

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA



TESIS

CARACTERIZACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE CENTENO FORRAJERO (*Secale Cereale L*) PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA, HENIFICADO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA, EN EL DISTRITO DE LA ENCAÑADA

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO ZOOTECNISTA

Presentada por la Bachiller:
VIVIAN DE LOS ANGELES SILVA TISNADO

Asesor:
Dr. ROY ROGER FLORIÁN LESCANO

Coasesor:
Ing. M. Cs. WILLIAM LEONCIO CARRASCO CHILÓN

Cajamarca - Perú
2023

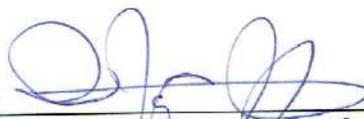
CONSTANCIA ANTIPLAGIO

ROY ROGER FLORIAN LESCANO, DOCENTE PRINCIPAL DE LA FICP – UNC, ha realizado la evaluación anti plagio de la tesis denominada “CARACTERIZACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE CENTENO FORRAJERO (*Secale Cereale L*) PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA, HENIFICADO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA, EN EL DISTRITO DE LA ENCAÑADA” Realizado por la Bachiller VIVIAN DE LOS ANGELES SILVA TISNADO, por lo que:

Hace constar

Que el indicado documento académico. Luego de su análisis mediante programa TURNITIN, presenta con Contenido UNICO en su redacción del **90%** con similitudes en el texto de los capítulos, Introducción, Marco Teórico, Resultados y Conclusiones inferiores a **10%**.

Cajamarca, 29 de febrero del 2024



Dr. ROY ROGER FLORIAN LESCANO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS

Ciudad Universitaria 2J-Anexos 1110



ACTA QUE PRESENTA EL JURADO CALIFICADOR DE LA SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación y Titulación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO ZOOTECNISTA**, se reunieron en el Auditorio de la FICP, siendo las 10 horas con 25 minutos del día 19 de enero del 2024, los siguientes Miembros del Jurado y el (los) Asesores.

- Dr. Luis Asunción Vallejos Fernández Presidente
- M.Sc. Ing. Lincol Alberto Tafur Culqui Secretario
- M.Sc. Raúl Alberto Cáceres Cabanillas Vocal

ASESOR:

- Dr. Roy Roger Florián Lescano

Co Asesor:

- M.Cc. Ing. William Leoncio Carrasco Chilón

Con la finalidad de recepcionar y calificar la Sustentación de la Tesis titulada:

Caracterización de cuatro genotipos de centeno forrajero (Secale cereale) para la producción de biomasa hemicelulosa y composición química en el distrito de Los Incas

La misma que fue realizada por el (la) Bachiller

Vivian De Los Angeles Silva Tishado

A continuación el Jurado procedió a dar por iniciado el acto académico, invitando al (los) Bachiller (es) a sustentar dicha tesis.

Concluida la exposición, los Miembros del Jurado formularon las preguntas pertinentes, luego el Presidente del Jurado invita a la participación del asesor y de los asistentes.

Después de las deliberaciones de estilo el Jurado anunció aprobar por unanimidad con la nota de diecisiete (17).

Siendo las 12 horas con 00 minutos del mismo día el Jurado dio por concluido el acto académico, indicando las correcciones y modificaciones para continuar con los trámites pertinentes.

Dr. Luis Asunción Vallejos Fernández
Presidente

M.Sc. Ing. Lincol Alberto Tafur Culqui
Secretario

M.Sc. Raúl Alberto Cáceres Cabanillas
Vocal

Dr. Roy Roger Florián Lescano
Asesor

M.Cc. Ing. William Leoncio Carrasco Chilón
Co Asesor

**CARACTERIZACIÓN DE CUATRO
GENOTIPOS DE CENTENO FORRAJERO
(*Secale Cereale* L) PARA LA
PRODUCCIÓN DE BIOMASA,
HENIFICADO Y COMPOSICIÓN
QUÍMICA, EN EL DISTRITO DE LA
ENCAÑADA**

DEDICATORIA

A Dios; por brindarme habilidad, fortaleza y perseverancia para realizar esta tesis; por reconfortar mi corazón e iluminar mi mente y por situar en mi camino personas tan extraordinarias y admirables que han sido un gran soporte y compañía durante todo mi periodo de estudio.

A mi madre; por todo lo que hace día a día con el propósito de lograr mi bienestar y que no me falte nada, quien está siempre incondicional conmigo apoyándome en cada paso que dé.

A mi padre, tía y familia; por brindarme su apoyo absoluto, por darme aliento y desear mi superación en cada paso, por compartir mi felicidad en cada meta alcanzada.

Gracias por brindarme su amor, confianza y tiempo. Son lo mejor y lo más preciado que tengo.

Los amo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS; por haberme brindado la vida y salud, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera profesional, por ayudarme a cumplir una más de mis metas y por el coraje para poder salir adelante pese a las adversidades que se presentan en el camino.

A mi madre EMELY TISNADO SÁNCHEZ; quien, con su amor y paciencia me impulsó desde niña a realizar todo lo que me proponga, me inculcó el coraje y la fuerza de voluntad para salir adelante. A mi padre LUIS SILVA MURGA de quien absorbí sus consejos y experiencias para afrontar la vida. Les agradezco infinitamente porque me han impulsado a cumplir una meta más y hacer de mí, una mejor persona.

A mi tía MARIZÚ TISNADO SÁNCHEZ, por su cariño, cuidados, consejos y apoyo incondicional, por estar conmigo en todo momento, siempre dando lo mejor como una segunda madre, ya que de una u otra forma me escolta en el avance de todo lo propuesto.

A mi asesor Dr. Roy Roger Florián Lescano y co-asesor Ing. M. Cs. William Leoncio Carrasco Chilón por su amistad y paciencia, quienes me orientaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación. En especial, por darme la oportunidad de pertenecer a su grupo de investigación.

A mis abuelitos; que desde el cielo me cuidan y me guían. A mis tíos y primos (as) por sus palabras de aliento por ser grandes pilares desde muy pequeña y a pesar de la distancia siempre están pendientes de mí, en los momentos buenos y malos.

En general, a todos los docentes de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista; por ofrecerme una formación profesional de calidad y compartir sus conocimientos académicos en los años transcurridos a largo de la carrera.

Finalmente agradecer a mis mejores amigos (as) que a lo largo de la vida he ido obteniendo y con los que he pasado momentos que fortalecen nuestra amistad.

Gracias totales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	3
CAPÍTULO II.....	5
OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo general:.....	5
2.2. Objetivos específicos:	5
CAPITULO III.....	6
HIPÓTESIS Y VARIABLES	6
3.1. Hipótesis	6
3.1.1. Hipótesis De Investigación:	6
3.1.2. Hipótesis Estadística:	6
3.2. Variables	6
3.2.1. Variable independiente.....	6
3.2.2. Variables dependientes.....	6

CAPÍTULO IV	7
MARCO TEÓRICO.....	7
4.1. Antecedentes.....	7
A. Antecedentes de rendimiento productivo y composición química de centeno (<i>Secale cereale L</i>) en forraje verde.....	7
B. Antecedentes de rendimiento productivo y composición química de centeno (<i>Secale cereale L</i>) en heno.	11
Goié & Thiermann, (1986).....	11
4.2. Bases teóricas.....	12
4.2.1. Pastos y forrajes	12
4.2.2. Centeno.....	12
4.2.3. Composición química	25
4.2.4. Composición química del centeno.....	28
4.2.5. Biomasa	29
4.3. Marco conceptual.....	30
4.3.1. Genotipo	30
4.3.2. Germinación:	30
4.3.3. Henificación.....	31
4.3.4. Heno	31
CAPÍTULO V.....	32
METODOLOGIA	32
5.1. Lugar de ejecución	32
5.1.1. Datos geográficos.....	32

5.1.2. Datos meteorológicos:.....	33
5.2. Equipos y materiales	34
5.2.1. Material biológico:.....	34
5.2.2. Material de campo (equipos y herramientas)	34
5.2.3. Material de escritorio:	34
5.3. Población y muestra:	35
5.3.1. Población	35
5.3.2. Muestra	35
5.4. Métodos de investigación.....	35
5.4.1. Naturaleza.....	35
5.4.2. Tipo	35
5.4.3. Diseño.....	35
5.4.4. Dimensión temporal.....	36
5.5. Análisis e interpretación de datos	36
5.6. Diseño estadístico	36
5.7. Diseño metodológico	37
5.7.1. Evaluación del poder germinativo.....	37
5.7.2. Instalación del Experimento:.....	37
5.7.3. Evaluación de fases fenológicas	39
5.7.4. Determinación de materia seca.....	39
5.7.5. Determinación de composición química.....	40
5.7.6. Análisis del heno.....	41

CAPÍTULO VI	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
6.1. Porcentaje de germinación	42
6.2. Número de macollos y plantas por m ²	43
6.3. Altura.....	45
6.4. Rendimiento.....	47
6.5. Composición química.....	49
CAPÍTULO VIII.....	53
CONCLUSIONES	53
CAPÍTULO IX	54
RECOMENDACIONES	54
CAPÍTULO X.....	55
BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estado fenológico del Centeno (<i>Secale cereale</i> L)	21
Tabla 2. Composición química del centeno en forraje verde	29
Tabla 3. Composición química del centeno en heno.	29
Tabla 4. Coordenadas del lugar de ejecución	33
Tabla 5. Densidad de siembra por genotipo	38
Tabla 6. Porcentaje de germinación de 4 genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	42
Tabla 7. Número de macollos y número de plantas por m ² de los cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	44
Tabla 8. Altura de la planta de 4 genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	46
Tabla 9. Producción de forraje verde y materia seca de 4 genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	47
Tabla 10. Composición química de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L.)	49
Tabla 11. Análisis de Varianza (ANAVA) para germinación de la planta (%) de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	69
Tabla 12. Análisis de Varianza (ANAVA) para número de plantas por m ² de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	69

Tabla 13. Análisis de Varianza (ANAVA) para número de macollos por m ² de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	70
Tabla 14. Análisis de Varianza (ANAVA) para altura de la planta de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	70
Tabla 15. Análisis de Varianza (ANAVA) para rendimiento de materia seca de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	71
Tabla 16. Análisis de Varianza (ANAVA) para rendimiento de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	71
Tabla 17. Análisis de Varianza (ANAVA) para MS de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	72
Tabla 18. Análisis de Varianza (ANAVA) para cenizas de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	72
Tabla 19. Análisis de Varianza (ANAVA) para proteína de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	73
Tabla 20. Análisis de Varianza (ANAVA) para extracto etéreo de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	73
Tabla 21. Análisis de Varianza (ANAVA) para fibra bruta de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	74
Tabla 22. Análisis de Varianza (ANAVA) para ELN de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	74

Tabla 23. Análisis de Varianza (ANAVA) para FDN de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	75
Tabla 24. Análisis de Varianza (ANAVA) para FDA de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	75
Tabla 25. Análisis de Varianza (ANAVA) para MS de heno de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	76
Tabla 26. Análisis de Varianza (ANAVA) para ceniza de heno de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	76
Tabla 27. Análisis de Varianza (ANAVA) para proteína de heno de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	77
Tabla 28. Análisis de Varianza (ANAVA) para extracto etéreo de heno de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	77
Tabla 29. Análisis de Varianza (ANAVA) para fibra bruta de heno de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	78
Tabla 30. Análisis de Varianza (ANAVA) para ELN de heno de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	78
Tabla 31. Análisis de Varianza (ANAVA) para FDN de heno de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	79
Tabla 32. Análisis de Varianza (ANAVA) para FDA de heno de cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	14
Figura 2. Mapa geográfico del distrito de la encañada.....	32
Figura 3. Caserío Progreso la Toma	33
Figura 4. Porcentaje de germinación de los cuatro genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	43
Figura 5. Número de macollos y plantas por m ² de 4 genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	44
Figura 6. Producción de forraje verde y materia seca de 4 genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	48
Figura 7. Porcentaje de materia seca en forraje verde y heno de 4 genotipos de centeno (<i>Secale cereale</i> L).....	51
Figura 8. Conteo de semillas germinadas	80
Figura 9. Instalación de parcelas	80
Figura 10. Evaluación de numero de macollos por m ²	81
Figura 11. Determinación de altura	81
Figura 12. Pesaje de muestras de heno	82
Figura 13. Verificación de muestras de heno	82
Figura 14. Pesaje y trituración de muestras de heno	83
Figura 15. Determinación de FDA	83
Figura 16. Determinación de FDN	84

Figura 17. Determinación de cenizas.....	84
Figura 18. Determinación de proteína.....	85
Figura 19. Determinación de proteína.....	85

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Distrito Encañada, provincia y región Cajamarca, con el objetivo de determinar y evaluar el rendimiento productivo y la composición química de cuatro genotipos de centeno forrajero (Baños del Inca, San Miguel, José Sabogal y Celendín). Se empleó un diseño de bloques completos aleatorizados, con cuatro variedades y cuatro bloques, para un total de 16 unidades experimentales de 30 m² cada una, con una densidad de siembra de 60 kg/ha. De los datos obtenidos se concluye que, no existe diferencias significativas en cuanto al porcentaje de germinación entre el genotipo Baños del Inca, San Miguel y Celendín, los cuales reportan valores de 93.75 %, 96.00% y 94.75 % respectivamente siendo superiores al genotipo José Sabogal. Con respecto al número de macollos, plantas por m² y a la altura no se observan diferencias significativas en los 4 tratamientos. La misma situación se observa en relación al rendimiento de centeno; sin embargo, podemos destacar al genotipo San Miguel por tener un mejor rendimiento de forraje verde y materia seca con 12 273 kg MS/ha y 2170 kg MS/ha respectivamente. En el caso de la composición química del forraje verde se puede apreciar que existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en el contenido de fibra bruta, donde el genotipo Baños del Inca y Celendín son ligeramente superiores con 67 % y 29.68 %; lo mismo ocurre con la FDN y la FDA, ya que ambos nutrientes son superiores para el caso del genotipo Baños del Inca y Celendín. Asimismo; en relación a la composición química del centeno en heno, también se evidencia diferencias significativas ($p > 0.05$) en el porcentaje de cenizas y proteína, destacando el genotipo José Sabogal con $7.75 \% \pm 0.39$ y $13.65 \% \pm 0.26$ respectivamente.

Palabras clave: Rye grass, genotipo, biomasa y composición química.

ABSTRACT

This research was carried out in the Encañada District, province and region of Cajamarca, with the objective of determining and evaluating the productive yield and chemical composition of four forage rye genotypes (Baños del Inca, San Miguel, José Sabogal and Celendín). A randomized complete block design was used, with four varieties and four blocks, for a total of 16 experimental units of 30 m² each, with a planting density of 60 kg/ha. From the data obtained, it is concluded that there are no significant differences in germination percentage between the genotypes Baños del Inca, San Miguel and Celendín, which report values of 93.75%, 96.00% and 94.75% respectively, being superior to the genotype José Sabogal. Respect to the number of tillers, plants per square meter and height, no significant differences were observed in the four treatments. The same situation is observed in relation to rye yield; however, we can highlight the San Miguel genotype for having a better yield of green forage and dry matter with 12,273 kg DM/ha and 2,170 kg DM/ha respectively. In the case of the chemical composition of the green forage, it can be seen that there are significant differences ($p>0.05$) in the crude fiber content, where the Baños del Inca and Celendín genotypes are slightly higher with 67% and 29.68%; the same occurs with the NDF and ADF, since both nutrients are higher for the Baños del Inca and Celendín genotypes. Likewise, in relation to the chemical composition of rye hay, significant differences ($p>0.05$) are also evident in the percentage of ash and protein, highlighting the genotype José Sabogal with 7.75 % \pm 0.39 and 13.65 % \pm 0.26 respectively.

Key words: Rye grass, genotype, biomass and chemical composition.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población humana, ha ocasionado que los sistemas ganaderos sean más eficientes, lo que genera mayores exigencias en la nutrición animal; por lo que se debe garantizar el abastecimiento alimenticio para los animales, una forma de enfrentar este reto es diversificando los cultivos y buscando entre ellos a los más rústicos, los cereales forman parte de esta gama de cultivos con gran tolerancia; por esta razón, se cree conveniente el estudio del centeno (*Secale cereale L*) como una posible alternativa desde el punto de vista nutricional y económico para suplir las carencias ya mencionadas. Sin embargo, su cultivo se mantiene limitado en algunas zonas de la sierra, básicamente por la falta de información fehaciente que detalle su potencial productivo y valor nutricional ya sea como forraje verde o en heno. De lo cual deriva la importancia del presente estudio ya que tienen como objetivo caracterizar el rendimiento productivo y la composición química.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La ganadería es un pilar fundamental para el desarrollo global, ya que está presente en las comunidades rurales de todo el mundo (Randolph et al., 2007). Se estima que dos tercios de los hogares rurales de escasos recursos tienen algún tipo de ganado (Heffernan, 2004); en nuestra región, el 67% de la población reside en el área rural, de los cuales 339 979 hogares dedicados a la actividad agropecuaria. Es decir, el 22.4% de hogares cajamarquinos viven de las actividades agropecuarias (CENAGRO, 2012).

Sin embargo, existen factores que limitan su progreso, siendo uno de los grandes problemas de la ganadería de la sierra norte de nuestro país, la crianza bajo sistemas extensivos cuya fuente principal de alimentación son los forrajes. Estos forrajes por las condiciones de sierra van disminuyendo su producción y calidad nutritiva debido a que se presentan dos épocas del año bien definidas, una época húmeda con presencia de lluvias en la cual se dispone de alimentación para el ganado, mientras que otra época seca en la cual no se dispone de alimento de calidad ni cantidad (Mellado Z., et al., 2008).

El distrito de la Encañada no es ajeno a esta realidad, con 13 272 productores agropecuarios (CENAGRO, 2012), de los cuales la mayor parte está integrada por pequeños productores ganaderos con limitada disponibilidad de alimentos en las épocas de estiaje (Cavallotti, 2019).

Factores que limitan una buena producción; por lo tanto, se hace necesario buscar alternativas viables y sostenibles tanto en el tiempo como en el espacio con la presencia de especies forrajeras que puedan aliviar la alimentación del ganado durante las épocas críticas.

El centeno forrajero tiene un alto potencial de producción de forraje y esto se debe a que posee una muy buena producción inicial, un excelente rebrote y una alta tasa de producción durante todo el ciclo, especialmente durante el invierno. Además, es de ciclo intermedio a largo y tiene un buen comportamiento para evitar el encañado cuando se siembra en fechas tempranas, similar a los cultivares de ciclo muy largo. Se caracteriza por su alta productividad, superior al resto de los cultivares, porque combina una alta tasa de producción de biomasa con un excelente rebrote y tolerancia a factores adversos. Se adapta a las diferentes regiones del país y a los diferentes sistemas de producción (Mellado et al., 2007).

Estas características lo convierten en uno de los cereales forrajeros más rústicos, con un sobresaliente comportamiento frente al frío y a la sequía y, al mismo tiempo, tiene una muy buena respuesta a condiciones ambientales favorables y a la fertilidad (INTA, 2021).

El centeno posee características útiles para la producción de forraje y presenta generalmente adecuada calidad nutritiva por eso es necesario caracterizar la producción y composición de cada genotipo en su presentación de forraje verde y heno.

1.2. Formulación del problema

Tomando lo antes mencionado, nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Cuál es el rendimiento productivo y composición química, de cuatro genotipos de Centeno forrajero (*Secale cereale L*) en forraje verde y heno, en el distrito Encañada?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

La ganadería bovina es una de las actividades más importantes desde hace muchos años, siendo una de las principales fuentes económicas para el productor; en la sierra su alimentación se basa principalmente en el uso de recursos forrajeros de bajo costo. En donde los cereales, en general, son favorables para la producción de forraje y semilla; si son orientados para la producción ganadera estos se presentan como una alternativa de una alta producción en forraje, precocidad, y buen valor nutritivo (Nieto et al., 2012).

Con esta investigación se busca demostrar y proporcionar al productor agropecuario información respecto al rendimiento y composición química del centeno al momento del corte y después de su conservación mediante un proceso de henificación; además de determinar que genotipo de centeno se adapta mejor a dichas condiciones; siendo esto una alternativa de alimentación que posiblemente permita a los productores mejorar sus métodos de manejo de ganado, incrementar su producción y asegurar alimento de calidad para los tiempos de escases de una forma segura, práctica y rentable.

En este contexto, se pretende generar conocimiento sobre las características productivas y nutricionales de diferentes tipos de centeno. Por otro lado, la presente investigación tiene como finalidad generar información de gran valor como insumo para las intervenciones futuras; así como para instituciones públicas y privadas interesadas en el manejo de centeno forrajero, además generar conocimiento e información para los profesionales, investigadores y productores; finalmente nos brinde información útil para quienes impulsen el desarrollo ganadero en la región de Cajamarca y el País.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Caracterizar el rendimiento productivo y composición química de cuatro genotipos de centeno forrajero en el distrito de la Encañada.

2.2. Objetivos específicos:

- Determinar el rendimiento productivo de cuatro genotipos de centeno forrajero (*Secale cereale L*) en forraje verde y heno en el distrito la Encañada.
- Determinar la composición química de cuatro genotipos de centeno forrajero (*Secale cereale L*) en forraje verde y heno en el distrito la Encañada.

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis De Investigación:

Los cuatro genotipos de centeno forrajero (*Secale cereale L*) presentan diferentes rendimiento productivo y composición química, en su estado de forraje verde y heno, en el distrito de la Encañada.

3.1.2. Hipótesis Estadística:

Hipótesis nula (H₀):

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

Hipótesis alternativa (H_A):

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente

Genotipos de centeno forrajero (*Secale cereale L*).

3.2.2. Variables dependientes

- Rendimiento productivo
- Composición química

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

A. Antecedentes de rendimiento productivo y composición química de centeno (*Secale cereale L*) en forraje verde.

Funaro y Ginart, (2001) en su estudio: “Valor nutritivo del grano y del forraje de líneas F4 y F5 de tricepiro (*Triticum x Secale x Trigopyrum*)”, donde evaluó la materia seca y el contenido proteico del forraje en tres fechas de corte y a la composición química del grano (proteína, calcio, magnesio, fósforo y cenizas), señalan que no se encontró diferencia significativa en la producción total de la materia seca tanto entre como dentro de especies, si bien los centenos presentaron una producción mayor en el primer corte, los triticales en las dos primeras fechas y el trigopiro al final del ciclo. Por su parte, los tricepiros ofrecieron una producción de materia seca más equilibrada. El contenido proteico presentó diferencia entre las distintas especies y genotipos en las tres fechas de corte, disminuyendo el porcentaje hacia final del ciclo, no haciéndose limitante para el uso ganadero.

Amigone et al., (2010) en su trabajo “Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticales y rye grass anual en el sudeste de Córdoba”, con el objetivo de actualizar el panorama varietal y el comportamiento productivo de las especies más utilizadas como verdeos invernales durante los años 2008 y 2009, realizaron dos ensayos

de avena, cebada, centeno, triticale y rye grass sobre un suelo un árido típico, serie Marcos Juárez, con buen nivel de fertilidad. Las condiciones climáticas durante el período productivo de los ensayos fueron muy distintas en los dos años. La producción de forraje se evaluó mediante tres cortes para los cereales y cuatro en rye grass. Cuyos resultados registran una producción acumulada promedio de 3926 y 4824 kg MS/ha de centeno durante los ciclos 2008 y 2009 respectivamente.

Maekawa et al., (2015.) en su investigación “Silaje de cereales de invierno: acumulación de biomasa y composición química”, tuvieron como objetivo evaluar el potencial productivo de Avena var. Cristal, Cebada forrajera var. 9011 Bs. As, Cebada cervecera var. Scarlett, Centeno var. Don Lisandro, Triticale var. Yagán y Trigo var. Baguette 11 en dos estadios fenológicos diferentes, para su utilización como silajes. El ensayo se realizó sobre un suelo Haplustol Típico (P= 8.6 ppm, MO= 1,9%, N-NO₃= 8,35, pH= 6,4). Como resultados tuvieron que desde los días de siembra hasta el momento de espiga embuchada del centeno demoró 111 días y de 157 días hasta la fase fenológica de grano pastoso; en cuanto a los niveles de materia seca el centeno acumuló 2309 kg MS ha⁻¹ en el estado de espiga embuchada y 6168 kg MS ha⁻¹ en grano pastoso; así mismo respecto a los valores nutricionales el centeno en el estado de espiga embuchada presento los siguientes valores: MS: 20.53 %, PB; 13,9 %, FDN: 60,12 %, FDA: 38,26 %, LDA: 5,26 %; EE: 5,67%, Cenizas: 19,47 %; en cuanto al estado de grano pastoso presentó los siguientes valores: MS: 48,75 %, PB; 5,82 %, FDN: 52,6 %, FDA: 26,17 %, LDA: 4,15 %; EE: 3,69 %, Cenizas: 6,65 %.

Dos Santos et al., (2018) en su estudio: “Efecto del contenido de carbono en sustancias húmicas en suelo en un cultivo de cebolla”, Evaluaron el contenido total de Carbono y Sustancias Húmicas de materia orgánica en agregados de suelo cultivado con cebolla bajo sistema de siembra directa de hortalizas (SSDH) y sistema de preparación convencional (SPC), comparando con un área de bosque. Los tratamientos consistieron en cultivos de cobertura solos y asociados con cebolla bajo SSDH: vegetación espontánea, 100% avena negra; 100% centeno; 100% nabo forrajero; consorcio de nabo (14%) + centeno (86%); consorcio de nabo (14%) + avena negra (86%). En SSDH en comparación con SPC favorece el proceso de humificación (mayor contenido de C-HUM y menores índices de C-FAH + C-FAF/C-HUM (en las profundidades de 0.0-0.05 y 0,05-0,10 m) y la protección de la materia orgánica (mayor contenido de COT a 0,0-0,05 m de profundidad)). Entre las especies de plantas de cobertura, el centeno solo y centeno asociado con nabo tuvieron los mejores resultados en cuanto a la humificación de materia orgánica con predominio de C-HUM y C-FAH. También se observó que la producción de materia seca de centeno en invierno y verano fue de 5635 y 2286 kg MS ha⁻¹ respectivamente.

Cazón et al., (2018) en su investigación: “Evaluación de la composición química de cebada y centeno antes y después de ensilado”, determinaron la composición química del centeno en su estado de grano lechoso antes y después de ser ensilado; así mismo respecto a la composición química del centeno en el estado de forraje verde presentó los siguientes valores: MS: 42,11 %, PB: 4,94 %, FDN: 60,82 %, FDA: 36,17 %, DMS: 60,72%; en cuanto al estado de ensilaje presentó los

siguientes valores: MS: 38,88 %, PB; 5,71 %, FDN: 66,36 %, FDA: 40,03 %, DMS: 55,34 %;

Tejido et al., (2009) en su trabajo: “Estudio comparativo de la producción y el valor nutritivo de dos cereales forrajeros (avena y centeno) cultivados en condiciones convencionales y ecológicas”, cuyo objetivo fue comparar la producción de materia seca (MS) y el valor nutritivo de avena y centeno forrajeros cultivados en condiciones convencionales y ecológicas durante un año en la zona de Fariza de Sayago (Zamora). Se dispuso de 6 parcelas de cada cereal, de las cuales tres se cultivaron en condiciones convencionales y tres según la normativa vigente para cultivos ecológicos. En mayo y julio de 2009 se tomaron muestras del material vegetal y se analizó su composición química y valor nutritivo. Los resultados respecto a la primera evaluación (mayo) de producción de materia seca (MS; t MS/ha) y composición química (g/100 g MS) del centeno cultivados en sistemas de producción convencional fueron los siguientes: MS: 4,97; PB: 6,34; FDN: 58,9; FDA: 29,4; DMS: 56,3; en cuanto a la producción a la segunda evaluación (julio) presento los siguientes valores: MS: 5,43; PB: 7,06; FDN: 62,3; FDA: 32,1; DMS: 54,4.

B. Antecedentes de rendimiento productivo y composición química de centeno (*Secale cereale L*) en heno.

Goié & Thiermann, (1986)

Durante la temporada 1983/84, bajo condiciones climáticas de estepa (Cerro la Virgen, latitud 45° 50' S), se realizaron un experimento con avena, cebada y centeno, cosechados como heno, en dos estados de madurez (espiga y leche). Los tratamientos fueron: I. Avena en espigadura, II. Avena grano lechoso, III. Cebada en espigadura, IV. Cebada grano lechoso, V. Centeno en espigadura y VI. Centeno grano lechoso. Los valores de proteínas fueron: 7,5; 5,0; 5,5; 8,7; 62; y 4,4 0/0, respectivamente. Estos son los primeros datos experimentales obtenidos en condiciones locales de invierno muy duro, en la XI Región de Chile.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Pastos y forrajes

Gramíneas

Generalmente las gramíneas son ricas en energía, pero pobres en proteína, son consumidoras de nitrógeno por tal motivo se recomienda asociarlas con leguminosas (Fallis, 2013).

4.2.2. Centeno

Taxonomía:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Subclase: Commelinidae
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Subfamilia: Pooideae
- Tribu: Triticeae
- Género: *Secale*
- Especie: *Secale cereale*
- Nombre común: Centeno.
- Nombre científico: *Secale cereale* L.
- Ciclo vegetativo: Anual.

Descripción:

El origen del centeno no está bien definido; sin embargo, hay indicios que hacen pensar que proviene de Asia Menor. Este cereal aparece como mala hierba que crece junto a variedades de cereales domésticos, a los que fue invadiendo progresivamente sobre todo en zonas con climas fríos (Escobar, 2011).

El centeno es una planta monocotiledónea anual de la familia Poaceae (Gramineae) (Mellado et al., 2007). Se le reconoce fácilmente por su color verde plumizo y gran desarrollo vegetativo, con normalidad alcanza 150-180 cm de altura. Posee un sistema radicular vigoroso y profundo. Las hojas son glabra con aurículas poco desarrolladas, la inflorescencia es estrecha de color verde grisáceo amoratada (León et al., 2018). Los tallos tienen muchas vellosidades lo que hace que la textura sea áspera, con pocos nudos y hojas, algo similar pasa con los ahijamientos (Osca, 2007).

El centeno supera a todos los demás cultivos de cobertura en suelos infértiles, arenosos o ácidos o en tierras mal preparadas. Es el más resistente de los cereales, proporciona una cantidad considerable de materia seca (NIFA, 2012); es capaz de producir altos niveles de biomasa (Cornelius & Bradley, 2017), lo que le confiere la capacidad de resistir al invierno (Mirsky et al., 2011). Posee un sistema radicular, capaz de reducir significativamente la lixiviación de nitratos e inhibir el crecimiento de malezas (NIFA, 2012).

Las producciones forrajeras anuales oscilan entre 5-8 t ms/ha. En terrenos ricos su producción es menor que la de otros cereales forrajeros. Los aprovechamientos se realizan mediante siega (en verde o conservado como heno o ensilado) o por pastoreo a bandas (Calvo, 2019a).



Marisol Sarmiento

Figura 1. Centeno (*Secale cereale* L)

Requerimientos edafológicos

Su rusticidad, le confiere la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de suelo, en especial a los suelos ácidos, arenosos y poco profundos (Mellado et al., 2007); el aluminio soluble es restrictivo para el crecimiento de las plantas; sin embargo, el centeno resiste a esta limitante (Grauer & Horst, 1990). Esta gramínea prefiere terrenos mullidos y sueltos (Escobar, 2011).

Requerimientos ambientales

La adaptación de las plantas a distintos medioambientes es una característica valiosa, especialmente tratándose de plantas cultivadas, a las que generalmente se les exige que produzcan bien en diferentes zonas agroecológicas” (Mellado et al., 2007). El centeno se caracteriza principalmente por su rusticidad, lo que le da la capacidad de adaptarse fácilmente a diversas condiciones climáticas y edáficas, resiste bien el frío y el calor y es poco exigente en cuanto a precipitaciones, se cultiva bien sobre todo tipo de suelos, incluidos los arenosos y oligotrofos¹ (Canals et al., 2019). Comparado a otros cereales, el centeno tiene la mejor capacidad de hibernación y la mayor tolerancia a la sequía y al estrés por sal entre todos los cereales de grano (Geiger & Miedaner, 2009).

Adaptación:

El centeno cereal es una planta cultivada y en la mayoría de las regiones no persiste mucho tiempo en la naturaleza. Hay muchas variedades de centeno cereal en el mercado, cada uno de los cuales se adapta mejor a un área geográfica particular, clima y suelo (Casey, 2007).

¹ Organismo que puede vivir en un ambiente que ofrece niveles muy bajos de nutrientes

Siembra

Para esta labor se utiliza semillas con una pureza no menor del 97 % y con un poder germinativo no menor del 90 %.

El centeno se siembra en otoño, de septiembre a octubre, ya que es un cereal de invierno y de ciclo largo. Se recomienda sembrar el centeno temprano para que el cultivo se establezca antes de los primeros fríos y lluvias. La densidad de siembra recomendada de centeno es de 150 a 180 granos por metro cuadrado. La profundidad de siembra óptima es de 2 a 4 cm, el espacio entre hileras recomendado es de 15 cm. El cultivo de centeno no exige muchos nutrientes; no obstante, se recomienda añadir nitrógeno al inicio de la cosecha. Los niveles de nitrógeno varían ampliamente, de 40 a 100 kg por media ha. Al agregar más fertilizante nitrogenado aumentará la producción de granos y paja. (Calvo, 2019b).

Control de malezas

El centeno compite bien con las malezas, dado que ejerce un cierto efecto inhibitorio de tipo alelopático, producido por ácidos hidroxámicos, sobre las malezas que crecen a su alrededor. Esta propiedad se aprovecha para usar este cultivo como protector de suelo y controlador de malezas (Mellado et al., 2008).

Ciclo vegetativo

En el ciclo vegetativo del centeno se distinguen tres periodos:

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

- Período de reproducción, desde el encañado hasta la terminación del espigado.
- Período de maduración, que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección (Paz, 2019).

Fases fenológicas

La fenología es la “ciencia de los fenómenos periódicos de los seres vivos relacionados con la marcha anual de los elementos meteorológicos”(Guzmán, 1998).

Lancashire et al., (1991) proponen la siguiente identificación fenológica de estadios de crecimiento de especies monocotiledóneas.

Germinación

- Semilla seca
- Comienza la imbibición de la semilla
- Imbibición completa de la semilla
- Radícula (raíz embrional) emergida de la semilla
- Radícula alargada, formando pelos radiculares y raíces secundarias
- Coleóptilo, emergido de la semilla
- Emergencia: el coleóptilo traspasa la superficie del suelo

Desarrollo de las hojas (tallo principal)

- 1° hoja, atraviesa el coleoptilo
- 1° hoja, desplegada
- 2 hojas, desplegadas
- 3 hojas, desplegadas

- Los estadios continúan hasta 9 o más hojas, desplegadas

Formación de brotes laterales (macollaje)

- No hijuelo visible
- Comienzo del macollamiento
- 1 hijuelo visible
- 2 hijuelos o macollas visibles
- 3 hijuelos o macollas visibles
- Los estadios continúan hasta
- Fin del macollamiento; máximo de hijuelos o macollas

Encañado

- Comienzo del encañado: pseudotallo e hijuelos, erectos; el primer entrenudo comienza a alargarse; el extremo de la inflorescencia, 1 cm por encima del nudo del ahijamiento.
- 1° nudo, por lo menos a 1 cm por encima del nudo del macollaje.
- 2° nudo: perceptible, a 2 cm del 1er nudo
- 3° nudo: perceptible, a 2 cm del 2° nudo
- Los estadios continúan hasta
- Aparece la última hoja (hoja bandera), aún enrollada
- Estadio hoja bandera: hoja bandera completamente desenrollada, lígula recién visible

Hinchamiento de las panículas o espigas (Embuchamiento)

- Estadio hinchado temprano: se alarga la vaina de la hoja bandera
- Estadio hinchado medio: se empieza a ver la vaina de la hoja bandera, hinchada.

- Estadío hinchado tardío: la vaina de la hoja bandera está hinchada
- Se empieza a abrir la vaina de la hoja bandera
- Primeras aristas (barbas), visibles (sólo en variedades aristadas)

Salida de las espigas o panículas (Espigado)

- Comienzo del espigado: la punta de la espiga o de la panícula emergen de la vaina; 1 espiguilla recién visible.
- 20 % de la espiga emergida
- 30 % de la espiga emergida
- 40 % de la espiga emergida
- Mitad del espigado: emergida la mitad de la espiga o panícula.
- 60 % de la espiga emergida
- 70 % de la espiga o panícula emergida
- 80 % de la espiga emergida
- Fin del espigado: la espiga o panícula completamente fuera

Floración (tallo principal)

- Comienzo de la floración: primeras anteras visibles
- Plena floración: 50 % de las anteras maduras
- Fin de la floración: todas las espiguillas han terminado la floración, pero todavía pueden permanecer algunas anteras deshidratadas.

Formación de fruto

- Estadío de madurez acuosa: los primeros granos han alcanzado la mitad de su tamaño final
- Grano lechoso temprano

- Grano lechoso medio: contenido del grano lechoso, granos, de tamaño final, verdes todavía.
- Grano lechoso tardío

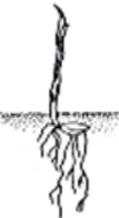
Maduración de frutos y semillas

- Pastoso temprano
- Pastoso blando: contenido del grano, blando, pero seco; no se mantiene la huella de la uña del dedo
- Pastoso duro: contenido del grano, sólido; se mantiene la huella de la uña del dedo.
- Madurez completa: grano duro, difícil de dividir con la uña del pulgar.

Senescencia

- Sobre madurez: granos, muy duros, desprendiéndose durante el día
- Planta muerta, tallos se quiebran
- Producto cosechado

Tabla 1. Estado fenológico del Centeno (*Secale cereale* L)

Emergencia	Tercera hoja	Macollaje	Encañado	Espiga	Floración	Maduración lechosa	Maduración pastosa	Maduración cornea
Aparición de las plantas con 1 o 2 hojas sobre la superficie del suelo.	Momento en que se observa la tercera hoja en la planta.	Aparece el primer macollo en la planta ubicado en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta.	Momento en que aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta. Se localiza a una distancia de 2 a 3 cm sobre el suelo.	La mitad de las espigas comienzan a salir de la vaina foliar de la hoja superior.	Momento en que se abren las primeras flores.	Los granos al ser presionados, presentan un líquido lechoso.	Los granos al ser presionados, presentan una consistencia pastosa	Los granos están duros, no pueden ser cortados con las uñas de los dedos, todas las partes de la planta están secas
								

Parámetros de calidad morfológica

«La calidad morfológica de una planta hace referencia a un conjunto de caracteres tanto de naturaleza cualitativa como cuantitativa sobre la forma y estructura de la planta o alguna de sus partes» (Villar-Salvador & Salvador, 2003).

Porcentaje de germinación

El preámbulo de la etapa de germinación se da cuando los granos que residen en el sustrato (suelo) inician con la inhibición de la semilla (Mellado et al., 2007)., posteriormente continua con el proceso de absorción de agua, el cual debe ser equivalente al 56% de su peso, con una temperatura optima de 12.8 a 18.3 °C (Leonard & Martin, 1963). El grano germinado muestra tres raíces seminales y un coleóptilon². Las hojas nuevas tienden a presentar un coloración purpúrea lo que constituye una característica diferencial al momento de la emergencia (Mellado et al., 2007).

Altura de parte aérea

La altura de una planta tiene un papel determinante en el rendimiento del cultivo. Las plantas altas son más vulnerables al viento y la lluvia, tienen más probabilidad de caer y así disminuir el rendimiento de la cosecha. Generalmente existe una buena correlación entre la altura y la masa de la parte aérea. En

² Estructura que protege a la primera hoja.

contraste, las plantas que son cultivadas a la sombra o a densidades elevadas, presentan una altura elevada y un bajo número de hojas. En ambos casos, las partes aéreas se elongan mucho, pero se ramifican poco, los tallos son delgados y, en términos relativos, suelen poseer menos follaje. Por otro lado, la altura de las plantas está determinado por su genética (Villar-Salvador & Salvador, 2003).

Plantas / m²

El número de plantas por metro cuadrado proporciona información necesaria para la adaptación y en general para la aplicación de los modelos que permiten el cálculo de parámetros productivos. Define la capacidad de la cubierta vegetal para capturar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), la cual es la fuente primaria de energía utilizada por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios (Warnock et al., 2006).

Número de hojas

Las hojas son consideradas como órganos especializados en captar energía solar, producir sustancias orgánicas por medio de la fotosíntesis y liberar vapor de agua mediante la transpiración, además de estar diseñadas para ofrecer poca resistencia al viento (Megías et al., 2015). Por lo que se las considera un factor determinante en el desarrollo y supervivencia de las plantas (Warnock et al., 2006).

Macollamiento y número de macollos

El macollamiento comienza alrededor de los 40 días después de la siembra y puede durar hasta 120 días. Es un proceso fisiológico de ramificación subterránea continua de juntas de nudos compactos del brote primario. El macollamiento le da al cultivo la cantidad necesaria de tallos necesarios para una buena producción. Varios factores, como la variedad, la luz, la temperatura, la humedad del suelo (riego), el espaciamiento y las prácticas de fertilización influyen en el macollamiento. La luz es el factor más importante. Una iluminación adecuada en la base de la planta durante este período da como resultado brotes vegetativos basales activos (F. Santos & Diola, 2015).

Hoja bandera

La hoja bandera es la última hoja que emerge del tallo, normalmente es más pequeña que las otras y se encuentra por debajo de la espiga o panícula en las gramíneas. La morfología de la hoja bandera tiene influencia directa en el rendimiento de las gramíneas, calidad del grano, madurez y otros parámetros. La forma, tamaño, contenido de clorofila y capacidad fotosintética han sido los parámetros importantes que determinan el rendimiento en cereales (INTAGRI, 2017).

Grano lechoso

Etapa que se caracteriza por el crecimiento del grano alcanzando su tamaño y forma final y en la porción interna se observa la

acumulación de una sustancia acuosa blanquecina (Sluková et al., 2021).

4.2.3. Composición química

La clasificación de los nutrientes de las plantas está dada por dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos. Los primeros representan casi la totalidad, con un valor de 90 a 95% de su peso seco y están constituidos por carbono, oxígeno e hidrógeno, obtenidos a partir del CO₂ de la atmósfera y el agua del suelo. El 5-10% restante está constituida por la fracción mineral, la cual incluye diversos compuestos que determinen el desarrollo vegetal. Las plantas solo necesitan el suministro de nutrientes inorgánicos porque, pueden sintetizar todas sus moléculas orgánicas a partir de ellos. (Torres et al., 2022).

La composición química de las plantas determina la concentración actual de nutrientes en, donde dichos valores son el resultado de la interacción de múltiples factores que han afectado positiva o negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas (Espinosa, 2015). La composición química del centeno esta principalmente determinada por factores genéticos, calidad del suelo, condiciones climáticas y de cultivo (Sluková et al., 2021).

Las plantas que poseen un mayor número de hojas, presentan mayor contenido de proteínas y mejor calidad nutricional. Las hojas, tienen como función la síntesis y asimilación de carbohidratos, ya que presentan un alto volumen de tejido parenquimatoso; lo que genera una mejor acumulación de

proteínas y carbohidratos no estructurales. Los tallos, presentan gran cantidad de tejido vascular y de sostén, por lo que su valor nutricional promedio es inferior al de las hojas y depende mucho del contenido y tipo de carbohidratos estructurales que presenten (Araya & Boschini, 2005).

% Materia Seca (MS)

La materia seca representa el componente cuantitativo más significativo de los tejidos, simboliza el medio de transporte de nutrientes; además ayuda en el proceso de absorción de nutrientes. Su valor está directamente relacionado con el grado de madurez en la planta. En otras palabras, es el residuo que queda una vez extraída toda el agua del alimento constituye la Materia Seca (González et al., 2018).

Proteína.

Macromoléculas nitrogenadas complejas de origen animal y vegetal que representan la fuente prácticamente exclusiva de N proveniente de la dieta. La determinación de proteína se basa en el método Kjeldhal, el cual mide el contenido de nitrógeno de un alimento. Suponga que todo el N está en forma de proteína, sin considerar que existe una proporción de N asociado a otros compuestos como las amidas, urea, lignina y otros. Para calcular la proteína total se multiplica el contenido de N obtenido por el factor 6,25; el que se obtiene asumiendo que todas las proteínas tienen un 16% de N ($100/16=6,25$) Alimento (Reyes & Mendieta, 2000).

Extracto Etéreo.

Agrupar sustancias que son solubles en éter. Todas las grasas y similares (clorofila, ceras, resinas, etc.) son solubles en este compuesto orgánico. Las grasas son altamente energéticas, dan mayor sabor a la ración, aportan ácidos grasos esenciales y favorecen la absorción de nutrientes (Reyes & Mendieta, 2000).

Extracto libre de nitrógeno (ELN)

Corresponde a los carbohidratos (monosacáridos, disacáridos, polisacáridos, pectinas, parte de la hemicelulosa, etc.) y se determina por la diferencia entre la materia orgánica y los demás elementos determinados analíticamente. $ELN = 100 - (PC + FC + EE)$ (Reyes & Mendieta, 2000)..

Cenizas

Residuo inorgánico producido al quemar completamente la muestra de alimento a una temperatura superior a 600°C durante 3 horas. Las cenizas no tienen un valor nutritivo y pueden contener otros elementos como tierra o arena (Reyes & Mendieta, 2000).

Fibra Cruda (FC)

Fibra Cruda corresponde a la porción de carbohidratos del alimento que son resistentes al tratamiento con ácido y alcalino. Representa aquella parte de los CHO que es insoluble en estos medios y está constituida por hemicelulosa, celulosa y lignina. (Segura et al., 2007).

Fibra detergente neutro (FDN)

Representa los componentes de la pared celular de las plantas: hemicelulosa, celulosa, lignina, etc. No siempre un alto valor de FDN implica un alimento de tipo “fibroso”, todo depende de su composición química (grado de lignificación) y del tamaño de las partículas. Si son muy pequeñas se dispondrá de menos “fibra efectiva” (Gallardo, 2007).

Fibra detergente ácido (FDA)

Es una parte de la pared celular compuesta por celulosa ligada a lignina, además de compuestos Maillard; sílice; cutina, etc. Esta fracción es un indicador del grado de digestibilidad del forraje: cuanto más alta, menos digestible (Gallardo, 2007).

4.2.4. Composición química del centeno

El centeno es un cereal blanco ya que no contiene xantofilas. Posee un bajo contenido en grasa (< 1,5%), altamente insaturada (55% C18:2, 7% C18:3). Su perfil de minerales y vitaminas es similar al del resto cereales, destacando su baja concentración en niacina (15 mg/kg). El contenido en proteína del centeno (9%). La proporción de proteínas solubles (albúminas y globulinas) es particularmente elevada (34%), lo que implica una mayor concentración de aminoácidos esenciales, especialmente lisina. Sin embargo, la digestibilidad es menor por la presencia de fibra, y las diferencias a nivel de aporte de aminoácidos digestibles son menos importantes (FEDNA, 2020).

Tabla 2. Composición química del centeno en forraje verde

Componente	Valor
Humedad %	83.6
Minerales %	15.3
Proteína bruta %	21.6
Extracto etéreo %	4.8
Fibra bruta %	24.9

Fuente: Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria, (1992)

Tabla 3. Composición química del centeno en heno.

Componente	Valor
Humedad %	10.6
Minerales %	1.6
Proteína bruta %	9.4
Extracto etéreo %	1.3
Fibra bruta %	2.3
FDN %	13.6
FDA %	3.4
Almidón	55.3
Azucares	3.7

Fuente: FEDNA, (2020)

4.2.5. Biomasa

Nos referimos a la cantidad de masa de material vivo y se expresa como gramos o calorías (julios) por ml o g de muestra. Mide la cantidad de energía que se almacena en un segmento determinado de una comunidad biológica (Arana et al., 2010).

Los diferentes tipos de biomasa están formados por una parte orgánica, una inorgánica y agua. Durante la combustión, se quema la parte orgánica, la inorgánica influye en el proceso de combustión y forma la ceniza o residuo sólido. La composición

química de la biomasa original se puede conocer realizando análisis de los elementos más importantes, como carbono (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N), azufre (S), y en algunos casos cloro (Cl). También contiene oxígeno (O), pero este elemento no se determina directamente, sino que se calcula a partir de la diferencia entre el peso total y la suma del resto de elementos más las cenizas (Herguedas et al., 2012).

4.3. Marco conceptual

4.3.1. Genotipo

Un genotipo es una clasificación del tipo de variante presente en una ubicación determinada (es decir, un locus) en el genoma. Puede representarse mediante símbolos. Por ejemplo, BB, Bb, bb podría usarse para representar una variante determinada en un gen. Los genotipos también pueden ser representados por la secuencia de ADN real en una ubicación específica, como CC, CT, TT. Algunos genotipos contribuyen a los rasgos observables de un individuo y se llaman fenotipo (Slavkin, 2014).

4.3.2. Germinación:

Transformaciones progresivas que tienen lugar en el ovario para producir un fruto maduro implican una interacción muy compleja de cambios bioquímicos, moleculares y estructurales coordinados temporal y espacialmente por las fitohormonas y por el programa de desarrollo (Pita & Perez, 2008).

4.3.3. Henificación

El método de conservación de forrajes, consiste en privar a la hierba fresca del exceso de humedad mediante el calor artificial y almacenar el producto, hierba deshidratada, hasta el momento de su empleo. Generalmente la deshidratación parcial se da por evaporación natural mediante el sol y el viento y preparar el heno (Silviera & Franco, 2006).

4.3.4. Heno

El heno es el resultado de la deshidratación del forraje; por ende, disminuye la humedad de un nivel del 70 a 90 % en comparación al corte, logrando de esta manera la preservación segura por periodo de tiempo prolongado. Henificar consiste fundamentalmente en el secado de los pastos con asistencia del sol, el viento o por métodos artificiales, hasta reducir el porcentaje de humedad entre 15 y 20 %, para almacenamiento y uso posterior (Garcia-Moro, 2015).

Factores que determinan la composición química del heno

La variedad de las plantas, madures de corte y condiciones de recolección; son los tres factores principales que determinan la composición química y calidad de los forrajes. Sin embargo, existen otros factores con menor nivel de influencia, como la temperatura y la humedad del suelo durante el desarrollo de las plantas. Todos estos factores son determinantes, pues afectan a la anatomía y fisiología de la planta (Díaz & Ramos, 2016).

CAPÍTULO V METODOLOGIA

5.1. Lugar de ejecución

5.1.1. Datos geográficos

La presente investigación se realizó en el distrito de La Encañada, ubicado en el departamento de Cajamarca en el Norte del Perú. Su territorio tiene una extensión de 836,7 Km², cuenta con 24 190 habitantes.

Departamento : Cajamarca
Provincia : Cajamarca
Distrito : Encañada
Localidad : Progreso La Toma

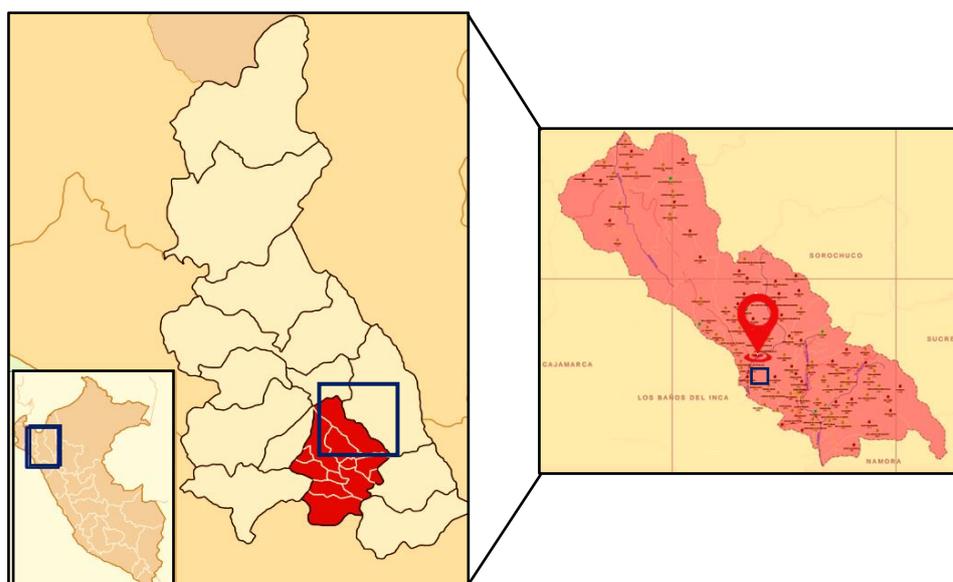


Figura 2. Mapa geográfico del distrito de la encañada.

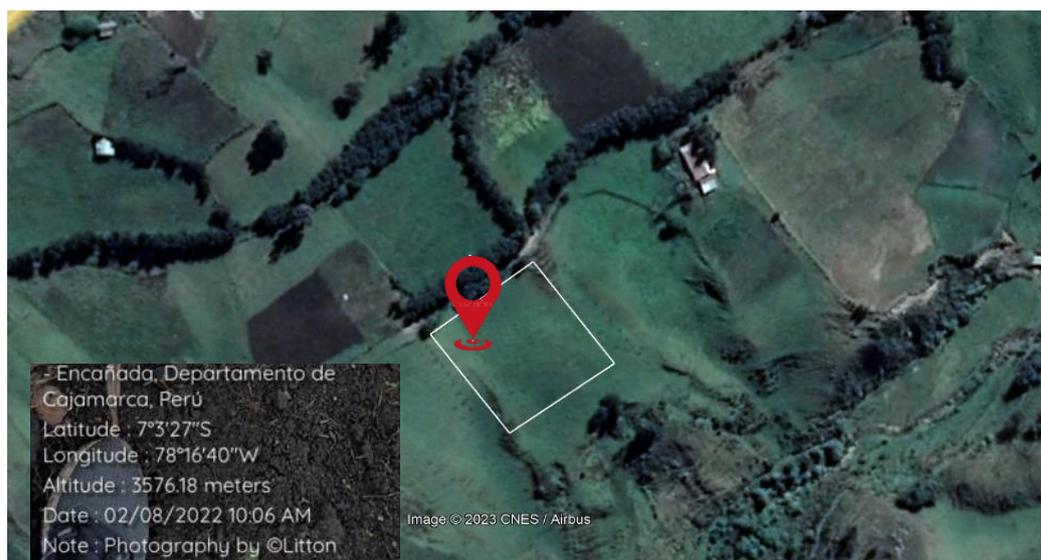


Figura 3. Caserío Progreso la Toma

Fuente: Google Maps, 2022

Tabla 4. Coordenadas del lugar de ejecución

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud
Encañada	07°04'54"	78°20'30"	3098 m.s.m.m
Progreso la toma	07°03'27"	78°16'38"	3565 m.s.n.m

Fuente: Google Maps, 2022

5.1.2. Datos meteorológicos:

El distrito de Encañada, presenta un clima húmedo seco en la parte más baja y frío seco en la zona más alta. Los veranos son largos, frescos y nublados y los inviernos son cortos, muy frío, secos y parcialmente nublados (MDE, 2016).

La temperatura generalmente varía desde menos de -1 °C hasta 18 °C. La temporada de lluvia dura 8.2 meses, con 13 milímetros, el mes con más lluvia es marzo, con un promedio de 59 milímetros de lluvia; el periodo del año sin lluvia dura 3.8 meses, con un promedio de 2 milímetros de lluvia, julio es el mes menos lluvioso (SENAMHI, 2023).

5.2. Equipos y materiales

5.2.1. Material biológico:

- Genotipo I (Baños del Inca).
- Genotipo II (San Miguel).
- Genotipo III (José Sabogal).
- Genotipo IV (Cruz Conga- Celendín).

5.2.2. Material de campo (equipos y herramientas)

- Nivel.
- Letreros
- Estacas de madera
- Etiquetas
- Cámara fotográfica
- Palana
- Pico
- Tijeras
- Machetes.
- Wincha.
- Balanza electrónica.
- Carretilla.
- Hoces.
- Bolsas.
- Cuadrante (1m²)

5.2.3. Material de escritorio:

- Calculadora.
- Computadora.
- Impresora.
- Papel.

- Cuaderno de apuntes o libro de campo.
- Lapiceros.
- Literatura.

5.3. Población y muestra:

5.3.1. Población

La población estuvo representada por los cuatro genotipos de centeno forrajero de la región de Cajamarca.

5.3.2. Muestra

Estuvo conformada por las parcelas establecidas en la zona de estudio, para los respectivos tratamientos con diferente genotipo de centeno forrajero: Genotipo I (Baños del Inca), genotipo II (San Miguel), genotipo III (José Sabogal), genotipo IV (Celendín), cada tratamiento tuvo 4 repeticiones haciendo un total de 16 parcelas establecidas; estas parcelas tuvieron una dimensión de 5m x 6m con un área total de 30 m².

5.4. Métodos de investigación.

5.4.1. Naturaleza

Cualitativa y cuantitativa.

5.4.2. Tipo

Aplicada.

5.4.3. Diseño

Diseño experimental.

5.4.4. Dimensión temporal

Longitudinal.

5.5. Análisis e interpretación de datos

La recolección de datos se hizo a través de un cuaderno de campo y fichas de laboratorio. Las diferencias ente medidas de las distintas variables de estudio fueron analizadas mediante análisis de varianza (ANOVA), dichos datos fueron procesados en la base de datos del programa informático “R Comander”.

5.6. Diseño estadístico

El presente trabajo de investigación, se desarrolló experimentalmente, el diseño estadístico empleado fue un Análisis de varianza, con un Diseño en bloques completos al azar (DBCA). Teniendo 4 tratamientos (genotipos) en 4 bloques (representación de los tratamientos en el terreno) siendo un total de 16 UE, en la cual se evaluó el rendimiento productivo y la composición química de los 4 genotipos.

Cuyo modelo aditivo lineal se muestra a continuación.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i=1, 2, \dots, t$ ($t = \text{tratamientos}$).

$j=1, 2, \dots, r$ ($r = \text{bloques}$).

Donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta observada o medida en el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque.

μ : Media general de la variable de respuesta.

τ_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j : Efecto del j-ésimo bloque.

ϵ_{ij} : Error asociado a la ij-ésima unidad experimental.

5.7. Diseño metodológico

La metodología empleada para la presente investigación se divide en dos etapas una de recolección de datos y la otra de procesamiento y análisis.

5.7.1. Evaluación del poder germinativo

La semilla fue adquirida del Instituto Nacional de Innovación Agraria - Estación Experimental Agraria Baños del Inca.

Como primer paso se realizó la selección de semillas, verificando que estuvieran libres de plagas y enfermedades, para garantizar la viabilidad de las semillas y calidad del forraje.

La prueba de germinación se realizó 3 semanas antes de la siembra, se colocaron 100 semillas de cada genotipo de centeno sobre papel toalla en placas Petri, durante 15 días se aplicó agua destilada dependiendo el requerimiento de cada muestra, posteriormente se determinó el porcentaje de germinación de cada genotipo, mediante la siguiente formula:

$$\%G = \frac{N^{\circ} \text{ semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ semillas analizadas}} * 100$$

5.7.2. Instalación del Experimento:

Análisis del suelo experimental: Se realizó un muestreo de suelo del campo experimental (ANEXO 4), siguiendo una

secuencia en zig-zag, a una profundidad de 15 a 20 centímetros de la superficie del suelo, de donde se obtuvo cuatro submuestras representativas, las cuales se unieron y homogenizaron para obtener un kilo, luego se remitió al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca – INIA Cajamarca.

Preparación del terreno: Se realizó una semana antes de la siembra, y consistió en aradura, cruza y destierro.

Marcado del terreno: Una vez preparado el suelo, sin malezas, se marcaron los bloques y parcelas experimentales correspondientes según tratamientos en estudio con estacas y cordel.

Siembra: Se realizó al voleo aplicando las densidades de acuerdo a las respectivas variedades con sus tratamientos y bloques (60 kg/ha).

Tabla 5. Densidad de siembra por genotipo

Variedad	Cantidad de semilla en 30 m²
Genotipo I (Baños del Inca).	720 gramos por genotipo;
Genotipo II (San Miguel).	180 gramos para cada parcela.
Genotipo III (José Sabogal).	
Genotipo IV (Cruz Conga-Celendín).	

5.7.3. Evaluación de fases fenológicas

Se realizó la evaluación de cada tratamiento (I – II – III – IV) en las principales fases fenológicas (germinación – macollamiento – grano lechoso). Estimando el porcentaje de germinación, la altura, el número de hojas y número de macollos por m².

A los 90 días de edad de las plantas se realizó el corte, a fin de determinar el rendimiento y composición química del forraje verde. Posteriormente, se sometió al forraje verde a un proceso de deshidratación natural durante 15 días para realizar el análisis del heno.

5.7.4. Determinación de materia seca

El contenido de materia seca (MS) del forraje es la resultante de la extracción del agua que contienen las plantas. Se utilizó hornos de ventilación forzada a temperaturas de 60 a 105°C por 24 a 48 horas (tiempo requerido para que la muestra obtenga un peso constante). Este proceso es lento, pero asegura que no se altera la composición nutricional del forraje (C. Canseco, 2007). Para esta evaluación se empleó las mismas muestras utilizadas y pesadas para la obtención de materia fresca, para esto se deben registrar el peso fresco de la muestra (g/m), peso fresco de la submuestra (g) y peso seco de la submuestra (g). El primero se realizó en campo con una balanza digital; los dos últimos en laboratorio con una balanza digital.

El cálculo de MS se realizó utilizando la siguiente ecuación, cuyo resultado fue extrapolado a kg/ha (kg ms/ha).

Formula:

$$ms/m = \frac{pf}{pi} \times 100$$

Será expresado en porcentaje de materia seca.

Dónde:

pf : Peso fresco de la muestra (g).

pi : Peso inicial de muestra (g).

ms : Materia seca.

m : Metro cuadrado.

5.7.5. Determinación de composición química

Para el análisis de composición química se recolectó muestras representativas de los cuatro genotipos de centeno forrajero (200 g/unidad experimental), las cuales se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas para posteriormente ser enviados al laboratorio de Bromatología del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)-Estación Experimental Baños del Inca, con la finalidad de conocer su valor nutricional de cada genotipo mediante un análisis proximal; para encontrar la humedad se utilizó la metodología aplicada según AOAC 925.09 (AOAC, 1996); para proteína cruda mediante Kjeldahl metodología AOAC, 928.08 (AOAC, 2012); Fibra cruda AOAC 962.09 (AOAC, 1990b); para conocer FDA se empleó la metodología de AOAC 973.18 descrito por (AOAC, 2006a), la FDN se estimó mediante la metodología de AOAC 2002.04 (Van Soest, Robertson, & Lewis, 1991), (AOAC, 2006b), para el Extracto libre de nitrógeno se realizó mediante la metodología AOAC, 923.03 (AOAC, 2006c), las Cenizas se calcularon

mediante la metodología de AOAC 942.05 (AOAC, 2000) y extracto etéreo mediante la metodología de AOAC 920.39 (AOAC, 1990a).

5.7.6. Análisis del heno

Se realizó el corte de los diferentes genotipos de centeno en el estado fenológico de grano lechoso, se lo dejó secar en un ambiente adecuado durante 15 días, luego se ejecutó el análisis de calidad nutricional según la metodología explicada anteriormente, con el fin de determinar la cantidad de nutrientes presentes después del proceso de henificación.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Porcentaje de germinación

En el presente estudio se evaluó el porcentaje de germinación de los cuatro genotipos de centeno (Baños del Inca, San Miguel, José Sabogal y Celendín) a los 15 días, tal como se muestra en la Tabla 6, donde se puede apreciar que el genotipo Baños del Inca, San Miguel y Celendín reportan valores de $93.75 \% \pm 1.26$, $96.00 \% \pm 0.82$, $94.75 \% \pm 1.71$ respectivamente, siendo similares estadísticamente; sin embargo, el genotipo José Sabogal presenta diferencias significativas ($p > 0.05$) ante los demás tratamientos con una media de $66.25 \% \pm 4.20$ como porcentaje de germinación .

Tabla 6. Porcentaje de germinación de 4 genotipos de centeno (*Secale cereale L*).

Genotipo	Porcentaje de germinación
Baños del Inca	93.75 ± 1.26^a
San Miguel	96.00 ± 0.82^a
José Sabogal	66.25 ± 4.20^b
Celendín	94.75 ± 1.71^a
P valor	1.082E-07

Letras diferentes en cada columna muestran diferencias significativas (Tukey test, $p < 0,05$).

Asimismo, López et al., (2018) quien evaluó el rendimiento y calidad de grano en centeno (*Secale cereale L*) bajo diferentes condiciones de

fertilización, observo que la aparición de la primera hoja en el 50% de las plántulas se dio a los 38 días, las diferencias entre las medias del porcentaje de germinación entre el presente estudio y lo reportado por López et al. (2018), se justifica basicamente por el período de evaluación (15 vs 38 días); sin embargo, es importante mencionar que la humedad del sustrato, temperatura, luz, oxígeno, y dióxido de carbono, entre otros factores influyen durante esta fase fenológica (Caroca et al., 2016).

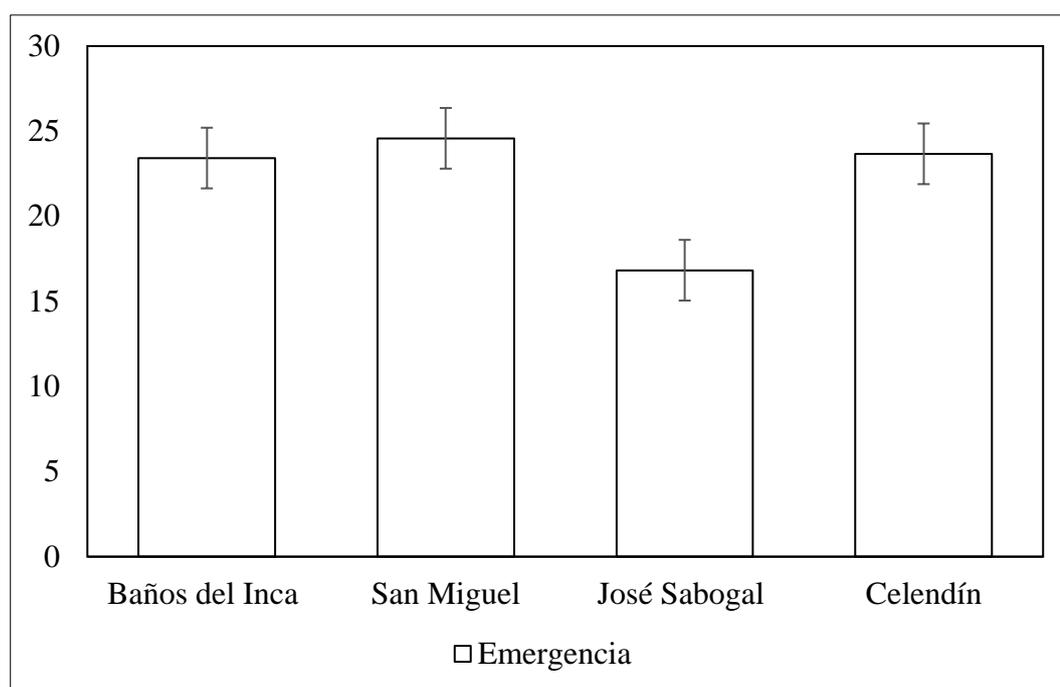


Figura 4. Porcentaje de germinación de los cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

6.2. Número de macollos y plantas por m²

En la tabla 7 se presenta el número de macollos y plantas por metro cuadrado por cada genotipo de centeno, donde podemos observar que no existen diferencias significativas en ambas variables.

Tabla 7. Número de macollos y número de plantas por m² de los cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Genotipo	Número de macollos	Número de plantas
Baños del Inca	11.15±03.04 ^a	49.50±5.46 ^a
San Miguel	9.80±1.97 ^a	44.08±13.16 ^a
José Sabogal	11.55±1.51 ^a	39.10±7.14 ^a
Celendín	12.30±3.54 ^a	45.40±13.78 ^a
P valor	0.548	0.489

En cuanto al número de macollos, destaca el genotipo Celendín y José Sabogal con medias de 12.3 macollos/m² y 11.55 macollos/m² respectivamente; estos datos son similares con los reportados por Chaves et al. (2022), donde el número de macollos del genotipo Paiaguás, Ipyporã y Marandu fue de 10.2 macollos/m², 10.8 macollos/m² y 6.6 macollos/m² respectivamente. Por otro lado, en relación con el número de plantas, encontramos el valor más elevado en el genotipo Baños del Inca y Celendín con 49.50 plantas/m² y 45.40 plantas/m².

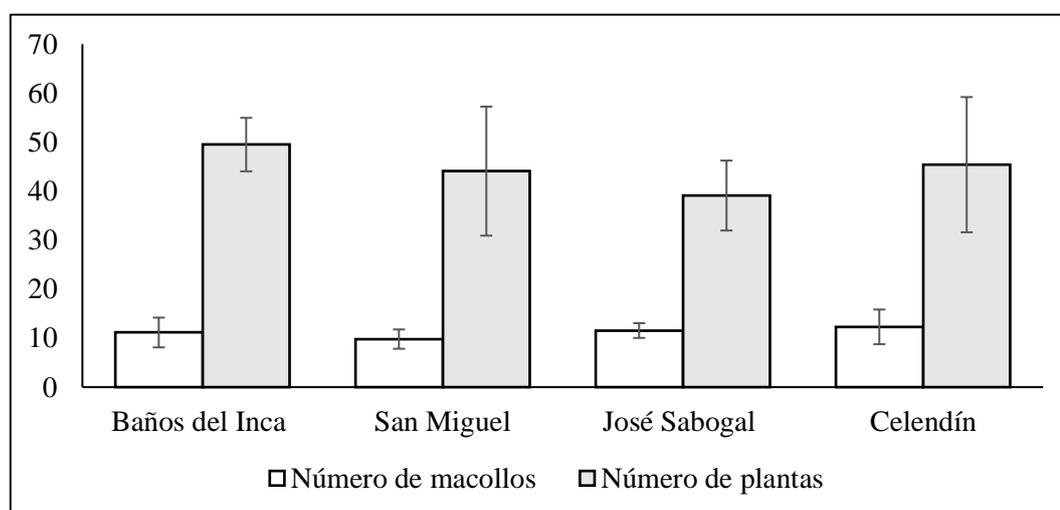


Figura 5. Número de macollos y plantas por m² de 4 genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

En la Figura 5 se presenta el número de macollos y plantas por m², de los cuatro genotipos de centeno; donde se observa la relación que guardan estas dos variables, debido a que el aumento de macollos conduce a la acumulación de hojas.

6.3. Altura

En la Tabla 8. Se muestra los resultados de altura de planta en donde se determina que no existe diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre genotipos, sin embargo, numéricamente el mejor genotipo es de la localidad de Celendín, seguido de José Sabogal con 96.45 ± 7.64 cm y 95.35 ± 14.18 cm., respectivamente. Mientras que los genotipos con menor altura de planta son San Miguel y los Baños del Inca con 85.05 ± 6.34 cm y 70.88 ± 18.41 cm., respectivamente.

La altura de la planta, nos muestra el potencial para el rendimiento de biomasa que tienen los genotipos. La Tabla 8, muestra la altura de cada genotipo de centeno, donde se evidencia que no existen diferencias significativas en cuanto a la altura para los cuatro genotipos; sin embargo, de los resultados obtenidos se observa que el genotipo Baños del Inca y San Miguel reportaron los valores más bajos con 70.88 ± 18.41 y 85.05 ± 6.34 respectivamente; mientras que, el genotipo José Sabogal y Celendín destacan por su mayor elevación con 95.35 ± 14.18 y 96.45 ± 7.64 respectivamente.

Tabla 8. Altura de la planta de 4 genotipos de centeno (*Secale cereale* L).

Genotipo	Altura de la planta en (cm)
Baños del Inca	70.88±18.41 ^a
San Miguel	85.05±6.34 ^a
José Sabogal	95.35±14.18 ^a
Celendín	96.45±7.64 ^a
P valor	0.353

Los valores encontrados en el presente estudio fueron inferiores a los reportados por López-Córdova et al. (2018), quienes indican medidas de 139.09 cm; al igual que los datos reportados por Hansen et al. (2004) quien concluyo que los cultivares híbridos son ligeramente más bajos que los cultivares de poblaciones adaptadas y mucho más bajos que los cultivares no adaptados, con valores que oscilan entre 135 cm y 194 cm; asimismo, Mellado et al. (2007) menciona que la altura de algunas variedades puede superar los 180 cm; sin embargo, cabe aclarar que una gran altura no es conveniente debido a que la planta puede presentar problemas de tendadura. Además, los resultados del presente estudio concuerdan con lo publicado por Schlegel (2023), quien afirma que el centeno tiene una altura que varía entre 80 - 180 cm de altura; además, afirma que la altura de planta es una característica compleja bajo el control de muchos genes y efectos ambientales, lo cual explica la amplitud del rango.

6.4. Rendimiento

En la Tabla 9 se muestra el rendimiento de los cuatro genotipos de centeno, en forraje verde y en materia seca; donde, se puede observar que estadísticamente todos los tratamientos son similares. Sin embargo, numéricamente el genotipo San Miguel destaca por tener un mejor rendimiento de materia seca con un valor de 1227 kg MS ha; resultado que difiere a lo reportado por Maekawa et al., (2010) cuyas medias de materia seca fueron de 2309 kg MS ha en el estado de espiga embuchada.

Tabla 9. Producción de forraje verde y materia seca de 4 genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Genotipo	Rendimiento de FV		Rendimiento de MS	
	kg/ha/corte	t/ha/corte	kg/ha/corte	t/ha/corte
Baños del Inca	9776.25±4122.92 ^a	9.78	1764.14±773.81 ^a	1.76
San Miguel	12273.75±2805.49 ^a	12.27	2169.58±534.27 ^a	2.17
José Sabogal	10440.00±4344.54 ^a	10.44	1881.59±595.51 ^a	1.89
Celendín	10022.50±3008.76 ^a	10.02	1874.67±588.27 ^a	1.87

Asimismo, la Figura 6 resume el rendimiento de centeno por genotipo en forraje verde y materia seca. Esta gráfica nos da una visión global del porcentaje de materia seca de los cuatro genotipos, cuyo valor promedio es de 18%. El centeno es la gramínea más tolerante al frío y al estrés hídrico, además, aprovecha en mayor medida los excesos hídricos, mejorando la captación y la eficiencia en el uso del agua; esto permite que genere un mayor rendimiento (Beltrame, 2013).

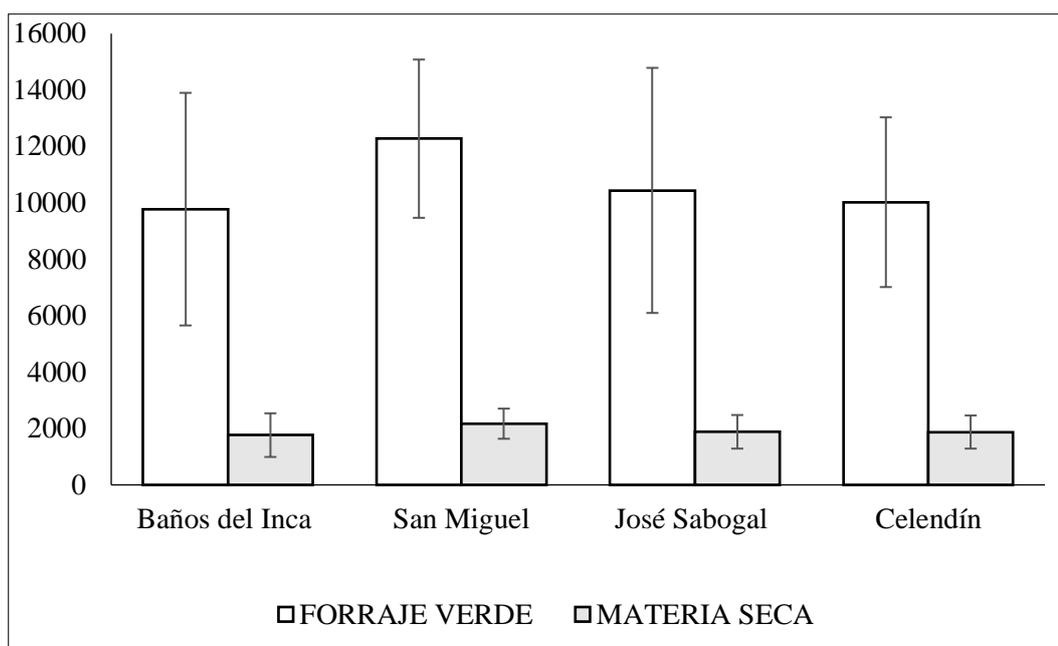


Figura 6. Producción de forraje verde y materia seca de 4 genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Además, en la figura 6 se evidencia que todos los genotipos siguen la misma tendencia en el rendimiento de forraje verde y materia seca, esto puede ser debido a que la materia seca proviene después de extraer el agua del forraje verde y es donde se encuentran los nutrientes para la alimentación de los animales.

Es importante destacar, que numéricamente el genotipo San Miguel destaca por tener un mejor rendimiento, con 2,17 t/MS/ha; valor similar al reportado por Maekawa et al., (2010) donde el rendimiento de centeno fue de 2,31 t/MS/ha; en este sentido, Mellado et al., (2007) sostiene que el rendimiento potencial de los distintos tipos de centenos no sobrepasa las 5 t/ha, debido a que por su gran altura son muy propensos a la tendadura³ cuando se fertilizan.

³ Síntoma que se manifiesta por distintos grados de postración

6.5. Composición química

Tabla 10. Composición química de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Genotipo	MS (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	EE (%)	FB (%)	ELN (%)	FDN (%)	FDA (%)
Forraje verde								
Baños del Inca	19.10±0.83 ^a	6.75±0.56 ^b	10.15±0.64 ^a	5.23±0.52 ^a	29.67±0.94 ^a	48.20±2.21 ^a	67.58±1.23 ^a	48.83±1.31 ^a
San Miguel	19.41±1.25 ^a	6.05±0.48 ^b	09.01±0.35 ^a	5.80±0.22 ^a	27.87±0.66 ^b	50.83±2.39 ^a	67.58±0.65 ^a	40.51±0.40 ^{bc}
José Sabogal	17.08±1.25 ^a	7.88±0.30 ^a	09.08±0.82 ^a	5.20±0.43 ^a	27.67±0.47 ^b	49.84±1.03 ^a	63.79±1.31 ^b	38.51±1.46 ^c
Celendín	17.56±0.41 ^a	6.75±0.21 ^b	09.89±0.28 ^a	5.54±0.34 ^a	29.68±0.48 ^a	48.15±0.84 ^a	66.21±1.12 ^a	41.24±1.12 ^b
P valor	0.89822	0.0026	0.0663	0.05120	0.0003	0.0635	0.0027	0.4185E-06
Heno								
Baños del Inca	24.60±0.43 ^d	7.00±0.35 ^b	10.46±0.10 ^b	4.00±0.54 ^a	35.96±0.11 ^a	42.59±0.89 ^b	68.49±0.59 ^a	43.66±0.47 ^a
San Miguel	27.60±0.43 ^c	7.00±0.33 ^b	10.37±0.02 ^b	4.22±0.29 ^a	33.49±0.40 ^c	44.96±0.38 ^a	66.97±0.78 ^b	40.26±0.53 ^c
José Sabogal	33.90±0.14 ^b	7.75±0.39 ^a	13.65±0.26 ^a	4.03±0.09 ^a	31.53±0.41 ^d	43.30±0.92 ^{ab}	64.31±0.62 ^c	41.13±0.84 ^{bc}
Celendín	38.33±0.94 ^a	7.50±0.24 ^{ab}	09.45±0.10 ^c	3.66±0.25 ^a	34.48±0.43 ^b	44.91±0.93 ^a	68.09±0.71 ^{ab}	42.23±0.33 ^b
P valor	0.4004E-10	0.01992	2.2509E-10	0.20357	7.5015E-10	6.2741E-05	0.00012	0.00021

Letras diferentes en cada columna muestran diferencias significativas (Tukey test, $p < 0,05$).

EE: Extracto Etéreo; MS: Materia Seca; FB: Fibra Bruta; ELN: Extracto Libre de Nitrógeno; FDN: Fibra Detergente Neutro.

Fuente: Laboratorio de servicios de suelos, agua, abonos y pastos (INIA).

En la tabla 10 se muestra la composición química de los cuatro genotipos de centeno, tanto en forraje verde como en heno. En el caso del forraje verde, se puede apreciar que no existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a materia seca, proteína extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno en los cuatro genotipos de centeno; asimismo, estos valores son similares numéricamente a los encontrados por Clydesdale (1994), quien reporta concentraciones de proteína de 8% a 13%, rango en el cual se ubican los cuatro genotipos de centeno, los cuales tienen un valor alrededor de 9% a excepción del genotipo Baños del Inca, el cual posee un valor circundante al 10%; sin embargo, en el caso de la grasa el autor antes mencionado, muestra una media de 3%, inferiores a los hallados en el presente estudio.

Los resultados en relación al contenido de cenizas arrojan diferencias significativas ($p < 0,05$), donde sobresale el genotipo José Sabogal con una media de 7.88%, seguido por el genotipo Baños del Inca y Celendín con 6.75% San Miguel con 6.05%; valores que asemejan a lo encontrado por Maekawa et al. (2015.), los cuales reportan 6,65 % de cenizas.

Por otro lado, se observa que el contenido de fibra bruta presenta diferencias estadísticas ($p < 0,05$), donde el genotipo San Miguel y José Sabogal son ligeramente inferiores con respecto a los demás tratamientos con 27.87 % y 27.67 % respectivamente, datos que difieren con los reportados por Shimada & Avila, (1978) donde los genotipos con menor valor reportan 16.10 % de FB. Los datos de FDN y FDA también exhiben diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), donde el genotipo José sabogal es inferior en ambos nutrientes con un valor de

63.79 % para FDN y un valor de 38.51 % para FDN, resultados que se asemejan a los valores hallados por Maekawa et al., (2010) con un 60,12 % de FDN y un 38,26 % de FDA y a lo reportado por Tejido et al., (2009) con un 58,9 % de FDN y un 29,4 % de FDA.

En cuanto al rendimiento del centeno (forraje verde y heno) se puede observar que todos los genotipos son significativamente diferentes en relación al contenido de materia seca en heno a diferencia del rendimiento del centeno en forraje verde donde no se observan diferencias significativas, tal como se observa en la Figura 7. Probablemente estas diferencias están dadas porque en el proceso de deshidratación intervienen diversos factores que alteran la porción acuosa del centeno.

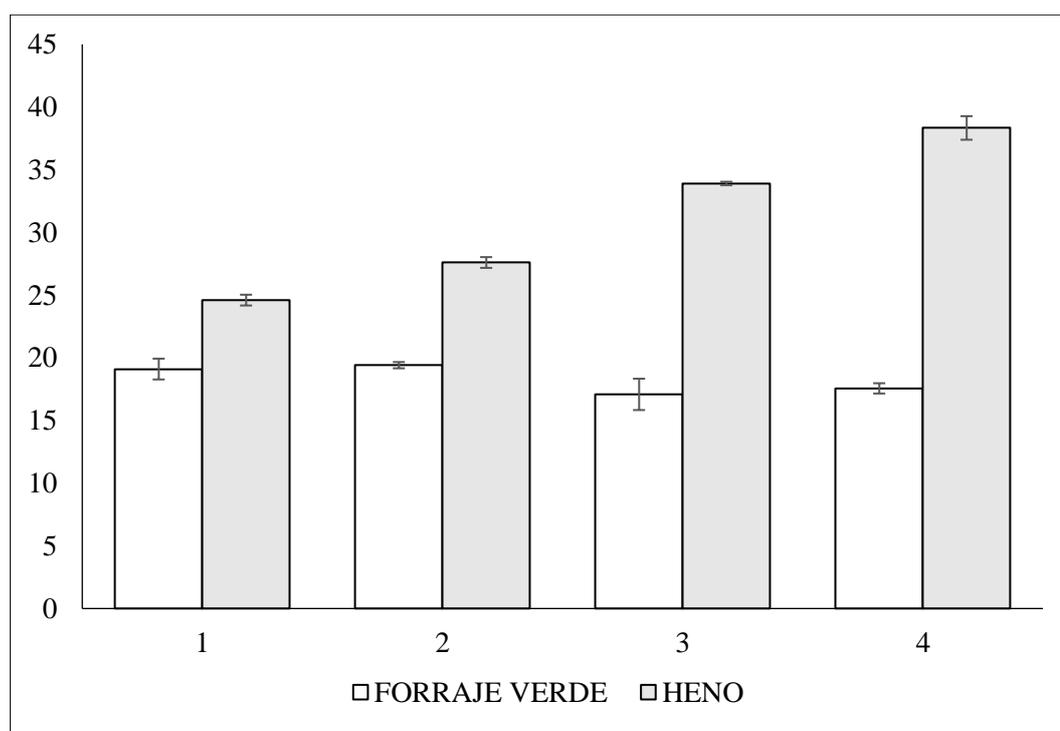


Figura 7. Porcentaje de materia seca en forraje verde y heno de 4 genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Asimismo, la Tabla 10 también contiene información de la composición del heno de centeno, donde se evidencia diferencias significativas ($p > 0.05$) en cuanto al porcentaje de cenizas y proteína; destacando el tratamiento III con $7.75 \% \pm 0.39$ y $13.65 \% \pm 0.26$ respectivamente; en este sentido, Goié & Thiermann (1986) reportó un porcentaje de proteína en el heno de centeno en grano lechoso de 4.4% y en espigadura de 6.2%, resultados inferiores a los encontrados en el presente estudio. Asimismo, el genotipo José Sabogal presentó el menor contenido de fibra bruta con un valor de 31.53 %; elemento que tienen influencia directa el valor nutritivo de los forrajes, ya que los forrajes de mayor calidad nutritiva son los que presentan mayor proporción de componentes no estructurales (proteínas, azúcares y almidón) respecto de los agregados ligados a las paredes celulares (celulosa, hemicelulosa y lignina), de menor digestibilidad (Díaz & Ramos, 2016). Probablemente se encuentran estas diferencias como producto de la pérdida de agua durante el proceso de henificación ya que produce una reducción de los componentes no estructurales como consecuencia de las condiciones de recolección y deshidratación de la muestra (Díaz & Ramos, 2016); sin embargo los carbohidratos estructurales se muestran en mayor proporción en el centeno deshidratado como es el caso del FDN y FDA los cuales presentan valores de 68.49% y 43.66% en el genotipo Baños del Inca, el cual presenta el valor más alto,

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

- En relación a los datos obtenidos, se observa que estadísticamente todos los tratamientos son similares en cuanto al rendimiento de centeno en forraje verde y heno.
- La composición química del centeno en forraje verde de los cuatro tratamientos no presenta diferencias significativas en cuanto a materia seca, proteína, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno. Por otro lado, se observa diferencias estadísticas en cuanto al contenido de cenizas, siendo superior el genotipo José Sabogal; asimismo, el contenido de fibra bruta presenta diferencias estadísticas, donde el genotipo Baños del Inca y Celendín reportan valores más elevados.
- En cuanto a la composición química del heno de centeno, destaca el genotipo José Sabogal con un contenido de cenizas y proteína superior a los demás tratamientos.

CAPÍTULO IX

RECOMENDACIONES

- Se sugiere continuar evaluando el rendimiento en forraje verde y materia seca del genotipo San Miguel, el cual presentó resultados más favorables.
- Priorizar la composición química del henificado del genotipo José Sabogal, el cual posee una mayor concentración de cenizas y proteínas.
- Considerar investigaciones que caractericen de manera más específica al genotipo San Miguel, José Sabogal, Baños del Inca y Celendín en diferentes pisos altitudinales.

CAPÍTULO X

BIBLIOGRAFÍA

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990a). Fat (crude) or Ether Extract in Animal Feed. AOAC Method 920.39. In Official Methods of Analysis of AOAC International (15th ed., p. 79). Arunton, Virginia 22201, USA.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990b). Fiber (crude) in animal feed. AOCS-AOAC Method 962.09. In Official Methods of Analysis of AOAC International (15th ed., p. 80). Arunton, Virginia 22201, USA.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1996). Moisture in Animal Feed, Method 925.09. In Official Methods of Analysis of AOAC International (16th ed.). Gaithersburg.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). Ash of Animal Feed. AOAC Official Methods 942.05. Journal of AOAC International, 857(1942), 2000.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2006a). Official methods of analysis Acid Detergent Fiber (ADF) Calculation: ADF = cellulose plus lignin - item 89. In Association of Analytical Communities (17th ed.). Gaithersburg, MD.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2006b). Official methods of analysis Neutral Detergent Fiber (NDF) Calculation: NDF = cellulose + lignin + hemicellulose - item 90. In Association of Analytical

Communities (17th ed.). Gaithersburg, MD.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2006c). Official methods of analysis Available Carbohydrates Fiber) - item 86. In Association of Analytical Communities (17th ed.). Gaithersburg, MD.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2012). Método 928.08 – “Kjeldahl method”. In G. W. Latimer (Ed.), Official Methods of Analysis of AOAC International (19th ed., p. 5, (39.1.15)). Arunton, Virginia 22201, USA.

Amigone, M., Chiacchiera, S., Bertram, N., Kloster, A., Conde, M. B., & Masiero, B. (2010). Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba. *Información de Extensión (INTA Argentina)*, 133(54 3472), 1–9.

Arana, I., Orruño, M., & Barcina, I. (2010). Cálculos De Biomasa. *Como abordar y resolver aspectos prácticos de microbiología*, 7.

Araya, M. M., & Boschini, F. C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de Pennisetum purpureum en la Meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), 37–43.

Beltrame, M. (2013). Efectos del centeno (*Secale cereale L.*) como cultivo de cobertura en el consumo de agua y la producción de materia seca del cultivo de maíz (*Zea mays L.*). *Universidad Nacioanl de Río Cuarto*.

Calvo, A. (2019a). *Principales características del cultivo de centeno - Agroptima*. Agrotipa Blog.
<https://www.agroptima.com/es/blog/principales-caracteristicas-del-cultivo-de-centeno/>

- Calvo, A. (2019b). *Principales características del cultivo de centeno - Agroptima*. AGROPTIMA.
<https://www.agroptima.com/es/blog/principales-caracteristicas-del-cultivo-de-centeno/>
- Canals, R., Peralta, J., & Zuburi, E. (2019). *Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica: familia Gramineae, Zea mays L.: maíz*. Herbario de La Universidad Pública de Navarra.
- Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea L.*) temperature effect on the germination of four peanut genotypes (*Arachis hypogaea L.*). *Revista Agro-Ciencia*, 2(32), 94–101.
- Casey, P. A. (2007). Plant guide for cereal rye (*Secale cereale*). In *USDA-Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Center, Elsberry, MO*. (p. 3).
- Cazón, S., Laurella, E., Jovtis, M., Steinberg, M., Vieyra, C., Caminos, N., & Díaz, M. (2018). Evaluación de la composición química de cebada y centeno antes y después de ensilado. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial - Universidad Nacional de Córdoba*, 85, 1–9.
- Censo Nacional Agropecuario (2012). Perfil Agropecuario Cajamarca. In INEI (pp. 248–253).
- Chaves, L., Marques, C., Emerenciano, V., Tonhão, H., & Ítavo, C. V. (2022). Introducción. *Rev Mex Cienc Pecu*, 13(3), 674–689.
- Clydesdale, F. M. (1994). Optimizing the Diet with Whole Grains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(5–6), 453–471.

- Cornelius, C. D., & Bradley, K. W. (2017). Influence of Various Cover Crop Species on Winter and Summer Annual Weed Emergence in Soybean. *Weed Technology*, 31(4), 503–513.
- Díaz, V., & Ramos, A. C. (2016). Calidad Del Forraje Y Del Heno. *Aula Veterinaria*, 120, 55–64.
- Dos Santos, L. H., Loss, A., Canton, L., Dos Santos Junior, E., Kurtz, C., Brunetto, G., & Comin, J. J. (2018). Efecto del contenido de carbono en sustancias húmicas en suelo en un cultivo de cebolla. *Idesia*, 36(1), 15–25.
- Escobar, M. (2011). El centeno. In *Universidad de Sevilla* (Vol. 0, pp. 295–341).
- Espinosa, J. (2015). Factores que afectan el movimiento de nutrientes en la planta. In *Fertilab* (Vol. 5, pp. 136–151).
- Fallis, A. . (2013). Manual de forrajes conservados. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2020). Centeno nacional | FEDNA. Centeno Nacional. <http://www.fundacionfedna.org/node/369>
- Funaro, D., & Ginart, M. (2001). Valor nutritivo del grano y del forraje de líneas F 4 Y Fs de tricepiro (Triticum x Secale x Trigopyrum). *Revista de La Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de La Pampa*, 12(1), 67–68.
- Bragachini, M. et al. (2008) *Manual Técnico de Forrajes Conservados*, INTA-PRECOP II. Manual Técnico N° 6.

- García-moro, C. (2015). *Proceso de Hemifijación*. Pastos y Forrajes. Com. <https://infopastosyforrajes.com/metodos-de-conservacion/proceso-de-hemifijacion/>
- Geiger, H. H., & Miedaner, T. (2009). Cereals. In *Cereals* (Vol. 3, pp. 157–181).
- González, D., Álvarez Hernández, U., & Lima Orozco, R. (2018). Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí - sorgo. *Centro Agrícola*, 45(2), 77–82.
- Grauer, U. E., & Horst, W. J. (1990). Effect of pH and nitrogen source on aluminium tolerance of rye (*Secale cereale L.*) and yellow lupin (*Lupinus luteus L.*). *Plant and Soil*, 127(1), 13–21.
- Guzmán, B. L. (1998). Frutales. In *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas* (pp. 113–364).
- Hansen, H. B., Møller, B., Andersen, S. B., Jørgensen, J. R., & Hansen, Å. (2004). Grain Characteristics, Chemical Composition, and Functional Properties, of Rye (*Secale cereale L.*) As Influenced by Genotype and Harvest Year. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(8), 2282–2291.
- Heffernan, C. (2004). Livestock and the poor: issues in poverty-focused livestock development. *BSAP Occasional Publication*, 33, 229–245.
- Herguedas, A., Taranco, C., Rodríguez, E., & Paniagua, P. (2012). Biomasa, Biocombustibles Y Sostenibilidad. In *Transbioma* (Vol. 13, Issue 2).
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2021). Nuevo cultivar de

- centeno multipropósito. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (2017). Importancia de la hoja bandera en el rendimiento de gramíneas. Artículos Técnicos.
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Boom, T. Van Den, Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E., & Witzemberger, A. (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119(3), 561–601.
- León, R., Bonifaz, N., & Gutierrez, F. (2018). Pastos y Forrajes del Ecuador, Siembra y Producción de Pasturas. In *Universidad Politécnica Salesiana* (Vol. 4, Issue 1).
- Leonard, W., & Martin. (1963). Cereales de cereales. In Macmillan (Ed.), *Cereales de cereales* (Vol. 04, Issue 02, pp. 449–603).
- López Córdova, J. P., Rueda Puente, E. O., Vargas López, J. M., Wong Corral, F. J., & López Ahumada, G. A. (2018). Rendimiento y calidad de grano en centeno (*Secale Cereale L*) bajo diferentes condiciones de fertilización en el Estado de Sonora, México. *Biotecnia*, 20(3), 76–82.
- Maekawa, M., Fantino, F., & Lauquen, a E. R. T. (n.d.). *Silaje de cereales de invierno: acumulación de biomasa y composición química*. 91–94.
- MDE. (2016). *El clima en Encañada*. Municipalidad Distrital La Encañada. <https://es.weatherspark.com/y/19950/Clima-promedio-en-Encañada-Perú-durante-todo-el-año#Sections-Clouds>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. A. (2015). Órganos vegetales. In *Atlas de Histologías vegetal y animal - Departamento de Biología Funcional*

y *Ciencias de la Salud*.

- Mellado, M., Matus, I., & Madariaga, R. (2007). Antecedentes sobre el centeno en Chile y otros países. In *Boletín INIA N°182* (pp. 1–65).
- Mirsky, S. B., Curran, W. S., Mortensen, D. M., Ryany, M. R., & Shumway, D. L. (2011). Timing of Cover-Crop Management Effects on Weed Suppression in No-Till Planted Soybean using a Roller-Crimper. *Weed Science*, 59(3), 380–389.
- Nieto, D., Berisso, R., Demarchi, O., & Scala, E. (2012). Manual de Buenas Prácticas de Ganadería Bovina para la Agricultura Familiar. In *Estudios ab*.
- NIFA. (2012). Managing Cover Crops Profitably. In A. Clark (Ed.), *Sustainable Agriculture Research and Education* (3rd ed., Vol. 4, Issue 1).
- Oscá, J. (2007). Cultivos herbáceos extensivos. In *Universidad Politécnica de Valencia* (pp. 433–436).
- Pita, J., & Pérez, F. (2008). Germinación de semillas. *Hojas Divulgadoras*, 1, 1–20.
- Randolph, T. F., Schelling, E., Grace, D., Nicholson, C. F., Leroy, J. L., Cole, D. C., Demment, M. W., Omore, A., Zinsstag, J., & Ruel, M. (2007). Invited Review: Role of livestock in human nutrition and health for poverty reduction in developing countries. *Journal of Animal Science*, 85(11), 2788–2800.
- Reyes, N., & Mendieta, B. (2000). Determinación del valor nutritivo de los alimentos. In *Universidad Nacional Agraria* (pp. 1–77).

- Santos, F., & Diola, V. (2015). Physiology. *Sugarcane: Agricultural Production, Bioenergy and Ethanol*, 2(1), 13–33.
- Segura, F., Echeverri, R., Patiño, A., & Mejía, A. (2007). Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. *Vitae, Revista de La Facultad de Química Farmacéutica*, 14(1), 72–81.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2023). Tiempo / Pronóstico del Tiempo. Ministerio Del Ambiente. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>
- Shimada, A., & Avila, E. (1978). Alimento Potencial Para El Hombre. In *Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias*.
- Silviera, E., & Franco, R. (2006). Conservación de forrajes: primera parte. *Veterinaria.Org* ®-Comunidad Virtual *Veterinaria.Org* ®-Veterinaria Organización S.L.® España. Mensual. Disponible En, VII(11), 1695–7504.
- Slavkin, H. C. (2014). From Phenotype to Genotype: Enter Genomics and Transformation of Primary Health Care around the World. *Journal of Dental Research*, 93(7), 3S-6S.
- Sluková, M., Jurkaninová, L., Švec, I., & Skřivan, P. (2021). Rye – the nutritional and technological evaluation in Czech cereal technology – A review: Grain and flours. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(1), 3–8.
- Tejido, M., Ranilla, M., A;Sarco, C., Mateos, I., Palacios, C., & Carro, M. (2009). Estudio comparativo de la producción y el valor nutritivo de dos cereales forrajeros (avena y centeno) cultivados en condiciones

- convencionales y ecológicas. In *Universidad de León* (pp. 1–13).
- Torres, P. B., Uchuari, L. C., Carrión, J. G., Tamayo, C. M., Narváez, E. J., Sarango, S. N., Cueva, T. D., Micronutrientes, M. Y., Limitantes, E., Crecimiento, D. E. L., & Planta, D. E. L. A. (2022). Los elementos químicos de las plantas - nutrientes imprescindibles para el desarrollo vegetal. In *Universidad Nacional de Loja* (Issue February, pp. 1–4).
- Villar-Salvador, P., & Salvador, P. V. (2003). Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. In *Restauración de Ecosistemas Mediterráneos* (pp. 65–86).
- Warnock, R., Valenzuela, J., Trujillo, A., & Madriz, P. (2006). Área Foliar, Componentes Del Área Foliar Y Rendimiento De Seis Genotipos De Caraota 1. *Agronomia Trop*, 56(1), 21–42.

ANEXO 1. PROTOCOLOS DE ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

Determinación de cenizas

El método químico de referencia es el 08-01 1995 de la AACC para la cuantificación de cenizas totales (Protocolo de Laboratorio del CIMMYT); el cual se describe a continuación con los ajustes realizados para análisis de pastos:

- a. Pesar el Crisol y anotar el peso (P_c)
- b. Colocar el crisol sobre la balanza y añadir 2 gr de muestra molida y seca.
- c. Colocar los crisoles en la mufla durante 8 horas a 500 °C.
- d. Controlar el término de la calcinación por el cambio de color de la muestra.
- e. Enfriar la muestra y los crisoles en un desecador.
- f. Pesar los crisoles y anotar su peso ($P_c + \text{cenizas}$) Cálculos:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{[(P_c + \text{cenizas}) - P_c]}{2 \text{ gr}} * 100$$

determinación de Extracto Etéreo (Grasa Cruda)

El método químico de referencia es el AACC 30-25, 1995, para la determinación de Extracto Etéreo; (Protocolo de Laboratorio del CIMMYT); el se detalla a continuación, de acuerdo a los ajustes realizados para pastos.

- a. Pesar el papel filtro (filtración rápida), cortado y acondicionado (P_p).
- b. Dentro del papel pesar 2 g de muestra seca y molida y empaquetar.
- c. Colocar la muestra dentro del Sifón del equipo de Extracción Soxleth.
- d. Agregar 160 ml de Éter de petróleo.

Armar el equipo.

- a. Encender y asegurarse el abastecimiento continuo de agua al refrigerante para iniciar el proceso continuo de extracción por alrededor de 4 horas.
- b. Precalentar los calentadores de 8 a 10 minutos.
- c. Asegurarse de que todas las partes estén correctamente instaladas y de que no haya fugas de solvente.
- d. Transcurrido el tiempo observar siempre el color y apariencia del líquido extractante, para determinar si culminó el proceso.
- e. Luego iniciar la recuperación del solvente.
- f. Retirar la muestra con ayuda de una pinza y colocarla en una luna de reloj.
- g. Colocar la muestra en la estufa para eliminar el exceso de éter dentro de la misma, durante una hora a temperaturas de 60°C.
- h. Sacar la muestra de la estufa y colocar dentro de un desecador, hasta que enfríe a temperatura ambiente.
- i. Pesar la muestra y anotar. $P_p + P_m - \text{grasa}$.
- j. Paralelamente se tiene el peso del balón utilizado en el equipo Soxhlet que tiene peso conocido; es ingresado en la estufa para eliminar el resto del éter y pesado luego. $P_b + \text{grasa}$

Cálculo:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{peso del extracto etéreo}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

Dónde:

Peso del extracto etéreo = $(P_b + g) - P_b$

Peso de extracto etéreo = $2 \text{ g} - ((P_p + P_m - \text{grasa}) - P_p)$

Peso de la muestra = 2 g.

Determinación de fibra cruda

La muestra a utilizar debe ser una muestra libre o con muy poco contenido de lípidos. El proceso trata de simular el proceso digestivo de los forrajes en el tracto de los animales. En este procedimiento no deben utilizar muestras que han sido secadas en horno a temperatura menor a 60 °C; procedentes de la extracción de extracto etéreo.

- a. Todo el proceso debe realizarse en duplicado.
- b. Pesar 1.5 gramos de muestra seca desgrasada.
- c. Colocar en un vaso de precipitado de 600 ml y añadir 200 ml de solución de ácido sulfúrico a una concentración de 1.25%.
- d. Llevar a ebullición por un lapso de 30 minutos.
- e. De ser necesario utilizar 1 o 2 gotas de alcohol amílico para evitar la producción de espuma durante la ebullición.
- f. Luego transferir el contenido en un embudo provisto de papel filtro previamente seco, codificado y pesado (Pp).
- g. Paralelamente calentamos 1 litro de agua destilada a punto de ebullición y lavamos la muestra con dicho contenido.
- h. Una vez terminado el lavado.
- i. Transferir nuevamente el contenido del papel filtro en el vaso de precipitado anterior, con la ayuda de una piceta con agua destilada.
- j. Agregar 100 ml de solución de hidróxido de sodio al 2.5%.
- k. Enrasar a 200 ml con agua destilada y llevar nuevamente a ebullición por un lapso de 30 minutos.
- l. De igual manera lavar el contenido con 1 litro de agua a punto de ebullición.

- m. Una vez terminado el lavado, llevar el papel filtro a la estufa dentro de una luna de reloj para eliminar el agua restante.
- n. Una vez seco, poner a un des humedecedor hasta que se enfríe a temperatura ambiente.
- o. Pesar y realizar los cálculos.
- p. Todo el Proceso de ataque acido alcalino se utiliza un batch de cocinillas provista de refrigerante.

$$\%FC = \frac{\text{Peso de muestra} - \text{peso de muestra desgrasada}}{\text{Pesa de muestra}} * 100$$

Determinación de proteína

Digestión de la muestra:

- a. Pesar 40 mg de la muestra molida. Incluir dos muestras testigo.
- b. Colocar la muestra en el fondo de un tubo de digestión de 75 ml.
- c. Incluir uno o dos tubos con blancos (vacíos, sin muestra) por cada digestión.
- d. Agregar a cada tubo 2 g de la mezcla catalítica y 2.5 ml de ácido sulfúrico concentrado por las paredes de los tubos.
- e. Dejar reposar hasta que cese la reacción.
- f. Digerir a 380 °C durante 90 minutos en un digestor precalentado, en la campana de extracción.
- g. Terminada la digestión retirar la rejilla de tubos y dejarlos enfriar a temperatura ambiente.

Destilación de la muestra:

- a. Agregar 75 mL de agua destilada para evitar formación de cristales. Asegúrese de que la solución de digestión esté totalmente clara.

- b. Cerrar bien los tubos con una tapa de hule (goma) y mezclar su contenido invirtiéndolos varias veces
- c. Transferir las muestras al Equipo de Destilación de micro kjeldahl.
- d. Añadir 2 ml de solución de hidróxido de sodio + fenoltaleína .
- e. Calentar el Equipo colocando en la recepción un matraz de 50 ml conteniendo 20 ml de solución de ácido bórico y unas gotas de azul de bromothimol.
- f. Iniciar la destilación hasta que el volumen del matraz alcance un volumen de 30 ml.
- g. Titulación de la muestra:
- h. Titular la muestra del matraz, con solución de Ácido sulfúrico 0.1N.

Cálculos:

$$\% N = \frac{0.014 \times [(ml \text{ de HCl de muestra} - ml \text{ de HCl de blanco}) \times N \text{ de HCl}]}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

$$\% \text{ DE PROTEINA} = \% \text{ DE NITRÓGENO} \times 6.25$$

ANEXO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS DIFERENTES VARIABLES

Tabla 11. Análisis de Varianza (ANAVA) para germinación de la planta (%) de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
% GERMINACIÓN	0.98	0.96	2.8

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	10.6666667	3	3.55555556	0.55813953	0.65576757	3.86254836
Tratamientos	2438.22222	3	812.740741	127.581395	1.082E-07	3.86254836
Error	57.3333333	9	6.37037037			
Total	2506.22222	15				

Tratamientos	Medias
T1	93.75 A
T2	96.00 A
T3	66.25 B
T4	94.75 A

Tabla 12. Análisis de Varianza (ANAVA) para número de plantas por m² de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
PLANTAS/m ²	0.51	0.18	20.65

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	568.6875	3	189.5625	2.24907308	0.15178394	3.86254836
Tratamientos	221.409722	3	73.8032407	0.87564198	0.48906868	3.86254836
Error	758.5625	9	84.2847222			
Total	1548.65972	15				

Tratamientos	Medias
T1	49.50 A
T2	44.08 A
T3	39.10 A
T4	45.40 A

Tabla 13. Análisis de Varianza (ANAVA) para número de macollos por m² de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale* L).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
MACOLLO/m ²	0.46	0.10	21.59

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	31.34	3	10.4466667	1.78745247	0.219454	3.86254836
Tratamientos	13.18	3	4.39333333	0.75171103	0.54843495	3.86254836
Error	52.6	9	5.84444444			
Total	97.12	15				

Tratamientos	Medias	
T1	11.15	A
T2	9.80	A
T3	11.55	A
T4	12.30	A

Tabla 14. Análisis de Varianza (ANAVA) para altura de la planta de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale* L).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
ALTURA	0.62	0.36	15.19

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	1869.4892	3	623.163067	3.59950802	0.05893974	3.86254836
Tratamientos	640.4402	3	213.480067	1.23310134	0.3534435	3.86254836
Error	1558.1206	9	173.124511			
Total	4068.05	15				

Tratamientos	Medias	
T1	70.88	A
T2	85.05	A
T3	95.35	A
T4	96.45	A

Tabla 15. Análisis de Varianza (ANAVA) para rendimiento de materia seca de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Variable	R ²	R ² AJ	CV
MATERIA SECA	0.48	0.13	28.27

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	15.68625	3	5.22875	1.0011435	0.43583427	3.86254836
Tratamientos	3.03125	3	1.01041667	0.19346346	0.89822476	3.86254836
Error	47.005	9	5.22277778			
Total	65.7225	15				

Tratamientos	Medias	
T1	1764.14	A
T2	2169.58	A
T3	1881.59	A
T4	1874.67	A

Tabla 16. Análisis de Varianza (ANAVA) para rendimiento de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Variable	R ²	R ² AJ	CV
RENDIMIENTO MS	0.43	0.04	31.34

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	585165.563	3	195055.188	1.75770953	0.22492696	3.86254836
Tratamientos	153437.813	3	51145.9375	0.46089367	0.71641989	3.86254836
Error	998741.063	9	110971.229			
Total	1737344.44	15				

Tratamientos	Medias	
T1	9776.25	A
T2	12273.75	A
T3	10440.00	A
T4	10022.50	A

Tabla 17. Análisis de Varianza (ANAVA) para MS de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
RENDIMIENTO FV	0.61	0.34	6.37

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	3.16151875	3	1.05383958	0.77676327	0.53586187	3.86254836
Tratamientos	15.6057688	3	5.20192292	3.83422935	0.0508795	3.86254836
Error	12.2103563	9	1.35670625			
Total	30.9776438	15				

Tratamientos	Medias	
T1	19.10	A
T2	19.41	A
T3	17.08	A
T4	17.56	A

Tabla 18. Análisis de Varianza (ANAVA) para cenizas de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
CENIZAS	0.77	0.62	6.86

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.010625	3	0.00354167	0.01637239	0.99693178	3.86254836
Tratamientos	6.841875	3	2.280625	10.5428571	0.00265227	3.86254836
Error	1.946875	9	0.21631944			
Total	8.799375	15				

Tratamientos	Medias	
T1	6.75	B
T2	6.05	B
T3	7.88	A
T4	6.75	B

Tabla 19. Análisis de Varianza (ANAVA) para proteína de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Variable	R ²	R ² AJ	CV
PROTEÍNA	0.56	0.26	6.50

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.42911875	3	0.14303958	0.37220207	0.77515974	3.86254836
Tratamientos	3.93846875	3	1.31282292	3.41608526	0.06633299	3.86254836
Error	3.45875625	9	0.38430625			
Total	7.82634375	15				

Tratamientos	Medias	
T1	10.15	A
T2	9.01	A
T3	9.08	A
T4	9.89	A

Tabla 20. Análisis de Varianza (ANAVA) para extracto etéreo de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Variable	R ²	R ² AJ	CV
EXTRACTO ETEREO	0.75	0.59	5.13

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	1.17166875	3	0.39055625	5.00922751	0.02593302	3.86254836
Tratamientos	0.95706875	3	0.31902292	4.09174957	0.0512004	3.86254836
Error	0.70170625	9	0.07796736			
Total	2.83044375	15				

Tratamientos	Medias	
T1	5.23	A
T2	5.80	A
T3	5.20	A
T4	5.54	A

Tabla 21. Análisis de Varianza (ANAVA) para fibra bruta de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Variable	R ²	R ² AJ	CV
FIBRE BRUTA	0.88	0.80	1.78

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	2.995425	3	0.998475	3.83001779	0.05101189	3.86254836
Tratamientos	14.634675	3	4.878225	18.7122247	0.00033005	3.86254836
Error	2.346275	9	0.26069722			
Total	19.976375	15				

Tratamientos	Medias
T1	29.67 A
T2	27.87 B
T3	27.67 B
T4	29.68 A

Tabla 22. Análisis de Varianza (ANAVA) para ELN de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Variable	R ²	R ² AJ	CV
ELN	0.69	0.49	2.85

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	19.32541875	3	6.44180625	3.26021475	0.073512667	3.86254836
Tratamientos	20.63581875	3	6.87860625	3.48128036	0.063583148	3.86254836
Error	17.78295625	9	1.97588403			
Total	57.74419375	15				

Tratamientos	Medias
T1	48.20 A
T2	50.83 A
T3	49.84 A
T4	48.15 A

Tabla 23. Análisis de Varianza (ANAVA) para FDN de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
FDN	0.79	0.65	1.68

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	3.668525	3	1.22284167	0.99064316	0.44003829	3.86254836
Tratamientos	38.465925	3	12.821975	10.3872825	0.0027902	3.86254836
Error	11.109525	9	1.23439167			
Total	53.243975	15				

Tratamientos	Medias	
T1	67.58	A
T2	67.58	A
T3	63.79	B
T4	66.21	A

Tabla 24. Análisis de Varianza (ANAVA) para FDA de forraje verde de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
FDA	0.94	0.90	3.14

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.01126875	3	0.00375625	0.00213133	0.99985342	3.86254836
Tratamientos	245.560419	3	81.8534729	46.44445	8.4185E-06	3.86254836
Error	15.8615563	9	1.76239514			
Total	261.433244	15				

Tratamientos	Medias	
T1	48.83	A
T2	40.51	BC
T3	38.51	C
T4	41.24	B

Tabla 25. Análisis de Varianza (ANAVA) para MS de heno de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
MS	0.99	0.99	1.88

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.7732	3	0.25773333	0.75640775	0.54605522	3.86254836
Tratamientos	458.4222	3	152.8074	448.466249	4.1004E-10	3.86254836
Error	3.0666	9	0.34073333			
Total	462.262	15				

Tratamientos	Medias	
T1	24.60	D
T2	27.60	C
T3	33.90	B
T4	38.33	A

Tabla 26. Análisis de Varianza (ANAVA) para ceniza de heno de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
CENIZA	0.70	0.50	4.37

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.42945	3	0.14315	1.40411967	0.30394045	3.86254836
Tratamientos	1.6875	3	0.5625	5.5174105	0.019922	3.86254836
Error	0.91755	9	0.10195			
Total	3.0345	15				

Tratamientos	Medias	
T1	7.00	B
T2	7.00	B
T3	7.75	A
T4	7.50	AB

Tabla 27. Análisis de Varianza (ANAVA) para proteína de heno de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Variable	R ²	R ² AJ	CV
PROTEÍNA	0.99	0.99	1.48

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.04831875	3	0.01610625	0.61251816	0.62378049	3.86254836
Tratamientos	40.4578688	3	13.4859563	512.868797	2.2509E-10	3.86254836
Error	0.23665625	9	0.02629514			
Total	40.7428438	15				

Tratamientos	Medias	
T1	10.46	B
T2	10.37	B
T3	13.65	A
T4	09.45	C

Tabla 28. Análisis de Varianza (ANAVA) para extracto etéreo de heno de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*)

Variable	R ²	R ² AJ	CV
EXTRACTO ETÉREO	0.46	0.11	8.64

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.25321875	3	0.08440625	0.71506733	0.56736245	3.86254836
Tratamientos	0.66536875	3	0.22178958	1.87894245	0.20357705	3.86254836
Error	1.06235625	9	0.11803958			
Total	1.98094375	15				

Tratamientos	Medias	
T1	4.00	A
T2	4.22	A
T3	4.03	A
T4	3.66	A

Tabla 29. Análisis de Varianza (ANAVA) para fibra bruta de heno de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
FIBRA BRUTA	0.96	0.94	1.21

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.081525	3	0.027175	0.16136907	0.91966598	3.86254836
Tratamientos	41.337425	3	13.7791417	81.822532	7.5015E-07	3.86254836
Error	1.515625	9	0.16840278			
Total	42.934575	15				

Tratamientos	Medias	
T1	70.88	A
T2	85.05	C
T3	95.35	D
T4	96.45	B

Tabla 30. Análisis de Varianza (ANAVA) para ELN de heno de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
ELN	0.91	0.85	1.06

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.52375	3	0.17458333	0.80779908	0.52069324	3.86254836
Tratamientos	18.50215	3	6.16738333	28.5365534	6.2741E-05	3.86254836
Error	1.9451	9	0.21612222			
Total	20.971	15				

Tratamientos	Medias	
T1	42.59	B
T2	44.96	A
T3	43.30	AB
T4	44.91	A

Tabla 31. Análisis de Varianza (ANAVA) para FDN de heno de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
FDN	0.91	0.85	1.01

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.0593	3	0.09874167	0.16856106	0.91491969	3.86254836
Tratamientos	42.40215	3	14.1694083	24.1884771	0.00012149	3.86254836
Error	4.08705	9	0.58579167			
Total	46.5485	15				

Tratamientos	Medias		
T1	68.49	A	
T2	66.97		B
T3	64.31		C
T4	68.09	AB	

Tabla 32. Análisis de Varianza (ANAVA) para FDA de heno de cuatro genotipos de centeno (*Secale cereale L.*).

Variable	R ²	R ² AJ	CV
FDA	0.88	0.79	1.54

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloques	0.217275	3	0.072425	0.17544462	0.91034245	3.86254836
Tratamientos	25.848025	3	8.61600833	20.8716919	0.00021665	3.86254836
Error	3.715275	9	0.41280833			
Total	29.780575	15				

Tratamientos	Medias		
T1	43.66	A	
T2	40.26		C
T3	41.13		BC
T4	42.23		B

ANEXO 3. PANEL FOTOGRAFICO



Figura 8. Conteo de semillas germinadas



Figura 9. Instalación de parcelas



Figura 10. Evaluación de número de macollos por m²



Figura 11. Determinación de altura



Figura 12. Pesaje de muestras de heno



Figura 13. Verificación de muestras de heno



Figura 14. Pesaje y trituración de muestras de heno



Figura 15. Determinación de FDA

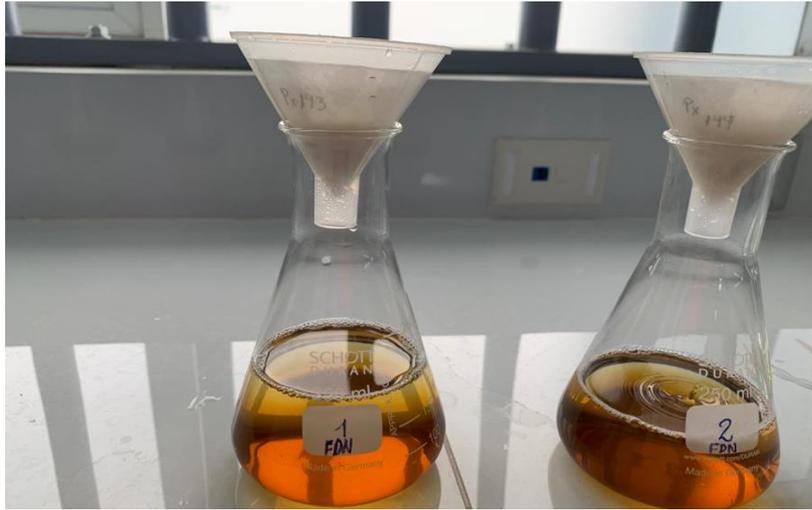


Figura 16. Determinación de FDN



Figura 17. Determinación de cenizas

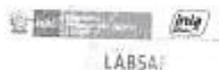


Figura 18. Determinación de proteína



Figura 19. Determinación de proteína

ANEXO 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO



INFORME DE ENSAYO SU0144-EEBI-22

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente: PNI PASTOS Y FORRAJES
 Propietario / Productor: CESAR GARCIA
 Dirección del cliente:
 Solicitado por: Cliente
 Muestreado por:
 Número de muestra(s): 1
 Producto declarado: Suelo Agrícola
 Presentación de las muestra(s): Bolsas de plástico
 Referencia del muestreo: Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s): PROGRESO- LA TOMA- LA ENCAÑADA- CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo:
 Fecha de recepción de muestra(s):
 Lugar de ensayo: LABSAF Baños del Inca
 Fecha(s) de análisis:
 Colocación del servicio: DD EEAB-2022
 Fecha de emisión:

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM		1			
Código de Laboratorio		SU0144-EEBI-22			
Matriz Analizada		Suelo			
Fecha de Muestreo					
Hora de inicio de Muestreo (h)					
Condición de la muestra		Conservada			
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente		Progreso- La Toma			
Ensayo	Unidad	LC	Resultados		
pH	unif. pH	--	5		
Aluminio	%	--	0		
Materia Orgánica	%	--	11.43		
Fósforo	ppm	--	58		
Potasio	ppm	--	208		
Análisis de Textura					
arena	%		66		
Limo	%		18		
Arcilla	%		16		
Clase Textural			FRANCO ARENOSO		

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 8045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002), Item 7.1.7 AS-01 2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de dispersión
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002), Item 7.1.7 AS-01 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black
Fósforo	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002), Item 7.1.7 AS-01 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de molybde y Black
Potasio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002), Item 7.1.7 AS-01 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingresó la Muestra: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente
- Los resultados se relacionan solamente con los datos sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente
- El Laboratorio no es responsable cuando la información de los resultados
- Medición de pH realizada a 25 °C

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS
 Estación Experimental Agraria Baños del Inca

Inés María Chávez Cabrera
 Responsable del Laboratorio de Suelos