



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“EVALUACIÓN DEL FRACCIONAMIENTO Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL NITRÓGENO COMPLEMENTARIO EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DEL GRANO EN LAS VARIETADES DE CEBADA MALTERA SCARLETT Y METCALFE (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA-IMBABURA”

Tesis previa la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTORA

NATALIA CAROLINA QUELAL ALTAMIRANO

DIRECTOR

ING. GERMÁN TERÁN TORRES

Ibarra-Ecuador

2014

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DEL FRACCIONAMIENTO Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL
NITRÓGENO COMPLEMENTARIO EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE
PROTEÍNA DEL GRANO EN LAS VARIEDADES DE CEBADA MALTERA
SCARLETT Y METCALFE (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA-IMBABURA

Tesis presentada por la Sra. Quelal Altamirano Natalia Carolina, como requisito previo para optar el Título de Ingeniero Agropecuario. Luego de haber revisado minuciosamente, damos fe de que las observaciones y sugerencias emitidas con anterioridad han sido incorporadas satisfactoriamente al presente documento.

APROBADA:

Ing. Germán Terán



.....

DIRECTOR

Ing. Raúl Castro



.....

BIOMETRISTA

Ibarra – Ecuador

2014

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DEL FRACCIONAMIENTO Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL
NITRÓGENO COMPLEMENTARIO EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE
PROTEÍNA DEL GRANO EN LAS VARIEDADES DE CEBADA MALTERA
SCARLETT Y METCALFE (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA-IMBABURA

Tesis revisada por el Tribunal de Grado, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

ABROBADA:

Ing. Germán Terán

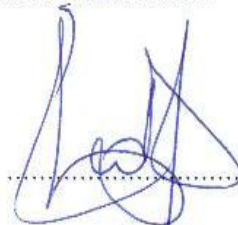
Director



.....

Ing. Carlos Cazco

Miembro del Tribunal



.....

Ing. Fernando Basantes

Miembro del Tribunal



.....

Ing. Juan Aragón

Miembro del Tribunal



.....

Ibarra – Ecuador

2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003177381
APELLIDOS Y NOMBRES:	NATALIA CAROLINA QUELAL ALTAMIRANO
DIRECCIÓN	IBARRA – IMBABURA
EMAIL:	n_carito25@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	2 957-384/ 0969052011
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	EVALUACIÓN DEL FRACCIONAMIENTO Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL NITRÓGENO COMPLEMENTARIO EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DEL GRANO EN LAS VARIETADES DE CEBADA MALTERA SCARLETT Y METCALFE (<i>Hordeum vulgare</i> L.) EN CHALTURA-IMBABURA
AUTORA	NATALIA CAROLINA QUELAL ALTAMIRANO
FECHA	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero agropecuario
DIRECTOR:	Ing. Germán Terán

2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, NATALIA CAROLINA QUELAL ALTAMIRANO, con cédula de identidad N°100317738-1, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3.- CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra a los 04 días del mes de Abril del 2014

LA AUTORA:



Natalia Carolina Quelal Altamirano

CI: 100317738-1

ACEPTACIÓN

ING. BETHY CHÁVEZ

JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, NATALIA CAROLINA QUELAL ALTAMIRANO, con cédula de identidad N°100317738-1, manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado **“EVALUACIÓN DEL FRACCIONAMIENTO Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL NITRÓGENO COMPLEMENTARIO EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DEL GRANO EN LAS VARIETADES DE CEBADA MALTERA SCARLETT Y METCALFE (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA-IMBABURA”**

Que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Agropecuario, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

LA AUTORA:

Natalia Carolina Quelal Altamirano

C.I. 100317738-1

Ibarra – Ecuador

2014

PRESENTACIÓN

En la presente investigación se obtuvo algunos resultados, gráficos, cuadros, anexos que son exclusiva responsabilidad del autor.

Natalia Quelal

DEDICATORIA

A mis padres Marcelo y Cecilia por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A mis familiares, a mi hermano Marcelo, abuelitos, tíos, primos, suegros, que siempre estuvieron en mis aciertos y momentos difíciles y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A mi esposo Marcelo, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante, quien estuvo acompañándome pacientemente para que pudiera terminar este trabajo, son evidencia de su gran amor.

Natalia Quelal

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por el financiamiento y ayuda a lo largo de la investigación, especialmente al Programa Nacional de Cereales a los señores Ing. Luis Ponce e Ing. Javier Garófalo.

De manera muy especial a la Escuela de Ingeniería Agropecuaria y en ella a los distinguidos docentes y autoridades, quienes con su profesionalismo y ética me brindaron la oportunidad de cumplir con mis estudios teóricos y prácticos en el campo agropecuario, para aplicarlos en la sociedad.

A mi Director, Ing. Germán Terán, por hacer posible esta tesis, por su interés y apoyo brindado durante la ejecución de esta investigación.

A los miembros del tribunal por su guía y aportes facilitados.

A toda mi familia, amigos y demás personas que de una u otra forma, colaboraron y participaron en la realización de esta investigación.

Natalia Quelal

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTO	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
LISTADO DE TABLAS	xviii
LISTADO DE GRÁFICOS Y FIGURAS	xxii
LISTADO DE ANEXOS.....	xxiii
RESUMEN	xxiv
ABSTRACT	xxv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. EL CULTIVO DE LA CEBADA MALTERA.....	4
2.1.1. Origen.....	4
2.1.2. Clasificación botánica	4
2.1.3. Características botánicas	5
2.1.3.1. Raíz:.....	5

2.3.1.2. Tallo:.....	5
2.1.3.3. Hojas:.....	5
2.1.3.4. Inflorescencia:	5
2.1.3.5. Grano:	6
2.1.4. Variedades malteras	6
2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos	8
2.1.5.1. Altitud.....	8
2.1.5.2. Clima	8
2.1.5.3. Temperatura.....	8
2.1.5.4. Precipitación	9
2.1.5.5. Suelo	9
2.1.6. Manejo del cultivo de cebada maltera.....	10
2.1.6.1. Preparación del suelo.....	10
2.1.6.2. Siembra.....	10
2.1.6.2.1. Cantidad de semilla	10
2.1.6.2.2. Calidad de la semilla.....	10
2.1.6.2.3. Profundidad de siembra	11
2.1.6.2.4. Época de siembra.....	11

2.1.6.3. Riego.....	11
2.1.6.4. Fertilización.....	13
2.1.6.5. Control de malezas	14
2.1.6.6. Control de enfermedades.....	14
2.1.6.7. Cosecha y trilla	15
2.2. FASES DE DESARROLLO DEL CULTIVO	15
2.2.1. Escala de Zadoks.....	15
2.2.1.1. Zadoks 22	17
2.2.1.2. Zadoks 30	18
2.3. NITRÓGENO	20
2.3.1. Deficiencia de nitrógeno	21
2.3.2. Exceso	21
2.3.2. Formas de absorción.....	22
2.3.3. Formas de aprovisionamiento de nitrógeno al suelo	22
2.3.4. Contenido total de nitrógeno en los suelos.....	23
2.3.5. Mineralización e Inmovilización del nitrógeno	23
2.3.6. Pérdidas de nitrógeno	24
2.4. COMPONENTES DE RENDIMIENTO	24

CAPÍTULO III	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	26
3.1.1 Características del área de estudio	26
3.1.2 Características Físicas del Suelo	27
3.2 MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS	27
3.2.1 Materiales:.....	27
3.2.1.1 Material Experimental	27
3.2.1.2. Maquinaria.....	27
3.2.1.3. Materiales de Campo:.....	27
3.2.1.4. Materiales de Laboratorio.....	28
3.2.2. Insumos	28
3.2.3. Equipo:	28
3.2.3.1. Equipo de Oficina.....	29
3.3. METODOLOGÍA	29
3.3.1. Factor en estudio	29
3.3.1.1. Variedades	29
3.3.1.2. Niveles de nitrógeno:.....	29

3.3.1.3. Fraccionamiento Nitrógeno:	30
3.3.2. Tratamientos.....	30
3.3.3. Diseño Experimental	31
3.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO	32
3.4.1 Características de la unidad experimental	32
3.4.1.1. Características del área experimental	32
3.4.1.2 Disposición de los tratamientos en el sitio experimental	33
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	33
3.5.1. Análisis funcional.....	33
3.6. VARIABLES EVALUADAS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN	33
3.6.1. Variables agronómicas	33
3.6.1.1. Días al espigamiento:.....	33
3.6.1.2. Altura de planta:	34
3.6.1.3. Tamaño de la espiga:	34
3.6.1.4. Número de granos por espiga:	34
3.6.1.5. Peso de 1000 granos:	34
3.6.1.6. Rendimiento total:	34
3.6.2. Variables de calidad	34

3.6.2.1. Porcentaje de proteína en el grano:.....	34
3.7. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	34
3.7.1. Toma de muestras del suelo	34
3.7.2. Preparación del suelo.....	35
3.7.3. Siembra.....	35
3.7.4. Riego	35
3.7.5. Fertilización química	35
3.7.6. Toma de muestras del cultivo	37
3.7.7. Controles fitosanitarios.....	37
3.7.8. Control de malezas	37
3.7.9. Cosecha.....	37
CAPÍTULO IV	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. DÍAS AL ESPIGAMIENTO	38
4.1.1. Variedad Metcalfe	38
4.1.2. Variedad Scarlett	39
4.2. ALTURA DE PLANTA	40
4.2.1. Variedad Metcalfe.....	40

4.2.2. Variedad Scarlett.....	41
4.3. TAMAÑO DE LA ESPIGA.....	42
4.3.1. Variedad Metcalfe.....	42
4.3.2. Variedad Scarlett.....	43
4.4. NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA.....	44
4.4.1. Variedad Metcalfe.....	44
4.4.2. Variedad Scarlett.....	45
4.5. PESO DE 1000 GRANOS.....	46
4.5.1. Variedad Metcalfe.....	46
4.5.2. Variedad Scarlett.....	48
4.6. RENDIMIENTO.....	50
4.6.1. Variedad Metcalfe.....	50
4.6.2. Variedad Scarlett.....	51
4.7. PORCENTAJE DE PROTEÍNA DEL GRANO.....	52
4.7.1. Variedad Metcalfe.....	52
4.7.2. Variedad Scarlett.....	53
4.8. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	54
4.8.1. Análisis Económico según (CIMMYT, 1988), para la variedad de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) Metcalfe.....	54

4.8.1. Análisis Económico según el (CIMMYT, 1988), para la variedad de cebada maltera Scarlett.....	55
CAPÍTULO V.....	58
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. CONCLUSIONES	58
5.2. RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	67

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Características agronómicas de la variedad cervecera Metcalfe.	7
Tabla 2. Características agronómicas de la variedad cervecera Scarlett.	8
Tabla 3. Descripción de etapas fenológicas del cultivo de cebada.....	17
Tabla 4. Detalle del fraccionamiento a1.....	30
Tabla 5. Detalle del fraccionamiento a2.....	31
Tabla 6. Tratamientos en estudio con nitrógeno*.....	31
Tabla 7. Esquema del Análisis de Varianza	33
Tabla 8. Detalle de las dosis y épocas de aplicación de nitrógeno en cebada cervecera (Hordeum vulgare L.).....	36
Tabla 9. Días al espigamiento variedad Metcalfe.....	38
Tabla 10. Análisis de varianza de días al espigamiento variedad Metcalfe.	38
Tabla 11. Días al espigamiento variedad Scarlett.....	39
Tabla 12. Análisis de varianza de días al espigamiento variedad Scarlett.	39
Tabla 13. Altura de planta variedad Metcalfe.	40
Tabla 14. Análisis de varianza de altura de planta variedad Metcalfe.	40
Tabla 15. Altura de planta variedad Scarlett.	41
Tabla 16. Análisis de varianza de altura de planta variedad Scarlett.	41

Tabla 17. Tamaño de la espiga variedad Metcalfe.	42
Tabla 18. Análisis de varianza del tamaño de la espiga variedad Metcalfe.	42
Tabla 19. Tamaño de la espiga variedad Scarlett.	43
Tabla 20. Análisis de varianza del tamaño de la espiga variedad Scarlett.	43
Tabla 21. Número de granos por espiga variedad Metcalfe.	44
Tabla 22. Análisis de varianza del número de granos por espiga variedad Metcalfe.	44
Tabla 23. Número de granos por espiga variedad Scarlett.	45
Tabla 24. Análisis de varianza del número de granos por espiga variedad Scarlett.	45
Tabla 25. Peso de 1000 granos de la variedad Metcalfe.	46
Tabla 26. Análisis de varianza del peso de 1000 granos de la variedad Metcalfe.	47
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para la variable de peso de 1000 granos de la variedad Metcalfe.	47
Tabla 28. Peso de 1000 granos de la variedad Scarlett.	48
Tabla 29. Análisis de varianza del peso de 1000 granos de la variedad Scarlett.	49
Tabla 30. Rendimiento en kg/ha de la variedad Metcalfe.	50
Tabla 31. Análisis de varianza del rendimiento en kg/ha de la variedad Metcalfe.	50
Tabla 32. Rendimiento en kg/ha de la variedad Scarlett.	51
Tabla 33. Análisis de varianza del rendimiento en kg/ha de la variedad Scarlett.	51

Tabla 34. Porcentaje de proteína en el grano de la variedad Metcalfe.....	52
Tabla 35. Porcentaje de proteína en el grano de la variedad Scarlett.....	53
Tabla 36. Presupuesto parcial de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Metcalfe (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en Chaltura – Imbabura”.....	54
Tabla 37. Análisis de dominancia de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Metcalfe (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en Chaltura – Imbabura”.....	54
Tabla 38. Presupuesto parcial de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Scarlett (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en Chaltura – Imbabura”.....	55
Tabla 39. Análisis de dominancia de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Scalett (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en Chaltura – Imbabura”.....	55
Tabla 40. Análisis marginal de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Scalett (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en Chaltura – Imbabura”.....	56
Tabla 41. Análisis marginal de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Scalett (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en Chaltura – Imbabura”.....	56
Tabla 42. Fechas de riego.....	73
Tabla 43. Datos de campo para la variable días al espigamiento de la variedad Metcalfe .	74

Tabla 44. Datos de campo para la variable días al espigamiento de la variedad Scarlett ...	74
Tabla 45. Datos de campo de la variable Altura de planta de la variedad Metcalfe	75
Tabla 46. Datos de campo de la variable Altura de planta de la variedad Scarlett	75
Tabla 47. Datos de campo para la variable tamaño de la espiga de la variedad Metcalfe ..	76
Tabla 48. Datos de campo para la variable tamaño de la espiga de la variedad Scarlett	76
Tabla 49. Datos de campo para la variable de número de granos por espiga de la variedad Metcalfe.....	77
Tabla 50. Datos de campo para la variable de número de granos por espiga de la variedad Scarlett.....	77
Tabla 51. Datos de campo para la variable de peso de 1000 granos de la variedad Metcalfe	78
Tabla 52. Datos de campo para la variable de peso de 1000 granos de la variedad Scarlett	78
Tabla 53. Datos de campo para la variable rendimiento de la variedad Metcalfe.....	79
Tabla 54. Datos de campo para la variable rendimiento de la variedad Scarlett.....	79

LISTADO DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Gráfico 1. Promedios de peso de 1000 granos para la variedad Metcalfe.....	48
Gráfico 3. Curva de beneficios netos de cebada maltera (<i>Hordeum vulgare</i> L.) de la variedad Scarlett.	57
Figura 1. Fases de desarrollo del cultivo de Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	16
Figura 2. Etapa de Zadoks 22. Planta de cebada con dos macollos: uno avanzando en su desarrollo y otro pequeño que no llegará a ser productivo.....	18
Figura 5. Etapa de Zadoks 30. Planta encañada mostrando nudos e internudos en el tallo principal y en el primer macollo.....	19
Figura 6. Detalle de Zadoks 30.....	20
Figura 7. Escala de Zadoks.....	36

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio	68
ANEXO 2. Análisis de Suelo	69
ANEXO 3. Costo de Producción	70
ANEXO 4. Ubicación de los tratamientos en el ensayo	71
ANEXO 5. Fases de desarrollo según la escala decimal de Zadoks (Z)	72
ANEXO 6. Detalle de riego	73
ANEXO 7. Datos de campo	74
ANEXO 8. Análisis de proteína del grano Metcalfe	80
ANEXO 9. Análisis de proteína del grano Scarlett	81
ANEXO 10. Fotografías	82

EVALUACIÓN DEL FRACCIONAMIENTO Y ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL NITRÓGENO COMPLEMENTARIO EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DEL GRANO EN LAS VARIEDADES DE CEBADA MALTERA SCARLETT Y METCALFE (*Hordeum vulgare L.*) EN CHALTURA-IMBABURA

Autora: Natalia Carolina Quelal Altamirano

Director: Ing. Germán Terán

Año: 2014

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el fraccionamiento y épocas de aplicación de nitrógeno, complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en las variedades de cebada maltera (*Hordeum vulgare L.*) Scarlett y Metcalfe en la parroquia de Chaltura de la provincia de Imbabura. El periodo de duración del ensayo fue desde el 5 de julio del 2012 hasta el 27 de noviembre del 2012. Los objetivos a estudiarse fueron establecer el número de fraccionamientos con el nivel óptimo de fertilización nitrogenada y la época de aplicación de los mismos, determinar la demanda de nitrógeno del cultivo de cebada cervecera, elegir la mejor variedad para la industria cervecera, evaluar cuál es el rendimiento obtenido del mejor tratamiento, determinar el contenido de proteína en el grano de las variedades en estudio. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (B.C.A.) con tres repeticiones y 8 tratamientos. De los resultados analizados y discutidos no se detectaron diferencias significativas para las variables: días al espigamiento, altura de planta, tamaño de la espiga, número de granos por espiga y rendimiento. En la presente investigación se comprobó el tratamiento T7 correspondiente al segundo fraccionamiento (a2) fue el óptimo, para todas las variables incluyendo las de mayor importancia que son el rendimiento y el contenido de proteína del grano, esto fue realizado con el segundo nivel de nitrógeno (n2) 100 kg N/ha y tres épocas de aplicación: a la siembra (Z00) con una dosis de 11 kg/ha, producción de macollos (Z22) con la dosis de 44,5 kg/ha, y producción de nudos (Z30) igualmente con la dosis de 44,5 kg/ha. Se determinó que la demanda requerida de nitrógeno para el cultivo de cebada es de 100 kg/ha, debido a que este es el resultado del segundo fraccionamiento realizado, junto con las tres épocas de aplicación y al segundo nivel de nitrógeno que se utilizaron en la investigación, resultados correspondientes al tratamiento T7; el tratamiento T3 también tiene la dosis de 100 kg/ha pero no los mismos fraccionamientos ya que en este se utilizaron solamente dos fraccionamientos. Tanto Scarlett como Metcalfe tuvieron comportamiento similar en la mayoría de las variables en estudio, resultando así que no hubo efecto del fraccionamiento de las dosis de nitrógeno y las épocas de aplicación sobre el rendimiento y contenido de proteína del grano, de esta manera se acepta la hipótesis nula. Con los rendimientos promedio obtenidos de las dos variedades resulta que: el tratamiento T7 de la variedad Scarlett tuvo mayor rendimiento siendo de 3912,78 kg/ha; y en tanto que la variedad Metcalfe el tratamiento T4 alcanzó el mayor rendimiento de 2105,56 kg/ha. En cuanto al contenido de proteína del grano, las dos variedades estudiadas, obtuvieron el contenido de proteína requerido, que es de 11% a 12%, siendo el porcentaje conseguido en Metcalfe de 11,16% y Scarlett 11,44%; pertenecientes a T7; tratamiento que corresponde al segundo fraccionamiento, con tres épocas de aplicación y al segundo nivel de nitrógeno (100 kg N/ha). Desde el punto de vista económico, el tratamiento T7 tiene el 497,88% de retorno marginal, por lo tanto el productor por cada dólar que invierte en la producción de esta variedad recuperaría el dólar invertido más 3,97 dólares adicionales.

EVALUATION OF THE FRAGMENTING AND THE STAGES OF NITROGEN APPLICATION SUPPLEMENT ON PERFORMANCE AS WELL AS THE PROTEIN CONTENT IN GRAIN BARLEY VARIETIES, SUCH AS: MALTERA, SCARLETT AND METCALFE (*Hordeum vulgare* L.) EN CHALTURA-IMBABURA

Author: Natalia Carolina Altamirano Quelal

Directed by: Mr. Germán Terán

Year: 2014

ABSTRACT

In the present research was studied the fragmenting of nitrogen, the time of nitrogen application supplement on performance, as well as the content in the varieties of grain protein, such as: malting barley (*Hordeum Vulgare* L.), Scarlett and Metcalfe in Chaltura parish, in Imbabura province during the period July 5, 2012 and November 27, 2012. The objectives to be studied were to establish the number of fractions with the ideal level of nitrogenous fertilization and the time of application of it. To determine the nitrogen demand of the crop malting barley, to choose the best variety for the brewing industry, which is the rate performance obtained from the best treatment and to determine the protein content in the grain varieties under study. The nitrogenous fertilization was applied under the Design of full Blocks, which were chosen (BCA) with three different trials and eight treatments. From the analyzed and controversial results significant differences were not detected for the variables, and they were: days to tasseling, plant height, spike size, number of grains per spike and yield. In the current study there was verified the treatment T7 corresponding to the second fragmenting (a2), which was optimal for all the variables including those of major importance that are the performance and the protein content of the grain, this was done with the second level of nitrogen (n2) 100 kg N /. There are three different times for this application: at sowing (Z00) with a dose of 11 kg / ha, production of tillers (Z22) dose of 44.5 kg / ha, and production of knots (Z30), as well as the same dose of 44.5 kg / ha. It was determined that the demand of nitrogen required for barley crop is 100 kg / ha N, because this is the result of the second fragmenting made during the three timing of application and also the second level of nitrogen used in the research corresponding to the treatment T7; moreover, the treatment T3 has a dose of 100 kg / ha, but not the same fragmenting since as these only two fragmenting were used. Both Scarlett and Metcalfe had a similar performance in most of the variables in study, proving so that there was no effect of dose fragmenting of nitrogen and timing of application on yield and grain protein content, thus accepting the null hypothesis; with average yields obtained from the two varieties is that: the treatment T7 Scarlett variety had higher yield being of 3912.78 kg / ha, while the variety Metcalfe T4 treatment reached the highest yield of 2105.56 kg / ha. As for the protein content of the grain, the two varieties studied obtained the required protein content, which is 11% to 12%, with the percentage achieved in Metcalfe of 11.16% and 11.44% Scarlett, belonging to T7; treatment corresponding to the second fragmenting, with three application timing and the second level of nitrogen (100 kg N / ha). And, from the economic point of view, the treatment has the T7 497.88% of marginal return, therefore the producer for every dollar that he/she invested in the production of this variety would recover the additional dollar invested over \$ 3.97.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es el cuarto cereal más cultivado a nivel mundial. Este cereal es utilizado para diferentes fines principalmente para la alimentación humana, consumo animal y como materia prima para la industria cervecera (González, 2001). En el Ecuador también es uno de los cereales más importantes, en la serranía se cultivan alrededor de 40 000 ha anuales y es un cultivo que se adapta a un amplio rango de ambientes en zonas poco favorables para el cultivo de otros cereales. (FAOSTAT, 2009).

No obstante, ninguna de las variedades que se cultivan en el país es adecuada para su utilización en la industria cervecera (Villacres, 1996). Debido a esto la industria cervecera nacional se ve avocada a importar casi toda la cebada que necesita, y de acuerdo a Rivadeneira (2005), las importaciones de cebada superan las 25000 t anuales provienen de malterías colombianas.

La principal industria cervecera del país es la Cervecería Nacional tiene un alto interés para que se desarrolle el cultivo local de cebada por lo que apoya y fomenta su cultivo. Desde hace algunos años se han venido realizando investigaciones para identificar las variedades que mejor adaptación y rendimiento tengan en el país, pero aún no se ha podido obtener las cantidades y requerimientos productivos necesarios.

La cebada para que pueda ser utilizada en la industria cervecera debe tener una serie de características en el grano; siendo una de las más importantes el contenido de proteína (Arias, 1996). De acuerdo a Marinissen, Torres, & Lauric (2009), el contenido de proteína en el grano debe ser del 11% al 12%. Si el grano tiene valores superiores o inferiores a este rango, ya no es adecuado para producir cerveza (Arias, 1996). El contenido de proteína en el grano es una característica determinada en gran parte por la herencia y el ambiente, es

decir, tanto la variedad como la fertilización nitrogenada establecerán la concentración final de proteína.

De acuerdo a estimaciones previas, las tierras cultivables del norte de la sierra ecuatoriana tienen condiciones favorables para el cultivo de cebada cervecera, pero no se han determinado los niveles adecuados de fertilización nitrogenada para los potenciales cultivos que se realicen en esa zona (INIAP, 2009).

En vista de las condiciones actuales de producción de la cebada cervecera en el país, en donde no se han determinado todas las recomendaciones técnicas para obtener una mejor calidad y una mayor productividad, se hace necesaria la realización de estudios que determinen los medios más adecuados para la obtención de una producción más efectiva.

Actualmente el INIAP ha identificado dos variedades de cebada maltera que son Scarlett y Metcalfe que podrían ser cultivadas en zonas tradicionalmente cebaderas de la sierra ecuatoriana, sin embargo, es importante desarrollar una recomendación adecuada de fertilización para obtener rendimientos óptimos que beneficien al agricultor y una calidad cervecera aceptable para que la Industria adquiera la materia prima más idónea. La presente investigación se enfocó en la evaluación de cuatro niveles de fertilizante nitrogenado en dos épocas de aplicación, para determinar el manejo adecuado de las variedades Scarlett y Metcalfe en zonas cebaderas de la Sierra Norte del Ecuador.

El objetivo general de esta investigación fue evaluar el efecto del fraccionamiento de diferentes niveles de nitrógeno y épocas de aplicación, complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe, en la parroquia de Chaltura de la provincia de Imbabura.

Los objetivos específicos que se plantearon fueron los siguientes:

- Establecer el número de fraccionamientos con el nivel óptimo de fertilización nitrogenada y la época de aplicación de los mismos.
- Determinar la demanda de nitrógeno del cultivo de cebada cervecera.

- Elegir la mejor variedad para la industria cervecera.
- Evaluar cuál es el rendimiento obtenido del mejor tratamiento.
- Determinar el contenido de proteína en el grano de las variedades en estudio.

La hipótesis propuesta fue, el fraccionamiento de las dosis de nitrógeno y la aplicación en diferentes épocas no produce efecto sobre el rendimiento y contenido de proteína del grano en cebada cervecera.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CULTIVO DE LA CEBADA MALTERA

2.1.1. Origen

La cebada (*Hordeum vulgare ssp vulgare*), se cree fue de las primeras plantas domesticadas al inicio de la agricultura. Las formas silvestres datan de 8.000 a.C. y las cultivadas de 6.000 a 7.000 a.C. Este cereal se halla ampliamente distribuido en el mundo, desde el oasis del desierto del Sahara hasta el círculo polar ártico, en los andes, en los altos del Tíbet y Etiopía y, en general, donde las condiciones climáticas y edáficas lo permitan. (Cuesta, 2007). Los líderes en producción son: Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Francia, Dinamarca, Alemania, Rusia, Turquía, India, Argelia, Argentina y Marruecos. (INFOAGRO, 2012)

A Suramérica fue introducida en el segundo viaje de Colón a la Isla Santa Isabel y de ahí a las demás colonias españolas (Marathee, 1996).

2.1.2. Clasificación botánica

Según Chase & Luces (1971), la clasificación botánica de la cebada es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Hordeum

Especie: vulgare

Nombre científico: *Hordeum vulgare* L.

Nombre común: Cebada

Variedad: Scarlett y Metcalfe

2.1.3. Características botánicas

2.1.3.1. *Raíz:* el sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales, y se puede concentrar en los primeros 20 a 30 cm del suelo, siendo habitualmente que alcance una profundidad aproximada de 50cm, y si se encuentra en condiciones favorables puede llegar hasta a 1m de profundidad. (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008).

2.3.1.2. *Tallo:* Según Paladines (2007), indica que el tallo de la cebada es una caña hueca alargada, y que tiene dos estructuras: nudos y entrenudos. Encima de cada nudo se halla el tejido meristemático que provoca el alargamiento del entrenudo. Además la altura de los tallos de cebada varía según las variedades y fluctúa desde 0,50 cm a 1 m (Guerrero, 1999).

2.1.3.3. *Hojas:* Las hojas de cebada son de color verde claro y estrechas, las mismas que se desarrollan a partir de los nudos del tallo, en dos hileras y de forma alternada, asimismo se encuentran formadas de diversas estructuras como: vaina, lámina, collar, lígula y aurículas. La vaina es de forma tubular y brota en los nudos del tallo y envuelve el entrenudo superior. La forma de las láminas son alargadas y en forma de cinta plana con nervaduras paralelas. Además en la unión lámina-vaina se localizan tres estructuras: el collar que es una estructura cilíndrica dura que forma la parte posterior de la unión lámina-vaina, la lígula que es una proyección membranosa la cual se puede identificar a lo ancho de la unión lamina-vaina que es vista por el haz de la hoja y las aurículas que son pequeños apéndices que se encuentran en los márgenes basales de la lámina (Paladines, 2007).

2.1.3.4. *Inflorescencia:* Según la Pontificia Universidad Católica de Chile (2008), manifiesta que las inflorescencias vienen a ser las espigas, que se definen por ser compactas y habitualmente barbadas. Las flores se agrupan de 2 a 12 conjuntos. El periodo vegetativo de la cebada es de 3 a 5 meses y varía según la variedad y zona geográfica. La espiga se desarrolla en la parte superior del tallo, se forma de un eje llamado raquis viniendo a ser una inflorescencia, formada por nudos en zigzag, en los que se encuentra una espiguilla dotada de tres flores hermafroditas que muestran tres estambres y un ovario

con estigma doble, además cada flor se halla protegida por dos hojas modificadas denominadas palea y lema (Chase & Luces, 1971).

2.1.3.5. *Grano*: De acuerdo a Infocebada (2011), sostiene que el grano de la cebada es un cariósipide que posee las glumillas adheridas exceptuando el caso de la cebada desnuda; la semilla viene a ser parte del fruto en donde las paredes del ovario es decir el pericarpio y la cubierta seminal o testa se hallan unidas, siendo imposible separarlas consiguientemente el fruto sería indehisciente.

El ovario maduro (grano o cariósipide) consiste en un pequeño embrión que se encuentra en la base de un tejido rico en almidón, que es el llamado endospermo. El tamaño del grano depende de la influencia del ambiente y las dimensiones pueden variar, sin la barba alcanza una longitud máxima de 9,5 mm y una mínima de 6,0 mm, de ancho mide entre 1,5 y 4,0 mm; la densidad es de aproximadamente 60,50 kg/hl en hexásticas y de 66,40 kg/hl en las dísticas. El peso de mil granos varía de 30 a 60 g, con un promedio de 45 g dependiendo de las condiciones ambientales y de manejo en que se haya desarrollado el cultivo (Chase & Luces, 1971).

2.1.4. Variedades malteras

Para optar por la variedad más idónea a nuestras condiciones de cultivo se debe tomar en cuenta tres tipologías de importancia como la productividad, los factores de regularidad de los rendimientos y la calidad del grano (Lorente, 2007).

Durante la década de los 70 en el Ecuador se cultivaba el 70% del área las variedades cerveceras Clipper y Filsberk Union; debido a la presencia de la Roya amarilla y la susceptibilidad de estas variedades, el cultivo de cebada cervecera en el país fue desapareciendo resultando que para la década de los 80 se dejó de cultivarla (INIAP, 2009).

Se han estudiado algunas variedades de cebada cervecera en localidades propias para la producción, las mismas que han estado a cargo del Programa de Cereales del INIAP en convenio con Cervecería Nacional en el año 2009, dichas localidades fueron : Estación

Experimental Santa Catalina (EESC), Granja Experimental Chuquipata y Hacienda Cobuendo, provincia de Imbabura (INIAP, 2009).

Con el resultado de esos estudios, se eligió a la variedad canadiense Metcalfe (Tabla 1), puesto que reveló las mejores características entre las variedades evaluadas. El rendimiento promedio conseguido por esta variedad, en parcelas experimentales, fue de 4 t/ha (Cruz, 2009). Así mismo obtuvo una buena adaptación y niveles de resistencia aceptables a enfermedades como roya amarilla, roya de la hoja y escaldadura; y de acuerdo a los análisis de laboratorio demostró características aceptables para procesamiento industrial (INIAP, 2009).

Tabla 1. Características agronómicas de la variedad cervecera Metcalfe.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Número de hileras	2
Días a la floración (dds)	100
Altura de planta (cm)	80
Número de macollos	6
Vigor	Bueno
Peso hectolítrico (kg/Hl)	64
Rendimiento promedio (t/ha)	4
Reacción a enfermedades	
-Roya amarilla (<i>Puccinias triiformisf. sp. hordei</i>)	Resistencia Parcial
-Roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>)	
-Escaldadura (<i>Rynchosporium secalis</i>)	

Fuente: (INIAP, 2009)

La variedad argentina Scarlett también cumplió con las características requeridas como la gran calidad maltera, (Tabla 2); siendo en la actualidad la cebada de primavera n° 1 en toda Europa, ocupando prácticamente el 50% del mercado, tanto en Francia como en Alemania. En España alcanza ya el 60% del mercado de malta (DISASEM, 2007).

Excelente relación producción/calidad maltera que la hacen única en su género, tamaño de grano elevado y con un gran peso específico. Adaptación a todo tipo de suelos, prefiriendo siempre los frescales. Madurez precoz, con un rápido secado del grano. Rendimiento muy elevado, superando a las variedades más productivas.

Gran polivalencia de climas, soportando muy bien tanto las zonas frías como las templadas. Muy buena resistencia al encamado (DISASEM, 2007).

Tabla 2. Características agronómicas de la variedad cervecera Scarlett.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Número de hileras	2
Días a la floración (dds)	110
Altura de planta (cm)	75
Número de macollos	6
Vigor	Bueno
Peso hectolítrico (kg/Hl)	68
Rendimiento promedio (t/ha)	4
Reacción a enfermedades	
-Roya amarilla (<i>Puccinias triiformis</i> . sp. <i>hordei</i>)	Resistencia
-Roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>)	parcial
-Escaldadura (<i>Rynchosporium secalis</i>)	

Fuente: (INIAP, 2009)

2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos

2.1.5.1. *Altitud:* el cultivo de cebada se adapta entre los 2400 y 3500 msnm (Lorente, 2007).

2.1.5.2. *Clima:* Las exigencias en cuanto al clima son muy pocas, por lo que su cultivo se encuentra muy extendido, aunque crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos (Pérez, 2010).

2.1.5.3. *Temperatura:* El cultivo de cebada necesita para la germinación una temperatura mínima de 6°C, para florecer requiere de 16°C y madura a los 20°C, asimismo tolera las

bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta -10°C ; pero en climas donde las heladas invernales son muy fuertes, se recomienda sembrar variedades de primavera, ya que éstas empiezan a desarrollarse cuando ya han pasado los fríos más intensos

2.1.5.4. Precipitación: La cebada resiste mejor la escasez que el exceso de agua, siendo adecuado un rango de 400 a 600 mm de precipitación durante el ciclo de cultivo, pero requiriendo en los inicios mayor humedad del suelo (INIAP, 2008).

El estrés hídrico durante el periodo del encañado y del espigado puede reducir sustancialmente el rendimiento de la cebada. Las necesidades críticas de agua del cultivo se localizan, por tanto, desde el final del estado de zurrón, cuando la espiga está en la vaina, hasta la fase de espigado y comienzo de maduración. Las aristas o barbas de la espiga juegan un papel importante en el comportamiento de la planta frente a la sequía durante el periodo de maduración, al aumentar el intercambio de calor sensible y disminuir la evapotranspiración. En las espigas aristadas la fotosíntesis tiene lugar durante un periodo más largo, propiciando, en consecuencia, un mayor tamaño del grano.

2.1.5.5. Suelo: La cebada requiere tierras fértiles, aunque puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, pero no debe faltar agua en los inicios del desarrollo, además no es recomendable cultivar en terrenos demasiado arcillosos, la cebada es uno de los cultivos que tolera bien el exceso de salinidad en el suelo, y no le van bien en suelos compactados, ya que se dificulta la germinación y las primeras etapas del crecimiento de la planta (Pérez, 2010)

Los suelos arcillosos, húmedos y encharcadizos, son desfavorables para la cebada, aunque en ellos se pueden obtener altos rendimientos si se realiza un buen laboreo y se conserva la humedad del suelo. Los suelos con excesivo nitrógeno inducen el encamado e incrementan el porcentaje de nitrógeno en el grano hasta niveles inapropiados, cuando se destina a la fabricación de malta para cerveza (INFOAGRO, 2012).

En cuanto al calcio, la cebada es muy tolerante, vegetando bien incluso en suelos muy calizos, por lo que muchas veces a este tipo de suelos es corriente llamarlos “cebaderos”, si bien tiene un amplio margen en cuanto a tolerancia de diferentes valores de pH. A las

cebadas cervecera les van bien las tierras francas, que no sean pobres en materia orgánica, pero que su contenido en potasa y cal sea elevado (INFOAGRO, 2012).

2.1.6. Manejo del cultivo de cebada maltera

2.1.6.1. Preparación del suelo

El cultivo demanda un suelo bien labrado y mullido, para proveer las condiciones físicas óptimas que facilitarán la germinación, emergencia y establecimiento de las plantas. La preparación del suelo puede consistir en un pase de arado y dos de rastra, con al menos dos meses de anticipación a la siembra (INIAP, 2010).

2.1.6.2. Siembra

2.1.6.2.1. Cantidad de semilla

Es uno de los factores de mayor importancia para obtener un buen rendimiento y calidad. Si la siembra es manual la cantidad de semilla recomendada es de 135 kg/ha (3,0 qq/ha), para la siembra mecanizada se recomienda 150 kg/ha (2,5 qq/ha) (INIAP, 2012).

Estas cantidades de semilla proporcionan aproximadamente 300 granos de semilla por metro cuadrado, el objetivo de la siembra es conseguir sobre las 700 espigas por metro cuadrado (Bustamante, Allés, Espadas, & Muñoz, 1997).

2.1.6.2.2. Calidad de la semilla

Para obtener las condiciones y requerimientos óptimos se hace necesario utilizar una semilla de buena calidad, que sean de categorías “Registrada” o “Certificada” con un porcentaje mínimo de germinación del 85%. Es necesario seleccionar y desinfectar la semilla con Carboxin + Captan (Vitavax 300) en una dosis de 100 g/qq con el propósito de prevenir enfermedades que se transmiten por este medio (INIAP, 2010).

2.1.6.2.3. Profundidad de siembra

Para una rápida emergencia la profundidad de siembra debe ser de 3cm; en esta actividad lo idóneo es que la siembra no sea ni muy profunda ni muy superficial.

Por lo que si la siembra es muy superficial permiten que exista un mal arraigamiento y consumo por parte de pájaros y otros al estar descubierta. Por lo contrario siembras que son muy profundas desencadenan problemas como: epicótilos demasiado largos y coleótilos más débiles para emerger por la capa superficial del suelo, mayor susceptibilidad de las plantas a enfermarse precozmente, plantas con menor vigor y menos capacidad de macollamiento (Agro Inversiones S.A., 2010).

2.1.6.2.4. Época de siembra

La época de siembra depende del área agroecológica, por lo que es más recomendable sembrar al inicio de la época de lluvias, y tomando en cuenta para que coincida con un período seco la cosecha; cuando ha alcanzado su madurez fisiológica (Agro Inversiones S.A., 2010).

Hay que priorizar que la siembra sea temprana, con el objetivo de aumentar los rendimientos, crear rangos aprobados de proteína, con lo cual se perfecciona la calidad maltera. Además tomar en cuenta la dosis de semilla para evitar la incidencia de enfermedades y acame. Cuando la siembra es tardía existirán efectos de menor rendimiento, menor macollaje, aumento de las proteínas, mayor riesgo de sequía temprana y precipitaciones que provocarán granos pre-germinados (INIAP, 2010).

2.1.6.3. Riego

Los requerimientos de agua para el cultivo de la cebada cervecera, son inferiores a otras especies gramíneas cultivables, es así que para producir un kilo de materia seca en trigo se necesitan 505 lt. de agua, en el caso de la cebada cervecera solo se necesitan 425 lt. Para producir un kilo de materia seca. El riego dependerá de la interacción de tres aspectos: clima, estado de desarrollo de la cebada y nivel de humedad del suelo. Las raíces de la cebada se concentran en un 80% en los primeros centímetros de suelo, siendo en

profundidad entre 25 a 30cm. Esto recomienda un riego más frecuente y de bajo caudal (evitando pérdidas de nitrógeno por lixiviación o escurrimiento) (Agro Inversiones S.A., 2010).

El cultivo de cebada posee un coeficiente de transpiración superior al trigo, aunque, por ser el ciclo más corto, la cantidad de agua absorbida es algo inferior. La cebada requiere más agua al principio de su desarrollo que al final; hay que tener cuidado con tipo y duración de riego que se proporciona ya que la cebada es propensa al encañado, además el riego debe hacerse en la época del encañado, por tanto una vez espigada se producen daños, además que favorece la propagación de la roya (Guerrero, 1999).

Como lo menciona González (2001), el estrés hídrico causado durante el periodo del encañado y del espigado puede reducir importantemente el rendimiento de la cebada, además los requerimientos críticos de agua son desde cuando la espiga está en la vaina hasta cuándo se encuentra en la fase de espigado y comienzo de maduración. Otra parte que es de mucha importancia son las aristas o barbas de la espiga ya que el comportamiento de la planta frente a la sequía durante el periodo de maduración, al aumentar el intercambio de calor sensible y disminuir la evapotranspiración. En las espigas aristadas la fotosíntesis tiene lugar durante un periodo más largo, propiciando, en consecuencia, un mayor tamaño del grano.

También en nuestras condiciones medioambientales el déficit hídrico es el factor que limita la producción de los cereales de forma más severa, produciéndose, generalmente, en la fase reproductiva del cultivo. Si la sequía se produce entre meiosis e iniciación del grano, afecta al número de granos formados, principalmente por la inducción a la esterilidad del polen. Si el déficit hídrico se produce durante el crecimiento y maduración del grano se ven afectados el tamaño y el peso del mismo ya que la escasez de agua durante la división celular del endospermo disminuye el potencial de “sumidero” por la inhibición celular del endospermo y la endoreduplicación del ADN. Si el estrés se produce durante el llenado del grano, acorta la duración del llenado al producir la desecación prematura el endospermo y limitar el volumen del embrión (González, 2001).

2.1.6.4. Fertilización

Según Guerrero (1999), la cebada cervecera es un cultivo de corto período vegetativo y reproductivo por lo que demanda de un abastecimiento estable con elementos disponibles para la planta. El ritmo de absorción de materias minerales en la cebada es muy elevado al comienzo de la fase vegetativa, disminuyendo después hasta llegar a anularse. Además, la cebada es el cereal más sensible a la acidez de los suelos.

Fertilización N-P-K y microelementos

Las nuevas variedades de cebada cervecera muestran un alto potencial de rendimiento y una alta respuesta a la fertilización nitrogenada, asimismo de mayor resistencia al acame, además de una baja concentración de proteína en el grano lo que indica actualmente que exista una variación en las recomendaciones de fertilización en el cultivo de la cebada cervecera, dependiendo de factores como análisis de suelo, fecha de siembra, rotación, variedad, tipo de suelo, recomendando la parcialización de fertilización nitrogenada, evitando importantes pérdidas por lixiviación (INPOFOS, 1997).

El fertilizante nitrogenado genera el incremento del rendimiento a través del aumento del número de espigas/ . Asimismo depende de factores como la fertilidad inicial del suelo, disponibilidad de agua, rotación, largo del ciclo vegetativo y condiciones genéticas de la variedad. El amarillamiento o clorosis de la planta se produce por la deficiencia de nitrógeno (N) (Agro Inversiones S.A., 2010).

Según el INPOFOS (1997), este elemento es absorbido principalmente al inicio de la fase vegetativa, la fertilización fosfatada ayuda a optimizar la formación de granos, con aportes equilibrados de fósforo se favorece la acción del nitrógeno; los síntomas de deficiencias de fósforo son: tallos y ápices de hoja se vuelven color rojizo y disminuye el número macollos, el color del follaje se vuelve verde oscuro. La fertilización fosfatada es un componente importante de los procesos enzimáticos de la asimilación de nutrientes, de la formación de estructura de la planta. Con aportes equilibrados de fósforo se favorece la acción del nitrógeno, otros síntomas de deficiencias de fósforo son: tallos y ápices de hoja se vuelven de color rojizo y disminuidos el número de macollos. El color del follaje se vuelve verde oscuro (Agro Inversiones S.A., 2010).

La fertilización potásica incrementa la calidad cervecera, la tolerancia a enfermedades fungosas y proporciona mayor resistencia al acame, mejorando la estructura de la planta (INPOFOS, 1997).

Según Agro Inversiones S.A. (2010), la extracción de nutrientes por toneladas de grano de cebada producida es el siguiente: Nitrógeno: 26 kg N, Fósforo: 20 kg P₂O₅, Potasio: 25 kg K₂O, Magnesio: 5 kg MgO.

2.1.6.5. Control de malezas

Es fundamental controlar las malas hierbas en el cultivo con el fin de impedir la competitividad por nutrientes y de esta manera garantizar un buen rendimiento y la calidad del grano. Además, con una efectiva preparación del suelo, el empleo de semilla certificada, densidad de siembra y fertilización apropiada, con una época oportuna de siembra, consiguen un cultivo vigoroso que es capaz de lidiar contra las malezas; no obstante, por la agresividad de las malas hierbas es preciso efectuar el control de malezas (INIAP, 2012).

Existen dos opciones para el control de malezas que son el control manual (deshierba o desnabe) y el químico. Para el control manual se suprimen las malezas grandes, la cual debe realizarse después del macollamiento (45-60 dds), cuando las plantas se hallen bien ancladas al suelo. En el control químico utilizar Metsulfurón-metil (Ally), adquiriendo buenos resultados al ser aplicado al inicio del macollamiento (30-40 dds.) (INIAP, 2012).

2.1.6.6. Control de enfermedades

Se sugiere desinfectar la semilla con Carboxin + Captan (Vitavax 300), utilizando una dosis de 2g/kg de semilla para controlar enfermedades transmitidas a través de la semilla o evitar infecciones en las etapas iniciales del cultivo, con la finalidad de controlar el carbón volador (*Ustilago nuda*) (INIAP, 2012).

La forma más práctica de controlar el ataque de royas es emplear variedades resistentes. En cuanto al control químico es aconsejable la aplicación de Propiconazole (Pamona) en una dosis de 1lt/ha (INIAP, 2012).

2.1.6.7. Cosecha y trilla

La cosecha debe realizarse en época seca y la humedad del grano debe ser inferior al 15%; si el grano tiene mayor humedad, se debe secar antes de almacenar. La trilla generalmente se realiza mecánicamente, proceso que separa el grano de las espigas de cebada. El grano se lo debe limpiar, secar y clasificar, posteriormente se recolecta en sacos para su comercialización (INIAP, 2009).

2.2. FASES DE DESARROLLO DEL CULTIVO

2.2.1. Escala de Zadoks

Durante el ciclo del cultivo de la cebada se originan cambios en la morfología externa de las plantas, manifiestos al ojo humano (crecimiento + desarrollo); y también en la actividad de los tejidos (desarrollo), que no siempre son visibles. La descripción de los diferentes estados externos e internos por los que pasa el cultivo de cebada puede ser efectuada mediante el uso de diferentes escalas permitiendo tener una referencia precisa de las diferentes etapas o estados de desarrollo por los que atraviesa el cultivo. (Satorre, *et. al.*, 2003).

Según García (2008), indica que la escala de Zadoks (Z), (ver gráfico 1 y Anexo 3) es una de las más usadas para describir los estados de desarrollo del cultivo de trigo y cebada, y es útil para la toma de decisiones de manejo, ya sea de fertilización u otras.

Así mismo Satorre, *et. ál.* (2003), señala que la escala de Zadoks describe estados morfológicos externos del cultivo, que involucran algunos procesos de desarrollo y otros de crecimiento. Estos estados deberían ser tenidos en cuenta cuando se analizan los estados y procesos de desarrollo y los factores que los regulan y modifican. La escala Zadoks tiene 10 fases numeradas de 0 a 9 que describen el cultivo.

Al igual que lo que ocurre en otros cultivos, en la cebada cervecera los momentos de ajuste de la fertilización no son iguales en todos los nutrientes. Para algunos de estos, como Fósforo (P) y Potasio (K), el ajuste nutricional solo se justifica en la siembra el Nitrógeno (N) en cambio, necesita ser monitoreado más de una vez (INIAP, 2012).

Trabajos realizados en la Universidad de la República de Uruguay (2010) han determinado momentos claves donde es importante medir la disponibilidad de Nitrógeno, y poder así evitar deficiencias o excesos que afecten el rendimiento y la calidad industrial; estos momentos son la siembra, Zadoks 0 (Z0), Zadoks 22 (Z-22) y Zadoks 30 (Z-30), definidos en base a estadios fisiológicos del cultivo. Los procedimientos de toma de muestras y los modelos de recomendación en cada uno de estos estadios son específicos.

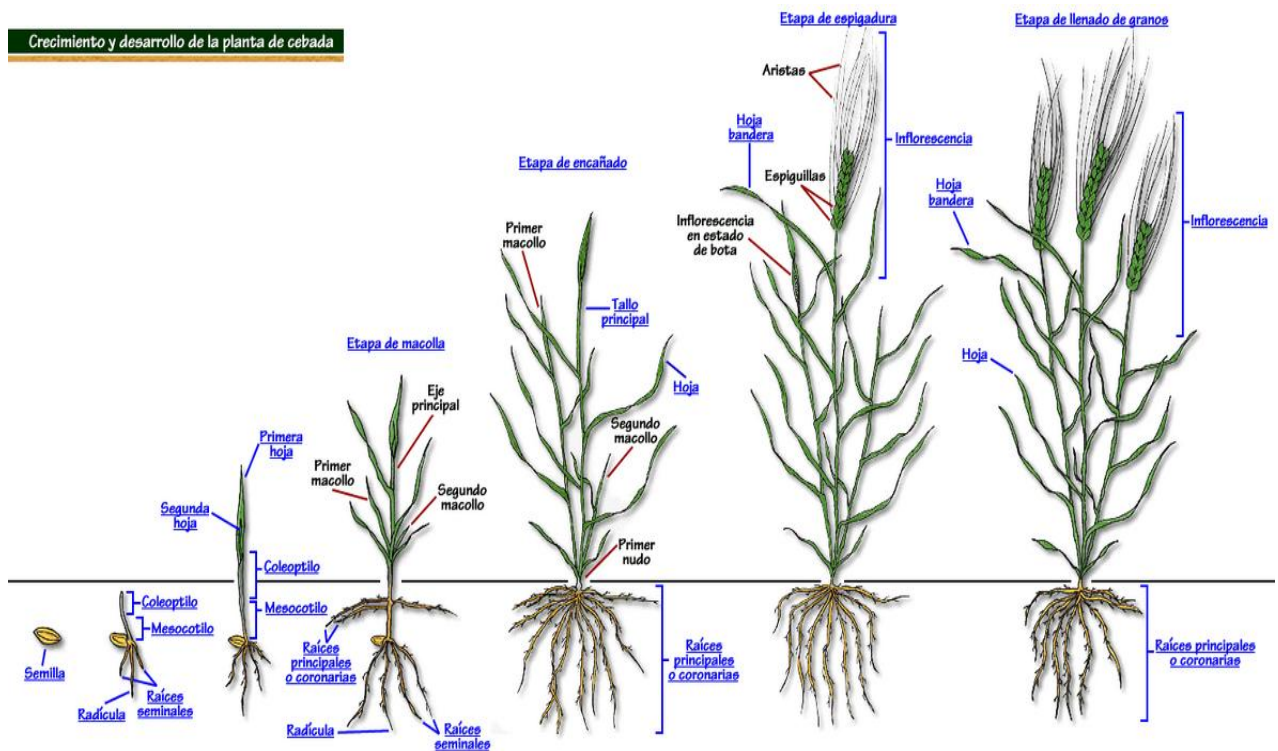


Figura 1. Fases de desarrollo del cultivo de Cebada (*Hordeum vulgare* L.)

Fuente: (FAGRO, 2001)

El desarrollo es un proceso complejo en el que diferentes órganos crecen, se desarrollan y mueren, siguiendo una secuencia que a veces se superpone. Sin embargo, es más sencillo considerar el desarrollo como una serie de fases tal como en la escala Zadoks. Esta escala tiene 10 fases numeradas de 0 a 9 que describen el cultivo (FAO, 2001).

Las fases principales se identifican con números enteros, las cuales se ajustan a la descripción general del cultivo. Sin embargo, debido a la necesidad de observar con más detalle a cada fase, también existe un valor decimal de sub-fase que describe el grado de evolución de la fase principal (Anexo 4) (FAO, 2001).

Las etapas críticas de asimilación por parte del cultivo de cebada maltera son macollamiento (Zadoks 22) y producción de nudos (Zadoks 30) (Ferraris, Couretot, & Ponsa, 2007).

Tabla 3. Descripción de etapas fenológicas del cultivo de cebada.

Etapas	Descripción	
	Etapas principales	Sub-fase
Z00	Germinación	(siembra)
Z22	Producción de macollos	Brote principal más 2 macollos visibles
Z30	Producción de nudos	

Fuente: (FAO, 2001)

2.2.1.1. Zadoks 22

Esta etapa se forma cuando a partir de los subnudos del eje principal se originan brotes secundarios denominados macollos, los cuales comienzan a emerger cuando las plantas muestran tres hojas. (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008).

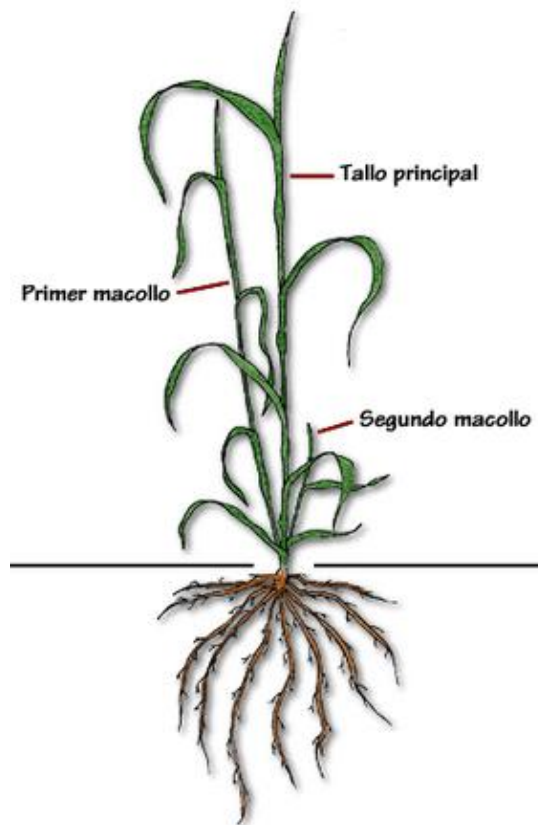


Figura 2. Etapa de Zadoks 22. Planta de cebada con dos macollos: uno avanzando en su desarrollo y otro pequeño que no llegará a ser productivo

Fuente: (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008)

En la etapa Zadoks 22 el cultivo tiene tres tallos por planta y todavía no absorbe altas cantidades de Nitrógeno, sin embargo, resulta necesario asegurar un buen suministro de Nitrógeno en este estadio debido a que favorece el macollaje, y además una parte de este también contribuye a la nutrición de estadios posteriores (FAGRO, 2001).

2.2.1.2. *Zadoks 30*

Esta etapa empieza cuando el primer internudo del tallo principal se elonga a partir del punto de unión del mesocótilo con el coleóptilo y en medida que el primer internudo se aproxima a la superficie del suelo, se evidencia una pequeña protuberancia en su parte apical la cual pertenece al primer nudo que aparecerá sobre el nivel del suelo, esto será el inicio de la fase de encañado (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008).

La etapa de encañado podrá observarse en forma oportuna realizando una atención permanente en el desarrollo del cultivo; de esta manera se identificará el primer nudo antes de que sea visible sobre la superficie del suelo. En dicho momento es factible visualizar la futura espiga, la cual se halla justo sobre dicho nudo, de un tamaño de aproximadamente 5 mm. A partir de ahí se crea un rápido crecimiento de los tallos, los cuales, durante la etapa de encañado, van estructurándose en base a la formación de nuevos nudos e internudos (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008).

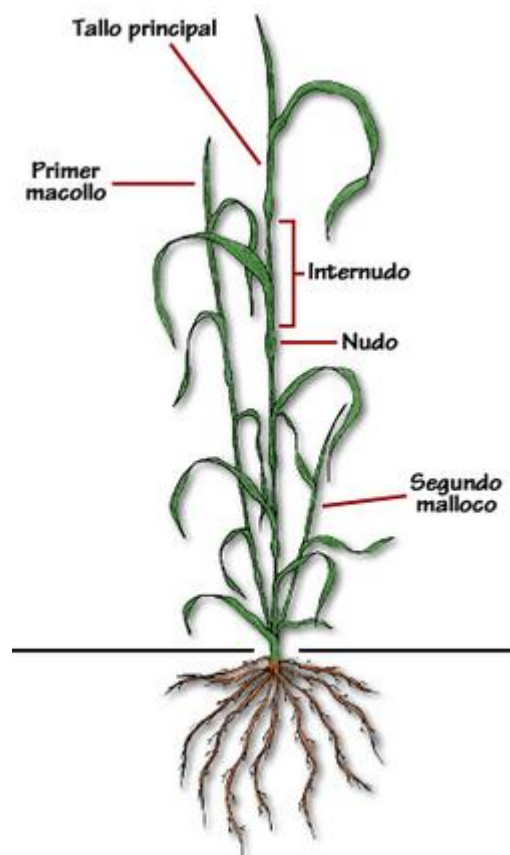


Figura 3. Etapa de Zadoks 30. Planta encañada mostrando nudos e internudos en el tallo principal y en el primer macollo.

Fuente: (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008)

La etapa de producción de nudos (Zadoks 30) es el último estadio de crecimiento del cultivo donde es posible esperar respuesta en rendimiento de grano al agregado de

Nitrógeno; aplicaciones posteriores sólo van a incrementar el contenido de proteína en el grano (FAGRO, 2001).

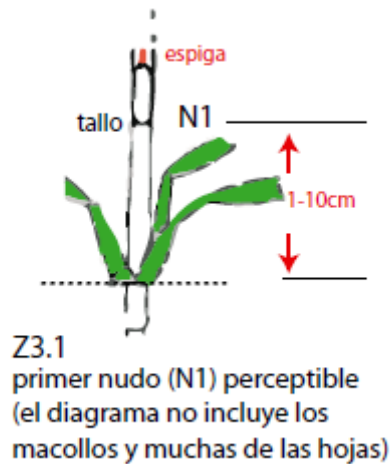


Figura 4. Detalle de Zadoks 30

Fuente: (Satorre, et. al., 2003)

2.3. NITRÓGENO

El nitrógeno (N) es el macronutriente más importante y abundante en la planta. Es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal: aminoácidos (proteínas estructurales y enzimas), ácidos nucleicos, citocromos, coenzimas, hormonas, y otros compuestos nitrogenados con funciones variadas (ureidos, alcaloides, etc.). Por lo tanto participa activamente en los principales procesos metabólicos: fotosíntesis, respiración, síntesis proteica (Valverde, 1991).

Así mismo hay que tener en cuenta no hacer aportaciones excesivas de nitrógeno, debido a que el cultivo es muy sensible al acame. También hay que considerar que en las cebadas cerveceras la mayor proporción de nitrógeno disminuye la calidad (Guerrero, 1999).

Tomando en cuenta el factor de calidad, la fertilización nitrogenada debe ser asimilada en forma gradual a través de las diferentes etapas del desarrollo del cultivo, lo cual depende

del clima, estructura del suelo, microflora y fauna, rotación, mineralización del nitrógeno y de la variedad, además ayuda a mejorar la formación de granos. (Agro Inversiones S.A., 2010)

2.3.1. Deficiencia de nitrógeno

El síntoma más característico de esta deficiencia es la clorosis (amarillamiento) de las hojas debido a presencia de cantidades reducidas de clorofila. Este amarillamiento aparece primero en las hojas más viejas y según la intensidad del problema puede trasladarse a las hojas jóvenes y generalizarse, en algunas plantas se puede observar una coloración púrpura en los pecíolos y nervios de las hojas debido a la formación de pigmentos antocianicos (Bertsch, 1995).

Bajo condiciones de deficiencia de nitrógeno el crecimiento se reduce considerablemente, las plantas son pequeñas al igual que sus órganos. Las plantas deficientes generalmente tienen menos hojas y ciertos cultivos pueden madurar más rápidamente (Padilla, 2007).

Los cereales de grano pequeño y otras gramíneas macollan menos cuando el suplemento de nitrógeno es limitado. Además las semillas y las partes vegetativas de la planta tienen bajo contenido de proteína (INPOFOS, 1997).

La floración queda muy restringida con un notable reflejo en la fructificación; las enfermedades, heladas y granizadas producen mayores efectos cuando hay deficiencia. El crecimiento se hace lento e incluso puede paralizarse. Se adelanta la floración y la maduración (Universidad Autónoma de Madrid, 2012).

2.3.2. Exceso

Según la Universidad Autónoma de Madrid (2012), un exceso de nitrógeno causa el exceso de follaje con un rendimiento pobre en frutos, además de que el desarrollo radicular es mínimo frente al desarrollo foliar, y también retrasa la floración y formación de semillas.

2.3.2. Formas de absorción

Las principales formas de asimilación por la planta son los iones nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). La mayor proporción es absorbida en forma de nitrato y es la forma más importante. El amonio es relativamente abundante donde está ocurriendo fijación de nitrógeno o en suelos húmedos con condiciones anaeróbicas. Sin embargo, el amonio es tóxico y su absorción en grandes cantidades, puede imponer un esfuerzo severo al metabolismo de los carbohidratos que proveen los esqueletos de carbono para desintoxicarse (Padilla, 2007).

2.3.3. Formas de aprovisionamiento de nitrógeno al suelo

De acuerdo con Pérez & Martínez (1994), atmósfera contiene un 78% de N_2 constituyendo una gran reserva de nitrógeno, sin embargo, esta forma química es muy poco reactiva y no resulta apta para ser metabolizada directamente por las plantas, ni por la mayoría de los seres vivos, sino que debe ser previamente fijada, es decir transformada de manera que el nitrógeno quede combinado con otros elementos en moléculas más reactivas.

Los principales procesos por los que el nitrógeno es transformado a formas utilizables por las plantas, se describen a continuación:

- Fijación biológica: Consiste en la asimilación de nitrógeno elemental por varias formas vivientes del suelo, esta fijación puede ser simbiótica y no simbiótica. La fijación simbiótica se lleva a cabo principalmente por diferentes razas de *Rhizobium* y otros microorganismos que viven en las raíces de las leguminosas y otras plantas no leguminosas. La fijación no simbiótica puede ser llevada a cabo por organismos de vida libre como *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, *Anabaena* entre otros (Rodríguez, 1993)
- Oxidación natural: Provocada por descargas eléctricas atmosféricas, el calor generado por los rayos permite que el O_2 reaccione con el N_2 que se encuentra en el aire, formando eventualmente NO_3^- (Bertsch, 1995).

- Fijación industrial: Mediante la fabricación de fertilizantes nitrogenados sintéticos, el N_2 es transformado a NH_3 +, NO_3^- - o $CN_2=$ (Bertsch, 1995).

2.3.4. Contenido total de nitrógeno en los suelos

De acuerdo a Padilla (2007), la capa arable de la mayoría de los suelos contiene entre 0.02% y 0.4% de nitrógeno total. Para casos particulares esto evidentemente está influenciado por el clima, tipo y cantidad de vegetación, topografía, material parental, actividad del hombre, fotoperiodo y otros factores. El clima tiene una influencia determinante sobre el nivel de nitrógeno en los suelos a través del efecto de la temperatura y las condiciones de humedad sobre el desarrollo de las plantas y los microorganismos.

En suelos tropicales el contenido de nitrógeno pueden presentar valores de 0.02%; en turbas, suelos desérticos y en suelos muy ricos en materia orgánica se puede hallar valores superiores a 2.5% (Padilla, 2007).

El nitrógeno presente en el suelo contiene una proporción relativamente alta de nitrógeno orgánico (no disponible) y una pequeña proporción de N inorgánico disponible.

2.3.5. Mineralización e Inmovilización del nitrógeno

El proceso que convierte las formas orgánicas de nitrógeno no disponible a formas disponibles se denomina mineralización y ocurre a medida que los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica para obtener energía (INPOFOS, 1997).

El nitrógeno también puede pasar de una forma inorgánica a una forma orgánica, este proceso se llama inmovilización y ocurre cuando se incorporan al suelo residuos de cultivos con alto contenido de carbono y bajo en nitrógeno. Los microorganismos descomponen vigorosamente la nueva fuente de energía presente en estos residuos, pero al mismo tiempo necesitan nitrógeno para formar las proteínas de sus cuerpos (INPOFOS, 1997).

2.3.6. Pérdidas de nitrógeno

Los cultivos remueven abundante nitrógeno del suelo, la cantidad depende del tipo del cultivo y cantidad de cosecha. Se estima que esta cantidad fluctúa entre el 0.9 y 1.4% del nitrógeno total, esto representa un promedio de 28 a 45 kg N/ha/año (Padilla, 2007).

El NO_3^- es muy soluble, tiende a perderse con el agua gravitacional o de escorrentía. En las tierras cultivables se estima que las pérdidas provocadas por lixiviación es de aproximadamente 28 kg N/ha/año, el movimiento vertical del agua provoca el 99% de pérdida de iones nitrato y el 1% de amonio. La textura el tipo de sistema coloidal, la CICE, la pluviosidad y las características de la aplicación de los fertilizantes nitrogenados son algunos de los factores que determinan la intensidad de la lixiviación (Padilla, 2007).

Por otro lado, Bertsch (1995), señala que con valores de pH mayores de 7, los iones amonio (NH_4^+) pueden convertirse en gas amoniacal (NH_3) y perderse en la atmósfera, si el suelo está seco. Altas temperaturas incrementan la tasa de hidrólisis de la urea, incrementan la relación $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ al decrecer la solubilidad de NH_3 en agua, e incrementan las tasas de difusión de gases.

Desde el punto de vista de la dinámica del nitrógeno la denitrificación, también representa una de las pérdidas que pueden llegar a ser considerables, esta serie de procesos biológicos ocurre en suelos con alto contenido de materia orgánica y en condiciones de encharcamiento por períodos extensos (ausencia de O_2). Algunos organismos anaeróbicos que intervienen tienen la capacidad de obtener su oxígeno de los nitratos, liberándose así óxido nitroso y nitrógeno elemental (gases), los organismos responsables de estas reacciones son del género *Pseudomonas*, *Micrococcus* (Padilla, 2007).

2.4. COMPONENTES DE RENDIMIENTO

Según Bustamante et.al. (1997), la producción de cebada depende de tres factores:

- Número de espigas por metro cuadrado.
- Número de granos por espiga.

- Peso de los granos (peso de 1000 granos),

Estudios realizados en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (2009) han demostrado que:

- La climatología es la que más influye sobre el número de granos por espiga y el peso de 1000 granos.
- La densidad de siembra es la que más influye sobre el número de espigas por metro cuadrado. Un aumento de la densidad de siembra da lugar a un aumento del número de espigas por metro cuadrado y a un descenso del número de granos por espiga y del peso de los 1000 granos.
- La fertilización nitrogenada es la que más influye sobre el rendimiento de grano. Un aumento de la dosis de fertilización nitrogenada da lugar a un aumento del número de espigas y número de granos por espiga y a un descenso del peso de los 1000 granos.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La presente investigación fue efectuada en dos ensayos separados, correspondiendo a cada variedad.

La investigación se realizó el 5 de julio del 2012 al 27 de noviembre del 2012.

3.1.1 Características del área de estudio

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Antonio Ante
Parroquia:	San José de Chaltura
Lugar:	Granja Experimental La Pradera
Altitud:	2350 m.s.n.m.
Coordenadas:	X= 810913-E Y=10039425-N
Temperatura media anual:	16,4°C
Precipitación media anual:	600 a 800 mm
Humedad relativa:	68,9 %.

Fuente: (Gobierno Municipal de Antonio Ante, 2013)

3.1.2 Características Físicas del Suelo

Las características del suelo de la parte experimental fueron:

Textura: Franco

Topografía: Inclínada

Pendiente: 1%

Drenaje: Regular

3.2 MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

3.2.1 Materiales:

3.2.1.1 Material Experimental

- Semillas de cebada cervecera variedades Scarlett y Metcalfe
- Fuentes de Nitrógeno: Urea (46-0-0)

3.2.1.2. Maquinaria

- Sembradora experimental
- Trilladora estacionaria

3.2.1.3. Materiales de Campo:

- Herramientas de labranza
- Flexómetro
- Estacas
- Letreros
- Fundas de papel

- Fundas plásticas
- Sacos
- Recipientes para la aplicación del fertilizante
- Libro de campo
- Materiales de oficina

3.2.1.4. Materiales de Laboratorio

- Balanza analítica
- Contador de granos
- Tamices
- Papel aluminio
- Recipientes

3.2.2. Insumos

- Herbicida: Metsulfurón-metil (Ally)
- Fungicida: Propiconazole (Pamona)

3.2.3. Equipo:

- Equipo de seguridad: botas, overol, guantes, gafas, mascarilla y gorra.
- De medición: G.P.S.
- Equipo de riego: Aspersores, mangueras, bomba de agua estacionaria.

- Bomba de mochila

3.2.3.1. Equipo de Oficina

- Cámara fotográfica
- Computador
- Impresora

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Factor en estudio

3.3.1.1. Variedades

V1: Scarlett

V2: Metcalfe

3.3.1.2. Niveles de nitrógeno:

n0: 0 kg N/ha

n1: 75 kg N/ha

n2: 100 kg N/ha

n3: 125 kg N/ha

3.3.1.3. Fraccionamiento Nitrógeno:

a1: Z00 + Z22

a2: Z00 + Z22 + Z30

3.3.2. Tratamientos

Para los fraccionamiento se tomaron en cuenta las etapas fenológicas según la escala de Zadoks: Zadoks 00 (Z00: *siembra*), Zadoks 22(Z22: *producción de macollos*) y Zadoks 30 (Z30: *producción de nudos*).

Se realizaron dos fraccionamientos, el primer fraccionamiento (a1) fue en Z00 y Z22, y el segundo (a2) en Z00, Z22 y Z30.

En niveles de nitrógeno se aplicó dosis de 75, 100, 125 kg N/ha. Se incluye un testigo absoluto (TA) al que no se le aplicó ningún nutriente, y un testigo con fertilización compuesta inicial a la siembra (TF). La fertilización nitrogenada se fraccionó de la siguiente manera (Tabla 4 y 5):

Tabla 4. Detalle del fraccionamiento a1.

Código	Etapa		TOTAL
	Z00	Z22	
	kg N ha		
a1n0 - (TA)	0,0	0,0	0,0
a1n1	11,0	64,0	75,0
a1n2	11,0	89,0	100,0
a1n3	11,0	114,0	125,0
a1ni (TF)	11,0	0,0	11,0

Fuente: (INIAP, 2012)

Tabla 5. Detalle del fraccionamiento a2.

Código	Etapa			TOTAL
	Z00	Z22	Z30	
	kg N ha			
a2n1	11,0	32,0	32,0	75,0
a2n2	11,0	44,5	44,5	100,0
a2n3	11,0	57,0	57,0	125,0

Fuente: (INIAP, 2012)

Tabla 6. Tratamientos en estudio con nitrógeno*.

Nº	Codificación	Fraccionamiento	Niveles de nitrógeno
Tratamientos			kg N ha
T1	a1n0	Z00 + Z22	0,0
T2	a1n1	Z00 + Z22	75,0
T3	a1n2	Z00 + Z22	100,0
T4	a1n3	Z00 + Z22	125,0
T5	a1ni	Z00 + Z22	11,0
T6	a2n1	Z00 + Z22 + Z30	75,0
T7	a2n2	Z00 + Z22 + Z30	100,0
T8	a2n3	Z00 + Z22 + Z30	125,0

Fuente: (INIAP, 2012)

*Estos tratamientos fueron empleados para las dos variedades en estudio (Scarlett y Metcalfe), con un ensayo para cada variedad empleando un diseño de BCA con tres repeticiones.

3.3.3. Diseño Experimental

El ensayo fue realizado bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar, con ocho tratamientos y tres repeticiones.

3.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

El trabajo se ejecutó de la siguiente manera:

3.4.1 Características de la unidad experimental

La unidad experimental para cada variedad, estuvo constituida por una parcela rectangular de las siguientes dimensiones:

Área parcela total: 8 (4m de largo x 2 m de ancho)

Área parcela neta: 3 (3m de largo x 1 m de ancho).

Número de semillas por parcela total: 1600

Número de semillas por parcela neta: 600

Número de semilla por ensayo: 76800

3.4.1.1. Características del área experimental

N° de unidades experimentales:

24 unidades experimentales para la variedad de cebada cervecera Metcalfe.

24 unidades experimentales para la variedad de cebada cervecera Scarlett.

Número de repeticiones: 3

Número de tratamientos: 8

Número de variedades o líneas: 2 (Metcalfe y Scarlett)

Distancia entre parcelas: 1 m

Distancia entre repeticiones: 1 m

Distancia entre hileras: 20 cm

Área de caminos: 48

Área de cada experimento: 648

3.4.1.2 Disposición de los tratamientos en el sitio experimental

Se presenta en el Anexo 4.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla 7. Esquema del Análisis de Varianza

F.V	G.L.
Total	23
Tratamientos	7
Bloques	2
Error experimental	14

cv=

x=

3.5.1. Análisis funcional

En las variables que se detectaron diferencias significativas se efectuó la prueba de Tukey al 5%.

3.6. VARIABLES EVALUADAS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.6.1. Variables agronómicas

3.6.1.1. *Días al espigamiento*: Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de plantas de cada parcela presenten espigas totalmente visibles. La información se expresó en días después de la siembra (dds). (2012-09-01)

3.6.1.2. *Altura de planta:* Los datos de esta variable se tomaron desde la base del tallo en el suelo hasta el extremo de la espiga, incluyendo las aristas, utilizando una regla graduada en centímetros (cm), esto se realizó cuando el cultivo ya estaba de cosecha y escogiendo diez plantas al azar por cada parcela. (2012-11-27)

3.6.1.3. *Tamaño de la espiga:* Se midió el tamaño de la espiga utilizando una regla graduada en centímetros (cm), tomando diez plantas al azar de cada parcela. (2012-11-27)

3.6.1.4. *Número de granos por espiga:* Se realizó el conteo del número de granos por espiga de 10 plantas tomadas al azar. (2012-11-27)

3.6.1.5. *Peso de 1000 granos:* De la cosecha obtenida de cada parcela se tomaron al azar tres muestras de 1000 granos, para lo cual se utilizó una contadora de semilla y se pesaron en gramos (g) cada una de las muestras en una balanza de precisión. (2012-12-06)

3.6.1.6. *Rendimiento total:* Una vez realizada la cosecha se pesó el grano que se obtuvo de cada parcela y el resultado se expresó en kilogramos por parcela neta, y posteriormente se transformó a kg ha^{-1} . (2012-12-06)

3.6.2. Variables de calidad

3.6.2.1. Porcentaje de proteína en el grano:

El análisis de proteína se efectuó por el método micro Kjeldahl en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica del Norte. (2013-02-06)

3.7. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.7.1. Toma de muestras del suelo

Antes de la siembra, el 1 de febrero del 2012, se realizó el muestreo de suelos de 20 submuestras a una profundidad de 20cm. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos Plantas y Aguas del INIAP de la Estación Experimental Santa Catalina donde se

ejecutó el análisis completo (químico y físico), para conocer el estado actual del área experimental.

3.7.2. Preparación del suelo

La preparación del suelo fue mecanizada, utilizando un tractor que realizó cuatro pases de arado y una de rastra. (2012-06-11)

3.7.3. Siembra

Fue realizada el 5 de julio del 2012, en forma mecánica empleando una sembradora experimental con una densidad de siembra de 150 kg/ha, luego se utilizó un rastrillo con la finalidad de tapar la semilla

3.7.4. Riego

El riego fue ejecutado dependiendo de las condiciones climáticas y atmosféricas según los requerimientos del cultivo, dándose a conocer en el Anexo 6.

3.7.5. Fertilización química

La fertilización se realizó tomando en cuenta cada una de las unidades experimentales.

Los fertilizantes iniciales empleados en el momento de la siembra el 5 de julio del 2012, fueron fosfato diamónico (18-46-0), y como fuente de potasio, magnesio y azufre se usó sulpomag (0-0-22-11-22), esto se aplicó con una dosis media de recomendación según el análisis de suelo con la cantidad de 200 kg/ha.

Habiendo ya identificado correctamente las fases de desarrollo del cultivo como lo muestran en la Figura 7; se procedieron a las aplicaciones respectivas según cada tratamiento como lo muestra la Tabla 8.

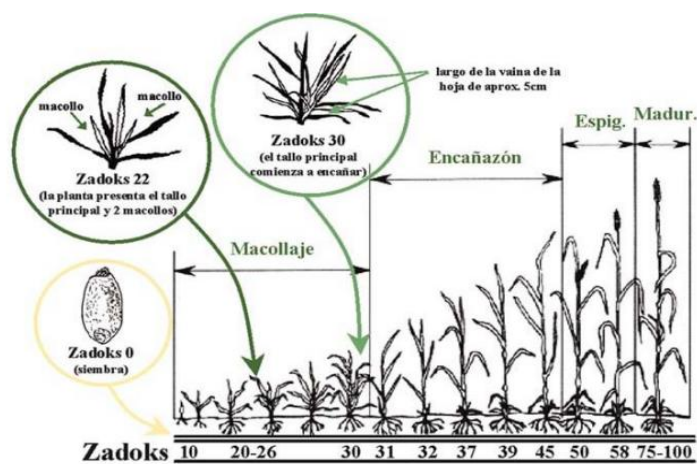


Figura 5. Escala de Zadoks

Fuente: (FAGRO, 2001)

Para la aplicación de las dosis de nitrógeno (46-0-0) se tomó en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 8. Detalle de las dosis y épocas de aplicación de nitrógeno en cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.)

Tratamientos	Fecha de aplicación	Código	Etapa				TOTAL
			Z00	Z22	Z30	kg N parcela	
T1	05-07-2012	a1n0 - (TA)	0,0	0,0	0,0	0,0	
T2	04-08-2012	a1n1	11,0	64,0	0,0	75,0	
T3	04-08-2012	a1n2	11,0	89,0	0,0	100,0	
T4	04-08-2012	a1n3	11,0	114,0	0,0	125,0	
T5	04-08-2012	a1ni (TR)	11,0	0,0	0,0	11,0	
T6	01-09-2012	a2n1	11,0	32,0	32,0	75,0	
T7	01-09-2012	a2n2	11,0	44,5	44,5	100,0	
T8	01-09-2012	a2n3	11,0	57,0	57,0	125,0	

Fuente: (INIAP, 2012), (Autora)

3.7.6. Toma de muestras del cultivo

Durante todo el ciclo se evaluaron las variables establecidas, así como también al finalizar el ciclo de cultivo se tomaron muestras de grano, de cada uno los tratamientos para efectuar análisis de contenido de proteína.

3.7.7. Controles fitosanitarios

Para controlar las enfermedades como roya amarilla y roya de la hoja, se aplicó Propiconazole (Pamona), con la dosis de 50 cc/ha, utilizando una bomba de mochila. (2012-08-12).

3.7.8. Control de malezas

A los 47 días, se aplicó 15 g/ha de Metsulfurón-metil (Ally), se utilizó una bomba de mochila; para el control de malezas de hoja ancha. (2012-08-21)

3.7.9. Cosecha

La cosecha se realizó el 27 de noviembre del 2012, y fue ejecutada manualmente con hoces, y una trilladora estacionaria, esto se llevó a cabo cuando el cultivo tenía 10% de humedad, alcanzando su madurez fisiológica.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación son los siguientes:

4.1. DÍAS AL ESPIGAMIENTO

4.1.1. Variedad Metcalfe

Tabla 9. Días al espigamiento variedad Metcalfe.

Tratamiento	
T1	69,00
T2	69,67
T3	69,67
T4	69,67
T5	69,00
T6	70,67
T7	69,00
T8	69,67

Tabla 10. Análisis de varianza de días al espigamiento variedad Metcalfe.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	47,96	23				
Bloque	12,34	2	6,17	2,98 ns	3,74	6,51
Trat.	6,63	7	0,95	0,46 ns	2,76	4,28
Error.	28,99	14	2,07			

ns= No Significativo

CV= 2,07%
= 69,54

En la tabla 10 se muestra el análisis de varianza, en el cual se observa que no existen diferencias significativas para los tratamientos. El promedio de días al espigamiento fue de 69 días, con un coeficiente de variación de 2.07%

Los resultados obtenidos muestran que para esta variable todos los tratamientos, tuvieron un comportamiento similar, es decir que en general, se muestran uniformes, así como lo indica Berger, Ceretta, & CASTRO (2002), que dice que la espigazón en cebada está regulado principalmente por el fotoperiodo y tiempo térmico.

4.1.2. Variedad Scarlett

Tabla 11. Días al espigamiento variedad Scarlett.

Tratamiento	
T1	69,00
T2	68,33
T3	69,00
T4	69,00
T5	69,67
T6	69,00
T7	68,33
T8	68,33

Tabla 12. Análisis de varianza de días al espigamiento variedad Scarlett.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	31,33	23				
Bloque	10,33	2	5,17	4,42 *	3,74	6,51
Trat.	4,66	7	0,67	0,57 _{ns}	2,76	4,28
Error.	16,34	14	1,17			

*= Significativo al 5%

ns= No Significativo

CV= 1,57%

= 68,83

En la Tabla 12, los resultados obtenidos mostraron que no existen diferencias significativas para los tratamientos.

El coeficiente de variación fue de 1,57% y la media de 68 días al espigamiento.

Lo que quiere decir que para esta variable, los tratamientos actuaron de forma similar, puesto que los tratamientos utilizados no tuvieron influencia para esta variable, de esta manera se acepta la hipótesis nula.

4.2. ALTURA DE PLANTA

4.2.1. Variedad Metcalfe.

Tabla 13. Altura de planta variedad Metcalfe.

Tratamiento	
T1	72,33
T2	75,00
T3	73,00
T4	80,00
T5	67,00
T6	74,00
T7	71,33
T8	77,67

Tabla 14. Análisis de varianza de altura de planta variedad Metcalfe.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	2141,96	23				
Bloque	248,09	2	124,05	1,11 ns	3,74	6,51
Trat.	329,96	7	47,14	0,42 ns	2,76	4,28
Error.	1563,91	14	111,71			

ns= No Significativo

$$CV = 14,32\%$$

$$= 73,79$$

En el análisis de varianza, Tabla 14, se pudo apreciar que no existen diferencias significativas para los tratamientos.

La altura promedio de la planta para la variedad Metcalfe fue de 73,79 cm y el coeficiente de variación fue de 14,32%.

Lo que demuestra que para esta variable los tratamientos obtuvieron un comportamiento similar, ya que la altura de los tallos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) depende de las variedades, el ambiente y la fertilización nitrogenada, el tamaño oscila desde 50 cm a 100 cm (Guerrero, 1999).

4.2.2. Variedad Scarlett.

Tabla 15. Altura de planta variedad Scarlett.

Tratamiento	
T1	68,33
T2	75,67
T3	71,67
T4	82,33
T5	73,67
T6	68
T7	67,67
T8	81,33

Tabla 16. Análisis de varianza de altura de planta variedad Scarlett.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	1421,83	23				
Bloque	163,08	2	81,54	2,1 ns	3,74	6,51
Trat.	715,16	7	102,17	2,63 ns	2,76	4,28
Error.	543,59	14	38,83			

ns= No Significativo:

CV= 8,47%

= 73,58

En la Tabla 16, se observa que no existen diferencias significativas para los tratamientos que se evaluaron.

La altura promedio de la planta para la variedad Scarlett fue de 73,58 cm y el coeficiente de variación fue de 8,47%.

La altura está relacionada con la cantidad inicial de nitrógeno en los suelos, la disponibilidad del nitrógeno depende la mineralización, proceso que genera del 2% al 3% de nitrógeno inorgánico anualmente (INPOFOS, 1997).

4.3. TAMAÑO DE LA ESPIGA.

4.3.1. Variedad Metcalfe.

Tabla 17. Tamaño de la espiga variedad Metcalfe.

Tratamiento	
T1	9,13
T2	9,27
T3	9,07
T4	9,87
T5	9,07
T6	9,20
T7	9,27
T8	9,40

Tabla 18. Análisis de varianza del tamaño de la espiga variedad Metcalfe.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	23,75	23				
Bloque	5	2	2,5	2,02 ns	3,74	6,51
Trat.	1,43	7	0,2	0,16 ns	2,76	4,28
Error.	17,32	14	1,24			

ns= No Significativo

CV= 12,00%
= 9,28

En el análisis de varianza, Tabla 18, se puede apreciar que no existen diferencias significativas para los tratamientos.

El tamaño de la espiga promedio para la variedad Metcalfe fue de 9,28 cm y el coeficiente de variación fue de 12,00%.

Los resultados obtenidos mostraron que para esta variable en la variedad Metcalfe todos los tratamientos tuvieron similar tamaño de la espiga, dado que el tamaño promedio de la espiga es de 7cm a 11 cm (INIAP, 2010).

4.3.2. Variedad Scarlett

Tabla 19. Tamaño de la espiga variedad Scarlett.

Tratamiento	
T1	8,87
T2	10,07
T3	9,33
T4	10,27
T5	9,93
T6	8,73
T7	9,60
T8	9,07

Tabla 20. Análisis de varianza del tamaño de la espiga variedad Scarlett.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	27,19	23				
Bloque	11,69	2	5,85	9,59 **	3,74	6,51
Trat.	6,92	7	0,99	1,62 ns	2,76	4,28
Error.	8,58	14	0,61			

**= Significativo al 1%
ns= No Significativo

CV= 8,24%
= 9,48

En el Tabla 20 se observa que existen diferencias significativas para los bloques, pero para los tratamientos no se mostraron diferencias significativas.

El tamaño promedio de la espiga para la variedad Scarlett es de 9,48 cm y el coeficiente de variación fue de 8,24%.

Lo que quiere decir que a lo largo del cultivo las condiciones climáticas se mostraron similares, además hubo una correcta densidad de siembra de 150 kg/ha, de esta manera los resultados obtenidos estarían en el tamaño promedio de la espiga que varía entre 7cm a 11cm (INIAP, 2010).

4.4. NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA.

4.4.1. Variedad Metcalfe

Tabla 21. Número de granos por espiga variedad Metcalfe.

Tratamiento	
T1	25,00
T2	27,33
T3	27,33
T4	28,67
T5	27,33
T6	26,33
T7	25,67
T8	26,33

Tabla 22. Análisis de varianza del número de granos por espiga variedad Metcalfe.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	382,5	23				
Bloque	117,25	2	58,63	3,46 ns	3,74	6,51
Trat.	27,83	7	3,98	0,23ns	2,76	4,28
Error.	237,42	14	16,96			

ns= No Significativo

CV= 15,40%

= 26,75

El análisis de varianza, Tabla 22, no detectó diferencias significativas para los tratamientos evaluados.

El número de granos por espiga promedio fue 26,75 y el coeficiente de variación de 15,40%.

La dosis recomendada de semilla para la densidad (150 kg/ha) se obtuvo un buen resultado ya que como lo indica el INIAP (2010), la densidad de siembra es la que más influye en esta variable, un aumento de la densidad de siembra da lugar a un aumento del número de espigas por metro cuadrado y a un descenso del número de granos por espiga.

4.4.2. Variedad Scarlett

Tabla 23. Número de granos por espiga variedad Scarlett.

Tratamiento	
T1	27,00
T2	27,33
T3	26,00
T4	27,00
T5	28,00
T6	24,67
T7	26,67
T8	28,33

Tabla 24. Análisis de varianza del número de granos por espiga variedad Scarlett.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	148,62	23				
Bloque	47,24	2	23,62	4,5 *	3,74	6,51
Trat.	27,95	7	3,99	0,76 ns	2,76	4,28
Error.	73,43	14	5,25			

*= Significativo
ns= No Significativo

CV= 8,53%
= 26,88

En la Tabla 26, el análisis de varianza detectó diferencias significativas para los bloques pero para los tratamientos no hubo significancia.

El número de granos por espiga promedio fue de 26,88 granos con un coeficiente de variación de 8,53%.

Los resultados revelan que para esta variable los tratamientos utilizados en el experimento en la variedad Scarlett, tuvieron similar comportamiento en cuanto al número de granos por espiga.

Según Bustamante, et al. (1997), el número de granos por espiga es uno de los factores determinantes en la producción de cebada, la climatología y la densidad de siembra también son de gran influencia, como define González (2001), la climatología durante todo el desarrollo de la investigación no fue la adecuado debido al estrés hídrico al que se sometió, pero pese a eso se obtuvo resultados que están en el promedio de aceptación.

4.5. PESO DE 1000 GRANOS.

4.5.1. Variedad Metcalfe

Tabla 25. Peso de 1000 granos de la variedad Metcalfe.

Tratamiento	
T1	37,78
T2	41,70
T3	40,72
T4	41,53
T5	42,27
T6	42,33
T7	39,15
T8	40,33

Tabla 26. Análisis de varianza del peso de 1000 granos de la variedad Metcalfe.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	88,03	23				
Bloque	4,81	2	2,41	1,14 ns	3,74	6,51
Trat.	53,56	7	7,65	3,61 *	2,76	4,28
Error.	29,66	14	2,12			

*= Significativo al 5%
ns= No Significativo

$$CV = 3,58\%$$
$$= 40,73$$

En el análisis de varianza, Tabla 26, indica que existen diferencias significativas para los tratamientos evaluados.

El peso promedio de mil granos fue de 40,73 g con un coeficiente de variación de 3,58%.

Los valores obtenidos en esta variable demuestran que son aceptables como se concuerda con Chase & Luces (1971), que afirman que el peso de 1000 granos varía de 30 a 60 g, con un promedio de 45 g, esto depende de las condiciones ambientales y de manejo en que se haya desarrollado el cultivo.

Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para la variable de peso de 1000 granos de la variedad Metcalfe.

Tratamientos	Medias	Rangos
T6	42,33	A
T5	42,27	A
T2	41,7	A B
T4	41,53	A B
T3	40,72	A B
T8	40,33	A B
T7	39,15	A B
T1	37,78	B

*Promedios que cumplen la misma letra no difieren Estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

La prueba de Tukey al 5%, Tabla 29, detecta la presencia de dos rangos, en donde el T6 con 42,33 g y T5 con un peso de 42,27 son los que obtienen los promedios más altos en cuanto a la variable de peso de 1000 granos.

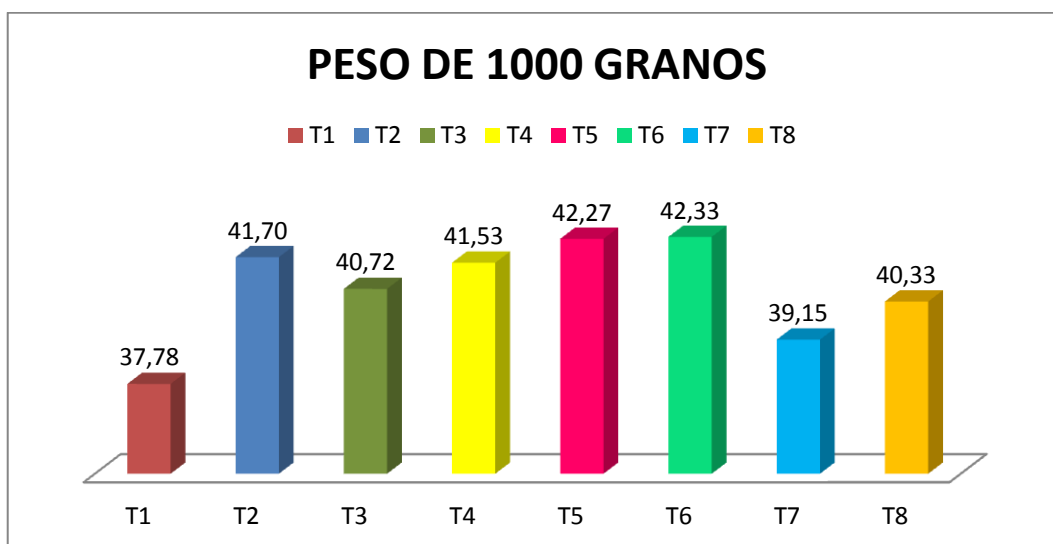


Gráfico 1. Promedios de peso de 1000 granos para la variedad Metcalfe.

Fuente: Autora

4.5.2. Variedad Scarlett

Tabla 28. Peso de 1000 granos de la variedad Scarlett.

Tratamiento	
T1	43,95
T2	44,08
T3	43,67
T4	46,23
T5	44,15
T6	44,9
T7	44,65
T8	44,98

Tabla 29. Análisis de varianza del peso de 1000 granos de la variedad Scarlett.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	36,54	23				
Bloque	4,91	2	2,46	1,95 ns	3,74	6,51
Trat.	14	7	2	1,59 ns	2,76	4,28
Error.	17,63	14	1,26			

Ns= No Significativo

$$\begin{aligned} CV &= 2,52\% \\ &= 44,58 \end{aligned}$$

En el análisis de varianza, Tabla 29, no se detectó significación estadística para los tratamientos. El peso promedio de mil granos fue de 44,58 g y el coeficiente de variación 2,52%.

Los resultados obtenidos en esta variable se deben a las características de la variedad, y a la respuesta de las condiciones ambientales. Además Bustamante, et al, (1997) afirma que, la climatología es la que más influye sobre el número de granos por espiga y el peso de 1000 granos, al respecto (González, 2001); dice que las altas temperaturas y el déficit hídrico limitan el peso final del grano al acelerar la senescencia foliar y disminuir la duración del crecimiento del grano ya que disminuye la conductancia de la hoja, la fotosíntesis neta y por tanto, la disponibilidad de asimilados actuales para el llenado del grano.

4.6. RENDIMIENTO

4.6.1. Variedad Metcalfe

Tabla 30. Rendimiento en kg/ha de la variedad Metcalfe.

Tratamientos	
T1	1989,32
T2	2067,09
T3	1937,22
T4	2105,56
T5	1418,24
T6	2077,04
T7	1276,92
T8	1599,87

Tabla 31. Análisis de varianza del rendimiento en kg/ha de la variedad Metcalfe.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	5	23				
Bloque	0,56	2	0,28	1,08 ns	3,74	6,51
Trat.	0,81	7	0,12	0,46 ns	2,76	4,28
Error.	3,63	14	0,26			

*= Significativo al 5%
ns= No Significativo

CV= 17,31%

X= 1808,91

En el análisis de varianza, Tabla 31, para el rendimiento de la variedad Metcalfe, una vez más no existen diferencias significativas para los tratamientos que fueron evaluados.

El peso promedio de kg/ha fue de 1808,91 kg con un coeficiente de variación de 17,31 %.

Los resultados obtenidos para esta variable demuestran que con las condiciones climáticas en las que se desarrolló el cultivo se obtuvieron bajos rendimientos, como lo menciona González (2001), el estrés hídrico causado durante el periodo del encañado y del espigado puede reducir considerablemente el rendimiento de la cebada.

4.6.2. Variedad Scarlett

Tabla 32. Rendimiento en kg/ha de la variedad Scarlett.

Tratamientos	
T1	2408,89
T2	3440,00
T3	3018,89
T4	3351,11
T5	2985,55
T6	3096,67
T7	3912,78
T8	3638,89

Tabla 33. Análisis de varianza del rendimiento en kg/ha de la variedad Scarlett.

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	1,88	23				
Bloque	0,35	2	0,18	2 ns	3,74	6,51
Trat.	0,32	7	0,05	0,56 ns	2,76	4,28
Error.	1,21	14	0,09			

ns= No Significativo

CV= 8,77%
X= 3231,60

En el Tabla 35, para el rendimiento de kg/ha de la variedad Scarlett, se observa que no es significativo para los tratamientos en estudio.

El rendimiento promedio fue de 3231,60 kg/ha y el coeficiente de variación fue de 8,77%.

Esto indica que no hay la detección de una diferencia significativa en los tratamientos de la variedad Scarlett debido a que las condiciones agronómicas y climáticas no han influido en el comportamiento de esta variable. Según Estudios realizados en la Universidad de la República de Uruguay (2010), obtienen rendimientos desde los 2000 kg/ha hasta los 8000 kg/ha.

4.7. PORCENTAJE DE PROTEÍNA DEL GRANO

4.7.1. Variedad Metcalfe

Tabla 34. Porcentaje de proteína en el grano de la variedad Metcalfe.

Tratamiento	% Proteína
T1	10,08
T2	9,06
T3	9,22
T4	9,25
T5	9,32
T6	9,65
T7	11,16
T8	10,23

En la Tabla 36 se muestra que el mejor tratamiento es el T7, con un porcentaje de 11,16%. Este resultado se debió a las tres épocas de aplicación que son en la siembra, macollamiento y producción de nudos con la dosis de nitrógeno de 100 kg/ha, aunque T3 también tiene la misma dosis de nitrógeno, este no alcanza el porcentaje de proteína, debido a que en este tratamiento solo se realizó dos épocas de aplicación de nitrógeno que fue a la siembra y al macollamiento.

Lo que demuestra que al realizar los debidos fraccionamientos con la época correcta de aplicación se tuvo mejores resultados en el porcentaje de proteína del grano, siendo aceptable para la industria cervecera. Esto es corroborado por Marinissen, et al, (2009), que asegura que el contenido de proteína del grano debe ser del 11% al 12%.

4.7.2. Variedad Scarlett

Tabla 35. Porcentaje de proteína en el grano de la variedad Scarlett.

Tratamiento	% Proteína
T1	8,53
T2	9,27
T3	9,51
T4	9,66
T5	8,43
T6	9,35
T7	11,44
T8	9,67

La tabla 37 correspondiente al porcentaje de proteína del grano, expone que el mejor tratamiento es el T7, con 11,44%, demostrando que este tratamiento es apto para los requerimientos industriales, aunque T3 también tiene la misma dosis de nitrógeno, este no alcanza el porcentaje de proteína, debido a que en este tratamiento solo se realizó dos épocas de aplicación de nitrógeno que fue a la siembra y al macollamiento. Por ende este resultado, se encuentra dentro del rango aceptado por la industria cervecera que es de 11% a 12% (Marinissen, Torres, & Lauric, 2009).

4.8. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.8.1. Análisis Económico según (CIMMYT, 1988), para la variedad de cebada maltera (*Hordeum vulgare L.*) Metcalfe.

Tabla 36. Presupuesto parcial de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Metcalfe (*Hordeum vulgare L.*) en Chaltura – Imbabura”.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento kg/ha	1989,32	2067,09	1937,22	2105,56	1418,24	2077,04	1276,91	1599,87
Rendimiento ajustado kg/ha	1889,85	1963,74	1840,36	2000,28	1347,33	1973,19	1213,06	1519,88
Beneficio neto en campo (USD)	795,73	826,84	774,89	842,22	567,30	830,82	510,76	639,95
Costos de mano de obra de aplicación de nitrógeno (USD)	0,00	20,00	20,00	20,00	10,00	30,00	30,00	30,00
Costo de dosis de nitrógeno (USD)	0,00	64,89	86,52	119,40	9,95	64,89	86,52	119,40
Total de costos que varían	0,00	84,89	106,52	139,40	19,95	94,89	116,52	149,40
Beneficio neto	795,73	741,95	668,37	702,82	547,35	735,93	394,24	490,55

Fuente: La autora

El precio de la cebada maltera Metcalfe fue de 20,00 dólares el quintal de 50 kg.

Tabla 37. Análisis de dominancia de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Metcalfe (*Hordeum vulgare L.*) en Chaltura – Imbabura”.

Tratamientos	Código	Total de costos que varían (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)	
T1	a1n0	0	795,73	
T5	a1n1	19,95	547,35	D
T2	a1n2	84,89	741,95	D
T6	a1n3	94,89	735,93	D
T3	a1ni	106,52	668,37	D
T7	a2n2	116,52	394,24	D
T4	a2n2	139,4	702,82	D
T8	a2n3	149,4	490,55	D

Fuente: La autora

Se eliminan los tratamientos: T5, T2, T6, T3, T7, T4 y T8, que son tratamientos dominados pues tienen menores beneficios netos y mayores costos que varían que el tratamiento T1.

El análisis de dominancia realizado muestra que el mejor tratamiento es T1, ya que tiene mayores beneficios netos y menores costos que varían.

4.8.1. Análisis Económico según él (CIMMYT, 1988), para la variedad de cebada maltera Scarlett.

Tabla 38. Presupuesto parcial de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Scarlett (*Hordeum vulgare* L.) en Chaltura – Imbabura”.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento kg/ha	2408,89	3440,00	3018,89	3351,11	2985,56	3096,67	3912,78	3638,89
Rendimiento ajustado kg/ha	2288,45	3268,00	2867,95	3183,55	2836,28	2941,84	3717,14	3456,95
Beneficio neto en campo	963,56	1376,00	1207,56	1340,44	1194,22	1238,67	1565,11	1455,56
Fraccionamientos mano de obra	0,00	20,00	20,00	20,00	10,00	30,00	30,00	30,00
Costo de dosis de nitrógeno	0,00	64,89	86,52	119,40	9,95	64,89	86,52	119,40
Total de costos que varían	0,00	84,89	106,52	139,40	19,95	94,89	116,52	149,40
Beneficio neto	963,56	1291,11	1101,04	1201,04	1174,27	1143,78	1448,59	1306,16

Fuente: Autora

El precio de la cebada maltera Scarlett fue de 20,00 dólares el quintal de 50 kg.

Tabla 39. Análisis de dominancia de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Scarlett (*Hordeum vulgare* L.) en Chaltura – Imbabura”.

Tratamientos	Código	Total de costos que varían (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)	
T1	a1n0	0	963,56	
T5	a1n1	19,96	1174,27	
T2	a1n2	84,89	1291,11	
T6	a1n3	94,89	1143,78	D
T3	a1ni	106,52	1101,04	D
T7	a2n2	116,52	1448,59	
T4	a2n2	139,4	1201,04	D
T8	a2n3	149,4	1306,16	D

Fuente: La autora

Se eliminan los tratamientos: T6, T3, T4 y T8 ya que son tratamientos dominados, porque tienen menores beneficios netos y mayores costos que varían que los otros tratamientos estudiados.

El análisis de dominancia realizado muestra que los mejores tratamientos son: T1, T5, T2, T7.

Tabla 40. Análisis marginal de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Scarlett (*Hordeum vulgare* L.) en Chaltura – Imbabura”.

Tratamientos	Total de costos que varían (\$/ha)	Costo marginal	Beneficio neto (\$/ha)	Beneficio marginal	Tasa de retorno marginal
T1	0		963,56		
T5	19,96	19,96	1174,27	210,71	10,56
T2	84,89	64,93	1291,11	116,84	1,80
T7	116,52	31,63	1448,59	157,48	4,98

Fuente: Autora

Los tratamientos T5, T2 y T7 son los que presentan una tasa de retorno marginal alta, por lo tanto se realiza el siguiente análisis:

Tabla 41. Análisis marginal de "Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en la variedad de cebada maltera Scarlett (*Hordeum vulgare* L.) en Chaltura – Imbabura”.

Tratamientos	Total de costos que varían (\$/ha)	Costo marginal	Beneficio neto (\$/ha)	Beneficio marginal	Tasa de retorno marginal
T5	19,96		1174,27		
T2	84,89	64,93	1291,11	116,84	179,95
T7	116,52	31,63	1448,59	157,48	497,88

Fuente: Autora

El tratamiento T7 obtuvo una tasa de retorno marginal más alta de 497,88% por lo que se recomienda para la producción como la mejor opción.

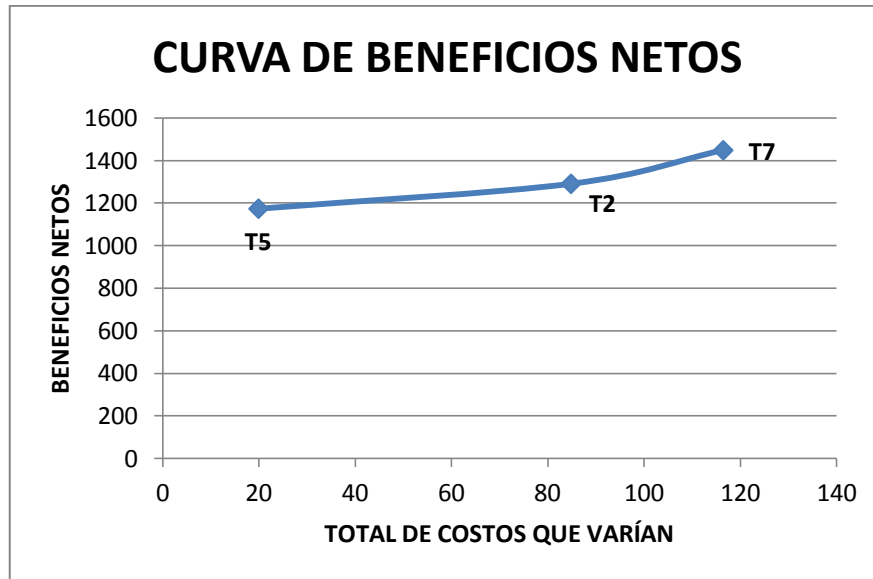


Gráfico 2. Curva de beneficios netos de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) de la variedad Scarlett.

Fuente: La autora

El gráfico 3 muestra la curva de beneficios netos con pendiente positiva, en donde se evidencia que T7 tiene el 497,88% de retorno marginal. Con este tratamiento el productor por cada dólar que invierta en la producción de esta variedad recuperaría el dólar invertido más 3,97 dólares adicionales. Y con el tratamiento T2, el productor por cada dólar que invierta en la producción recuperaría el dólar invertido más 0,80 dólares adicionales. Por lo tanto el tratamiento T7 es la mejor opción porque obtiene mejor retorno de la inversión.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado los resultados de las variable estudiadas se establecen las siguientes conclusiones.

1. El tratamiento T7 correspondiente al segundo fraccionamiento (a2) fue el óptimo, para todas las variables incluyendo las de mayor importancia que son el rendimiento y el contenido de proteína del grano, esto fue realizado con el segundo nivel de nitrógeno (n2) 100 kg N/ha y tres épocas de aplicación: a la siembra (Z00) con una dosis de 11 kg/ha, producción de macollos (Z22) con la dosis de 44,5 kg/ha, y producción de nudos (Z30) igualmente con la dosis de 44,5 kg/ha.
2. Se determinó que la demanda requerida de nitrógeno para el cultivo de cebada es de 100 kg/ha, debido a que este es el resultado del segundo fraccionamiento realizado, junto con las tres épocas de aplicación y al segundo nivel de nitrógeno que se utilizaron en la investigación, resultados correspondientes al tratamiento T7; el tratamiento T3 también tiene la dosis de 100 kg/ha pero no los mismos fraccionamientos ya que en este se utilizaron solamente dos fraccionamientos.
3. Tanto Scarlett como Metcalfe tuvieron comportamiento similar en la mayoría de las variables en estudio, resultando así que no hubo efecto del fraccionamiento de las dosis de nitrógeno y las épocas de aplicación sobre el rendimiento y contenido de proteína del grano, de esta manera se acepta la hipótesis nula.

4. Con los rendimientos promedio obtenidos de las dos variedades resulta que: el tratamiento T7 de la variedad Scarlett tuvo mayor rendimiento siendo de 3912,78 kg/ha; y en tanto que la variedad Metcalfe el tratamiento T4 alcanzó el mayor rendimiento de 2105,56 kg/ha.
5. En cuanto al contenido de proteína del grano, las dos variedades estudiadas, obtuvieron el contenido de proteína requerido, que es de 11% a 12%, siendo el porcentaje conseguido en Metcalfe de 11,16% y Scarlett 11,44%; pertenecientes a T7; tratamiento que corresponde al segundo fraccionamiento, con tres épocas de aplicación y al segundo nivel de nitrógeno (100 kg N/ha).
6. Desde el punto de vista económico, el tratamiento T7 tiene el 497,88% de retorno marginal, por lo tanto el productor por cada dólar que invierta en la producción de esta variedad recuperaría el dólar invertido más 3,97 dólares adicionales.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Para cultivos de cebada cervecera de las variedades Scarlett y Metcalfe, se recomienda utilizar tres épocas de aplicación de nitrógeno, basándose en la escala decimal de Zadoks que sirve de referencia para la oportuna aplicación de nitrógeno, la cual indica las etapas críticas de asimilación de nitrógeno como son la siembra (*Z0*) con dosis de 11 kg/ha, producción de macollos (*Z22*) con dosis de 44,5 kg/ha y producción de nudos (*Z30*) igualmente con dosis de 44,5 kg/ha, en dichas etapas se debe aplicar la dosis total de 100 kg/ ha N; de esta manera se logra obtener los resultados esperados, principalmente el porcentaje de proteína del grano.
2. Se recomienda para este tipo de investigaciones utilizar un arreglo factorial, a fin de analizar los tres factores (variedades, dosis y fraccionamientos) por separado, para así poder analizar los resultados de mejor manera.
3. Realizar la siembra en épocas adecuadas a fin de no tener problemas de escasez de agua, y así no afecten a los resultados que se buscan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agro Inversiones S.A. (2010). *Manual de la cebada cervecera*. Santiago: Agro Inversiones S.A. Malta del Sur.
- Arias, G. (1996). *La calidad industrial de la cebada cervecera*. In: *Primera Reunión Latinoamericana de Cebada Cervecera*. La Paz: FAO.
- Berger, A., Ceretta, M., & CASTRO, T. (2002). *Universidad de la República, Inia*. Obtenido de Estimación de espigazón en cebada: http://www.inia.org.uy/investigacion/programas/cultivos/Articulo_ceb.pdf
- Bertsch, F. (1995). *La fertilidad de los suelos y su manejo*. San José: Asociación costarricense de la Ciencia de Suelo.
- Bustamante, J., Allés, A., Espadas, M., & Muñoz, J. (1997). *Densidad de siembra en cebadas de ciclo corto*. Menorca: Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón. Información técnica n° 2.
- Chase, A., & Luces, Z. (1971). *Primer libro de las gramíneas*. Caracas: Instituto de Ciencias Agrícolas de la OEA.

- CIMMYT. (1988). Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. *Ejercicios sobre el análisis económico de datos agronómicos*. Mexico: CIMMYT.
- Cruz, F. (2009). *Resultados de los análisis de laboratorio de variedades de cebada tropicalizadas para Ecuador*. Quito: Cervecería Nacional.
- Cuesta, A. (2007). *Control genético de la floración en cebada: caracterización de los principales loci y relación de patrones de espigado con el rendimiento*. Zaragoza: Universidad de Lleida.
- DISASEM. (2007). *Member of the International Seed Federation*. Obtenido de Cebada de primavera dos carreras Scarlet: <http://www.disasem.com/scarlett.htm>
- FAGRO. (Mayo de 2001). *Facultad de Agronomía Universidad de Uruguay y Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera*. Recuperado el 25 de Agosto de 2013, de Fertilización en cebada cervecera: http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/equipo/carlosperdomo_archivos/Boletin%20Cebada.pdf
- FAO. (2001). *Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de Escala decimal de Zadoks: <http://www.fao.org/docrep/006/X8234S/x8234s05.htm#TopOfPage>

- FAOSTAT. (2009). *FAO*. Obtenido de Production Statistics:
<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Ferraris, G., Couretot, L., & Ponsa, J. (2007). *Efecto de un fertilizante foliar nitrogenado sobre el rendimiento, sus componentes, la eficiencia de uso del nitrógeno y la calidad en cebada cervecera y trigo*. Buenos Aires: INTA.
- García, A. (2008). Criterios para la fertilización nitrogenada en cultivos de invierno. *INIA*, 15-20-24-25.
- Gobierno Municipal de Antonio Ante. (Marzo de 2013). *Parroquia de San José de Chaltura*. Obtenido de http://www.antonioante.gob.ec/web/?page_id=26
- González, A. (2001). *Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en Cebada*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Guerrero, A. (1999). *Cultivos herbáceos extensivos*. Madrid: Mundi Prensa.
- INFOAGRO. (15 de Junio de 2012). *INFOAGRO*. Obtenido de Cultivo de la Cebada: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>
- Infocebada. (2011). *GALEON*. Obtenido de Información sobre la cebada: <http://infocebada.galeon.com/botanica.htm>

- INIAP. (2008). *Nuevas variedades de cebada para la sierra centro-norte ecuatoriana. Boletín divulgativo n° 295*. Quito: INIAP.
- INIAP. (2009). *Informe de actividades 2009 del convenio INIAP-CORPOINIAP Y Cervecería Nacional*. Quito: INIAP.
- INIAP. (2010). *Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. Boletín divulgativo n° 390. El cultivo de cebada*. Quito, Pichincha, Canón Mejía: INIAP.
- INIAP. (Agosto de 2012). *Proyecto Cebada Maltera-Tesistas. Evaluación del efecto del fraccionamiento del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano y validación de fungicidas y épocas de aplicación para el control de enfermedades en cebada cervecera (Hordeum vulgare L.)*. Quito: INIAP-CORPOINIAP Y CERVECERÍA NACIONAL.
- INFOFOS. (1997). *Manual Internacional de Fertilidad de Suelos: Nitrógeno*. Quito: INFOPOS.
- Lorente, J. (2007). *Biblioteca de la Agricultura*. En J. Lorente, *Biblioteca de la Agricultura* (págs. 455-458). Barcelona: Idea Books.
- Marathee, J. (1996). *La cebada maltera en el mundo y en América del Sur: Primera reunión latinoamericana de cebada cervecera*. La Paz: FAO.

- Marinissen, A., Torres, C., & Lauric, A. (2009). *Fertilización Nitrogenada de Cebada Cervecera en un Año Seco*. Buenos Aires: INTA.
- Padilla, W. (2007). *Fertilización de suelos y nutrición vegetal*. Quito: Grupo Clínica Agrícola.
- Paladines, O. (2007). *Recursos forrajeros para los sistemas de producción pecuarios*. Quito: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Pérez, F., & Martínez, J. (1994). *Introducción a la Fisiología Animal*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Pérez, J. (08 de 06 de 2010). *Blogspot*. Obtenido de La cebada: <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/requerimientos-edafoclimaticos.html>
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2008). *Cultivos de Cereales*. Obtenido de Cebada Maltera: http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada.htm
- Rivadeneira, M. (2005). *Inventario Técnico del Programa de Cereales*. Quito: INIAP.
- Rodríguez, J. (1993). *La fertilización de los cultivos: un método racional*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Satorre, E., Benech, A., Slafer, G., De la Fuente, E., Millares, D., & Otegui, M. (2003). *CALISTER*. Obtenido de Escala de Zadoks FAO: <http://www.calister.com.uy/media/zadoks.pdf>

Universidad Autónoma de Madrid. (2012). *Fundamentos de Nutrición Mineral, Macronutrientes-Nitrógeno*. Obtenido de <http://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/fundamentos/nutricion%20mineral/macro/nitrogeno.htm>

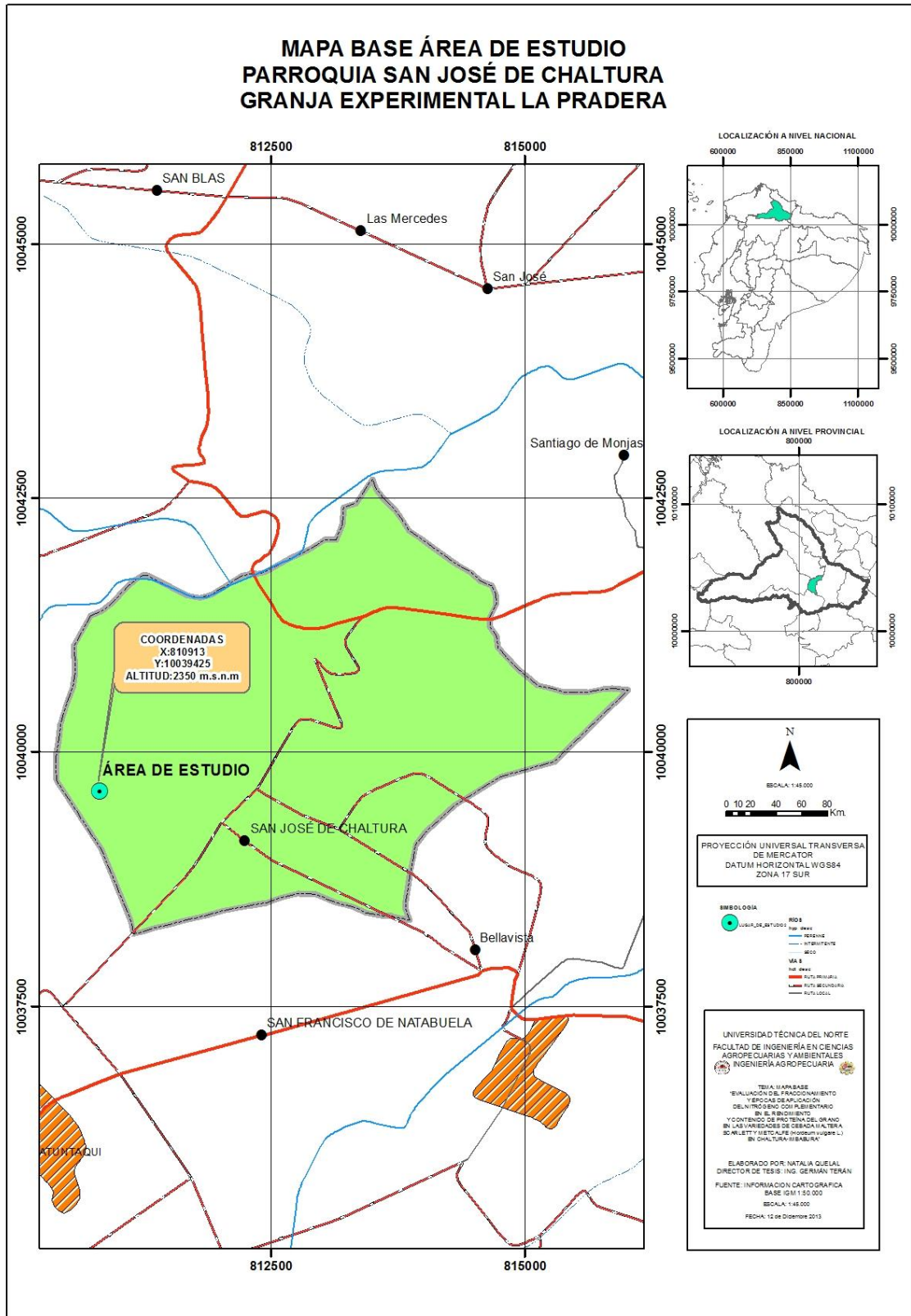
Universidad de la República de Uruguay. (2010). *Cultivo de invierno cebada*. Montevideo: Universidad de la República de Uruguay, Facultad de Agronomía.

Valverde, F. (1991). *Efecto del nitrógeno y potasio en el desarrollo y rendimiento de amaranto tipo mercado*. Montesillo: Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Villacres, E. (1996). *Evaluación de la calidad maltera de la cebada en Ecuador*. In: *Primera Reunión Latinoamericana de Cebada Cervecera*. La Paz: FAO.

ANEXOS

ANEXO 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio

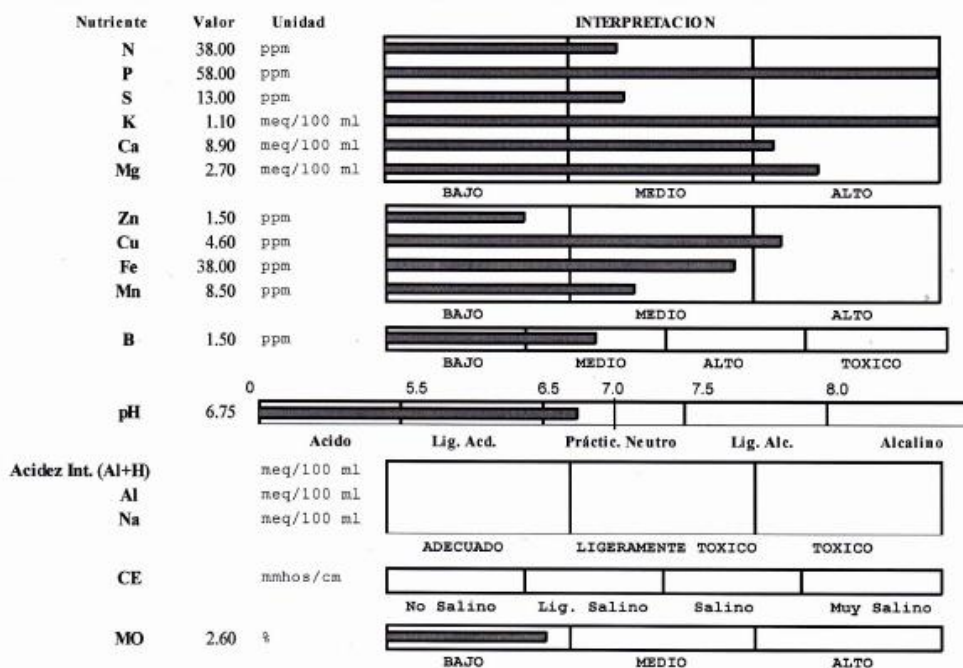


ANEXO 2. Análisis de Suelo

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : LUIS PONCE Dirección : ANTONIO ANTE Ciudad : Teléfono : Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : GRANJA LA PRADERA Provincia : IMBABURA Cantón : ANTONIO ANTE Parroquia : Ubicación :
<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> Cultivo Actual : Cultivo Anterior : Fertilización Ant. : Superficie : Identificación :	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> N° Reporte : 2.477 N° Muestra Lab. : 46137 Fecha de Muestreo : 01/02/2012 Fecha de Ingreso : 23/03/2012 Fecha de Salida : 23/07/2013



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
3,3	2,5	10,5	12,7			47	38	15	Franco



RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA

ANEXO 3. Costo de Producción

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL/ha (USD)
1.1 Servicios de Laboratorio				
Análisis de Suelo	Unidad	1	40,00	40,00
1.2 Preparación del suelo				
Tractor: (Arada)	Hora	3	20,00	60,00
Tractor: (Rastra)	Hora	2	20,00	40,00
1.3 Semilla				
Semilla	Kg	150	0,4	60,00
2. Mano de Obra				
Tapado de semilla (manual)	jornal	4	12,00	48,00
Fertilización (siembra)	jornal	2	12,00	24,00
Fertilización (Al macollamiento)	jornal	2	12,00	24,00
Fertilización (Prod. Nudos)	jornal	2	12,00	24,00
Control de malezas (fumigación)	jornal	2	12,00	24,00
Control de malezas (manual)	jornal	4	12,00	48,00
3. Insumos				
3.1 Fertilizantes				
Fosfato diamónico (18-46-0)	Kg	50	0,99	44,55
Úrea (46-0-0)	Kg	50	0,80	39,80
Sulpomag (0-0-22-11-22)	Kg	50	0,56	25,20
3.2 Control de malezas				
Ally	G	15	0,60	9,00
3.3 Control Fitosanitario				
Propiconazole (Pamona)	Lt	1	27,37	27,37
Disfol Ph	cc	100	1,50	1,50
4. Cosecha				
Corte manual	jornal	12	12,00	144,00
Trilla	Saco	80	2,00	160,00
5. Postcosecha				
Secado	jornal	2	12,00	24,00
Ensacado	jornal	4	12,00	48,00
6. Otros				
Técnico	visitas	3	20,00	60,00
Subtotal				975,37
Imprevistos (10%)				97,54
Total				1072,91

ANEXO 4.Ubicación de los tratamientos en el ensayo

← N

METCALFE



Bloque 1

Bloque 2

Bloque 3

T1	T8	T2	T5	T8	T4
T2	T7	T6	T3	T1	T6
T3	T6	T4	T8	T5	T2
T4	T5	T7	T1	T3	T7

SCARLETT



Bloque1

Bloque2

Bloque3

T1	T8	T2	T5	T8	T4
T2	T7	T6	T3	T1	T6
T3	T6	T4	T8	T5	T2
T4	T5	T7	T1	T3	T7

ANEXO 5. Fases de desarrollo según la escala decimal de Zadoks (Z)

El desarrollo es un proceso complejo en el que diferentes órganos crecen, se desarrollan y mueren, siguiendo una secuencia que a veces se superpone. Sin embargo, es más sencillo considerar el desarrollo como una serie de fases tal como en la escala Zadoks. Esta escala tiene 10 fases numeradas de 0 a 9 que describen el cultivo:

Tabla de las fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks (Z0.0 a Z9.9)

Etapa principal	DESCRIPCIÓN	<i>Sub-fase</i>
0	Germinación	<i>0.0-0.9</i>
1	Producción de hojas TP	<i>1.0-1.9</i>
2	Producción de macollos	<i>2.0-2.9</i>
3	Producción de nudos TP (encañado)	<i>3.0-3.9</i>
4	Vaina engrosada	<i>4.0-4.9</i>
5	Espigado	<i>5.0-5.9</i>
6	Antesis	<i>6.0-6.9</i>
7	Estado lechoso del grano	<i>7.0-7.9</i>
8	Estado pastoso del grano	<i>8.0-8.9</i>
9	Madurez	<i>9.0-9.9</i>

TP = tallo principal

Según J.C. Zadoks, T.T. Chang y C.F.

En primer lugar es necesario decidir cuáles son las principales fases que se ajustan mejor a la descripción del cultivo; esta descripción es, a menudo, todo lo que se precisa. Sin embargo, también se necesita observar el cultivo en detalle y dar un valor decimal de sub-fase que describe el grado de evolución de la fase principal. Por ejemplo, los estados Z1.1 a Z1.9 ocurren cuando las hojas del tallo principal (TP) de 1 a 9 son visibles. Del mismo modo, Z2.1 a Z2.9 describen la aparición de 1 a 9 macollos en la planta y Z3.1 a Z3.6 la presencia de 1 a 6 nudos en el tallo principal.

ANEXO 6. Detalle de riego

Tabla 42. Fechas de riego

FECHA	DETALLE	DURACIÓN
04/07/2012	Riego por aspersión	Antes de la siembra
11/07/2012	Riego por aspersión	1 hora
16/07/2012	Riego por aspersión	1 hora
19/07/2012	Riego por aspersión	1 hora
23/07/2012	Riego por aspersión	1 hora
31/07/2012	Riego por aspersión	1 hora
03/08/2012	Riego por aspersión	1 hora
09/08/2012	Riego por aspersión	1 hora
20/08/2012	Riego por aspersión	1 hora 30 min
27/08/2012	Riego por aspersión	1 hora
31/08/2012	Riego por aspersión	1 hora
04/09/2012	Riego por aspersión	1 hora
08/09/2012	Riego por aspersión	1 hora
12/09/2012	Riego por aspersión	1 hora

Fuente: Autora

ANEXO 7. Datos de campo

Tabla 43. Datos de campo para la variable días al espigamiento de la variedad Metcalfe

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	71	68	68	207	69,00
2	68	73	68	209	69,67
3	70	70	69	209	69,67
4	70	70	69	209	69,67
5	68	71	68	207	69,00
6	71	70	71	212	70,67
7	68	71	68	207	69,00
8	71	70	68	209	69,67
Sumatoria	557	563	549	1669	69,54
Media	70	70	69		

Tabla 44. Datos de campo para la variable días al espigamiento de la variedad Scarlett

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	70	69	68	207	69,00
2	68	68	69	205	68,33
3	71	68	68	207	69,00
4	71	68	68	207	69,00
5	71	70	68	209	69,67
6	71	68	68	207	69,00
7	68	68	69	205	68,33
8	68	69	68	205	68,33
Sumatoria	558	548	546	1652	68,83
Media	70	69	68		

Tabla 45. Datos de campo de la variable Altura de planta de la variedad Metcalfe

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	56	85	76	217	72,33
2	88	64	73	225	75,00
3	59	83	77	219	73,00
4	77	80	83	240	80,00
5	69	62	70	201	67,00
6	54	86	82	222	74,00
7	78	68	68	214	71,33
8	73	79	81	233	77,67
Sumatoria	554	607	610	1771	73,79
Media	69	76	76		

Tabla 46. Datos de campo de la variable Altura de planta de la variedad Scarlett

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	64	74	67	205	68,33
2	86	69	72	227	75,67
3	64	82	69	215	71,67
4	75	88	84	247	82,33
5	69	74	78	221	73,67
6	59	71	74	204	68,00
7	67	73	63	203	67,67
8	80	84	80	244	81,33
Sumatoria	564	615	587	1766	73,58
Media	71	77	73		

Tabla 47. Datos de campo para la variable tamaño de la espiga de la variedad Metcalfe

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	7,4	9,2	10,8	27,4	9,13
2	10,0	8,8	9,0	27,8	9,27
3	7,2	10,2	9,8	27,2	9,07
4	9,2	10,0	10,4	29,6	9,87
5	9,6	8,8	8,8	27,2	9,07
6	7,8	10,0	9,8	27,6	9,20
7	10,4	8,4	9,0	27,8	9,27
8	7,8	9,8	10,6	28,2	9,40
Sumatoria	69	75	78	223	9,28
Media	9	9	10		

Tabla 48. Datos de campo para la variable tamaño de la espiga de la variedad Scarlett

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	7,4	10,2	9,0	26,6	8,87
2	10,4	9,6	10,2	30,2	10,07
3	7,2	10,8	10,0	28,0	9,33
4	8,6	11,0	11,2	30,8	10,27
5	9,4	10,0	10,4	29,8	9,93
6	7,2	9,6	9,4	26,2	8,73
7	9,2	9,8	9,8	28,8	9,60
8	8,6	9,4	9,2	27,2	9,07
Sumatoria	68	80	79	228	9,48
Media	9	10	10		

Tabla 49. Datos de campo para la variable de número de granos por espiga de la variedad Metcalfe

Trat	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	14	30	31	75	25,00
2	30	25	27	82	27,33
3	22	28	32	82	27,33
4	28	27	31	87	28,67
5	28	26	28	82	27,33
6	20	30	29	79	26,33
7	27	24	26	76	25,67
8	22	27	30	79	26,33
Sumatoria	191	217	233	641	26,75
Media	24	27	29		

Tabla 50. Datos de campo para la variable de número de granos por espiga de la variedad Scarlett

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	24	28	29	80	27,00
2	29	26	27	83	27,33
3	22	29	27	78	26,00
4	23	28	30	82	27,00
5	28	27	29	84	28,00
6	20	25	29	74	24,67
7	26	28	26	79	26,67
8	28	27	30	85	28,33
Sumatoria	199	219	227	645	26,88
Media	25	27	28		

Tabla 51. Datos de campo para la variable de peso de 1000 granos de la variedad Metcalfe

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	34,60	38,90	39,85	113,35	37,78
2	42,65	40,60	41,85	125,10	41,70
3	42,35	39,25	40,55	122,15	40,72
4	39,00	42,55	43,05	124,60	41,53
5	41,70	42,00	43,10	126,80	42,27
6	42,60	42,30	42,10	127,00	42,33
7	39,45	38,60	39,40	117,45	39,15
8	40,00	40,15	40,85	121,00	40,33
Sumatoria	322	324	331	977	40,73
Media	40	41	41		

Tabla 52. Datos de campo para la variable de peso de 1000 granos de la variedad Scarlett

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	44,45	43,40	43,60	131,45	43,95
2	42,70	44,50	45,05	132,25	44,08
3	44,35	43,85	42,80	131,00	43,67
4	44,75	47,95	46,00	138,70	46,23
5	44,35	44,25	43,85	132,45	44,15
6	42,90	46,05	45,75	134,70	44,90
7	43,05	46,00	44,90	133,95	44,65
8	45,15	43,90	45,90	134,95	44,98
Sumatoria	352	360	358	1069	44,58
Media	44	45	45		

Tabla 53. Datos de campo para la variable rendimiento de la variedad Metcalfe

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	1201,30	2003,33	2763,33	5967,97	1989,32222
2	2846,67	1734,37	1620,23	6201,27	2067,08889
3	671,67	1193,33	3946,67	5811,67	1937,22222
4	1926,67	1386,67	3013,33	6326,67	2108,88889
5	1300,00	1093,90	1860,83	4254,73	1418,24444
6	2068,07	2336,67	1826,67	6231,40	2077,13333
7	1463,33	649,23	1718,20	3830,77	1276,92222
8	1519,60	770,00	2510,00	4799,60	1599,86667
Sumatoria	12997	11168	19259	43424	1809,34
Media					

Tabla 54. Datos de campo para la variable rendimiento de la variedad Scarlett

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
1	1183,33	3043,33	3000,00	7226,67	2408,88889
2	4900,00	2753,33	2666,67	10320,00	3440
3	880,00	3956,67	4220,00	9056,67	3018,88889
4	1613,33	4346,67	4093,33	10053,33	3351,11111
5	2400,00	2433,33	4123,33	8956,67	2985,55556
6	1956,67	1926,67	5406,67	9290,00	3096,66667
7	4443,33	3076,67	4218,33	11738,33	3912,77778
8	3950,00	3040,00	3926,67	10916,67	3638,88889
Sumatoria	21327	24577	31655	77558	3231,60
Media					

ANEXO 8. Análisis de proteína del grano Metcalfe



Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 025-2013

Ibarra, 06 de febrero de 2013

Análisis solicitado por: Sra. Natalia Quejal

Número de muestras : Ocho, cebada

Fecha de recepción de las muestras: 28 de enero de 2013

Variedad: METCALFE

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		T1	T2	T3	T4	
Proteína	g / 100 g	10,081	9,062	9,218	9,254	AOAC 920.87

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		T5	T6	T7	T8	
Proteína	g / 100 g	9,324	9,645	11,156	10,234	AOAC 920.87

Nota: Los resultados corresponden exclusivamente para la muestra analizada.

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia internacionales.

Av. 17 de Julio s-21 y José María
Córdova, Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fac. Ext. 7011.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
utn@utn.edu.ec

ANEXO 9. Análisis de proteína del grano Scarlett



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 –129 – DC.

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 026-2013

Ibarra, 06 de febrero de 2013

Análisis solicitado por: Sra. Natalia Quelal

Número de muestras : Ocho, cebada

Fecha de recepción de las muestras: 28 de enero de 2013

Variedad: SCARLET

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		T1	T2	T3	T4	
Proteína	g / 100 g	8,526	9,266	9,510	9,664	AOAC 920.87

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		T5	T6	T7	T8	
Proteína	g / 100 g	8,425	9,349	11,436	9,670	AOAC 920.87

Nota: Los resultados corresponden exclusivamente para la muestra analizada.

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia internacionales.

Av. 17 de Julio s-21 y José María
Córdava. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext: 7011.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec

ANEXO 10. Fotografías

Toma de muestras para el Análisis de suelos



Siembra mecanizada con sembradora experimental



Tapado de semilla



Riego por aspersión



Control de malezas con la aplicación del producto Ally (Metsulfurón-metil)



Control de malezas



Control Fitosanitario para la roya de la hoja y roya amarilla.



Control Fitosanitario mediante bomba de mochila



Pesado de la urea con la balanza digital.



Clasificación de las dosis de nitrógeno.



Primera aplicación de Nitrógeno en el estado fenológico de producción de macollos (Z22)



Segunda aplicación de Nitrógeno en el estado fenológico de producción de nudos (Z30)



Cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la variable de días al espigamiento



Medición de la variable de altura de planta



Medición de la variable de tamaño de la espiga



Medición de la variable de número de granos por espiga



Cosecha manual



Proceso de trillado con la máquina trilladora estacionaria.



Medición de la variable de peso de 1000 granos



Obtención del rendimiento



Vista panorámica del ensayo

