2 | 78 | 4 | 3 | 6.48 | 2.43 | 63.64 | 346 | 11 | 2 | 26 |
| 15 | 4 | 3 | 10 | 374 | 3 | 78 | 4 | 4 | 7.16 | 2.63 | 70.89 | 476 | 11 | 3 | 30 |
| 16 | 4 | 4 | 10 | 356 | 3 | 78 | 4 | 4 | 6.73 | 2.68 | 69.08 | 368 | 12 | 2 | 27 |

| V1 | V2 | V3 | V17 | V18 | V19 | V20 | V21 | V22 | V23 | V24 | V25 | V26 |
|----|----|----|------|------|-----|------|-------|------|-----|-------|-------|---------|
| 1 | 1 | 1 | 4.78 | 13.8 | 162 | 8.08 | 35.48 | 2042 | 83 | 8.76 | 15.52 | 3556.52 |
| 2 | 1 | 2 | 4.5 | 12.9 | 165 | 12.6 | 40.35 | 3175 | 82 | 7.95 | 15.34 | 4891.92 |
| 3 | 1 | 3 | 4.48 | 13.1 | 163 | 15 | 39.2 | 3781 | 81 | 6.16 | 13.94 | 7641.6 |
| 4 | 1 | 4 | 5.03 | 14 | 162 | 12.4 | 38.2 | 3144 | 76 | 6.68 | 14.04 | 7945.92 |
| 5 | 2 | 1 | 4.46 | 12.9 | 162 | 8.68 | 36.14 | 2194 | 81 | 9.56 | 13.58 | 9463.44 |
| 6 | 2 | 2 | 5.12 | 15.1 | 168 | 12.6 | 36.46 | 3187 | 81 | 6.19 | 14.26 | 9024.34 |
| 7 | 2 | 3 | 4.5 | 12.1 | 162 | 15.4 | 40.41 | 3902 | 82 | 5.38 | 13.62 | 9194.02 |
| 8 | 2 | 4 | 5.34 | 15.2 | 168 | 14.1 | 37.48 | 3569 | 78 | 4.26 | 14.2 | 7948.8 |
| 9 | 3 | 1 | 4.38 | 14.5 | 170 | 9.28 | 36.66 | 2346 | 84 | 8.12 | 14.26 | 6830.12 |
| 10 | 3 | 2 | 4.39 | 14.5 | 169 | 12.4 | 39.18 | 3137 | 83 | 6.89 | 13.1 | 7674.62 |
| 11 | 3 | 3 | 4.61 | 14.7 | 166 | 14.1 | 39.36 | 3559 | 84 | 5.96 | 14.56 | 9846.76 |
| 12 | 3 | 4 | 4.96 | 16.2 | 168 | 13.7 | 40.6 | 3458 | 83 | 7.64 | 15.26 | 8814.6 |
| 13 | 4 | 1 | 4.37 | 11.7 | 168 | 8.89 | 33.87 | 2247 | 79 | 10.47 | 10.9 | 6507.5 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|------|------|-----|------|-------|------|----|------|-------|---------|
| 14 | 4 | 2 | 5.09 | 13.3 | 164 | 12.9 | 39.23 | 3255 | 82 | 7.91 | 11.4 | 5537.76 |
| 15 | 4 | 3 | 5.19 | 13.2 | 163 | 14.7 | 39.31 | 3713 | 81 | 7.43 | 12.16 | 8190.16 |
| 16 | 4 | 4 | 5.56 | 13.3 | 169 | 13.2 | 41.69 | 3326 | 81 | 5.52 | 12.9 | 5838.4 |
| 1 | 1 | 1 | 4.69 | 13.4 | 162 | 8.6 | 38.98 | 2174 | 83 | 8.53 | 12.4 | 3089.62 |
| 2 | 1 | 2 | 4.71 | 13.6 | 166 | 12.5 | 37.89 | 3154 | 81 | 7.52 | 15.14 | 5168.8 |
| 3 | 1 | 3 | 4.62 | 13 | 165 | 15 | 40.8 | 3801 | 81 | 6.97 | 15.6 | 7757.42 |
| 4 | 1 | 4 | 5.07 | 14.6 | 166 | 12.1 | 37.51 | 3053 | 81 | 7.63 | 15.02 | 7635.04 |
| 5 | 2 | 1 | 4.34 | 14 | 169 | 9.36 | 31.34 | 2366 | 81 | 8.78 | 13.52 | 9048 |
| 6 | 2 | 2 | 5.05 | 14.9 | 164 | 14.5 | 39.72 | 3667 | 81 | 6.74 | 15 | 9759.36 |
| 7 | 2 | 3 | 4.53 | 13.5 | 166 | 15.8 | 39.05 | 4004 | 81 | 5.64 | 14.5 | 9369.12 |
| 8 | 2 | 4 | 5.15 | 14.9 | 162 | 13.7 | 39.45 | 3455 | 80 | 4.53 | 17.26 | 8099.5 |
| 9 | 3 | 1 | 4.4 | 14.5 | 170 | 9.76 | 34.42 | 2467 | 83 | 7.27 | 13.4 | 6710.88 |
| 10 | 3 | 2 | 5.19 | 15.6 | 168 | 13.5 | 37.69 | 3412 | 83 | 6.74 | 13.9 | 7073.36 |
| 11 | 3 | 3 | 4.89 | 14.8 | 170 | 15.1 | 39.3 | 3819 | 83 | 6.12 | 17.26 | 9491.88 |
| 12 | 3 | 4 | 4.82 | 16.1 | 168 | 13.6 | 37.71 | 3427 | 82 | 7.01 | 13.74 | 8955.6 |
| 13 | 4 | 1 | 4.66 | 12.5 | 162 | 8.61 | 39.62 | 2176 | 81 | 9.85 | 13.56 | 6449.52 |
| 14 | 4 | 2 | 4.8 | 12.5 | 162 | 12.2 | 40.96 | 3086 | 79 | 8.29 | 15.32 | 5782 |
| 15 | 4 | 3 | 5.45 | 12.9 | 162 | 14.1 | 44.68 | 3559 | 81 | 8.02 | 16.04 | 8385.72 |
| 16 | 4 | 4 | 4.89 | 13.6 | 164 | 13.4 | 40.66 | 3377 | 81 | 6.35 | 14.1 | 5929.56 |
| 1 | 1 | 1 | 3.94 | 12.3 | 162 | 9.12 | 38.43 | 2305 | 83 | 8.09 | 13.3 | 3229.69 |
| 2 | 1 | 2 | 4.71 | 14.9 | 162 | 12.4 | 39.35 | 3137 | 83 | 7.24 | 14.32 | 5617.2 |
| 3 | 1 | 3 | 5.02 | 14.3 | 162 | 15.4 | 41.17 | 3882 | 83 | 7.03 | 15 | 7807 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|------|------|-----|------|-------|------|----|------|-------|---------|
| 4 | 1 | 4 | 4.55 | 13.5 | 162 | 12.8 | 40.76 | 3238 | 82 | 6.99 | 16.2 | 7396.32 |
| 5 | 2 | 1 | 3.73 | 12.3 | 163 | 8.1 | 30.9 | 2047 | 81 | 8.07 | 14.02 | 9637.92 |
| 6 | 2 | 2 | 4.06 | 13.8 | 163 | 13.6 | 35.26 | 3427 | 81 | 6.3 | 16 | 9020 |
| 7 | 2 | 3 | 4.37 | 13.4 | 162 | 15.2 | 41.33 | 3852 | 82 | 4.85 | 19.82 | 9370.14 |
| 8 | 2 | 4 | 5.14 | 15.8 | 162 | 13.9 | 37.83 | 3511 | 81 | 3.68 | 16 | 7981.92 |
| 9 | 3 | 1 | 4.25 | 12.9 | 168 | 8.72 | 35.27 | 2204 | 84 | 7.22 | 13.6 | 6631.66 |
| 10 | 3 | 2 | 3.72 | 13.2 | 166 | 13.3 | 36.05 | 3357 | 84 | 6.37 | 13.4 | 7764.44 |
| 11 | 3 | 3 | 4.54 | 15.4 | 167 | 15 | 38.18 | 3789 | 83 | 6.28 | 14.9 | 9627.42 |
| 12 | 3 | 4 | 4.42 | 15.3 | 166 | 13.4 | 38.39 | 3397 | 82 | 6.51 | 14.6 | 8815.12 |
| 13 | 4 | 1 | 4.33 | 12.6 | 163 | 8.32 | 35.86 | 2103 | 81 | 10.2 | 14.54 | 6210.48 |
| 14 | 4 | 2 | 4.3 | 11.8 | 163 | 11.5 | 39.51 | 2912 | 81 | 8.18 | 13.4 | 5826.64 |
| 15 | 4 | 3 | 4.55 | 12.8 | 163 | 14.4 | 41.81 | 3642 | 79 | 7.89 | 22.1 | 8387.12 |
| 16 | 4 | 4 | 4.83 | 12.8 | 163 | 13 | 41.77 | 3276 | 79 | 6.69 | 16.24 | 6035.2 |

| Localidad 2. | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | V12 | V13 | V14 | V15 | V16 |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 350 | 2 | 73 | 4 | 3 | 8.53 | 3.47 | 82.29 | 350 | 13 | 3 | 42 |
| 2 | 1 | 2 | 8 | 368 | 2 | 73 | 5 | 4 | 8.65 | 3.66 | 81.72 | 365 | 14 | 3 | 45 |
| 3 | 1 | 3 | 8 | 342 | 2 | 71 | 5 | 5 | 9.05 | 3.69 | 82.01 | 453 | 13 | 3 | 45 |
| 4 | 1 | 4 | 8 | 402 | 2 | 72 | 5 | 4 | 8.97 | 3.99 | 76.01 | 423 | 13 | 3 | 39 |
| 5 | 2 | 1 | 8 | 386 | 2 | 73 | 5 | 4 | 6.37 | 3.51 | 73.29 | 341 | 16 | 3 | 54 |
| 6 | 2 | 2 | 8 | 342 | 2 | 73 | 5 | 4 | 7.43 | 3.55 | 75.03 | 402 | 13 | 3 | 20 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|-----|---|----|---|---|------|------|-------|-----|----|---|----|
| 7 | 2 | 3 | 8 | 398 | 2 | 73 | 5 | 3 | 8.49 | 3.94 | 74.29 | 476 | 13 | 3 | 44 |
| 8 | 2 | 4 | 8 | 364 | 2 | 73 | 5 | 4 | 8.15 | 4.45 | 79.63 | 393 | 13 | 3 | 44 |
| 9 | 3 | 1 | 10 | 464 | 3 | 75 | 4 | 5 | 7.55 | 3.45 | 79.63 | 350 | 11 | 3 | 30 |
| 10 | 3 | 2 | 10 | 354 | 3 | 74 | 5 | 4 | 9.03 | 3.94 | 83.66 | 405 | 12 | 3 | 34 |
| 11 | 3 | 3 | 10 | 476 | 2 | 75 | 5 | 4 | 8.77 | 4.12 | 80.06 | 588 | 12 | 3 | 32 |
| 12 | 3 | 4 | 10 | 398 | 2 | 74 | 5 | 3 | 9.38 | 4.29 | 87.79 | 503 | 13 | 3 | 39 |
| 13 | 4 | 1 | 8 | 480 | 2 | 72 | 5 | 4 | 6.43 | 2.89 | 71.77 | 340 | 11 | 2 | 25 |
| 14 | 4 | 2 | 8 | 384 | 2 | 72 | 5 | 4 | 7.54 | 3.5 | 72.64 | 379 | 12 | 3 | 33 |
| 15 | 4 | 3 | 8 | 468 | 2 | 72 | 5 | 3 | 7.82 | 3.47 | 77.22 | 442 | 12 | 3 | 33 |
| 16 | 4 | 4 | 8 | 394 | 2 | 71 | 5 | 4 | 7.75 | 3.34 | 76.33 | 492 | 11 | 3 | 31 |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 342 | 2 | 72 | 4 | 4 | 7.96 | 3.55 | 75.75 | 339 | 14 | 3 | 42 |
| 2 | 1 | 2 | 9 | 346 | 2 | 71 | 5 | 5 | 8.37 | 3.84 | 80.19 | 357 | 15 | 3 | 48 |
| 3 | 1 | 3 | 9 | 390 | 2 | 72 | 5 | 5 | 9.15 | 3.89 | 77.24 | 455 | 15 | 3 | 53 |
| 4 | 1 | 4 | 9 | 330 | 2 | 72 | 5 | 5 | 8.99 | 3.92 | 79.04 | 404 | 15 | 3 | 44 |
| 5 | 2 | 1 | 7 | 368 | 2 | 73 | 5 | 5 | 6.88 | 3.7 | 82.94 | 356 | 14 | 3 | 37 |
| 6 | 2 | 2 | 7 | 386 | 2 | 72 | 5 | 5 | 7.67 | 4.15 | 86.39 | 394 | 14 | 3 | 42 |
| 7 | 2 | 3 | 7 | 372 | 2 | 73 | 5 | 5 | 8.65 | 4.11 | 85 | 516 | 13 | 3 | 42 |
| 8 | 2 | 4 | 7 | 448 | 2 | 71 | 5 | 5 | 8.31 | 4.14 | 82.59 | 392 | 13 | 3 | 42 |
| 9 | 3 | 1 | 10 | 440 | 2 | 76 | 4 | 4 | 6.83 | 3.72 | 74.82 | 349 | 15 | 3 | 45 |
| 10 | 3 | 2 | 10 | 336 | 2 | 75 | 5 | 5 | 8.68 | 3.22 | 72.07 | 454 | 13 | 3 | 34 |
| 11 | 3 | 3 | 10 | 448 | 2 | 75 | 5 | 5 | 8.98 | 3.74 | 76.6 | 586 | 13 | 3 | 35 |
| 12 | 3 | 4 | 10 | 536 | 2 | 75 | 5 | 5 | 9.5 | 3.58 | 74.38 | 478 | 14 | 3 | 43 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|-----|---|----|---|---|------|------|-------|-----|----|---|----|
| 13 | 4 | 1 | 9 | 478 | 2 | 70 | 5 | 5 | 6.73 | 3.25 | 74.04 | 316 | 12 | 2 | 30 |
| 14 | 4 | 2 | 9 | 384 | 2 | 70 | 5 | 5 | 7.58 | 3.81 | 75.17 | 349 | 11 | 3 | 29 |
| 15 | 4 | 3 | 9 | 348 | 2 | 72 | 5 | 5 | 7.67 | 3.83 | 74.24 | 450 | 12 | 3 | 31 |
| 16 | 4 | 4 | 9 | 418 | 2 | 71 | 5 | 5 | 7.78 | 3.83 | 79.39 | 487 | 15 | 3 | 32 |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 354 | 2 | 72 | 4 | 4 | 8.24 | 4.05 | 81.31 | 345 | 15 | 3 | 44 |
| 2 | 1 | 2 | 8 | 252 | 3 | 71 | 5 | 5 | 8.93 | 4.27 | 83.74 | 372 | 16 | 3 | 49 |
| 3 | 1 | 3 | 8 | 336 | 2 | 71 | 5 | 5 | 9.25 | 4.1 | 83.26 | 450 | 11 | 4 | 57 |
| 4 | 1 | 4 | 8 | 354 | 2 | 71 | 5 | 5 | 8.9 | 4.04 | 86.41 | 441 | 14 | 4 | 50 |
| 5 | 2 | 1 | 7 | 298 | 2 | 75 | 5 | 5 | 7.4 | 4.05 | 78.82 | 371 | 15 | 3 | 42 |
| 6 | 2 | 2 | 7 | 342 | 2 | 75 | 5 | 5 | 7.91 | 4.08 | 76.07 | 385 | 15 | 3 | 43 |
| 7 | 2 | 3 | 7 | 370 | 2 | 72 | 5 | 5 | 8.34 | 3.98 | 80.05 | 496 | 15 | 3 | 49 |
| 8 | 2 | 4 | 7 | 276 | 2 | 73 | 5 | 5 | 7.99 | 4.15 | 74.15 | 391 | 15 | 3 | 50 |
| 9 | 3 | 1 | 9 | 366 | 2 | 74 | 4 | 4 | 8.28 | 3.69 | 77.17 | 351 | 14 | 3 | 42 |
| 10 | 3 | 2 | 9 | 450 | 2 | 75 | 5 | 5 | 8.34 | 3.95 | 80.06 | 430 | 15 | 3 | 41 |
| 11 | 3 | 3 | 9 | 346 | 2 | 73 | 5 | 5 | 9.2 | 4.12 | 85.22 | 580 | 16 | 3 | 46 |
| 12 | 3 | 4 | 9 | 322 | 3 | 73 | 5 | 5 | 9.62 | 4.56 | 82.68 | 452 | 18 | 3 | 57 |
| 13 | 4 | 1 | 9 | 460 | 2 | 72 | 5 | 5 | 7.03 | 3.75 | 82.08 | 328 | 13 | 2 | 28 |
| 14 | 4 | 2 | 9 | 440 | 2 | 71 | 5 | 5 | 7.63 | 3.96 | 82.69 | 364 | 13 | 3 | 33 |
| 15 | 4 | 3 | 9 | 392 | 2 | 72 | 5 | 5 | 7.97 | 3.95 | 80.83 | 434 | 13 | 2 | 30 |
| 16 | 4 | 4 | 9 | 408 | 2 | 71 | 5 | 5 | 7.71 | 3.91 | 76.35 | 497 | 13 | 3 | 33 |

| V1 | V2 | V3 | V17 | V18 | V19 | V20 | V21 | V22 | V23 | V24 | V25 | V26 |
|----|----|----|------|-------|-----|-------|------|------|-------|------|-------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 5.46 | 15.75 | 180 | 14.79 | 52.4 | 5190 | 80.73 | 9.5 | 11.18 | 7659 |
| 2 | 1 | 2 | 5.72 | 14.9 | 180 | 16.42 | 49.5 | 5763 | 82.58 | 6.38 | 13.06 | 8183 |
| 3 | 1 | 3 | 5.33 | 15.39 | 178 | 19.3 | 51.5 | 6774 | 81.6 | 5.61 | 11.18 | 10570 |
| 4 | 1 | 4 | 4.93 | 13.95 | 179 | 16.71 | 49.4 | 5864 | 82.59 | 5.6 | 9.07 | 9824 |
| 5 | 2 | 1 | 6.21 | 16.1 | 180 | 14.21 | 47.7 | 4988 | 79.79 | 6.15 | 12.66 | 4741 |
| 6 | 2 | 2 | 5.26 | 15.09 | 180 | 17.09 | 49.9 | 5999 | 80.66 | 4.81 | 12.1 | 6813 |
| 7 | 2 | 3 | 5.32 | 15.69 | 180 | 20.16 | 53.2 | 7077 | 80.62 | 4.51 | 12.06 | 9182 |
| 8 | 2 | 4 | 5.45 | 15.57 | 180 | 18.44 | 54.2 | 6470 | 81.82 | 4.54 | 11.06 | 8269 |
| 9 | 3 | 1 | 4.93 | 15.85 | 182 | 13.44 | 58 | 4718 | 83.67 | 6.87 | 11.92 | 7755 |
| 10 | 3 | 2 | 5.03 | 14.6 | 181 | 16.99 | 53 | 5965 | 85.86 | 5.21 | 9.92 | 9558 |
| 11 | 3 | 3 | 4.95 | 15.17 | 182 | 19.59 | 51.8 | 6875 | 84.9 | 4.77 | 10 | 13419 |
| 12 | 3 | 4 | 5.74 | 17.25 | 181 | 19.2 | 56.5 | 6740 | 83.64 | 4.92 | 10.94 | 10177 |
| 13 | 4 | 1 | 4.79 | 13.09 | 179 | 12.58 | 52 | 4415 | 81.46 | 8.93 | 9.72 | 5434 |
| 14 | 4 | 2 | 5.01 | 13.15 | 179 | 16.51 | 53 | 5796 | 82.05 | 5.92 | 11.64 | 8287 |
| 15 | 4 | 3 | 5.22 | 12.9 | 179 | 17.67 | 54.8 | 6201 | 80.33 | 5.39 | 12.42 | 8582 |
| 16 | 4 | 4 | 4.97 | 12.93 | 178 | 18.05 | 56 | 6336 | 81.78 | 5.32 | 11.86 | 9023 |
| 1 | 1 | 1 | 4.89 | 13.14 | 179 | 13.25 | 49.5 | 4651 | 81.89 | 8.89 | 11.26 | 6633 |
| 2 | 1 | 2 | 5.45 | 13.64 | 178 | 15.55 | 51.1 | 5459 | 81.47 | 6.53 | 10.96 | 7270 |
| 3 | 1 | 3 | 5.68 | 13.9 | 179 | 18.82 | 51.4 | 6605 | 82.69 | 5.8 | 9.84 | 11879 |
| 4 | 1 | 4 | 5.1 | 12.34 | 179 | 17.86 | 50.8 | 6268 | 82.07 | 5.06 | 11.54 | 8944 |
| 5 | 2 | 1 | 4.98 | 12.96 | 180 | 14.5 | 49.4 | 5089 | 80.43 | 6.61 | 10.78 | 4840 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|------|-------|-----|-------|------|------|-------|------|-------|-------|
| 6 | 2 | 2 | 5.56 | 14.27 | 179 | 17.67 | 53.9 | 6201 | 81.84 | 4.61 | 12.66 | 6956 |
| 7 | 2 | 3 | 5.21 | 13.85 | 180 | 21.99 | 49.3 | 7717 | 83.89 | 4.21 | 11.46 | 8355 |
| 8 | 2 | 4 | 5.53 | 15.59 | 178 | 19.11 | 52 | 6706 | 81.96 | 4.3 | 17.96 | 8175 |
| 9 | 3 | 1 | 5.39 | 16.23 | 183 | 11.62 | 50.2 | 4078 | 85.97 | 6.9 | 13.84 | 7966 |
| 10 | 3 | 2 | 4.39 | 15.01 | 182 | 18.05 | 48.2 | 6336 | 83.39 | 5.71 | 12.12 | 9675 |
| 11 | 3 | 3 | 4.63 | 14.96 | 182 | 20.93 | 50.3 | 7347 | 82.15 | 5.03 | 10.58 | 12656 |
| 12 | 3 | 4 | 5.18 | 16.24 | 182 | 20.07 | 51.7 | 7043 | 84.39 | 6.17 | 12.48 | 11186 |
| 13 | 4 | 1 | 5.29 | 12.98 | 177 | 12.38 | 55.4 | 4347 | 82.51 | 7.62 | 13.68 | 7020 |
| 14 | 4 | 2 | 4.91 | 13.05 | 177 | 16.23 | 53.3 | 5695 | 82.82 | 6.07 | 14.14 | 7954 |
| 15 | 4 | 3 | 4.81 | 12.68 | 179 | 17.57 | 56.7 | 6167 | 82.75 | 5.54 | 12.02 | 8863 |
| 16 | 4 | 4 | 4.8 | 13.01 | 178 | 16.32 | 54.8 | 5729 | 80.86 | 5.6 | 13.32 | 9338 |
| 1 | 1 | 1 | 5.81 | 14.26 | 179 | 14.02 | 56.7 | 4920 | 82.07 | 9.2 | 12.46 | 7146 |
| 2 | 1 | 2 | 5.92 | 14.04 | 178 | 15.94 | 58.5 | 5594 | 84.31 | 6.78 | 11.78 | 7704 |
| 3 | 1 | 3 | 6.42 | 15.16 | 178 | 20.26 | 49.6 | 7111 | 83.07 | 5.42 | 11.76 | 9260 |
| 4 | 1 | 4 | 5.88 | 14.05 | 178 | 17.57 | 52.2 | 6167 | 81.41 | 5.33 | 13.16 | 8264 |
| 5 | 2 | 1 | 5.89 | 15.68 | 182 | 15.17 | 54.2 | 5325 | 80.71 | 6.38 | 13.24 | 4643 |
| 6 | 2 | 2 | 5.55 | 15.21 | 182 | 18.33 | 50.6 | 6437 | 82.39 | 4.71 | 12.14 | 6884 |
| 7 | 2 | 3 | 5.86 | 15.52 | 179 | 20.26 | 51.3 | 7111 | 82.37 | 4.36 | 9.94 | 8742 |
| 8 | 2 | 4 | 5.88 | 16.27 | 180 | 18.82 | 53.7 | 6605 | 86.16 | 4.42 | 11.22 | 8222 |
| 9 | 3 | 1 | 5.58 | 15.78 | 181 | 15.17 | 57.7 | 5325 | 84.21 | 6.84 | 12.16 | 8378 |
| 10 | 3 | 2 | 5.48 | 15.45 | 182 | 18.15 | 60.4 | 6369 | 85.93 | 5.46 | 11.22 | 9792 |
| 11 | 3 | 3 | 6.03 | 18.1 | 180 | 19.78 | 52.4 | 6942 | 80.8 | 4.95 | 12.68 | 11893 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|------|-------|-----|-------|------|------|-------|------|-------|-------|
| 12 | 3 | 4 | 6.67 | 17.71 | 180 | 19.49 | 59.6 | 6841 | 84.64 | 5.13 | 10.26 | 10681 |
| 13 | 4 | 1 | 5.29 | 13.45 | 179 | 12.87 | 55.6 | 4516 | 82.27 | 8.28 | 9.84 | 6227 |
| 14 | 4 | 2 | 5.65 | 13.56 | 178 | 16.8 | 57.7 | 5897 | 80.11 | 5.76 | 11.96 | 7621 |
| 15 | 4 | 3 | 5.62 | 12.87 | 179 | 17.86 | 56.6 | 6268 | 81.47 | 5.23 | 11.86 | 8301 |
| 16 | 4 | 4 | 5.95 | 13.41 | 178 | 17.19 | 62.9 | 6032 | 82.23 | 5.03 | 13.7 | 9653 |

Anexo 3. Análisis físico químico del suelo.

Nombre del Propietario: Sr. Jhonny Cordova.

Fecha de ingreso: 06 de Octubre del 2017

Fecha de salida: 06 de Octubre del 2017

Ubicación: Laguacoto III. Universidad Estatal de Bolívar

Producto: Análisis de Tratamientos (Suelo – dosis de nitrógeno)

Cultivo: Trigo

| LAGUACOTO III | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------|--------|----------|----------|-------|
| Identificación | ppm | | | | | | | | meq/100ml | | | pH | Mo |
| | NH4 | P (P2O5) | S | Zn | Cu | Fe | Mn | B | K | Ca | Mg | | |
| Muestra general 0 -30 | 109 A | 16 M | 1.8 B | 3.1 M | 16.4 A | 148 A | 5 M | 0.6 B | 0.47 A | 14.7 A | 2.7 A | 6.45 LAc | 3.3 M |
| Muestra general 30 - 60 | 78 A | 11 M | 1.7 B | 2.8 M | 16.4 A | 102 A | 2.5 B | 0.8 B | 0.36 M | 14.3 A | 3.2 A | 6.81 PN | 2.7 B |
| A2B1 - 0 -15 | 94.05 M | 56.1 A | | | | | | | 270.27 A | 3729 A | 186.12 B | 5.63 LAc | |
| A2B1 - 15 -30 | 89.1 M | 54.45 A | | | | | | | 148.005 M | 4521 A | 217.8 M | 5.89 LAc | |
| A2B2 - 0 -15 | 107.25 A | 39.6 A | | | | | | | 289.575 A | 4158 A | 192.06 B | 5.74 LAc | |
| A2B2 - 15 -30 | 99 M | 36.3 A | | | | | | | 128.7 M | 4752 A | 237.6 M | 6.04 LAc | |
| A2B3 - 0 -15 | 112.2 A | 49.5 A | | | | | | | 296.01 A | 3828 A | 168.3 B | 5.98 LAc | |
| A2B3 - 15 -30 | 102.3 A | 47.85 A | | | | | | | 167.31 M | 3960 A | 237.6 M | 5.93 LAc | |
| A2B4 - 0 -15 | 145.2 A | 33 M | | | | | | | 283.14 A | 4059 A | 172.26 B | 5.69 LAc | |
| A2B4 - 15 -30 | 105.6 A | 31.35 M | | | | | | | 186.615 M | 4719 A | 237.6 M | 6.06 LAc | |

Nombre del Propietario: Sr. Marcelo Solis.

Fecha de ingreso: 06 de Octubre del 2017

Fecha de salida: 06 de Octubre del 2017

Ubicación: Parroquia San Pablo de Atenas.

Producto: Análisis de Tratamientos (Suelo – dosis de nitrógeno)

Cultivo: Trigo

| SAN PABLO | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|--------------|-----------|------------|-------------|-----------|
| | ppm | | | | | | | | meq/100ml | | | | |
| Identificación | NH4 | P (P2O5) | S | Zn | Cu | Fe | Mn | B | K | Ca | Mg | pH | Mo |
| Muestra general 0 -30 | 77 A | 25 A | 4.7 B | 3.9 M | 8.0 A | 239 A | 2.9 B | 0.5 B | 0.37 M | 14.7 A | 1.07 M | 5.71 LAc | 10.4 A |
| Muestra general 30 - 60 | 80 A | 13 M | 2.4 B | 4M | 7.2 A | 225 A | 1.4 B | 0.1 B | 0.32 M | 16.7 A | 1.1 M | 5.86 LAc | 9.2 A |
| A2B1 - 0 -15 | 54.45 M | 28.05 M | | | | | | | 501.93 A | 5445 A | 594 A | 6.28 LAc | |
| A2B1 - 15 -30 | 57.75 M | 24.75 M | | | | | | | 386.1 A | 6468 A | 633.6 A | 6.47 LAc | |
| A2B2 - 0 -15 | 74.25 M | 26.4 M | | | | | | | 546.975 A | 5016 A | 534.6 A | 6.22 LAc | |
| A2B2 - 15 -30 | 62.7 M | 24.75 M | | | | | | | 366.795 A | 4983 A | 554.4 A | 6.47 LAc | |
| A2B3 - 0 -15 | 74.25 M | 26.4 M | | | | | | | 534.105 A | 4422 A | 534.6 A | 6.32 LAc | |
| A2B3 - 15 -30 | 61.05 M | 23.1 M | | | | | | | 437.58 A | 4521 A | 594 A | 6.51 PN | |
| A2B4 - 0 -15 | 94.05 M | 26.4 M | | | | | | | 559.845 A | 4884 A | 574.2 A | 6.26 LAc | |
| A2B4 - 15 -30 | 87.45 M | 28.05 M | | | | | | | 398.97 A | 4653 A | 653.4 A | 6.55 PN | |

Resultados del análisis nutricional proximal de las líneas del departamento de nutrición y calidad del INIAP.


INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
 Paramoncane Sur Km. 1, Cabaiguanillo, 2690091-3007134, Fax: 3007134
 Casilla postal 17-01-340

INFORME DE ENSAYO No: 18-023

NOMBRE PETICIONARIO: Sr. Marcelo Solís
DIRECCION: San Pablo de Atenas
FECHA DE EMISION: 08/03/2018
FECHA DE ANALISIS: Del 23 de febrero al 9 de marzo de 2018

INSTITUCION: Particular
ATENCIÓN: Sr. Marcelo Solís
FECHA DE RECEPCION: 22/02/2018
HORA DE RECEPCION: 09H00
ANÁLISIS SOLICITADO: Proximal

| ANÁLISIS | HUMEDAD | CENIZAS ^U | E.E. ^U | PROTEÍNA ^U | FIBRA ^U | E.L.N. ^U | IDENTIFICACIÓN |
|-------------|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--|
| METODO | MO-LSAIA-01.01 | MO-LSAIA-01.02 | MO-LSAIA-01.03 | MO-LSAIA-01.04 | MO-LSAIA-01.05 | MO-LSAIA-01.06 | |
| METODO REF. | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | |
| UNIDAD | % | % | % | % | % | % | |
| 18-0174 | 12,39 | 1,93 | 2,04 | 14,60 | 2,94 | 78,48 | Trigo duro A2B2 Laguaquito III, Guaranza |
| 18-0175 | 12,65 | 1,69 | 1,79 | 16,53 | 3,00 | 76,99 | Trigo duro A2B3 Laguaquito III, Guaranza |
| 18-0176 | 12,61 | 1,63 | 1,68 | 14,28 | 3,19 | 79,23 | Trigo duro A2B2 San Pablo |
| 18-0177 | 12,29 | 1,45 | 1,62 | 14,99 | 3,09 | 79,34 | Trigo duro A2B3 San Pablo |

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME

Dr. Ivan Sigamontepol MSc
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido el total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter comercial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este como electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Resultados del análisis foliar de las líneas del departamento de nutrición y calidad del INIAP.



INSTITUTO NACIONAL 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 : Jenny Córdoba Dirección : Bolívar Ciudad : Teléfono : Fax : | DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : U.E.B. Provincia : Bolívar Cantón : Guasanda Parroquia : s/n Ubicación : | PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo : TRIGO Fecha de Muestreo : 22/01/2018 Fecha de Ingreso : 19/02/2018 Fecha de Salida : 09/03/2018 |
|--|---|---|

| N° Muestr. Laboral | Identificación del Lote | N (%) | | | | | | | | | | M (ppm) | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-------|---|------|----|------|---|------|---|------|----|---------|----|------|----|------|---|-----|---|-------|---|------|---|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S | M.O. | B | Zn | Cu | Fe | Mn | Mo | Na | | | | | | | | |
| 29969 | Transmisión A2B3 | 0,54 | B | 0,11 | B | 0,87 | B | 0,33 | S | 0,06 | B | 0,13 | B | 43,7 | A | 15,6 | S | 3,5 | B | 86,9 | S | 11,8 | B |
| 29970 | Transmisión A2B2 | 0,56 | B | 0,08 | B | 0,87 | B | 0,21 | S | 0,07 | B | 0,13 | B | 26,7 | A | 19,0 | S | 2,7 | B | 544,8 | A | 24,6 | S |

INTERPRETACION
 B = Bajo
 S = Suficiente
 A = Alto


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA



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 : Marcelo Solis
 Dirección : Bolívar
 Ciudad :
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : S/N
 Provincia : Bolívar
 Cantón : San Miguel
 Parroquia : San Pablo de Atenas
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo : TRUGO
 Fecha de Muestreo : 22/01/2018
 Fecha de Ingreso : 19/02/2018
 Fecha de Salida : 09/03/2018

| N° Muestr. Laborat. | Identificación del Lote | N (%) | | | | | | | | | | (ppm) | | | | | |
|---------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|--------|-------|---------|--------|----|----|--|--|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S | M.O. | B | Zn | Cu | Fe | Mn | Mo | Na | | |
| 29967 | Trazamiento A283 | 0,40 B | 0,04 B | 0,44 B | 0,27 S | 0,05 B | 0,16 S | | 23,7A | 19,3 S | 4,6 B | 249,5 A | 35,6 S | | | | |
| 29968 | Trazamiento A282 | 0,22 B | 0,04 B | 0,34 B | 0,22 S | 0,04 B | 0,13 B | | 23,0A | 23,7 S | 2,9 B | 271,4 A | 31,2 S | | | | |

INTERPRETACION
 B = Bajo
 S = Suficiente
 A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Anexo 4. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación de los ensayos

Toma de muestras de suelo



Levantamiento planimétrico y trazado del croquis de los ensayo



Nivelación del terreno



Siembra y tape



Registro de número de plantas por metro cuadrado (PMC)



Conteo del número de macollos por planta (NMP)



Aplicación de nitrógeno



Número de hojas por planta



Número de nudos por tallo principal



Longitud entre nudos



Color del tallo.



Diámetro del tallo (mm)



Evaluación de enfermedades foliares en la etapa de espigamiento



Registro de los días a la cosecha



Cosecha manual



Trilla



Peso de materia seca.



Peso de 100 semillas



Determinación del peso hectolítrico (PH)



Visita del tribunal



Anexo 5. Glosario de términos técnicos

Acame.- se produce por el resultado del encorvamiento o ruptura de los tallos por acción del viento.

Accesión.- Se denomina así a la muestra viva de una planta, cepa o población mantenida en un banco de germoplasma para su conservación y/o uso.

Ahijamiento.- Es la acción y efecto de ahijar (echar planta retoños).

Albumen.- Es la capa interna del grano de trigo y la que representa mayor porcentaje del mismo (entre el 80% y 90% del peso total).

Aleurona.- Conjunto de gránulos proteicos presentes en las semillas de diversas plantas, generalmente localizados en la parte externa del endospermo. Es la capa externa de los cereales.

Almidón.- Polisacárido de estructura muy compleja, uno de los más importantes desde el punto de vista de interés de la tecnología de los alimentos, muy extendidos en la naturaleza ya que son los hidratos de carbono de reserva de las plantas, constituido por amilosa y amilopectina.

Aurícula.- Es una prolongación de la parte inferior del limbo de las hojas.

Autógamas.- Polinización por polen de la misma flor. Son las plantas que poseen sus órganos de reproducción tanto femenino como masculino.

B) existe correlación si al aumentar los valores de A lo hacen también los de B y viceversa. La correlación entre dos variables no implica, por sí misma, ninguna relación de causalidad.

Banco de germoplasma.- Es un lugar destinado a la conservación de la diversidad genética de uno o varios cultivos y sus especies silvestres relacionadas. En muchos casos, no se conservan semillas sino otros propágulos, tales como tubérculos o raíces debido a que el cultivo en cuestión se multiplica sólo asexualmente. La conservación de las semillas se realiza a bajas temperaturas, de modo de mantener por muchos años una adecuada viabilidad de las mismas. Físicamente, los bancos de germoplasma consisten en grandes depósitos de sobres de semillas conservados a bajas temperaturas.

Cariópside.- Fruto seco indehisciente con el pericarpio adherido a su única semilla, como el grano de trigo.

Cloróticas.- Falta de clorofila en las plantas que causa en ellas una pigmentación amarillenta.

Competitividad.- Capacidad de competir.

Componente de Rendimiento.- Son las variables que tienen una estrecha relación puede ser positiva o negativa, según las variables pueden incrementar o disminuir el rendimiento por hectárea.

Correlación.- Indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables estadísticas. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra: si tenemos dos variables (A y

El almidón está formado por hidratos de carbono en forma de almidón. La función de esta parte es proporcionar las sustancias de reserva para el crecimiento de la nueva planta.

Enfermedad.- Es la alteración leve o grave del funcionamiento normal de un organismo o de alguna de sus partes debida a una causa interna o externa causada por un agente patógeno.

Espiguillas.- Cada una de las espigas pequeñas que forman la principal en algunas plantas. Después de la fecundación da origen al fruto.

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

Fenotipo.- fenotipo como el conjunto de rasgos de un organismo.

Genotipo.- el genotipo puede definirse como el conjunto de genes de un organismo.

Germoplasma.- Es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar a la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético.

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

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

Hibridación.- Producción artificial de seres híbridos:

Híbrido.- Es el organismo vivo animal o vegetal procedente del cruce de dos organismos de razas, especies o subespecies distintas, o de alguna o más cualidades diferentes.

Huésped.- se llama **huésped, hospedador, hospedante** y hospedero a aquel organismo que alberga a otro en su interior o lo porta sobre sí, ya sea en una simbiosis de parásito.

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

Línea.- Es un individuo, o al grupo de individuos que descienden de él por autofecundación, que es homocigótico para todos sus caracteres. En otras palabras, es un linaje que mantiene constantes sus caracteres a través de las generaciones de reproducción sexual, ya sea por autofecundación o por fecundación cruzada con otras plantas de la misma línea.

Macollamiento.- Se inicia a partir de las yemas axilares o secundarias del meristema basal del eje principal. Cada uno de estos brotes secundarios o macollos inician su aparición cuando las plantas presentan entre dos y tres hojas. Cada uno de ellos, luego de producir sus primeras hojas, genera su propio sistema radicular. La suma o adición de macollos es lo que conforma la estructura y la forma de una planta de gramínea. Cuando las gramíneas se hallan en estado vegetativo producen continuamente nuevos macollos y hojas.

Parasito.- Organismo consumidor (huésped) que se vive sobre o dentro de otro organismo (hospedante) de quien a la vez extrae nutrientes, produciendo en algunos casos la muerte.

Patógeno.- Elemento o medio que origina y desarrolla las enfermedades.

Peso Hectolítrico.- Es la cantidad de grano que cabe en un hectolitro y es muy importante para la comercialización de granos, porque traduce la cantidad de materia seca de grano que hay en un volumen determinado. Cada grano tiene un PH específico y es muy usual en cereales.

Plaga.- Colonia de organismos animales o vegetales que ataca y destruye los cultivos y las plantas.

Pluviometría.- Parte de la meteorología que estudia la distribución geográfica y estacional de las precipitaciones acuosas.

Precocidad.- Cualidad de precoz. Ciclo de cultivo precoz. En trigo menor a 120 días. Para cultivares precoces.

Productividad.- Cualidad de producir. Capacidad de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada, equipo industrial, etc. Relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc. La productividad de la cadena de montaje es de doce televisores por operario hora.

Pústulas.- Son protuberancias o abultamiento en una planta que en su interior poseen micelios de hongos patógenos.

Ramificación.- División y extensión de las venas, arterias o nervios, que, como ramas, nacen de un mismo principio o tronco.

Raquilla.- Es la base de cada flor en la espiguilla. Es un raquis articulado.

Resistencia.- es la habilidad de la planta para reducir el crecimiento y/o desarrollo de la cantidad de daños por unidad de cantidad de parásitos mientras más baja la producción más tolerante (igual menos sensibilidad), es la planta.

Sémola.- Trigo candeal desnudo de su corteza. Trigo quebrantado a modo del farro y que se guisa. Pasta alimenticia de harina, arroz u otros cereales en forma de granos finos.

Susceptible.- Capas de recibir modificación o impresión. Que es propenso a contraer enfermedades.

Tolerancia.- el termino tolerancia es también usada para indicar que una infección por virus causa realmente moderados síntomas. En sus extremos, el huésped no presenta ningún síntoma a pesar de la presencia y reproducción del virus en su tejido.

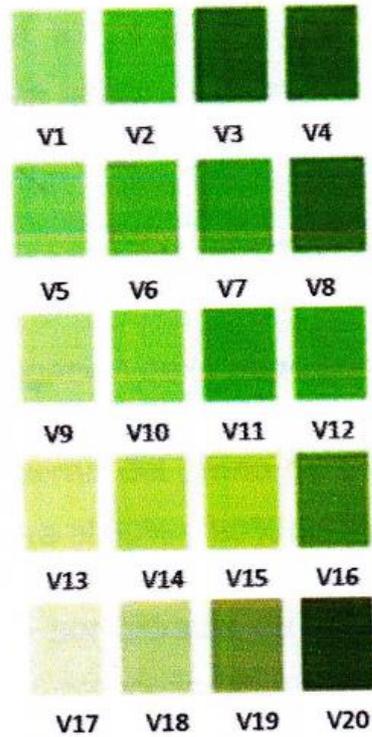
Trigo Duro.- El *Triticum durum* es una especie común del cereal *Triticum* conocido también como trigo moruno, siciliano, semolero o fanfarrón. Pertenece a los tetraploides debido a su conformación por 28 cromosomas.

Trigo.- Género de plantas de la familia de las Gramíneas, con espigas terminales compuestas de cuatro o más carreras de granos, de los cuales, triturados, se saca la

harina con que se hace el pan. Hay muchas especies, y en ellas innumerables variedades.

Variedad.- Es una población con caracteres que la hacen reconocible a pesar de que hibrida libremente con otras poblaciones de la misma especie.

Anexo 6. Cromática del color verde



Fuente: Flores, J. 2015

| Identificación de la cromática de color verde. | | | |
|---|------------------|---------------------|--------------------|
| V1 Verde autentico | V2 Verde mar | V3 Verde pino | V4 Verde botella |
| V5 Verde limón | V6 Verde tilo | V7 Verde turquesa | V8 Verde hierva |
| V9 Verde agua | V10 Verde pera | V11 Verde primavera | V12 Verde manzana |
| V13 Verde pálido | V14 Verde uva | V15 Verde Jamaica | V16 Verde aceituna |
| V17 Verde Chartreuse | V18 Verde espiga | V19 Verde pastel | V20 Verde maya |

Anexo 7. Precipitación durante el ciclo del cultivo de Trigo Duro

| Laguacoto III. | | |
|----------------|---------------------|-----------------|
| Mes. | Precipitación (mm). | Porcentaje (%). |
| Marzo | 235.1 | 37.66 |
| Abril | 260.2 | 41.68 |
| Mayo | 104.1 | 16.67 |
| Junio | 24.9 | 3.99 |
| Julio | 0 | 0 |
| Agosto | 0 | 0 |
| Total. | 624.3 | 100 |

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. 2017.

| San Pablo. | | |
|---------------|---------------------|-----------------|
| Mes. | Precipitación (mm). | Porcentaje (%). |
| Abril | 164.25 | 39.62 |
| Mayo | 181 | 43.66 |
| Junio | 61.5 | 14.83 |
| Julio | 0 | 0 |
| Agosto | 6.75 | 1.62 |
| Septiembre | 1 | 0.24 |
| Total. | 414.5 | 100 |

Fuente: San Pablo. 2017.

