

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**



**“PATRONES DE CRECIMIENTO, MORFOLOGÍA, PRODUCCIÓN,
ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y ARQUITECTURA DE PLANTA EN
CINCO POBLACIONES DE *Festuca dolichophylla*”**

**Presentada por:
YSAI PAUCAR SULLCA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN CIENCIA ANIMAL**

Lima – Perú

2024

Tesis DCA Posgrado 2024-01

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

12%

★ Y. Paucar, Enrique Ricardo Flores Mariazza, Paul Herber Mayhua Mendoza, Teodoro Bill Yalli Huamani et al. "Tasa de sobrevivencia y patrones de crecimiento en poblaciones de Festuca dolichophylla bajo condiciones similares", Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2023

Publicación

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**

**“PATRONES DE CRECIMIENTO, MORFOLOGÍA, PRODUCCIÓN,
ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y ARQUITECTURA DE PLANTA EN
CINCO POBLACIONES DE *Festuca dolichophylla*”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

**Presentada por:
Ysai Paucar Sullca**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado

Ph.D. José Alberto Barrón López

PRESIDENTE

Ph.D. Lucrecia Aguirre Terrazas

ASESORA

Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez

MIEMBRO

Ph.D. Raúl Humberto Blas Sevillano

MIEMBRO

Ph.D. Andrés Corsino Estrada Zúñiga

MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

Para los más queridos, cariñosos, ocurrentes y traviosos. Con mucho amor y cariño para Midory Lizberth y Neyzan Ysai, mis hijos.

Ysai Paucar.

AGRADECIMIENTO

Los resultados de esta investigación no se hubieran logrado sin el apoyo constante de los siguientes, a los cuales les estoy agradecido infinitamente:

- Un agradecimiento especial al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), convenio de subvención 178-2015-FONDECYT, por el apoyo económico durante mis estudios de doctorado en la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- A Lucrecia Aguirre Terrazas, mi asesora, por su apoyo y guía en la elaboración, ejecución del proyecto de investigación y la redacción del presente documento.
- A Enrique Ricardo Flores Mariazza, por sus sugerencias y aportes durante la redacción del presente documento.
- A Juana Sullca Boza y Mario Paucar Araujo (mis padres), por permitir el desarrollo del experimento en sus áreas de pastoreo.
- A Teodoro Bill Yalli Huamaní y Gregorio Fructuoso Argote Quispe, por su colaboración durante la obtención de las matas de *Festuca dolichophylla*.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	PASTIZALES ALTOANDINOS	3
2.2.	PASTIZALES NATURALES Y CAMBIO CLIMÁTICO	4
2.3.	GRAMÍNEAS E HISTORIA DE VIDA	5
2.4.	ECOTIPOS	8
2.5.	<i>Festuca dolichophylla</i>	9
2.5.1.	Características morfológicas y nutricionales	10
2.5.2.	Importancia como planta forrajera	11
2.5.3.	Aspectos genéticos	12
2.6.	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES EN LA DESCRIPCIÓN DE PLANTAS	12
2.6.1.	Patrones de crecimiento	13
2.6.2.	Características morfológicas	15
2.6.3.	Características productivas	18
2.6.4.	Asignación de recursos	19
2.6.5.	Arquitectura de planta	21
2.7.	MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PLANTAS	22
2.7.1.	Mejoramiento genético de pastizales	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1.	ÁMBITO DE ESTUDIO	25
3.1.1.	Parcela Experimental	26
3.2.	POBLACIONES Y MUESTRAS	26
3.3.	INSTALACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL	30
3.3.1.	Corte de Uniformización	31
3.4.	TASA DE SOBREVIVENCIA Y PATRONES DE CRECIMIENTO	32
3.4.1.	Mediciones y Monitoreo	32
3.4.2.	Análisis Estadístico	33
3.5.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS	33
3.5.1.	Mediciones y Monitoreo	33
3.5.2.	Análisis Estadístico	35
3.6.	ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y ARQUITECTURA DE PLANTA	36
3.6.1.	Asignación de Recursos y Arquitectura de Planta	36

3.6.2.	Análisis Estadístico	37
3.7.	PROCESAMIENTO DE DATOS	38
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1.	TASA DE SOBREVIVENCIA Y PATRONES DE CRECIMIENTO	39
4.1.1.	Tasa de Supervivencia	39
4.1.2.	Patrones de Crecimiento	40
4.2.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS.....	47
4.2.1.	Características Morfológicas	47
4.2.2.	Características Productivas y Asignación de Recursos en la Parte Aérea.....	51
4.2.3.	Características de Calidad Forrajera.....	53
4.3.	ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y ARQUITECTURA DE PLANTA	55
4.3.1.	Asignación de Recursos	55
4.3.2.	Arquitectura de Planta	57
V.	CONCLUSIONES	59
VI.	RECOMENDACIONES	60
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
VIII.	ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de los pastizales naturales en el Perú por regiones naturales.	3
Tabla 2: Características nutricionales (%) de <i>Festuca dolichophylla</i> en diferentes épocas y edades.	11
Tabla 3: Descriptores morfológicos cuantitativos.	17
Tabla 4: Descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos.	18
Tabla 5: Características del suelo de la parcela experimental (n=6).	26
Tabla 6: Localización de las matas en cada población.	27
Tabla 7: Promedios y rango de altitud, precipitación anual y temperatura media del lugar de origen de las diferentes poblaciones.	28
Tabla 8: Promedio (rango) de características químicas de los suelos de origen.	30
Tabla 9: Variables monitoreadas para tasa de sobrevivencia y patrones de crecimiento.	32
Tabla 10: Características morfológicas, productivas y de calidad forrajera.	34
Tabla 11: Variables estudiadas para la asignación de recursos de plantas individuales.	37
Tabla 12: Porcentaje de la tasa de sobrevivencia y error estándar de diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	39
Tabla 13: Altura de planta en mm (error estándar) de diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	40
Tabla 14: Número de tallos/planta (error estándar) de diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	42
Tabla 15: Número de hojas/planta (error estándar) de diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	44
Tabla 16: Características de hoja (error estándar) en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	48
Tabla 17: Características de tallo (error estándar) en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	49
Tabla 18: Características de inflorescencia (error estándar) en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	49

Tabla 19: Características productivas (error estándar) en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.....	52
Tabla 20: Acumulación de materia seca en la parte aérea (error estándar) en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	53
Tabla 21: Características relacionadas con calidad forrajera (error estándar) en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	54
Tabla 22: Distribución de materia seca (error estándar) en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	56
Tabla 23: Porcentajes de acumulación de materia seca (error estándar) en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	57
Tabla 24: Porcentaje de acumulación de materia seca (error estándar) a lo largo de la arquitectura de planta en diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de ciclos de vida anual, bianual y perenne en plantas.	7
Figura 2: Matas típicas de <i>Festuca dolichophylla</i>	10
Figura 3: Organización de una gramínea.	14
Figura 4: Patrones de ramificación en gramíneas.	21
Figura 5: Climograma del área de estudio (CCPH).	25
Figura 6: Precipitación histórica de las poblaciones de estudio.	29
Figura 7: Temperatura histórica en las poblaciones de estudio.	29
Figura 8: Distribución de plantas experimentales y plantas para controlar el efecto borde.	31
Figura 9: Tasa de crecimiento de diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	41
Figura 10: Tasa de aparición de tallos de diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	43
Figura 11: Tasa de aparición de hojas de diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	45
Figura 12: Patrones de crecimiento de diferentes poblaciones de <i>Festuca dolichophylla</i> bajo similares condiciones.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Base de datos de tasas de sobrevivencia.	70
Anexo 2: Análisis de varianza de tasas de sobrevivencia.	70
Anexo 3: Base de datos de patrones de crecimiento (número de hojas por planta).	71
Anexo 4: Análisis de varianza para número de hojas/planta (diciembre).	73
Anexo 5: Base de datos de características morfológicas.	73
Anexo 6: Análisis de varianza para características morfológicas (longitud de inflorescencia).	75
Anexo 7: Base de datos de asignación de recursos.	76
Anexo 8: Análisis de varianza de asignación de recursos (materia seca de hoja).	76
Anexo 9: Base de datos de arquitectura de planta.	77
Anexo 10. Análisis de varianza de arquitectura de planta (%MS, 1 pulgada).	87
Anexo 11: Correlación entre el número inicial de hojas y características morfológicas. ...	88
Anexo 12: Correlación entre el número inicial de hojas y características productivas.	88
Anexo 13: Correlación entre el número inicial de hojas y la materia seca de los diferentes órganos de la planta.	89
Anexo 14: Fotografía de la parcela experimental.	89
Anexo 15: Colección de matas y división en macollos de las diferentes poblaciones.	90
Anexo 16: Medición de características morfológicas.	90
Anexo 17: Determinación de materia seca de inflorescencia, hoja y tallo-vaina.	91
Anexo 18: Medición de arquitectura de planta.	91
Anexo 19: Determinación de materia seca.	92
Anexo 20: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de <i>Festuca dolichophylla</i>	93

RESUMEN

Para alimentar a una población humana creciente es necesario incrementar la producción animal y vegetal; el aumento del número de animales generaría mayor demanda de pastizales y pasturas, satisfacer esto es un reto para los especialistas en este campo. Por ello el objetivo fue estudiar los patrones de crecimiento, morfología, producción, asignación de recursos y arquitectura de planta en cinco poblaciones de *Festuca dolichophylla* en condiciones similares. Se trabajó con cinco matas de cada población: Comunidad Campesina Pastales Huando – Huancavelica (CCPH), Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc – Universidad Nacional de Huancavelica (CIDCSL), así como de las regiones de Junín, Pasco y Puno. Cada mata se dividió en seis plantas, se instalaron en un suelo uniforme de la CCPH y luego de 12 meses de establecimiento se estimó la tasa de sobrevivencia y se realizó el corte de uniformización. Los patrones de crecimiento fueron monitoreados durante el periodo de crecimiento (cinco meses); las características morfológicas, productivas, asignación de recursos y arquitectura de planta se evaluaron después del periodo de crecimiento. Las tasas de sobrevivencia fueron desde 43.3% en plantas del CIDCSL hasta 96.7% en plantas de Puno ($p < 0.05$); las características de patrones de crecimiento, morfología, producción y arquitectura de planta mostraron diferencias entre poblaciones ($p < 0.05$) en la mayoría de los casos; en cambio no se evidenció diferencias en la asignación de recursos ($p > 0.05$), *Festuca dolichophylla* asigna el 14%, 18%, 29%, 35% y 4% de la materia seca a la raíz, corona, tallo, hojas e inflorescencia respectivamente. Todas las características mostraron elevadas variabilidades; la variabilidad y diferencias se deberían a la diferente constitución genética de cada población, ya que el ambiente fue similar. Estos resultados son importantes para la elaboración de un posible plan de mejoramiento genético o toma de decisiones de su uso en procesos de revegetación.

Palabras clave: *Festuca dolichophylla*, sobrevivencia, morfología, producción, asignación de recursos, arquitectura de planta.

ABSTRACT

To feed a growing human population it is necessary to increase animal and plant production; The growth in animal number would generate greater demand for grasslands and pastures; to satisfy this demand is a challenge for specialists in this field. Therefore, the aim of this research was to study the growth patterns, morphology, production, resources allocation and plant architecture in five populations of *Festuca dolichophylla* under similar conditions. We worked with five bushes from each population: Comunidad Campesina Pastales Huando - Huancavelica (CCPH), Lachocc South American Camelid Research and Development Center - National University of Huancavelica (CIDCSL), as well as from the regions of Junín, Pasco and Puno. Each bush was divided into six plants, they were installed in a uniform CCPH soil and after 12 months of establishment the survival rate was estimated and the uniformization cut was made. Growth patterns were monitored during the growth period (five months); morphological, and productive characteristics, resource allocation and plant architecture were evaluated after the growth period. Survival rates were from 43.3% in CIDCSL plants to 96.7% in Puno plants ($p < 0.05$); the characteristics of growth patterns, morphology, production and plant architecture showed differences between populations ($p < 0.05$) in most cases; on the other hand, no differences were evident in the resources allocation ($p > 0.05$), *Festuca dolichophylla* allocates 14%, 18%, 29%, 35% and 4% of the dry matter to the root, crown, stem, leaves and inflorescence respectively. All characteristics showed high variability; the variability and differences would be due to the different genetic constitution of each population, since the environment was similar. These results are important for the development of a possible genetic breeding plan or decision-making regarding its use in revegetation processes.

Key words: *Festuca dolichophylla*, survival, morphology, production, resource allocation, plant architecture.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos por la humanidad es creciente debido al incremento de la población (Estell *et al.* 2012); para cubrir esta demanda es indispensable incrementar la producción animal y vegetal; en el caso particular de la demanda por alimentos de origen animal, este va acompañado de un incremento de la población de animales, lo cual trae consigo el aumento en la demanda de una buena producción forrajera en ecosistemas naturales como son los pastizales, Estell *et al.* (2012) estimaron que se necesitarían 3.2 billones de toneladas de forraje por año para los animales que se incrementarán en todo el mundo.

A este escenario se añade los efectos negativos del cambio climático sobre los pastizales, recurso forrajero determinante en la producción animal. Flores (2016) ha previsto para la región altoandina, que en el futuro se incrementará áreas con especies arbustivas y disminuirá los pajonales, debido a la degradación de tierras y al cambio climático. La variación en los patrones de temperatura y precipitación afectarían principalmente la composición de los pastizales y repercutiría negativamente en el aporte de la ganadería a la economía y la seguridad alimentaria. Por ello, mejorar la producción de forraje es un reto muy importante para los especialistas de esta área, más teniendo en cuenta los efectos negativos del cambio climático.

La mayoría de los pastizales en el Perú está dominada por pajonales, compuesto por especies de los géneros *Festuca*, *Stypa* y *Calamagrostis*. La *Festuca dolichophylla* es una de las gramíneas representativas y promisorias de los pajonales de puna y está ampliamente distribuida en el Perú (Tovar 1993); además tiene una alta presencia en la dieta de vacunos, alpacas y ovinos (Flórez Martínez *et al.* 1992) y se considera una fuente importante de nutrientes en la alimentación de animales en la puna. La *Festuca dolichophylla* es una de las especies con mayor producción de forraje en los ecosistemas altoandinos, además tiene un rápido crecimiento y soporta el pastoreo. Para maximizar el aprovechamiento de esta especie es necesario conocer las potencialidades que podrían albergar poblaciones provenientes de diferentes zonas geográficas y posteriormente utilizar tecnologías de mejoramiento genético para su adecuado aprovechamiento.

Información que incluya caracterizaciones detalladas de atributos productivos relevantes de gramíneas promisorias es de vital importancia, por cuanto esto puede contribuir al planteo de planes o programas de mejoramiento genético de especies con potencial forrajero. Por ello esta investigación tuvo como objetivo estudiar los patrones de crecimiento, morfología, producción, asignación de recursos y arquitectura de planta en cinco poblaciones de *Festuca dolichophylla* en condiciones similares, como base para el diseño de un plan de mejoramiento genético.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PASTIZALES ALTOANDINOS

Los pastizales altoandinos son áreas cubiertas por vegetación de porte bajo cuya época de crecimiento coincide con la época de lluvias. La riqueza y diversidad vegetal en los pastizales naturales es enorme, encontrándose distintos tipos de pastizales o sitios ecológicos: pajonales, césped de puna, bofedales, tolares y canllares. En el Perú, según los resultados del IV censo nacional agropecuario (INEI 2012), se muestra que existe un total de 18 millones de ha de pastos naturales; de los cuales el 86% se encuentra en la sierra, tal como se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla 1: Distribución de los pastizales naturales en el Perú por regiones naturales.

Región	Área (ha)	Porcentaje
Costa	1729745	9.6
Sierra	15550746	86.3
Selva	738303	4.1
Total	18018795	100.0

Fuente: Adaptado de INEI (2012).

La puna es una combinación de pajonales, césped de puna y bofedales de alta montaña y cumplen un rol clave en la economía y seguridad alimentaria por los bienes y servicios que provee a la sociedad (Flores 2016); estos ecosistemas son prácticamente el único sustento alimenticio para la producción animal (alpacas, llamas, ovinos y vacunos principalmente) en estas zonas.

Existen diferentes tipos de pastizal: Pajonales, césped de puna, bofedales, tolares y canllares (MINAGRI 2012), los cuales también son conocidos como sitios ecológicos; de estos los pajonales, césped de puna y bofedales son los más importantes por su uso en la alimentación de animales al pastoreo.

Los pajonales son áreas dominados por gramíneas perennes generalmente de porte alto, los géneros más representativos de estos ecosistemas son *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*; entre

las especies más conocidas tenemos a *Festuca dolichophylla*, *Festuca weberbaueri*, *Calamagrostis antoniana*, *Calamagrostis recta*, *Stipa ichu* y *Stipa obtusa*. El bofedal, conocido también como “oqonales”, son ecosistemas con suelos permanentemente húmedos y a la vista se observa un gran verdor de las plantas; las especies más comunes son: *Distichia muscoides*, *Plantago rígida*, *Alchemilla pinnata* e *Hipochaeris taraxacoides*. El césped de puna se caracteriza por presentar plantas de porte bajo, arrosetadas (hojas muy juntas y pegadas casi al ras del suelo) y plantas de porte almohadillado; los géneros más representativos son *Pycnophyllum*, *Azorella*, *Aciachne* y *Werneria*; mientras que *Pycnophyllum molle*, *Azorella diapsoides* y *Calamagrostis vicunarum* son las especies más conocidas.

2.2. PASTIZALES NATURALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Uno de los retos que el cambio global actual nos enfrenta es cómo proveer una nutrición adecuada a una población mundial creciente en condiciones de cambio climático y pérdida continua de hábitat. Para afrontar este reto será necesario un amplio rango de material genético para crear nuevas variedades requeridas y los parientes silvestres de cultivares serán un recurso importante de dicha variación (Heywood 2008).

La estructura y función de los diferentes tipos de pastizales está siendo afectado seriamente por la degradación de tierras y el cambio climático, esto es preocupante, no solo en el Perú sino en todo el mundo. Bedunah y Angerer (2012) encontraron que una gran proporción de las tierras secas del mundo presentan cierta degradación, cuyas consecuencias directas incluyen mayores tasas de erosión, pérdida de biodiversidad y reducción de la fertilidad y productividad del suelo. En el Perú Flores (2016) ha previsto la reducción de pajonales y bofedales, en su lugar incrementarían las especies arbustivas en el periodo del 2010 al 2100; con una consiguiente reducción en la capacidad de carga animal de estas áreas.

Para hacer frente a estos efectos negativos es necesario la adopción de diferentes estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático. Sin embargo, a pesar de que los ganaderos adoptaron estrategias de adaptación como la acumulación de ganado y la adhesión a la economía tradicional (hogares más pudientes), los hogares menos pudientes buscan una mayor integración en la economía de mercado y la diversificación de activos; estos hallazgos fueron mostrados por López-i-Gelats *et al.* (2015) en un estudio en Huancavelica. Aún se

requiere de estrategias y acciones para el manejo sostenible, adaptación y mitigación que deben desarrollarse como un trabajo multidisciplinar e interinstitucional. Las estrategias propuestas por Flores (2016) son el desarrollo de capacidades, generación de conocimientos y tecnologías, institucionalidad y gobernanza, económica y ecológica.

Para la generación de conocimientos y tecnologías en el manejo de pastizales es necesario realizar estudios minuciosos y detallados de las diferentes posibilidades en los campos del manejo y conservación de suelos, manejo de aguas, manejo del ganado y mejoramiento genético de especies. La gran ventaja de los pastizales naturales es su gran variabilidad en número de especies y también la variabilidad dentro de cada especie. El mejoramiento genético explota la variabilidad existente en la población para poder seleccionar los mejores individuos en características de interés específicos (producción, calidad nutritiva, sobrevivencia, tasas de crecimiento, resistencia a estrés hídrico, resistencia a heladas).

La mejora genética de las especies de pastizales naturales es una herramienta muy útil y contribuiría en el proceso de adaptación y mitigación del cambio climático. Un ejemplo es el estudio de Namur y Blanco (2018) en *Trichloris crinita*, una gramínea nativa de Argentina, en la que diferentes poblaciones mostraron comportamiento diferencial en suelo salino. La variabilidad genética y fenotípica son la base fundamental para iniciar un proceso de selección o conservación en especies nativas.

2.3. GRAMÍNEAS E HISTORIA DE VIDA

La teoría de evolución de historia de vida ha proveído un marco de referencia para comprender la variación intraespecífica (Stearns 1989, Partridge y Harvey 1988, Salguero-Gómez *et al.* 2018, Stearns 1992) y de cómo ciertas poblaciones han logrado permanecer a lo largo de los años, mientras que otras han desaparecido. La variación en la historia de vida de las plantas y las características funcionales entre especies y dentro de especies tiene importantes consecuencias ecológicas, en que las particularidades de un ambiente imponen fuertes presiones de selección y desempeñan un papel vital sobre los ciclos de vida (Liu *et al.* 2017).

Las características de historia de vida como el tamaño de un organismo, edad de la madurez reproductiva, el número y tamaño de la descendencia producida (Morris 2009, Stearns 1992)

son importantes para comprender cómo la selección natural ha llevado a características coadaptadas que son consideradas adaptaciones complejas que evolucionaron para maximizar el fitness o eficacia biológica (Braendle *et al.* 2011). La eficacia biológica se refiere al número promedio de descendientes producidos por los individuos; esto puede obtenerse multiplicando la viabilidad por la fertilidad.

La asignación de los recursos limitados a la reproducción es una característica común de las plantas, los rasgos adaptados de la historia de vida funcionan como adaptaciones que evolucionaron para maximizar su fitness (Cheplick 2020) y que la planta pueda perpetuar su existencia.

Para plantas, los recursos como energía disponible o biomasa son típicamente asignados a las funciones competitivas de crecimiento, mantenimiento y reproducción (Kleyer y Minden 2015, Bazzaz *et al.* 2000). Así, las diferentes especies y poblaciones dentro de cada especie tendrán diferente asignación de recursos a los diferentes órganos y esta dependerá de los regímenes de temperatura, precipitación, humedad, suelo, agua y pastoreo principalmente.

Bertiller *et al.* (1995) mostraron una relación entre características del suelo asociadas a los niveles de precipitación (textura, profundidad) con la cobertura de *Festuca pallescens* y especies arbustivas; la cobertura de *Festuca pallescens* está fuertemente relacionada con el contenido de arcilla en la capa superior del suelo, la profundidad y el aspecto.

Las gramíneas pueden tener diferentes formas de vida, dentro de ellos podemos tener gramíneas anuales, bianuales y perennes. Las gramíneas anuales completan su crecimiento y reproducción en el periodo de un año y la producción de semillas son la forma más importante de reproducción; mientras que las bianuales completan su ciclo a partir de 2 años a más, pero realizan solo un ciclo, como se detalla en la siguiente figura.

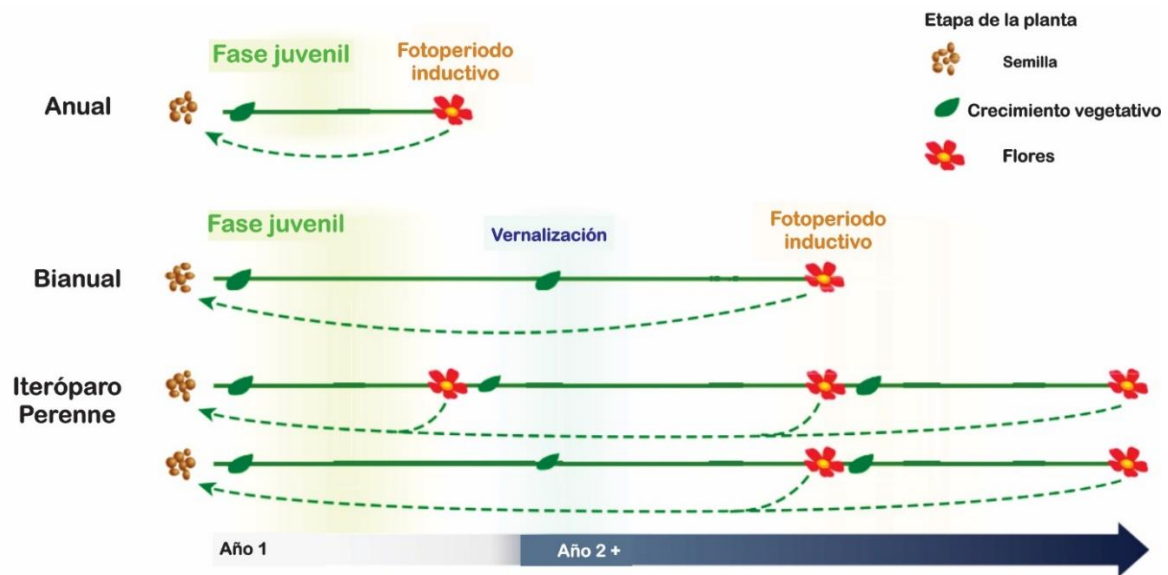


Figura 1: Diagrama de ciclos de vida anual, bianual y perenne en plantas.

Fuente: Adaptado de Friedman (2020).

Las gramíneas perennes crecen y completan su ciclo reproductivo a partir de dos años a más y su principal forma de reproducción es de tipo vegetativo; la formación de nuevos macollos es muy importante. Según Friedman (2020) estas formas de vida están asociados con medios ambientes particulares, encontrándose especies anuales en ambientes impredecibles y con mayor variabilidad, mientras que las especies perennes se encuentran en ambiente más estables.

Actualmente hay poca información respecto a la asignación de recursos a la reproducción en gramíneas perennes como un componente de la estrategia de partición evolucionado para optimizar la reproducción sexual o acerca de cómo la asignación de recursos puede estar asociado alométricamente al tamaño vegetativo (Cheplick 2020).

La historia de vida y morfología de las gramíneas es bastante simple; los eventos de vida son la germinación, establecimiento de plántulas, la reproducción, el patrón estacional de crecimiento y la hibernación (Sugiyama 1986). El mismo autor estudió la historia de vida en *Festuca arundinacea* Schreb. y mostró que la tasa de germinación y porcentaje de germinación mostraron diferencias entre poblaciones naturales, mostrando mayores valores las poblaciones de zonas más bajas; poblaciones de climas fríos suelen tener mayor acumulación de materia seca a su sistema radicular, evidenciado en una correlación negativa (-0.859) entre el ratio raíz:brote y la temperatura; referido a la reproducción, plantas de zonas

más bajas presentaron mayor espigado, mostrando una correlación de -0.62 entre el espigado de las plantas y la latitud. Además, se mostró elevada variabilidad para las características estudiadas, esto evidencia que, dentro de una misma especie, las condiciones ambientales pueden moldear la forma de crecimiento de cada población.

Cheplick (2020) hizo un estudio en *Tridens flavus*, una gramínea perenne y cespitosa; encontró que la asignación de recursos a reproducción estuvo correlacionada positivamente con la aptitud (fitness). Estos resultados ilustran cómo la diferenciación entre poblaciones en la asignación de recursos a la reproducción y la partición puede ser revelado únicamente en ambientes específicos; la elevada inversión de recursos para la producción de semillas es importante para el reclutamiento y la expansión de pastos perennes cespitosos en hábitats en procesos de sucesión.

Estudios realizados por Dong *et al.* (2012) muestran que especies exóticas tienen mayor asignación de biomasa a las raíces que las especies nativas y las especies nativas tienen mayor asignación de biomasa a la corona en comparación a las especies exóticas. Además, la sequía disminuye la asignación de recursos hacia rizomas. De forma similar Wilsey y Wayne (2006) encontraron que la productividad de la parte aérea fue menor y la asignación de biomasa a raíces fueron mayores en los pastos nativos que en pastos introducidos.

2.4. ECOTIPOS

Ecotipo puede definirse como poblaciones dentro de una misma especie que tienen libre polinización, adaptados a condiciones ambientales particulares y, además, están genéticamente diferenciados y expresan fenotipos distintos. La diferente expresión de fenotipos se debería a la interacción del genotipo con el medio ambiente (González y Rojas 2014). Los factores que contribuyen a la formación de ecotipos son el medio ambiente y los cambios a nivel genético dentro de cada población en una misma especie. El componente ambiental implica el suelo (características físicas y químicas), regímenes de temperatura y precipitación, altitud y radiación principalmente; el cambio en la constitución genética sería provocado por polinización cruzada que genera alta variabilidad (proceso de recombinación).

El pastoreo también puede generar diferentes ecotipos; tal es el caso de la *Festuca idahoensis* reportado por Jaindl *et al.* (1994); donde colecciones de áreas sobrepastoreadas muestran un menor tamaño y menor crecimiento relativo que las que provienen de áreas protegidas (sin pastoreo). Se podría especular, que el pastoreo puede generar ecotipos; pero Matlaga y Karoly (2004) demostraron que no hubo diferencias genéticas entre *Festuca idahoensis* procedentes de áreas clausuradas (60 años) y áreas con pastoreo. En pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) también se logró diferenciar ecotipos teniendo en cuenta las características morfológicas, esto fue reportado por Morales *et al.* (2008) en México.

2.5. *Festuca dolichophylla*

Festuca dolichophylla es una gramínea perenne ampliamente distribuida en el Perú, Bolivia y Argentina; en el Perú es una de las especies más comunes de los pajonales y se distribuye ampliamente en la puna (4000 a 4800 m s.n.m.) y es parte de los ecosistemas naturales denominados pajonales.

Taxonómicamente la *Festuca dolichophylla* pertenece a la familia Poaceae dentro del reino vegetal:

- Reino : Plantae.
- División: Magnoliophyta.
- Clase : Liliopsida.
- Subclase: Commelinidae.
- Orden : Poales.
- Familia : Poaceae.
- Subfamilia: Pooidea.
- Tribu : Poeae.
- Género : Festuca.
- Especie : *Festuca dolichophylla*.

Esta gramínea es de porte alto, pudiendo medir hasta 1.0 m de altura; además suele crecer en matas y cubriendo el territorio por medio del incremento de macollos. El color de las hojas puede tener diferentes tonalidades; algunas plantas presentan mayor presencia de tallos, que pueden distinguirse fácilmente; esto puede observarse en la siguiente figura.



Figura 2: Matas típicas de *Festuca dolichophylla*.

- a) Planta con una coloración más clara, con tallos más delgados, b) planta con coloración más oscura y tallos más gruesos.

2.5.1. Características morfológicas y nutricionales

Tovar (1993) ha descrito la *Festuca dolichophylla* como una especie amacollada, con cañas de 50-70 cm de altura; lígula menor de 1 mm de largo, membranácea, ciliada; con láminas foliares de 10-35 cm de largo, generalmente sobrepasa al tallo y panoja, algo rígidas, de ápice agudo o algo subulado, involutas; la lámina superior de la caña algo aplanada, finamente pubescente en el haz, los pelos cortos y algo densos; panoja de 9-17 cm de largo, contraída, angosta, con las ramas adpresas o adpreso-ascendentes, desnudas en la base en una corta distancia; espiguillas 4-5 floras, de 9-11 mm de largo, con pedicelos glabrescentes; glumas desiguales, agudas o subagudas, glabras, la inferior de 3-3.5 mm de largo y la superior de 3.8-5 mm de largo; lema inferior de 6-7 mm de largo, oblongo-lanceolada, a veces ligeramente acuminada o brevemente aristada, finamente escabrosa hacia el ápice.

El contenido nutricional de la *Festuca dolichophylla* varía en función de la época y la edad. El contenido proteico es mayor en la época de lluvias que en la época seca y esta disminuye a medida que la planta incrementa en edad; el contenido proteico más alto se muestra a la

tercera semana de edad, en ambas épocas (seca, lluvias) y a medida que la planta empieza a madurar el contenido proteico desciende hasta los valores más bajos, 5.3% en la semana quince para la época de lluvias y 5.9% de proteína para la semana doce de la época seca. Estos detalles pueden visualizarse en el siguiente cuadro.

Tabla 2: Características nutricionales (%) de *Festuca dolichophylla* en diferentes épocas y edades.

Época	Edad (semanas)	Materia orgánica	Proteína cruda	Fibra detergente neutra	Fibra detergente ácida	Lignina
Lluvias	3	80.5	18.4	49.3	29.9	7.1
	6	82.2	14.9	51.8	31.4	6.3
	9	85.5	14.0	63.8	31.9	7.6
	12	88.4	7.0	66.2	36.8	8.9
	15	96.3	5.3	79.9	42.7	10.1
Seca	3	88.2	10.4	36.3	28.1	5.5
	6	89.5	9.0	45.8	28.3	5.7
	9	87.5	8.5	59.8	33.7	5.6
	12	90.1	5.9	61.2	32.2	7.1
	15	88.7	6.1	70.6	35.7	9.3

Fuente: Adaptado de Merlo Maydana *et al.* (2019).

El contenido de fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina se incrementan con la edad de la planta. Mostrándose menor calidad nutricional a medida que la planta va madurando; esto es de gran importancia, para decidir el momento de pastoreo en pastizales dominados por esta especie y que se pueda tener un mejor aprovechamiento de los nutrientes de esta especie.

2.5.2. Importancia como planta forrajera

Esta especie es de gran importancia para la producción animal, no solo por su abundante presencia y amplia distribución, sino también por ser una de las especies con abundante producción forrajera. Las alpacas, llamas, ovinos y vacunos criados en las zonas altoandinas tienen a la *Festuca dolichophylla* como parte importante de su dieta; ya que esta especie es muy deseable para estos animales.

Festuca dolichophylla puede ser usada también en la preparación de ensilado con resultados muy prometedores (Paucar *et al.* 2016, Choque y Vilca 2013). La conservación de forraje en la forma de ensilado contribuye a cubrir las deficiencias alimenticias para las épocas de escasez (sequía) en la zona altoandina.

2.5.3. Aspectos genéticos

Existen escasos reportes de caracterización fenotípica y genotípica de *Festuca dolichophylla* en el Perú. En Costa Rica, Pohl y Davidse (1971), describieron el número de cromosomas de gramíneas; encontrando que *Festuca dolichophylla* es diploide ($2n=42$).

En Bolivia, Ustariz Olivera (2019) realizó un estudio para determinar las relaciones filogenéticas en gramíneas nativas y determinar la diversidad genética. El análisis filogenético basado en regiones de secuencias de ADN nuclear (ITS, *CEN*, *Acc1*) y ADN cloroplastídico (*matK*) revelaron que la *Festuca* Boliviana se derivó del ancestro común del linaje de hojas finas del subgénero *Festuca*; además, todas las *Festucas* Bolivianas se encuentran en un mismo grupo y pertenecen al clado II de la subtribu *Loliinae*. Los resultados de diversidad genética utilizando 12 marcadores EST-SSR en 43 poblaciones indicaron la ausencia de una estructura poblacional clara; cuatro pares de cebadores (FES 04, FES 13, FES 24 y NFA 142) mostraron el punto más alto de polimorfismo y diversidad genética, lo cual indican su posible uso en futuros estudios de genética de poblaciones y estos podrían ser útiles para buscar el desarrollo de estrategias efectivas de manejo y conservación de especies nativas en peligro de extinción en la *Festuca* Boliviana.

Para las especies que se encuentran en nuestro país aún es necesario realizar estudios de cariotipo, filogenia y diversidad genética, que son muy importantes para la toma de decisiones en procesos de conservación o mejoramiento genético.

2.6. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES EN LA DESCRIPCIÓN DE PLANTAS

La caracterización de recursos fitogenéticos es la determinación de un grupo de variables mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar taxonómicamente a las plantas, algunos caracteres pueden ser altamente heredables; la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de cultivos y la conservación (Hernández Villareal 2013). El objetivo de la caracterización de recursos fitogenéticos es medir la variabilidad de una colección mediante el uso de características específicas.

La caracterización morfológica se define como la descripción de la forma a partir de un conjunto de caracteres cuantitativos y cualitativos que nos permiten conocer sus características de las especies en un ambiente determinado. Por otro lado, podemos hablar

de una caracterización genética que implica el conocimiento de la constitución genética de un individuo.

Un trabajo en *Brachiaria brizantha* mostró variabilidad fenotípica, esta actividad de caracterización es importante y permitió determinar que la mayor variación se mostró en las variables cuantitativas; por ello se sugiere realizar esta actividad como etapa inicial en la evaluación, así como ensayos que evalúen sus potencialidades para indicadores agroproductivos de interés, con fines de selección (Olivera *et al.* 2014).

Para gramíneas, en general, podemos clasificar las características de interés en diferentes grupos: Patrones de crecimiento, características morfológicas, características productivas, asignación de recursos, arquitectura de planta y características nutricionales. Estos son de gran interés ya que tiene que ver con el nivel de productividad y resistencia que podrían tener cuando los animales pastoreen esta especie.

2.6.1. Patrones de crecimiento

El conocimiento de las características de crecimiento, especialmente de las gramíneas perennes, es indispensable para un manejo efectivo y su mejoramiento genético. Por lo cual es necesario comprender los procesos básicos para evaluar el potencial de crecimiento de las plantas dentro de un ambiente determinado, cómo se adaptan morfológicamente para crecer y persistir a medida que cambian los entornos y cómo exhiben el forraje para optimizar el pastoreo (Nelson 2000). Los brotes de las gramíneas están organizados como un conjunto de fitómeros que se desarrollan de forma secuencial. El ápice del brote origina nuevos fitómeros; luego las yemas axilares pueden convertirse en un nuevo ápice para formar una rama lateral o un macollo y posteriormente puede desarrollar su propia serie de fitómeros. En la figura siguiente puede observarse la organización estructural de una gramínea.

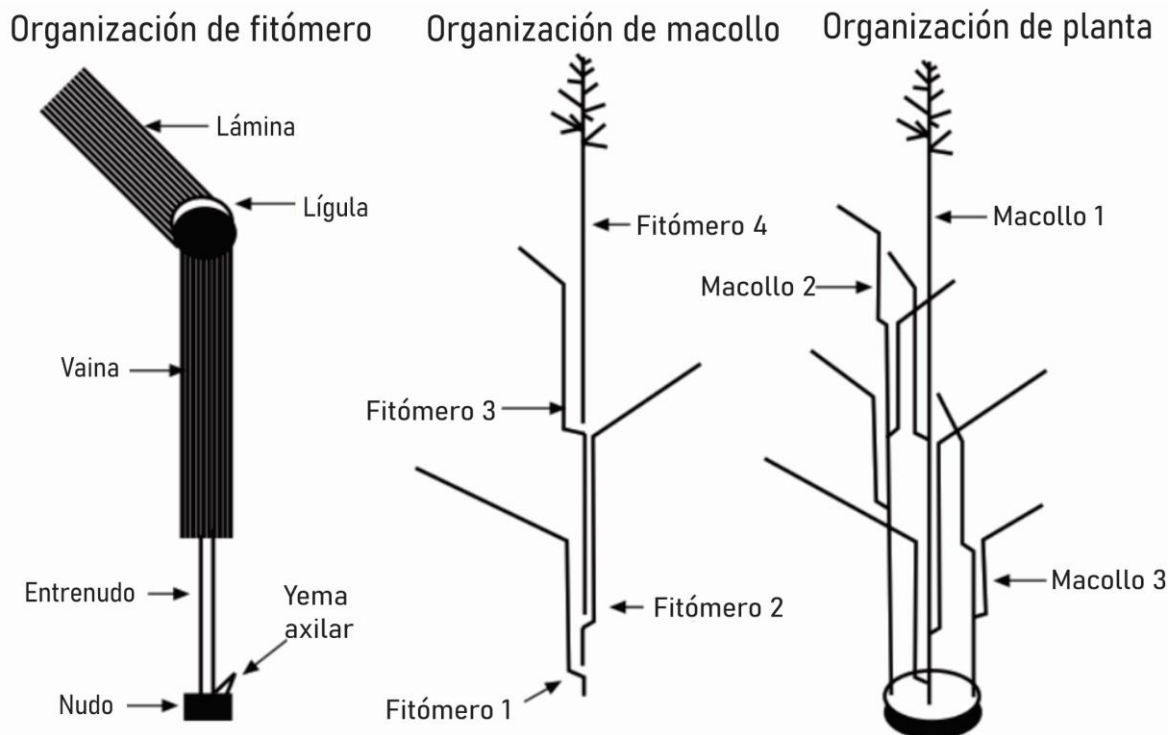


Figura 3: Organización de una gramínea.

Fuente: Adaptado de (Nelson 2000).

El desarrollo de las gramíneas y los patrones estacionales de crecimiento son utilizados para la toma de decisiones en el manejo de los pastizales (Gilbert *et al.* 1979). Por ende, información de patrones de crecimiento son importantes para la determinación del momento óptimo de pastoreo y la comprensión del desarrollo de las especies forrajeras. Venegas (2015) estudió la dinámica de crecimiento y criterios de pastoreo en praderas de *Brachiaria brizantha* cv Toledo en Colombia; sugiriendo que la altura de la planta sin disturbar, ancho de hoja y número de hojas vivas pueden ser utilizados como herramientas prácticas para la determinación del momento óptimo de cosecha de este pasto; ya que dependen de la composición nutricional; además debe tenerse en cuenta las condiciones medioambientales.

Es necesario realizar estudios que incluyan diferentes intervalos de corte para definir el momento adecuado de cosecha. Ramírez *et al.* (2010) estudiaron el flujo de tejidos y rendimiento en pasto Mombaza (*Panicum máximum* Jacq.); midieron la tasa de aparición de hojas, tasa de elongación de tallos, senescencia y rendimiento. Los resultados evidencian que el pasto Mombaza presentó estacionalidad para el flujo de tejidos, con mayor dinámica durante las lluvias; recomendándose una cosecha a las cinco semanas durante la época seca

y a las tres semanas durante la época de lluvias. Esto permite disminuir las pérdidas por senescencia de hojas y mejorar la eficiencia de la producción y utilización del forraje.

Un estudio en cuatro gramíneas (*Schizachyrium scoparium*, *Andropogon hallii*, *Eragrostis trichodes* y *Panicum virgatum*) realizados en Nebraska por Gilbert *et al.* (1979) mostraron que el ratio hoja:tallo disminuyó con los cortes sucesivos en todas las gramíneas; en cambio la acumulación de biomasa fue afectada más por las bajas precipitación en las gramíneas altas que las gramíneas de tamaño medio. A medida que las gramíneas van madurando, se incrementa la proporción de tallos y las bajas precipitaciones afectan más a las gramíneas altas que a las de porte mediano.

En México también se estudiaron patrones de crecimiento estacional en pastos nativos, esto fue realizado por Bernal-Flores *et al.* (2006), quienes determinaron la curva de acumulación de forraje, tasa de crecimiento promedio y la proteína total a diferentes edades de rebrote de pastos nativos. *Brachypodium mexicanum* presentó mayor masa de forraje y tasa de crecimiento promedio en áreas con altas densidades de árboles y arbustos; mientras que en áreas con bajas densidades de árboles e intermedias de arbustos, *Muhlenbergia rigida* y *Piptochaetium fimbriatum* mostraron la mayor masa de forraje y tasa de crecimiento; *Piptochaetium fimbriatum* mostró el mayor contenido de proteína a los 20 días del rebrote. Conocer la velocidad de acumulación de forraje entre cortes es importante para determinar el momento óptimo de cosecha y entender el efecto que puede tener diferentes intensidades y frecuencias de cosecha sobre el rendimiento y persistencia de los pastos.

2.6.2. Características morfológicas

Se realizó caracterización de *Bouteloua curtipendula* (pasto banderita) en México y los resultados mostraron alta variabilidad morfológica. La caracterización morfológica es una herramienta confiable para comparar ecotipos en poblaciones nativas de pasto banderita; donde se detectan ecotipos con un alto potencial forrajero que pueden ser incluidos en programas de mejoramiento genético o restauración (Morales *et al.* 2008).

Se evaluaron la variabilidad del potencial productivo y calidad de diferentes ecotipos de *Pennisetum ciliare* (pasto tropical) en Etiopía – África; donde los resultados mostraron amplia variabilidad en descriptores agronómicos, morfológicos y nutricionales; además se

identificaron ecotipos con mayor potencial productivo y calidad forrajera en las mismas condiciones (Sánchez *et al.* 2017).

En 62 accesiones de *Chloris gayana* también se estudió la variabilidad existente y se mostraron altos en términos de morfología, fenología, potencial agronómico y respuesta a sequía, además se lograron identificar accesiones prometedoras. El estudio comprendió cultivares comerciales y silvestres (Ponsens *et al.* 2010).

El interés en las características morfológicas radica en que estas son de fácil medición y están relacionadas con algunas características productivas (cuya medición requiere mayor tiempo). Antezana (2008) encontró una relación de 0.87 entre el peso seco utilizado de una planta y su porcentaje de altura utilizado, estos datos se obtuvieron en *Festuca dolichophylla*. El volumen de la planta también está relacionado con la cantidad de biomasa forrajera que puede producir una planta. Jaindl *et al.* (1994) mostró que el historial de pastoreo podría generar diferenciación entre collecciones de *Festuca idahoensis*, mostrando mayores alturas de planta en aquellas que provienen de ambientes no pastoreados en comparación a plantas procedentes de áreas con sobrepastoreo.

La forma de la planta está definida por sus dimensiones: diámetro basal, diámetro de la canopia, altura de tallo, altura de hoja, longitud de hoja, longitud de espiga, longitud de espiguilla. La *Festuca dolichophylla* tiene un crecimiento en forma de un cono invertido, cuyo volumen puede calcularse con la siguiente formula:

$$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$$

Donde: “V” es el volumen (cm³), “r” es el radio de la canopia (cm) y “h” es su altura de la planta (cm).

Las características morfológicas pueden estar afectadas por el tamaño de la planta, la especie forrajera (genética), las condiciones medioambientales (precipitación, humedad, temperatura) y la calidad del suelo. Gil Báez *et al.* (2015) encontró variación entre poblaciones de *Trichloris crinita* en Argentina, esta variabilidad permitiría seleccionar esta especie de acuerdo a sus características. En *Festuca idahoensis*, May *et al.* (2004) estudiaron la variabilidad en características morfológicas (circunferencia, altura de hoja, vigor, número de tallos florales, altura a tallos florales, antesis) y encontraron alta variabilidad entre y

dentro de poblaciones; además las poblaciones afectaron significativamente dichas características, esta diferencia fue atribuida a la constitución genética de cada población; ya que el ambiente fue común. Stoffella *et al.* (1998) mostró diferentes respuestas en las características morfológicas de *Lotus tenuis* provenientes de suelos con diferentes pH en Argentina; esto evidencia la existencia de interacción entre el genotipo y el medio ambiente; quiere decir que un genotipo puede tener buena respuesta en un ambiente (condiciones particulares), pero no necesariamente responderá de la misma manera en otro ambiente.

Para la descripción de las características morfológicas, esta puede dividirse para los diferentes órganos de las plantas: tallos, hojas e inflorescencia. La caracterización morfológica implica el uso de descriptores cualitativos y cuantitativos que permiten conocer las características morfológicas de una especie y en un ambiente determinado. Los descriptores cualitativos son variables con pocos niveles y no numéricos; en cambio los descriptores cuantitativos toman valores numéricos y estos pueden ser discretos o continuos. Morales Nieto *et al.* (2008) usó varios descriptores morfológicos en pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*) en México y estos se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 3: Descriptores morfológicos cuantitativos.

Código	Descriptor
AF	Altura de forraje (cm)
AP	Altura de planta (cm)
DT	Densidad de tallos (en 25 cm ² de macollo)
DTB	Diámetro de tallo en la base (mm)
DTM	Diámetro del tallo a la mitad (mm)
ALHC	Ancho de lámina de hoja central (mm)
LI	Longitud de inflorescencia (cm)
NRPI	Número de ramas por inflorescencia
NEPR	Número de espiguillas por ramas
LR	Longitud de ramas (mm)
LRI	Longitud del raquis de la inflorescencia (cm)
LP	Longitud del pedicelo (cm)

Fuente: Adaptado de Morales Nieto *et al.* (2008).

Pueden usarse también descriptores cualitativos, así como lo hizo Olivera *et al.* (2010) en *Cynodon dactylon* en Cuba, los descriptores usados se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 4: Descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos.

Descriptor / Código	Descriptor
Cuantitativo	
GT	Grosor de tallo
LH	Longitud de la tercera hoja
AH	Ancho de la tercera hoja
LV	Longitud de la vaina de la tercera hoja
LIN	Longitud de los internodios de los estolones
LINFL	Longitud de la inflorescencia
AI	Ancho de la inflorescencia
NIN	Número de entrenudos
NR	Número de raquis
AV	Altura vegetativa
AR	Altura reproductiva
Cualitativo	
CH	Color de hoja
CIN	Color del internodio
PH	Pelos en el haz
PE	Pelos en el envés
PT	Pelos en el tallo
CV	Color de la vaina
TL	Tipo de lígula

Fuente: Adaptado de Olivera *et al.* (2010).

2.6.3. Características productivas

Las características productivas se refieren a la producción de forraje y materia seca; esta puede ser dividida en biomasa de hojas, biomasa de tallos; el número de macollos, número de espigas/planta y número de espiguillas/planta también están íntimamente ligados a la productividad de la planta. La acumulación de materia seca está condicionada por el tamaño de la planta, la especie, la tasa fotosintética, la respiración, disponibilidad de agua, las

condiciones climáticas y del suelo. Antezana (2008) encontró que la biomasa en 20 especies de pastizales nativos en Cusco fue influenciada por el tamaño de la planta; plantas con mayor tamaño mostraron mayor biomasa. Los resultados para *Festuca dolichophylla* mostraron pesos secos de 133.87 g, 63.25 g y 34.91 g para plantas altas, medianas y pequeñas respectivamente; *Festuca orthophylla* tuvo pesos secos de 274.21 g, 181.19 g y 121.5 g en plantas altas, medianas y pequeñas respectivamente; en cambio *Festuca rígida* mostró pesos secos de 127.94 g, 84.193 g y 36.11 g para plantas altas, medianas y pequeñas respectivamente. Así mismo Gil Báez *et al.* (2015) encontró variación entre poblaciones de *Trichloris crinita* para biomasa de plantas, materia seca, número de panojas/planta y el número de macollos/planta en Argentina.

Jaindl *et al.* (1994) mostró que el historial de pastoreo podría generar diferenciación entre colecciones de *Festuca idahoensis*, mostrando mayores producciones relativas en aquellas que provienen de ambientes no pastoreados en comparación a plantas procedentes de áreas con sobrepastoreo. Esto permitiría seleccionar colecciones promisorias para procesos de recuperación de áreas o mejoramiento genético. En *Festuca idahoensis*, May *et al.* (2004) encontraron alta variabilidad entre y dentro de poblaciones para rendimiento de semilla de 49 genotipos, esta diferencia fue atribuida a la constitución genética de cada población; ya que el ambiente fue común.

Las características productivas pueden ser mejoradas, ya sean manejando el medio ambiente o seleccionando poblaciones que respondan mejor a ciertos ambientes. La acumulación de biomasa en pastizales es rápida al inicio y va disminuyendo a medida que va madurando; además la acumulación de biomasa es paralela a la época de lluvias y en la época seca cesa dicha acumulación. La producción de biomasa puede expresarse en gramos por unidad de planta (g/planta), gramos por macollo (g/macollo), gramos por órgano (tallos, hojas, raíz, inflorescencia) o expresarse por unidad de área (g/m² ó Tn/ha).

2.6.4. Asignación de recursos

Las gramíneas asignan recursos para su mantenimiento, crecimiento y reproducción. La asignación diferencial entre especies o dentro de especies daría ventajas o desventajas a ciertas especies bajo condiciones ambientales específicas. Wilsey y Wayne (2006) estudiaron la asignación de recursos a raíces y parte aérea en especies nativas e introducidas;

gramíneas nativas e introducidas mostraron comparables cantidades de biomasa de raíces poco profundas, mientras que la fracción de acumulación de recursos a las raíces fueron mayores en las gramíneas nativas. Estos datos son importantes en los ecosistemas donde se introducen gramíneas.

Diferencias en habilidad competitiva pueden explicar el mantenimiento y la existencia de poblaciones de plantas y la invasión de nuevas áreas por diferentes especies. Bakker y Wilson (2001) estudiaron la sobrevivencia de plantas, crecimiento y los patrones de acumulación de biomasa para evaluar las respuestas de habilidad competitiva de *Agropyron cristatum* (gramínea C3 introducida) y *Bouteloua gracilis* (gramínea nativa C4). Los resultados indican que la competencia de la vegetación cercana reduce el crecimiento e incrementa la acumulación de biomasa a las raíces en ambas especies introducidas. Esto explica la diferente adaptación de las especies introducidas en los diferentes ecosistemas y la variación entre especies vegetales.

La asignación de recursos también puede ser afectado por efectos climáticos, como la precipitación, temperatura y humedad relativa. Dong *et al.* (2012) estudiaron la asignación de biomasa en respuesta a estrés por sequía en dos especies exóticas (*Poa pratensis* y *Bromus inermis*) y dos especies nativas (*Pascopyrum smithii* y *Stipa viridula*). Los resultados sugieren una clara distinción entre la competitividad potencial en las especies exóticas y nativas por el uso de los recursos del suelo; las especies exóticas tienen mayor asignación de recursos a las raíces y las especies nativas tienen una mayor asignación de recursos a la corona. El efecto del estrés por sequía sobre la asignación de recursos se manifestó más en los rizomas y corona que en las raíces y brotes de las cuatro especies estudiadas; con efectos específicos para cada especie.

Cheplick (2020) estudió la asignación de recursos a la reproducción y partición de la biomasa en *Tridens flavus* donde evidencia que la diferenciación entre poblaciones en la asignación de recursos a la reproducción y la partición de la biomasa puede ser diferente en entornos específicos. Una inversión elevada en la producción de semillas es importante para el reclutamiento y la expansión de gramíneas cespitosas perennes en hábitats en sucesión.

2.6.5. Arquitectura de planta

La arquitectura de las gramíneas se refiere a la forma y distribución de la materia seca a lo largo de la estructura tridimensional de la planta. Una gramínea normalmente presenta una estructura tridimensional en forma de un cono invertido, cuyo volumen puede calcularse haciendo uso de la fórmula geométrica de un cono. La variación en la arquitectura de la gramínea afecta profundamente la captura de la luz, la competencia y el éxito reproductivo; además responde a factores ambientales como el hacinamiento y la limitación de nutrientes (Doust 2007).

La ramificación en gramíneas está controlada genéticamente y es muy sensible a la variación medio ambiental; el grado de ramificación vegetativa afecta la biomasa de hojas y el número de inflorescencias. Según Doust (2007) existen dos tipos de ramificación vegetativa en gramíneas; los meristemas axilares en los primeros nudos del tallo se alargan para convertirse en macollos que son similares en forma y altura al tallo principal, los entrenudos basales del tallo principal no se expanden, de tal manera que todos los macollos emergen más o menos al nivel del suelo. Tanto los macollos y las ramificaciones conforman un cono invertido en una gramínea, tal como se puede ver en la siguiente figura.

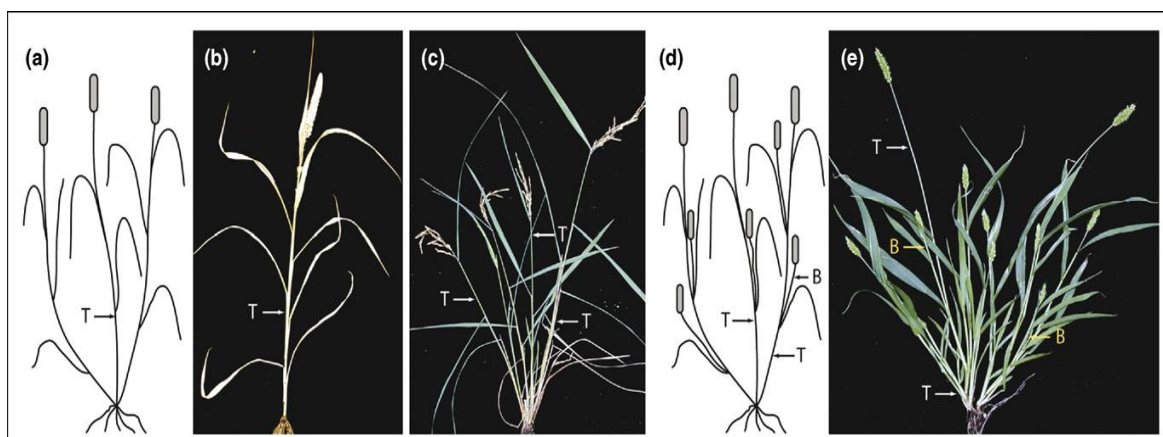


Figura 4: Patrones de ramificación en gramíneas.

- (a) diagrama de una gramínea únicamente con macollos; (b) *Setaria italica* con un solo macollo; (c) *Oryza sativa* únicamente con macollos; (d) Diagrama de una gramínea con macollos y ramificación axilar; (e) *Setaria viridis* con macollos y ramificación axilar. B, ramas; T, macollo. Tomado de Doust (2007).

La arquitectura de planta, un conjunto de características agronómicas importantes que determinan la producción de granos de arroz, se ve afectada principalmente por factores que

incluyen el macollamiento, la altura de planta y la morfología de la panícula. El control de la arquitectura de la planta de arroz está estrechamente relacionado con la expresión de genes específicos; sin embargo, los mecanismos moleculares para el macollamiento, desarrollo de panícula y la altura de planta aún son poco conocidos (Wang y Li 2005). Además de los mecanismos moleculares, los factores ambientales (suelo, agua, radiación) también afectan en el macollamiento, ramificación y por ende en la arquitectura de las gramíneas.

Además del macollamiento, ramificación y altura de planta; conocer la distribución de la materia seca a lo largo de la estructura tridimensional de la planta es importante para la toma de decisiones respecto al nivel de utilización de las gramíneas; sin embargo, existen pocos estudios respecto a ello en gramíneas nativas. Antezana (2008) estudió muestras de 20 especies de diferentes tamaños en Cusco, obtuvo la materia seca y la distribución del peso en función de su altura. Los resultados para *Festuca dolichophylla* mostraron alturas de 120 cm, 72.5 cm y 52.5 cm para plantas altas, medianas y pequeñas respectivamente; *Festuca orthophylla* mostró alturas de 140 cm, 87.5 cm y 75.0 cm en plantas altas, medianas y pequeñas respectivamente; en cambio *Festuca rígida* tuvo alturas de 70 cm, 57.5 cm y 32.5 cm para plantas altas, medianas y pequeñas respectivamente. Los pesos tuvieron variación a lo largo de su longitud (desde la base hasta la inflorescencia), observándose mayor peso en la base y disminuyendo a lo largo de su longitud.

2.7. MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PLANTAS

El fitomejoramiento o mejora genética de plantas es una rama de la agricultura que se enfoca en manipular la herencia vegetal para desarrollar nuevos tipos de plantas, mejoradas para el uso de la sociedad (Acquaah 2012); esta disciplina combina el uso de biología, biometría y economía principalmente. La mejora genética vegetal es una ciencia que está en evolución, cuyas bases científicas se inició en 1900, con el redescubrimiento de la genética mendeliana; el desarrollo de conceptos estadísticos de aleatorización y replicación tuvieron un impacto en los métodos del fitomejoramiento.

En plantas, la genética cuantitativa (área que se encarga del estudio genético de caracteres cuantitativos) fue aplicada después del año 1940, a pesar de que en animales ya había sido usado ampliamente; el maíz fue uno de los primeros cultivos en donde se usó conceptos de genética cuantitativa. La estructura de la población, mejoramiento de la población basado en

la estructura, teoría y métodos de selección, tipos de acción genética, ganancia genética predicha y diseños de apareamiento fueron conceptos que se han vuelto conocidos por los fitomejoradores del maíz; esto sirvió como guía en el desarrollo de programas de mejora a largo plazo en poblaciones genéticamente amplias y estrechas (Hallauer *et al.* 2010).

La mejora genética de plantas, con el uso de la genética cuantitativa se basa en que el fenotipo (P) de una planta es el resultado del componente genético (G) y el medio ambiente (E), esto se representa en el modelo genético básico.

$$P = G + E$$

El fenotipo hace referencia a caracteres de interés económico (producción de grano, cantidad de biomasa, contenido de nutrientes, tolerancia a diferentes tipos de estrés, etc.); el genotipo es la suma del componente aditivo (A), dominancia (D) e interacciones (I); el componente ambiental se refiere a todos los factores externos no genéticos (nutrientes del suelo, temperatura, precipitación, radiación, sanidad) que la planta requiere para su desarrollo. Así, el modelo básico puede expresarse como sigue.

$$P = A + D + I + E$$

Los fenotipos son observables y medibles, el componente genético no es observable; la parte ambiental puede ser controlada (llevando a los individuos a un ambiente común) o midiendo los efectos de los diferentes ambientes; esta es la base para la manipulación del componente genético, que no puede ser medido ni observado directamente.

Puede hacerse mejoramiento genético vegetal en todas aquellas características de las plantas que presenten variabilidad genética. La variabilidad genética puede ser calculada siguiendo el modelo básico, pero estimando los componentes de varianza.

$$V_P = V_A + V_D + V_I + V_E$$

Donde la varianza fenotípica (V_P) es la suma de la varianza del componente genético aditivo (V_A), dominancia (V_D), interacciones (V_I); más la varianza ambiental (V_E). Para poder evaluar cuán grande es la varianza genética y ambiental se puede obtener parámetros genéticos, como la heredabilidad. La heredabilidad representa la proporción de la varianza fenotípica que se debe al componente genético; si se tienen heredabilidades altas, entonces se puede obtener progresos genéticos elevados por medio de selección.

2.7.1. Mejoramiento genético de pastizales

Hasta hace varios años hubo un enfoque de mejora de pastizales naturales con la introducción de especies cultivadas. Este remplazo de especies nativas por exóticas puede significar una solución eficaz desde el punto de vista productivo ante la falta de forraje. Sin embargo, es necesario incrementar la investigación en la conservación de forrajes nativos a fin de no provocar un mayor deterioro del ambiente perjudicando la biodiversidad (Gil Báez *et al.* 2015).

El desarrollo de cultivares localmente adaptados de pastos nativos (especies) es crucial para su utilización exitosa como forraje y en programas de revegetación (Kozub *et al.* 2017); para ello es indispensable, en primer lugar, caracterizar e identificar los factores que influyen en las características de interés, posteriormente determinar los parámetros genéticos para elegir la mejor opción de mejora. Además, según para asegurar la seguridad alimentaria es esencial contar con material genético adaptado a las condiciones de cambio climático. La colección y descripción de la variabilidad existente es el primer paso en los procesos de selección de especies (Ponsens *et al.* 2010) y a partir de ello se pueden elegir plantas promisorias e iniciar un programa de mejoramiento genético.

A pesar de que en especies de pastos tropicales se ha trabajado bastante en el mejoramiento genético de las características de interés económico, en pastizales naturales aún se está implementando en algunas especies, como en *Trichloris crinita*, en Argentina. Para ello Namur y Blanco (2018) determinaron que existe variabilidad (comportamiento diferencial) en *Trichloris crinita*; que es importante a la hora de encontrar poblaciones con mejores características para recuperar la capacidad forrajera en suelos salinos o para incluirse en programas de mejora genética.

También en Argentina, Gil Báez *et al.* (2015) encontraron existencia de variabilidad en 13 poblaciones de *Trichloris crinita*, estos resultados muestran la posibilidad de seleccionar de acuerdo a su importancia agronómica teniendo en cuenta fundamentalmente la biomasa total, calidad de forraje, producción de semilla y persistencia bajo corte. También se ha visto diferencias genéticas en la morfología de poblaciones de *Lotus tenuis* (Stoffella *et al.* 1998). A pesar de que aún hay pocos casos de mejora genética de pastizales nativos, se prevé que en un futuro cercano se incrementen las investigaciones en este campo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el sector “Pucro Corral” de la Comunidad Campesina “Pastales Huando” ubicado en el distrito de Ascensión de la región Huancavelica. El sector “Pucro Corral” cuenta con un área total de 120 ha a altitudes que varían entre los 4600 y 4800 m s.n.m. Aproximadamente el 70% corresponde a pastizales naturales y el remanente corresponde a roca y suelo desnudo. Los pastizales están dominados por bofedales y pajonales principalmente que son utilizados en la alimentación de alpacas y ovinos.

El promedio de la precipitación anual acumulada es de 899.0 mm y la temperatura media es de 8.1 °C, con temperatura mínima de 3.3 °C y máxima de 12.6 °C, datos obtenidos a partir de la información histórica disponible en la base de datos PISCO (Huerta *et al.* 2018). Los meses con mayor precipitación tienen un rango de octubre a abril y coinciden con los meses más cálidos (**Fig. 05**); en cambio desde mayo a setiembre son los meses más fríos y con menor precipitación, tal como se muestra en la siguiente figura.

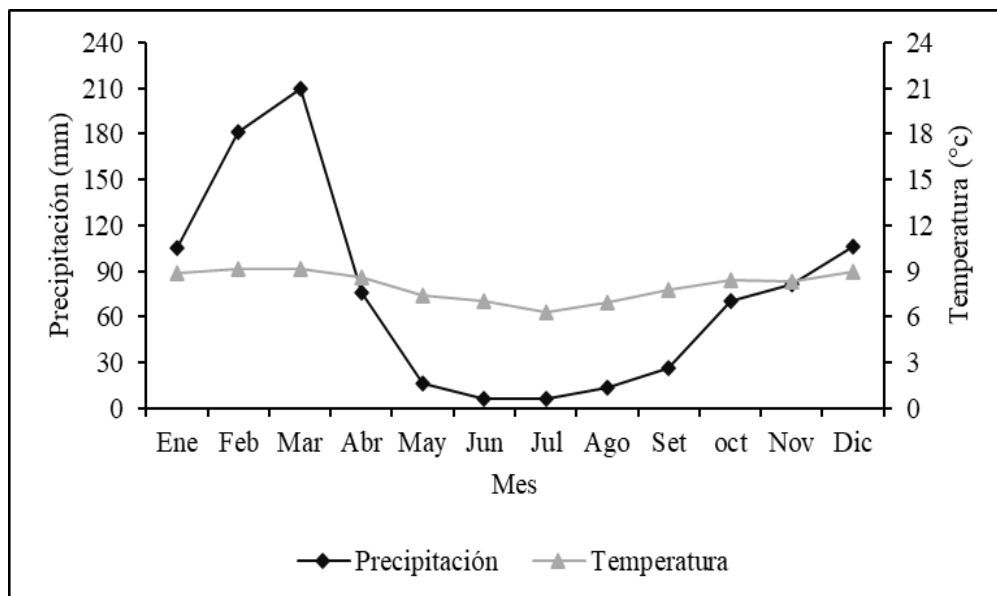


Figura 5: Climograma del área de estudio (CCPH).

Fuente: Elaborado con la base de datos PISCO, datos de temperatura de 1981 al 2016 y de precipitación de 1981 al 2021.

3.1.1. Parcela Experimental

La parcela experimental involucró 150 m², los cuales se encontraban dentro de un área ligeramente inclinada (pendiente < 5%), a una altitud de 4620 m s.n.m. Para confirmar la uniformidad se realizó análisis de suelos en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Santa Ana (Junín). Los resultados muestran que esta parcela tenía un suelo de textura franco-arcilloso, con un pH moderadamente ácido; los contenidos de nitrógeno, materia orgánica y potasio fueron altos; mientras que el nivel de fósforo fue bajo; los niveles altos de potasio podrían deberse a las características geológicas del área de estudio (Cuadro 05).

Tabla 5: Características del suelo de la parcela experimental (n=6).

Característica	Media	Mínimo	Máximo	Error estándar
pH	5.80	5.60	6.03	0.07
N (%)	0.34	0.32	0.36	0.01
P (ppm)	5.9	2.99	9.47	0.97
K (ppm)	556.5	442.00	636.00	30.24
MO (%)	6.752	6.40	7.24	0.12

Los parámetros físicos y químicos evaluados presentaron uniformidad, evidenciados en sus bajos errores estándar. El pH, contenido de nitrógeno, fósforo y materia orgánica mostraron mayor uniformidad que el contenido de potasio. El contenido de potasio mostró mayor variabilidad (E. E. = 30.2); sin embargo, esta variable posee una media elevada (556.5 ppm), y el error estándar mostrado representa muy poca variabilidad.

3.2. POBLACIONES Y MUESTRAS

Se obtuvieron cinco matas de cada población. Las matas fueron elegidas dentro de cada población, teniendo en cuenta su mayor vigor y la facilidad de acceso (carreteras); esto se logró con la colaboración de expertos conocedores de las poblaciones. De cada población se obtuvo 5 matas, cada mata fue dividida en seis plantas (macollos), haciendo un total de 30 plantas por cada población. Cada planta tuvo 2.5 cm de diámetro, estas fueron etiquetadas y almacenados en bolsas de papel con parte de su propia tierra; luego fueron transportados en cajas refrigerantes (cooler) a la CCPH para su instalación.

Las matas provinieron de cinco poblaciones: Comunidad Campesina Pastales Huando (CCPH) en Huancavelica, Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos

Sudamericanos Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica (CIDCSL), Junín, Pasco y Puno. Los distritos y comunidades que abarcaron cada población, las coordenadas UTM y la altitud pueden visualizarse en el **Cuadro 06**. En Puno Junín y Pasco se abarcó mayor área (31000 ha, 12000 ha y 4430 ha respectivamente); en cambio en la CCPH y el CIDCSL se abarcaron menores áreas (105 ha y 115 ha respectivamente).

Tabla 6: Localización de las matas en cada población.

Departamento	Provincia	Distrito	Comunidad	UTM -X	UTM -Y	Altitud (m s.n.m)
Puno	Puno	Paucarcolla	INIA-Illpa	384395	8265121	3818
		Atuncolla	San José de Yunga	372050	8264370	3846
		Vilque	Vizcachani	362015	8255796	3874
	San Román	Cabanillas	Cabanillas	337597	8264943	3972
	Lampa	Santa Lucía	Quimsachata	326493	8258446	4141
Pasco	Pasco	Simón Bolívar	Cooperativa San Pedro de Racco	349729	8808880	4330
			Cooperativa San Pedro de Racco	345158	8806719	4431
		Huayllay	Ucrucancha	342908	8804455	4429
			Cooperativa Yurajhuanca	347352	8801130	4337
			Cooperativa Yurajhuanca	347014	8799739	4403
Junín	Jauja	Canchayllo	Canchayllo - SAIS Túpac Amaru	422468	8694226	3670
			Canchayllo - SAIS Túpac Amaru	421822	8684580	4218
			Consac - SAIS Túpac Amaru	423038	8678385	4182
			Consac - SAIS Túpac Amaru	427068	8675321	4040
		Sincos	Calicanto	437001	8673046	3736
Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	CIDCS - Lachocc (UNH)	488367	8574837	4413
			CIDCS - Lachocc (UNH)	488379	8574825	4414
			CIDCS - Lachocc (UNH)	489282	8577775	4332
			CIDCS - Lachocc (UNH)	489275	8577784	4325
			CIDCS - Lachocc (UNH)	489319	8578074	4314
Huancavelica	Huancavelica	Ascensión	Comunidad Campesina Pastales Huando	486756	8588679	4693
			Comunidad Campesina Pastales Huando	486751	8588682	4692
			Comunidad Campesina Pastales Huando	486960	8588576	4687
			Comunidad Campesina Pastales Huando	488244	8587925	4621
			Comunidad Campesina Pastales Huando	488265	8587924	4618

El mapa de localización de los lugares de obtención de las matas puede visualizarse con mayor claridad en el Anexo 20. Estos lugares de origen tuvieron una gran variación en altitud (3670 msnm – 4693 msnm); la precipitación y temperatura en estos lugares también mostraron gran variabilidad (Cuadro 07). Todas las poblaciones se corresponden con puna subhúmeda (precipitaciones anuales de 400 mm – 1000 mm), con excepción de Pasco que se corresponde con la región de puna húmeda (precipitaciones anuales de 400 mm – 1000 mm).

Tabla 7: Promedios y rango de altitud, precipitación anual y temperatura media del lugar de origen de las diferentes poblaciones.

Población	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Junín	3670-4218	573.9 (330.1-753.2)	9.1 (4.3-13.3)
Puno	3818-4141	677.0 (256.6-1061.6)	6.9 (0.4-11.6)
CCPH ¹	4618-4693	899.0 (460.5-1359.1)	8.1 (3.3-12.6)
CIDCSL ²	4314-4414	911.0 (457.3-1369.2)	7.8 (3.0-12.0)
Pasco	4330-4431	1020.4 (565.7-1260.7)	9.9 (4.6-13.8)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica. Elaborado con la base de datos PISCO, datos de temperatura de 1981 al 2016 y de precipitación de 1981 al 2021.

En la CCPH, el CIDCSL y Pasco se observa precipitaciones superiores a los 800 mm en promedio, mientras que en Junín y Puno las precipitaciones fueron inferiores 700 mm. Las mayores temperaturas medias se presentan en Junín y Pasco, mientras que en el resto de las poblaciones las temperaturas son inferiores a 9° C.

Las precipitaciones históricas de cuatro décadas (1981 – 2021) muestran un patrón fluctuante, las mayores precipitaciones se muestran en Pasco, seguido por el CIDCSL, CCPH, Puno y Junín (Fig. 06).

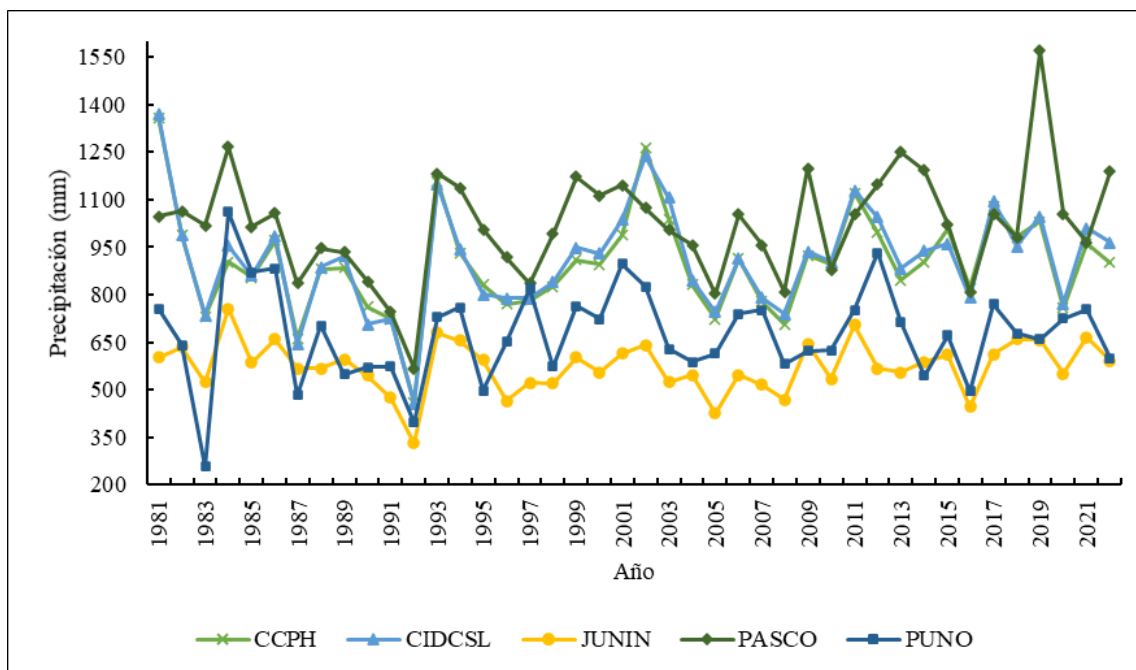


Figura 6: Precipitación histórica de las poblaciones de estudio.

Fuente: Elaborado con información de la base de datos PISCO.

El histórico de precipitación muestra un periodo de sequía para el año 1992; en este periodo la precipitación en todas las poblaciones fue inferior a 600 mm. En cambio, la temperatura ha mostrado un patrón claro y fluctuante, con mayores temperaturas en Pasco, seguido por Junín, CCPH, CIDCSL y Puno (Fig. 07).

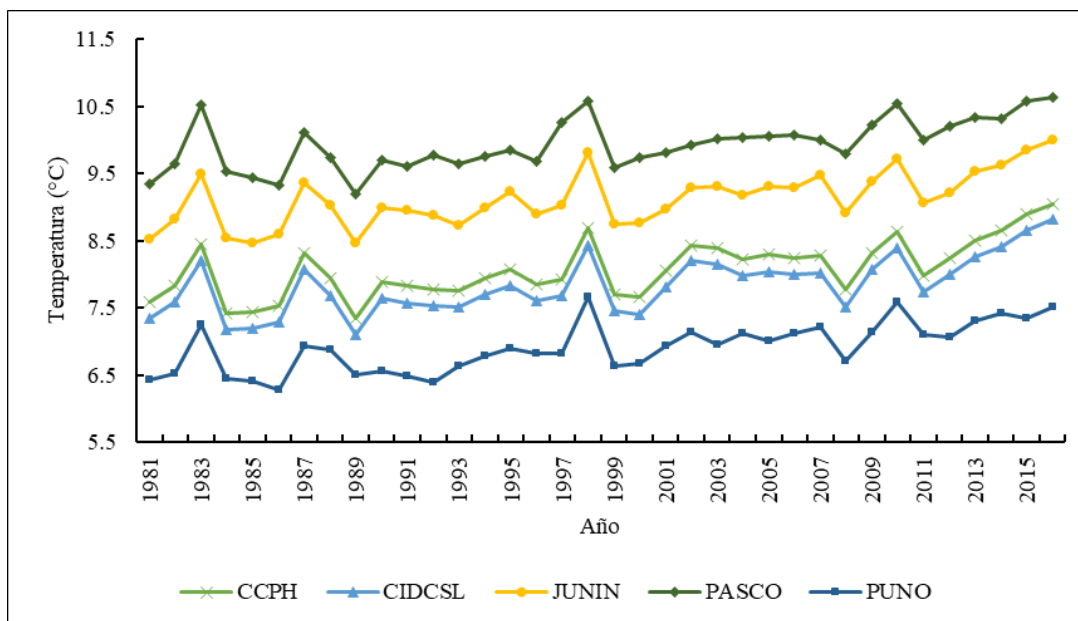


Figura 7: Temperatura histórica en las poblaciones de estudio.

Fuente: Elaborado con la base de datos PISCO.

Los datos de precipitación y temperatura corresponden a la base de datos PISCO, usamos esta información, ya que no encontramos estaciones meteorológicas cercanas que pudieran aportarnos información más precisa; en estos casos la información provista por la base de datos PISCO provee buena información. Los diferentes niveles de precipitación y temperatura habrían contribuido a la formación de poblaciones de *Festuca dolichophylla* particulares para cada lugar y con una constitución genética particular (Bertiller *et al.* 1995).

Los suelos son otro importante factor en la formación de poblaciones específicas y únicas (Bertiller *et al.* 1995). Las características químicas de los suelos de origen tuvieron alta variabilidad para pH, contenido de nitrógeno, contenido de fósforo y potasio (Cuadro 08).

Tabla 8: Promedio (rango) de características químicas de los suelos de origen.

Población	n	pH	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
CCPH ¹	5	5.51 (4.72-6.08)	0.27 (0.24-0.31)	20.03 (2.99-55.81)	257.60 (144-286)
CIDCSL ²	5	4.77 (4.05-5.44)	0.32 (0.19-0.58)	12.36 (1.00-34.88)	275.80 (235-286)
Junín	5	6.81 (6.11-7.19)	0.22 (0.05-0.34)	7.87 (2.99-14.95)	168.80 (74.-286)
Pasco	5	4.57 (3.95-5.28)	0.55 (0.44-0.63)	11.06 (4.48-24.92)	166.80 (121-216)
Puno	5	6.83 (5.80-7.78)	0.06 (0.04-0.07)	8.36 (7.88-9.56)	985.27 (566.92-1192.48)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Las matas muestreadas de cada población han desarrollado en suelos diferentes, esto está evidenciado por el gran rango de pH (3.95 – 7.78), contenido de N (0.04% - 0.63%), P (1.00 ppm – 55.81 ppm) y K (74.00 ppm – 1192.48 ppm). Las matas de cada población se habrían adecuado a lo largo de los años a las características climáticas y de suelo, propios de cada lugar, y esto habría resultado en plantas con componentes genéticos particulares para cada población (Bertiller *et al.* 1995).

3.3. INSTALACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Previo a la instalación se eligió un área uniforme de 150 m² (15 m x 10 m) y fue cercada con alambre para evitar el ingreso de herbívoros mayores; al interior de la parcela experimental se colocaron etiquetas para ubicar a cada planta con un distanciamiento de 1.0; las etiquetas fueron numeraciones correlativas en serpentin. La asignación de cada planta a los puntos en el área experimental fue realizada de manera aleatoria.

La instalación de las plantas se realizó en las dos primeras semanas del mes de diciembre del año 2019. Las plantas fueron instaladas a una profundidad de 10.0 cm, en adición a las plantas experimentales, se instalaron dos líneas más de plantas (procedentes de la CCPH) para controlar el efecto borde, tal como se muestra a continuación.

	15.0 m														
B1	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
B2	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116
B3	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145
B4	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146
B5	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
B6	190	189	188	187	186	185	184	183	182	181	180	179	178	177	176
B7	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205
B8	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206
B9	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235
B10	250	249	248	247	246	245	244	243	242	241	240	239	238	237	236

1.0 m

10.0 m

Figura 8: Distribución de plantas experimentales y plantas para controlar el efecto borde.

Las numeraciones representan a las plantas experimentales, se encuentran en un área verde y cada fila representó un bloque (teniendo un total de 10 bloques por la ligera pendiente); en cambio el área de color rosa se instalaron dos líneas de plantas para controlar el efecto de borde. En total se instalaron 150 plantas para el experimento y 116 plantas para controlar el efecto borde.

Las unidades experimentales fueron las plantas individuales instaladas en la parcela. El diseño experimental incluyó como tratamientos a las poblaciones; cinco matas dentro de cada población, cada una con seis repeticiones.

3.3.1. Corte de Uniformización

El corte de uniformización se realizó transcurridos 12 meses de establecimiento, luego de la siembra de los esquejes representantes de cada población. Durante este periodo de establecimientos las plantas fueron expuestas a las condiciones naturales del área experimental, no se realizó ningún tipo de manejo (abonamiento, riego), solo se vigiló que

no entrara ningún tipo de animales que pudieran dañar las plantas (cerco de alambre); por lo tanto, en diciembre del 2020 se realizó el corte de uniformización que incluyó a todas las plantas a una altura de 5.0 cm. El detalle del monitoreo y obtención de los datos relacionados a las características estudiadas se detallan a continuación, de acuerdo con los objetivos del estudio.

3.4. TASA DE SOBREVIVENCIA Y PATRONES DE CRECIMIENTO

3.4.1. Mediciones y Monitoreo

Para cumplir con el objetivo de evaluar las tasas de sobrevivencia y patrones de crecimiento en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* se realizaron evaluaciones en el mes de diciembre del 2020. Las tasas de sobrevivencia se evaluaron por inspección directa una vez transcurrido el periodo de establecimiento (12 meses) y fueron expresados en porcentajes. La altura a la hoja más alta fue considerada como la altura de planta y fue medida con un vernier digital; el número de tallos por planta y el número de hojas por planta se obtuvieron por conteo directo y teniendo en consideración tallos y hojas mayores a 2.0 cm de longitud; el monitoreo de estas características se realizó periódicamente cada catorce días, a partir del corte de uniformización, por un periodo de cinco meses (época de crecimiento). Con estas variables se obtuvieron la tasa de crecimiento, tasa de aparición de tallos y tasa de aparición de hojas; los detalles de las variables monitoreadas se muestran a continuación.

Tabla 9: Variables monitoreadas para tasa de sobrevivencia y patrones de crecimiento.

Variable	Unidad de Medida	Metodología
Tasa de sobrevivencia	%	Inspección directa.
Altura de planta	mm	Medición directa con vernier digital (altura a hoja bandera).
Número de tallos	n	Conteo directo de tallos mayores a 2.0 cm de longitud.
Número de hojas	n	Conteo directo de hojas mayores a 2.0 cm de longitud.
Tasa de crecimiento	mm/día	Altura de planta dividida por los días de crecimiento.
Tasa de aparición de tallos	n/día	Número de tallos dividido por los días de crecimiento.
Tasa de aparición de hojas	n/día	Número de hojas dividido por los días de crecimiento.

3.4.2. Análisis Estadístico

La tasa de sobrevivencia fue obtenida para cada mata dentro de cada población y para su análisis estadístico se utilizó el siguiente modelo lineal.

$$y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

y_{ij} : Tasa de sobrevivencia.

μ : Media general.

P_i : Efecto de la i-ésima población.

e_{ij} : Error experimental.

Los datos de patrones de crecimiento medidos cada catorce días fueron promediados para obtener datos mensuales y estos se analizaron utilizando el siguiente modelo lineal.

$$y_{ijk} = \mu + P_i + A_j(P_i) + B_k + e_{ijk}$$

y_{ijk} : Características de patrones de crecimiento de *Festuca dolichophylla*.

μ : Media general.

P_i : Efecto de la i-ésima población.

$A_j(P_i)$: Efecto de la j-ésima mata dentro de la i-ésima población.

B_k : Efecto del k-ésimo bloque (10 filas).

e_{ijk} : Error experimental.

3.5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS

3.5.1. Mediciones y Monitoreo

Con el objetivo de estudiar las características morfológicas y productivas en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla*; se realizaron mediciones de estos atributos después del periodo de crecimiento (cinco meses después de la fase de establecimiento – mayo 2021). Las características morfológicas que están referidos a longitudes, altura, diámetro y ancho se obtuvieron con ayuda de un vernier digital; las características referidas al número de hojas, tallos e inflorescencia se obtuvieron por inspección directa. Después de la medición de las características morfológicas, se extrajeron la parte aérea de todas las plantas, estos fueron etiquetados y transportados en bolsas de papel al Laboratorio de Pastizales de la Universidad Nacional de Huancavelica para la determinación de la materia seca.

Se realizó la separación de hojas, tallos e inflorescencia en cada planta. Las hojas se cortaron desde la lígula; los tallos incluyeron la vaina y el límite superior fue el nudo, justo antes de

la inflorescencia; para separar la inflorescencia, ésta se cortó justo en el nudo por debajo de ella. Luego estas muestras fueron secadas a 60° C por 48 horas en una estufa y el peso seco se obtuvo con una balanza analítica. Las variables estudiadas se clasificaron en función de las partes de la planta (hoja, tallo, inflorescencia, características productivas y ratios), como se muestra a continuación.

Tabla 10: Características morfológicas, productivas y de calidad forrajera.

Característica	Variable	Unidad	Instrumento y Detalles
Hoja	Altura a hoja.	mm	Vernier. Desde el suelo hasta el ápice de la hoja bandera.
	Número de hojas.	n	Conteo directo. Todas las hojas mayores a 2.0 cm.
	Longitud de hoja.	mm	Vernier. Medido en la hoja bandera, desde lígula hasta ápice de hoja.
	Ancho de hoja.	mm	Vernier. Medido en la hoja bandera a la altura de la lígula y en hoja expandida.
Tallo	Altura al tallo.	mm	Vernier. Medido en el tallo más alto, desde el suelo hasta el final de la inflorescencia.
	Número de tallos.	n	Conteo directo. Todos los tallos mayores a 2.0 cm.
	Longitud de tallo.	mm	Vernier. Medido en el tallo más alto, desde el suelo hasta el nudo antes de inflorescencia
	Diámetro de tallo.	mm	Vernier. Medido en tallo más alto, justo por encima del primer nudo.
	Longitud de vaina.	mm	Vernier. Medido en el tallo más alto, desde el nudo hasta la lígula.
	Longitud vaina-inflorescencia.	mm	Vernier. Medido en el tallo más alto, desde lígula hasta nudo al inicio de inflorescencia.
Inflorescencia	Número de inflorescencias.	n	Conteo directo. Todas las inflorescencias visibles.
	Longitud de inflorescencia.	mm	Vernier. Medido en la inflorescencia del tallo más alto.
	Longitud de espiguilla.	mm	Vernier. Largo de toda la primera espiguilla en la inflorescencia del tallo más alto.
Producción	Materia seca total.	g	Balanza analítica.
	Materia seca de hojas.	g	Balanza analítica.
	Materia seca de tallos.	g	Balanza analítica.

Característica	Variable	Unidad	Instrumento y Detalles
	Materia seca de inflorescencia.	g	Balanza analítica.
	Asignación de MS a hojas.	%	Ratio: MS hojas/MS total
	Asignación de MS a tallos.	%	Ratio: MS tallos/MS total
	Asignación de MS a inflorescencia.	%	Ratio: MS inflorescencia/MS total
Ratios	Ratio del número de hojas/número de tallos.	-	Número de hojas dividido por el número de tallos.
	Ratio del número de inflorescencias/número de tallos.	-	Número de inflorescencia dividido por el número de tallos.
	Ratio de materia seca de hojas / materia seca de tallos.	-	División de materia seca de hojas y tallos.

Al estudiar la producción también se analizó la asignación de recursos a los órganos de la parte aérea de la planta (% MS de hojas, tallos e inflorescencia). Además, estudiamos ratios, indicadores de calidad forrajera en esta especie.

3.5.2. Análisis Estadístico

Las variables correspondientes a las características morfológicas y productivas se analizaron con el siguiente modelo lineal.

$$y_{ijkl} = \mu + P_i + A_j(P_i) + B_k + \hat{\beta}X_l + e_{ijkl}$$

y_{ijkl} : Características morfológicas, productivas, asignación de recursos y ratios.

μ : Media general.

P_i : Efecto de la i-ésima población.

$A_j(P_i)$: Efecto de la j-ésima mata dentro de la i-ésima población.

B_k : Efecto del k-ésimo bloque (10 filas).

$\hat{\beta}$: Es la pendiente de la covariable X_l .

X_l : Número inicial de hojas.

e_{ijk} : Error experimental.

Se usó el número inicial de hojas como covariable, ya que, a pesar de que el diámetro inicial de cada planta fue uniforme, es muy complicado conocer de forma exacta el número de

plántulas vivas. Además, el número inicial de hojas estuvo correlacionado significativamente con las características morfológicas y productivas (Anexos 11 y 12).

3.6. ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y ARQUITECTURA DE PLANTA

3.6.1. Asignación de Recursos y Arquitectura de Planta

Con el objetivo de determinar la asignación de recursos y arquitectura de plantas individuales en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla*, se muestrearon cinco plantas de cada población, de forma aleatoria. La parte aérea de estas plantas fueron envueltas cuidadosamente con rafia desde la parte más alta hasta la base (parte inicial de la corona) para evitar pérdidas durante el traslado, fueron etiquetadas, luego extraídas del suelo con toda su tierra a una profundidad de 30.0 cm, en un área cuadrado de 20.0 cm de lado. La tierra fue separada de la raíz por lavado, evitando al máximo la pérdida de raíces y luego fueron trasladados al Laboratorio de Pastizales de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Se realizó la separación de parte aérea, corona y raíz en cada planta. Se consideró como parte aérea a partir de 2.0 cm desde el inicio de raíces, luego se extrajeron todas las raíces y el remanente fue considerado como la corona. Las raíces y la corona fueron secados a 60 °C por 48 horas y sirvieron para estudiar la asignación de recursos.

La parte aérea de las muestras se utilizó para el estudio de la arquitectura de la planta; para ello fue dividida en porciones de una pulgada (2.54 cm) con ayuda de una tijera, esto se realizó a lo largo de toda su longitud, las muestras fueron secadas a 60 °C por 48 horas en una estufa y el peso seco se obtuvo con una balanza analítica. Inmediatamente se realizó la separación de hojas (desde la lígula), tallos (hasta el nudo, justo antes de la inflorescencia) e inflorescencia; luego de ser pesados estos sirvieron para estudiar la asignación de recursos. Las variables estudiadas se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 11: Variables estudiadas para la asignación de recursos de plantas individuales.

Variable	Unidad	Instrumento y Detalles
Materia seca de hojas	g	Balanza analítica. Todas las hojas de la planta.
Materia seca de tallos	g	Balanza analítica. Todos los tallos más las vainas de la planta.
Materia seca de inflorescencia	g	Balanza analítica. Incluye todas las inflorescencias de la planta.
Materia seca de corona	g	Balanza analítica. A partir del inicio de raíz hasta 2.0 cm hacia la parte aérea.
Materia seca de raíz	g	Balanza analítica. Incluye todas las raíces.
Materia seca de parte aérea	g	Incluye hojas, tallos e inflorescencia.
Materia seca por debajo de la tierra	g	Incluye corona y raíz.
Materia seca total	g	Peso de hojas, tallos, inflorescencia, corona y raíz.
Porcentaje de MS de hojas	%	Peso seco de hojas dividido por el peso total.
Porcentaje de MS de tallos	%	Peso seco de tallos dividido por el peso total.
Porcentaje de MS corona	%	Peso seco de la corona dividida por el peso total.
Porcentaje de MS de raíz	%	Peso seco de la raíz dividida por el peso total.
Porcentaje de MS aérea	%	Suma de peso de hojas, tallos e inflorescencia dividida por el peso total.
Porcentaje de MS por bajo de la tierra.	%	Suma de peso de corona y peso de raíz dividido por el peso total.

Para el estudio de la arquitectura de la planta se realizaron análisis de acumulación de materia seca a lo largo de la longitud de la planta, iniciando desde la base, con datos expresados en porcentaje de materia seca.

3.6.2. Análisis Estadístico

Los datos de acumulación de materia seca a los diferentes órganos se analizaron con el siguiente modelo lineal.

$$y_{ijk} = \mu + P_i + \hat{\beta}X_j + e_{ijk}$$

y_{ijk} : Materia seca y porcentajes de los diferentes órganos de *Festuca dolichophylla*.

μ : Media general.

P_i : Efecto de la i-ésima población.

$\hat{\beta}$: Pendiente de la covariable.

X_j : Número inicial de hojas.

e_{ij} : Error experimental.

Se usó el número inicial de hojas como covariable, ya que, a pesar de que el diámetro inicial de cada planta uniforme, es muy complicado conocer de forma exacta el número de fitómeros vivos por cada planta. Además, el número inicial de hojas estuvo correlacionado significativamente con la acumulación de materia seca en los diferentes órganos de la planta (Anexo 13).

Para estudiar la arquitectura de la planta, se analizaron los porcentajes de acumulación de materia seca a lo largo de la longitud de la planta, los análisis se hicieron con intervalos de una pulgada (2.54 cm) a partir de la base de la planta; los datos se analizaron bajo el siguiente modelo lineal.

$$y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

y_{ij} : Porcentaje de acumulación de materia seca a una altura específica (1 pulgada, 2 pulgadas, etc.).

μ : Media general.

P_i : Efecto de la i-ésima población.

e_{ij} : Error experimental.

3.7. PROCESAMIENTO DE DATOS

Se utilizó el software libre “R” versión 4.03 para el análisis de datos. Inicialmente se realizó un análisis exploratorio para la detección de datos atípicos (datos con errores de tipeo o de anotación, datos extremos). Las comparaciones de promedios entre poblaciones se realizaron por el método Tukey, con un nivel de significación del 0.05. Los cuadros y figuras se elaboraron utilizando Microsoft Excel.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TASA DE SOBREVIVENCIA Y PATRONES DE CRECIMIENTO

4.1.1. Tasa de Supervivencia

Las mayores tasas de supervivencia se encontraron en plantas de *Festuca dolichophylla* procedentes de Puno, seguida por plantas procedentes de la CCPH. En ambos casos, las tasas de supervivencia fueron superiores al 85%, mientras que en las otras poblaciones fueron inferiores al 70% (**Cuadro 12**). Las características de suelo, precipitación y temperatura de los lugares de origen habrían moldeado a cada población de forma diferente; el ambiente del experimento tuvo temperatura media de 8.1 °C y 899 mm de precipitación anual; plantas de Puno provinieron de un ambiente más frío (6.9 °C) y menor precipitación (677 mm); estas plantas, al exponerse a un mejor ambiente habrían permitido una mayor supervivencia; mientras que plantas procedentes de otras poblaciones provinieron de ambientes más cálidos (Pasco y Junín) y con mayor precipitación (Pasco, CIDCSL) y su menor crecimiento se debería a las condiciones a las que estuvieron adaptadas. Se observaron diferentes grados de variabilidad dentro de cada población, lo que concuerda con Gil *et al.* (2015), quienes estudiaron 13 poblaciones de *Trichloris crinita*, gramínea nativa de Argentina, y encontraron persistencias desde 10% hasta 95%; May *et al.* (2004) reportó elevada variabilidad y diferencias para mortalidad en invierno para 49 genotipos de *Festuca idahoensis* manejadas en condiciones similares. La variabilidad es muy importante cuando se busca plantas con potencial de adaptación a diferentes ambientes.

Tabla 12: Porcentaje de la tasa de supervivencia y error estándar de diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	Promedio (%)	Error estándar
CCPH ¹	86.7 ^{ab}	8.2
CIDCSL ²	43.3 ^b	13.5
Junín	63.3 ^{ab}	16.2
Pasco	66.7 ^{ab}	11.8
Puno	96.7 ^a	3.3
Total	71.3	6.1

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice muestran diferencias significativas a la Prueba de Tukey (p<0.05).

La tasa de sobrevivencia de las plantas de Puno fue superior a las del CIDCSL, pero similares al resto de las poblaciones, a pesar que las diferencias numéricas fueron superiores al 5.0%, debido principalmente a la elevada variabilidad. Por otro lado, Gil *et al.* (2015) encontraron diferencias entre poblaciones de *Trichloris crinita* para persistencia en un ambiente uniforme. Para otras especies nativas, como *Festuca humilior* y *Calamagrostis macrophylla* se reportan tasas de mortalidad dependientes del abonamiento del suelo (Tácuna *et al.* 2015), mientras que Gonzales *et al.* (2021) no encontraron diferencias entre especies nativas e introducidas para sobrevivencia a los tres meses de implantación, valores reportados son superiores al 78%. En el presente estudio se controló la influencia de factores climáticos y factores relacionados al suelo al sembrar y monitorear las cinco poblaciones en una misma área experimental; por lo tanto, la variabilidad observada se atribuye principalmente al componente genético de cada población. Las adaptaciones al medio ambiente de cada población, en especial los relacionados con el suelo y disponibilidad de agua habría generado una amplia variación fenotípica y genética en las poblaciones (Kozub *et al.* 2017).

4.1.2. Patrones de Crecimiento

Las poblaciones tuvieron un efecto significativo sobre la altura de planta de *F. dolichophylla* ($p < 0.05$), las plantas procedentes de Puno mostraron mayor altura con respecto a las demás poblaciones durante el estudio, excepto con las plantas del CIDCSL (**Cuadro 13**). En todo el periodo de evaluación se encontró elevada variabilidad, lo que se refleja en sus altos errores estándar. Estos resultados concuerdan con el estudio de Gil *et al.* (2015), quienes reportaron variabilidad y efecto de poblaciones para alturas al dosel y a la panoja más alta en trece poblaciones de *Trichloris crinita*.

Tabla 13: Altura de planta en mm (error estándar) de diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
CCPH ¹	25	91.7 (3.6) ^{bc}	153.4 (12.3) ^{bc}	194.3 (19.9) ^{bc}	229.0 (25.6) ^{bc}	252.6 (28.4) ^{bc}	258.1 (29.0) ^{bc}
CIDCSL ²	13	106.2 (5.6) ^{ab}	212.5 (17.8) ^{ab}	292.2 (31.4) ^{ab}	349.8 (37.9) ^{ab}	362.9 (38.7) ^{ab}	363.3 (38.8) ^{ab}
Junín	18	89.1 (3.7) ^{bc}	146.0 (8.5) ^c	180.8 (10.6) ^c	201.2 (12.3) ^c	213.4 (11.1) ^{bc}	217.1 (11.6) ^{bc}
Pasco	19	85.4 (3.7) ^c	148.4 (9.8) ^{bc}	174.9 (14.4) ^c	188.6 (17.9) ^c	198.3 (19.8) ^c	199.7 (20.2) ^c
Puno	25	114.6 (3.7) ^a	231.7 (8.8) ^a	332.0 (16.6) ^a	420.5 (19.4) ^a	454.1 (17.3) ^a	458.5 (16.5) ^a
Total	100	97.6 (2.1)	178.4 (6.2)	235.3 (10.6)	279.9 (13.8)	299.9 (14.6)	303.4 (14.6)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice en cada mes muestran diferencias significativas a la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La tasa de crecimiento fue influenciada de manera significativa por las poblaciones en el periodo de enero a marzo ($p < 0.05$) que coincide con época de lluvia y alta disponibilidad de agua, en tanto que no se encontró diferencia significativa en abril y mayo ($p > 0.05$) coincidiendo con el inicio de época seca. Plantas procedentes de Puno mostraron mayores tasas de crecimiento en comparación al resto de las poblaciones, con excepción a las plantas del CIDCSL (Fig. 09) en el periodo de enero a marzo. Por otro lado, se encontró altos niveles de variabilidad, que se reflejan en el error estándar. En estudios en *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* se reportó efecto de la especie sobre la extensión laminar y tasa de crecimiento expresado en mg/día (Ganderats y Hepp 2003), así como del volumen de agua sobre la elongación de tallos y hojas en *Brachiaria decumbens* (de Souza *et al.* 2008).

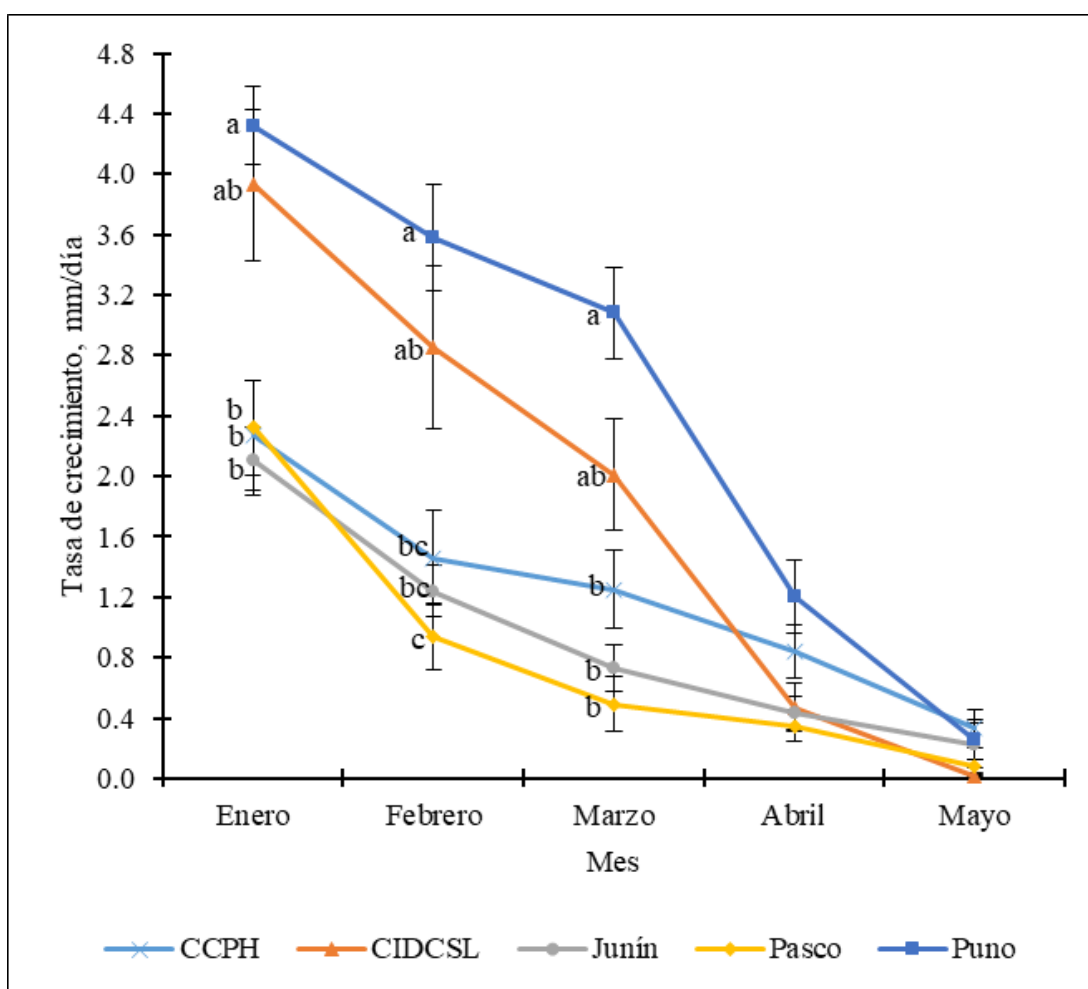


Figura 9: Tasa de crecimiento de diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Letras diferentes en un mismo mes indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$), las barras representan el error estándar. CCPH: Comunidad Campesina Pastales Huando, CIDCSL: Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc.

Los resultados observados sugieren un patrón de crecimiento mayor al inicio del periodo de evaluación, coincidiendo con el incremento de las precipitaciones, para luego disminuir hasta mayo, donde el crecimiento es casi nulo, coincidiendo con el inicio de la época seca. La sequía induce la reducción en la presión de turgencia de las hojas y dan como resultado una inhibición simultánea, tanto de la expansión como de la diferenciación celular, provocando la reducción en la tasa de elongación (Coussement *et al.* 2021).

El número de tallos fue influenciado por la población desde febrero a mayo ($p < 0.05$), pero no en diciembre y enero. En todos los casos con altos valores de error estándar indicando alta variabilidad (**Cuadro 14**). Las plantas de Puno mostraron mayor número de tallos de febrero a abril con respecto al resto de las poblaciones; asimismo, *Festuca dolichophylla* de Puno mostró mayores valores en mayo que las otras poblaciones, pero fue similar a las plantas del CIDCSL; estas plantas, al provenir de un ambiente con desventajas (menor precipitación y temperatura) habrían logrado un mejor aprovechamiento de los recursos en el ambiente del experimento.

Tabla 14: Número de tallos/planta (error estándar) de diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
CCPH ¹	22	0.00 (0.00)	0.36 (0.14)	2.36 (0.36) ^b	3.27 (0.44) ^b	3.45 (0.45) ^b	3.55 (0.45) ^b
CIDCSL ²	13	0.08 (0.08)	0.77 (0.23)	2.77 (0.75) ^b	3.54 (0.93) ^b	3.92 (1.00) ^b	4.23 (1.19) ^{ab}
Junín	14	0.36 (0.13)	0.86 (0.27)	2.07 (0.32) ^b	2.43 (0.37) ^b	2.86 (0.39) ^b	2.93 (0.38) ^b
Pasco	13	0.23 (0.12)	0.46 (0.14)	2.23 (0.44) ^b	3.00 (0.65) ^b	3.08 (0.65) ^b	3.08 (0.65) ^b
Puno	25	0.00 (0.00)	0.92 (0.26)	5.84 (0.52) ^a	7.44 (0.70) ^a	7.92 (0.76) ^a	8.32 (0.82) ^a
Total	87	0.10 (0.03)	0.68 (0.11)	3.36 (0.28)	4.33 (0.36)	4.65 (0.38)	4.85 (0.41)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice en cada mes muestran diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La tasa de aparición de tallos no mostró diferencias significativas entre poblaciones en los meses de enero, marzo, abril y mayo ($p > 0.05$); pero se encontraron diferencias significativas en el mes de febrero ($p < 0.05$) donde plantas de Puno tuvieron mayor tasa de aparición de tallos en comparación al resto de las poblaciones (**Fig. 10**), lo cual muestra alta variabilidad para esta característica. Gil *et al.* (2015) también reportaron variabilidad y diferencias entre poblaciones de *Trichloris crinita* para el número de panojas.

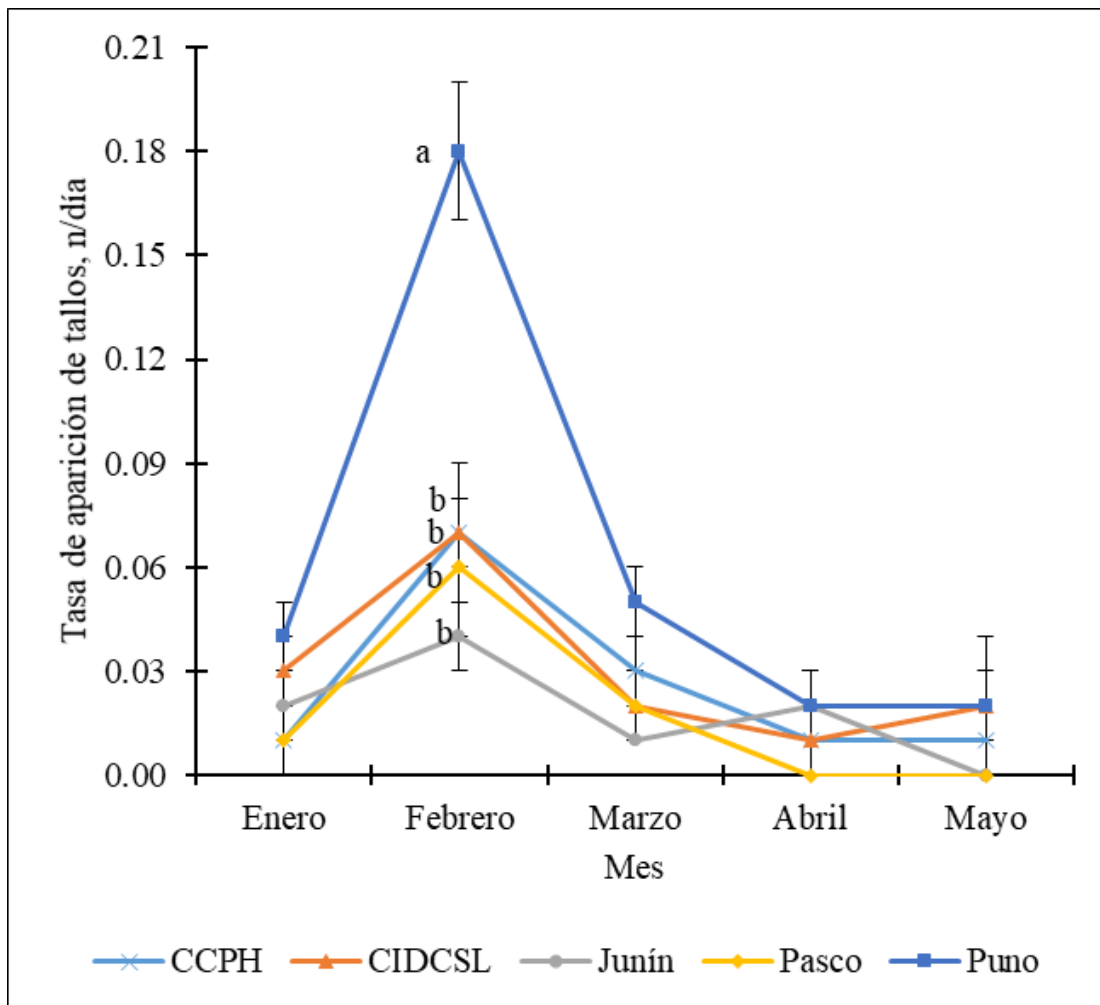


Figura 10: Tasa de aparición de tallos de diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Letras diferentes en un mismo mes indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$), las barras representan el error estándar. CCPH: Comunidad Campesina Pastales Huando, CIDCSL: Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc.

El número de hojas fue influenciado por la población ($p < 0.05$) en los meses de diciembre y enero, mas no en febrero, marzo, abril y mayo ($p > 0.05$), en todos los casos con elevada variabilidad (**Cuadro 15**). El número de hojas en diciembre fue superior en las plantas procedentes de Puno, en tanto que solo en enero fue superior a las plantas de la CCPH. En este sentido, da Silva *et al.* (2009) reportaron alta variabilidad para el número de hojas vivas, además de que a menor es la altura de corte en *Panicum máximum* el número de hojas/macollo es menor. En *Urochloa brizantha* y *Megathyrsus maximus*, Mota *et al.* (2021) encontraron un mayor número de hojas debidas al abonamiento con azufre y potasio.

Tabla 15: Número de hojas/planta (error estándar) de diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
CCPH ¹	25	11,36 (1,74) ^b	14,32 (1,91) ^b	17,92 (2,44)	23 (3,36)	29,16 (4,35)	30,96 (4,63)
CIDCSL ²	13	18,38 (5,19) ^b	21,46 (5,99) ^{ab}	26,62 (7,79)	35 (11,02)	49,54 (15,86)	54,31 (17,43)
Junín	18	14,17 (3,31) ^b	19,78 (4,74) ^{ab}	23,89 (5,91)	29,56 (7,75)	39,94 (10,88)	43,44 (11,96)
Pasco	19	18,47 (3,01) ^b	25,32 (4,46) ^{ab}	29,47 (5,32)	35,05 (6,4)	44,32 (8,05)	47,42 (8,63)
Puno	25	36,68 (3,16) ^a	38,56 (3,01) ^a	43,88 (3,54)	53,72 (4,91)	71,24 (6,62)	77,08 (7,23)
Total	100	20,46 (1,68)	24,38 (1,88)	28,81 (2,25)	35,71 (2,94)	47,15 (4,01)	50,9 (4,37)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice en cada mes indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La tasa de aparición de hojas no mostró diferencias significativas entre poblaciones ($p > 0.05$) durante todo el periodo de evaluación, pero se encontró alta variabilidad en las poblaciones (**Fig. 11**). La tasa de aparición de hojas incrementa de enero a abril en todas las poblaciones, para disminuir en mayo; los primordios foliares formados se irían elongando paulatinamente a lo largo del periodo de crecimiento, ya que nosotros consideramos como hojas a aquellas que superaran los 2 cm de longitud. Así, da Silva *et al.* (2009) reportaron una disminución en la tasa de aparición de hojas a lo largo del periodo de crecimiento en *P. maximum*, una gramínea tropical, diferente a los hallazgos en el presente estudio; en cambio (Mota *et al.* 2021) no encontraron diferencias en la tasa de aparición de hojas debido al abonamiento con azufre y potasio en *Urochloa brizantha* y *Megathyrsus maximus*.

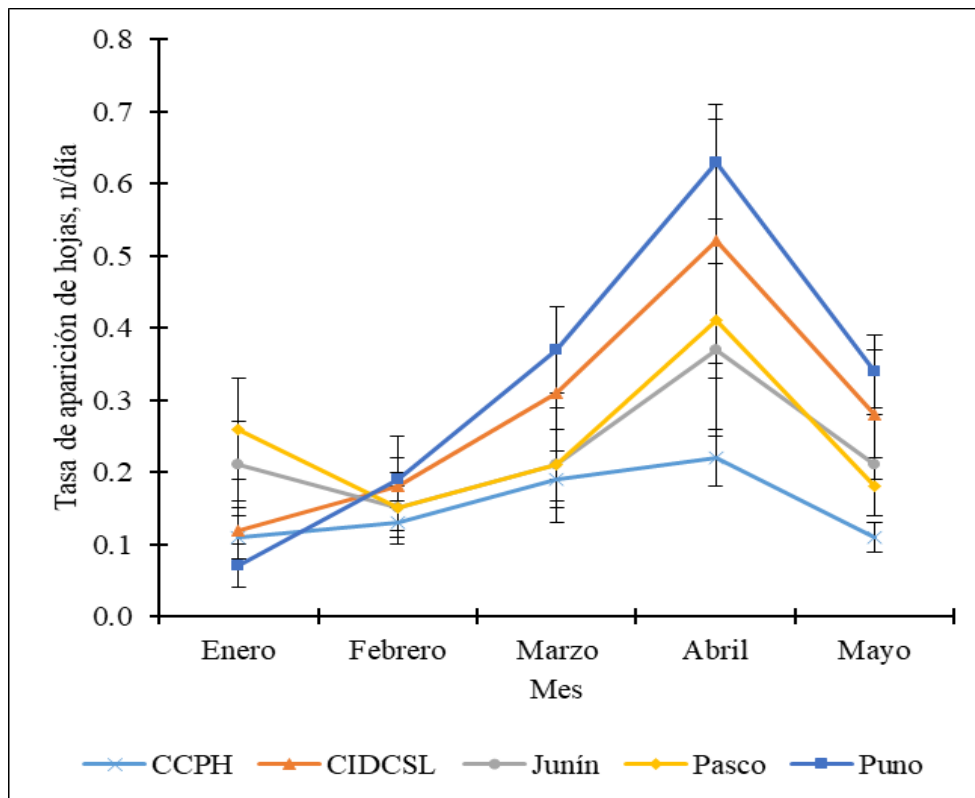


Figura 11: Tasa de aparición de hojas de diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Letras diferentes en un mismo mes indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$), las barras representan el error estándar. CCPH: Comunidad Campesina Pastales Huando, CIDCSL: Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc.

La altura de planta, número de tallos por planta, número de hojas por planta, así como la tasa de crecimiento, tasa de aparición de tallos y tasa de aparición de hojas tuvieron alta variabilidad. Resultados similares fueron obtenidos por Gil *et al.* (2015) en poblaciones de *Trichloris crinita* con relación a la altura de plantas, número de hojas, número de panículas y número de macollos, en tanto que Kozub *et al.* (2017), para dicha especie encontraron alta variabilidad para características relacionadas con la revegetación y uso como forraje. Esta variabilidad habría sido generada por los diferentes ambientes de origen a los cuales se adaptaron cada población, especialmente a los relacionados con las características del suelo, disponibilidad de agua, estrés abiótico (sequía, salinidad) y la competencia con otras especies nativas (Kozub *et al.* 2017).

En el presente estudio, las plantas procedentes de las diferentes poblaciones fueron evaluadas en un ambiente uniforme; por lo que la variación y diferencias encontradas se deberían principalmente a la diferente constitución genética de cada población. Esta variabilidad es

muy importante para futuros programas de mejoramiento genético en esta especie con fines de producción forrajera o revegetación; sin embargo, previamente se requiere realizar una caracterización morfológica y genética como lo sugieren Oliveira *et al.* (2016) a fin de poder identificar poblaciones potenciales con propósitos específicos.

Por último, se encontró un patrón de crecimiento ordenado de las partes de la planta (**Fig. 12**). *F. dolichophylla* inicia con crecimiento en tamaño (altura de planta) en el mes de enero para luego descender gradualmente; en seguida se incrementa el número de tallos, mostrando la mayor tasa de aparición de tallos en febrero, para finalmente incrementar el número de hojas, especialmente en abril. Matthew (1996) encontró una activación secuencial de la emergencia de tallos, formación de raíces y crecimiento de hojas en *Lolium perenne*; patrón que sería similar al del presente estudio para tallos y hojas.

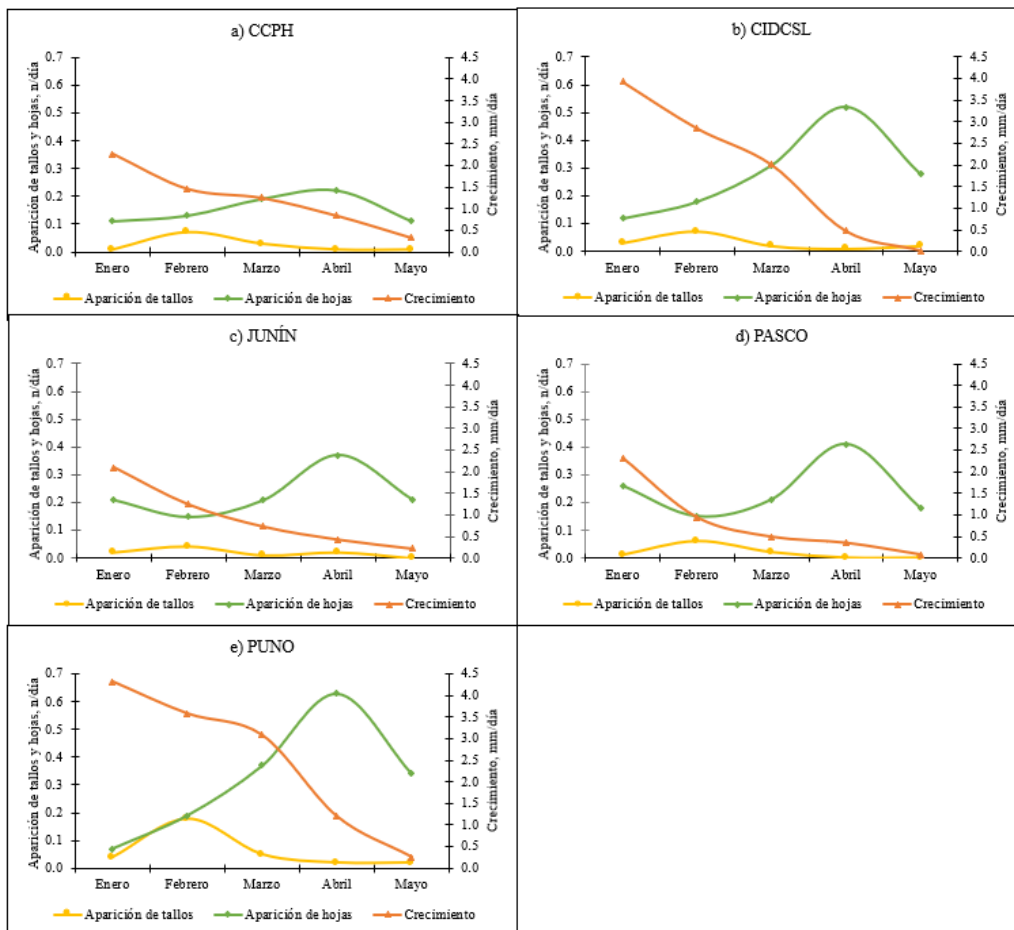


Figura 12: Patrones de crecimiento de diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Se muestran mayores tasas de crecimiento y también mayor tasa de aparición de hojas y tallos en plantas procedentes de Puno, seguidas por las del CIDCSL; en cambio, plantas procedentes de la CCPH, Junín y Pasco tuvieron menores valores para dichas características. Plantas con mayor crecimiento, tienen la ventaja competitiva de mayor acumulación de recursos en sus órganos para garantizar su supervivencia.

4.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS

4.2.1. Características Morfológicas

La altura de planta (altura a la hoja bandera) fue superior en plantas procedentes de Puno ($p < 0.05$) en comparación a las procedentes de CCPH, Junín y Pasco; pero fue similar a las plantas procedentes del CIDCSL ($p > 0.05$), ver **Cuadro 16**; Jaindl *et al.* (1994) reportó diferencias en altura para plantas de *Festuca idahoensis* procedentes de zonas con diferente historial de pastoreo (zona no pastoreada y con sobrepastoreo), May *et al.* (2004) reportaron también elevada variabilidad y diferencias entre genotipos para la misma especie. Gonzales *et al.* (2021) también encontraron variabilidad en poblaciones nativas y exóticas en cuanto a la altura de mata, en un estudio realizado en gramíneas en Argentina; al igual que Ravhuhali *et al.* (2018) en gramíneas nativas en Sudáfrica encontraron influencia de las especies y estado de crecimiento sobre la altura de planta. En cuanto al número de hojas/planta, la población de Puno mostró el mayor valor ($p < 0.05$) en comparación al resto de las poblaciones, esto daría ventaja a esta población para la mayor asimilación de recursos por fotosíntesis, al poseer mayor cantidad de hojas; Mota *et al.* (2021) reportó variación de esta variable debido a diferentes niveles de fertilización con azufre y potasio en *Urochloa brizantha*. La longitud de hoja y el ancho de hoja fueron 90.74 mm y 2.66 mm respectivamente, y no se mostraron diferencias estadísticas entre poblaciones ($p > 0.05$); en cambio, Ravhuhali *et al.* (2018) encontró influencia de las especies y estado de crecimiento sobre el número de hojas y ancho de hoja en gramíneas nativas de Sudáfrica.

Tabla 16: Características de hoja (error estándar) en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Altura a hoja bandera (mm)	Número de hojas/planta (n)	Longitud de hoja (mm)	Ancho de hoja (mm)
CCPH ¹	25	261.93 (29.10) ^b	35.24 (6.53) ^b	86.56 (8.76)	2.81 (0.17)
CIDCSL ²	12	340.15 (33.80) ^{ab}	38.42 (7.79) ^b	96.05 (9.73)	2.39 (0.08)
Junín	18	217.05 (11.63) ^b	43.44 (11.96) ^b	108.13 (8.86)	2.49 (0.12)
Pasco	19	199.67 (20.15) ^b	47.42 (8.63) ^b	73.08 (7.14)	2.33 (0.14)
Puno	25	441.02 (15.42) ^a	74.80 (7.66) ^a	93.29 (6.09)	3.01 (0.11)
Total	99	296.53 (13.80)	49.44 (4.08)	90.74 (3.72)	2.66 (0.07)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada columna indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La altura al tallo y la longitud del tallo fueron superiores ($p < 0.05$) en plantas procedentes de Puno con respecto al resto de las poblaciones, a excepción de plantas del CIDCSL ($p > 0.05$), ver **Cuadro 17**; Gonzales *et al.* (2021) también encontraron variabilidad en poblaciones nativas y exóticas en cuanto a la altura de mata, en un estudio realizado en gramíneas en Argentina; al igual que Gil *et al.* (2015) reportaron diferencias para altura de planta entre poblaciones de *Trichloris crinita*, una gramínea nativa de Argentina. Plantas de Puno presentan mayor ($p < 0.05$) número de tallos/planta que el resto de las poblaciones, Mota *et al.* (2021) reportaron variación de esta variable debido a diferentes niveles de fertilización con azufre y potasio en *Urochloa brizantha*. Con respecto a la longitud de la vaina, plantas de Puno mostraron mayor ($p < 0.05$) valor que las de Pasco únicamente; mientras que fueron similares al resto de las poblaciones ($p > 0.05$). El diámetro de tallo y la longitud vaina – inflorescencia fueron 1.96 mm y 78.22 mm respectivamente y no hubo evidencia ($p > 0.05$) de diferencia entre poblaciones; en cambio, Ravhuhali *et al.* (2018) encontró influencia de las especies y estado de crecimiento sobre el diámetro de tallo en gramíneas nativas de Sudáfrica.

Tabla 17: Características de tallo (error estándar) en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Altura al tallo (mm)	Número de tallos/planta (n)	Longitud de tallo (mm)	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de vaina (mm)	Longitud vaina-inflorescencia (mm)
CCPH ¹	22	337.86 (31.04) ^b	4.05 (0.69) ^b	241.17 (26.72) ^b	2.00 (0.11)	130.88 (9.82) ^{ab}	56.24 (9.96)
CIDCSL ²	11	411.90 (46.71) ^{ab}	3.64 (1.00) ^b	298.01 (37.68) ^{ab}	2.00 (0.13)	154.75 (19.19) ^a	53.60 (11.86)
Junín	14	339.43 (40.10) ^b	2.93 (0.38) ^b	247.61 (36.45) ^b	1.79 (0.10)	116.14 (10.01) ^{ab}	110.23 (30.36)
Pasco	13	303.64 (35.47) ^b	3.08 (0.65) ^b	222.81 (26.14) ^b	1.63 (0.12)	98.70 (8.95) ^b	93.89 (13.95)
Puno	25	533.25 (23.42) ^a	8.16 (0.86) ^a	425.05 (20.33) ^a	2.19 (0.10)	154.37 (6.13) ^a	82.31 (11.03)
Total	85	399.93 (17.58)	4.87 (0.42)	300.86 (15.27)	1.96 (0.05)	133.53 (4.94)	78.22 (7.18)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada columna indican diferencias significativas a la prueba de Tukey (p<0.05).

Plantas procedentes de Puno mostraron mayor número de inflorescencias (p<0.05) en comparación que las demás poblaciones (**Cuadro 18**), se mostraron variabilidad en gramíneas exóticas y nativas en cuanto al número de varas florales (Gonzales *et al.* 2021) en Argentina, May *et al.* (2004) reportaron también elevada variabilidad y diferencias para el número de tallos florales y anthesis entre 49 genotipos de *Festuca idahoensis* manejadas en ambiente común; Gil *et al.* (2015) también reportó diferencias entre 13 poblaciones de *Trichloris crinita* para esta variable, una gramínea nativa de Argentina. La longitud de inflorescencia y de espiguilla fueron 99.08 mm y 8.64 mm respectivamente; además no se evidenció diferencias entre poblaciones (p>0.05). En este estudio no se registró el peso ni el número de semillas; pero el número de inflorescencias sería un buen indicador de la producción de semillas, por lo que plantas de Puno tendrían mayor producción de semillas; sin embargo, aún requiere ser estudiada.

Tabla 18: Características de inflorescencia (error estándar) en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Número de inflorescencias/planta (n)	Longitud de inflorescencia (mm)	Longitud de espiguilla (m)
CCPH ¹	22	3.09 (0.38) ^b	96.69 (5.47)	8.42 (0.26)
CIDCSL ²	11	3.00 (0.83) ^b	113.9 (11.23)	9.55 (0.46)
Junín	14	2.43 (0.33) ^b	91.82 (6.50)	8.27 (0.30)
Pasco	13	2.92 (0.65) ^b	80.83 (11.23)	7.69 (0.21)
Puno	25	6.88 (0.77) ^a	108.20 (4.95)	9.14 (0.38)
Total	85	4.06 (0.35)	99.08 (3.34)	8.64 (0.17)

¹ Comunidad Campesina Pastales Huando, ² Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada columna indican diferencias significativas a la prueba de Tukey (p<0.05).

Gramíneas introducidas se reproducen de forma vegetativa y tienen buena propagación por macollamiento; mientras que las gramíneas nativas tienen una elevada producción de semillas (Gonzales *et al.* 2021), nuestros resultados evidencian que plantas procedentes de Puno tuvieron mayor número de inflorescencias por planta, que indicaría una forma diferente de adaptarse y sobrevivir en un nuevo medio ambiente. *Festuca dolichophylla* procedente de Puno, aparte de mostrar un mayor tamaño, también muestra mayor número de inflorescencias; pudiendo ser una población con buena biomasa, calidad y producción de semillas.

Las características morfológicas mostraron altos niveles de variabilidad, evidenciados en sus elevados errores estándar; esto se debería principalmente al componente genético de cada población, ya que el ambiente fue similar. Goodwin (1993) reportó que *Festuca idahoensis* procedente de zonas relicto (no disturbadas) emergen más rápido y también crecen más rápido que plantas procedentes de zonas disturbadas. Olivera *et al.* (2014) encontró alta variabilidad para características morfobotánicas en 19 accesiones de *Brachiaria brizantha* en Colombia y sugiere que esta variabilidad fenotípica sería importante, porque permitiría aseverar que se cuenta con germoplasmas diferenciados, con una riqueza morfológica aceptable, lo cual es necesario conocer para evitar duplicidades, al momento de elegir accesiones con propósitos específicos. Otro estudio de variación morfológica en 5 poblaciones de *Bromus hordeaceus*, realizado por Bomanowska *et al.* (2013) muestra elevada variabilidad y plasticidad de esta especie en diferentes ambientes para características morfológicas.

Ponsens *et al.* (2010) reportaron alta variabilidad y diferencia entre colecciones de *Chloris gayana* en 30 características morfológicas; al igual que Olivera *et al.* (2010) reportó alta variabilidad para características morfobotánicas en colecciones de *Cynodon dactylon*, en Cuba. En 117 ecotipos de *Bouteloua curtipendula*, Morales *et al.* (2008) reportó elevada variabilidad y diferencia entre ecotipos para características morfológicas. El crecimiento de las plantas está determinado por la tasa de absorción fotosintética de carbono, la pérdida de carbono y los fotoasimilados a ciertos compartimentos de las plantas, lo que conduce a morfologías particulares (Monteiro *et al.* 2011) de cada población. Todo ello está influenciado por la constitución genética de cada población y el ambiente en el que ha prosperado.

Las características ambientales de suelo, precipitación, altitud y temperatura de las poblaciones de *Festuca dolichophylla* de este estudio mostraron un alto grado de variabilidad y estas habrían moldeado de forma diferenciada a cada población y habrían generado poblaciones con constituciones genéticas distintas; así como lo confirmó Bertiller *et al.* (1995), donde las características de suelo estaban asociadas a la cobertura de *Festuca pallescens*. El ambiente donde se desarrolló el presente estudio tuvo una temperatura media de 8.1 °C y 899 mm de precipitación anual; plantas de Puno provinieron de un ambiente más frío (6.9 °C) y menor precipitación (677 mm); estas plantas, al exponerse a un mejor ambiente habrían permitido la expresión de todo su potencial genético; mientras que plantas procedentes de otras poblaciones provinieron de ambientes más cálidos (Pasco y Junín) y con mayor precipitación (Pasco, CIDCSL) y su menor crecimiento se debería a las condiciones a las que estuvieron adaptadas; a ello debemos agregar las características de suelo que fueron variables en cada población, a comparación de la parcela experimental, que tuvo características uniformes. Las variables ambientales no deben ser usadas para explicar la separación morfológica, agronómica, ni resistencia a sequía entre grupos de *Chloris Guyana*, ya que no mostraron ninguna relación con ellas (Ponsens *et al.* 2010); por lo que es necesario e indispensable hacer estudios de caracterización morfológica y productiva de diferentes poblaciones, en ambientes similares, tal y como se realizó en este estudio.

4.2.2. Características Productivas y Asignación de Recursos en la Parte Aérea

En general, luego del periodo de establecimiento (un año), las plantas mostraron tamaños pequeños, evidenciados en la poca producción de materia seca. La mayor producción de materia seca total, de hojas y de tallos se presentó en plantas procedentes de Puno ($p < 0.05$) en comparación al resto de las poblaciones (**Cuadro 19**); esto coincide con el reporte de Jaindl *et al.* (1994), quienes encontraron diferencias en producción relativa de *Festuca idahoensis* procedentes de zonas con diferente historial de pastoreo (zona no pastoreada y con sobrepastoreo); En la misma especie, Goodwin (1993) evidenció emergencia y crecimiento más rápido, más tamaño de raíz y superficie de hojas en plantas procedentes de zonas no disturbadas en comparación a plantas procedentes de zonas disturbadas. Mota *et al.* (2021), en *Urochloa brizantha*, también evidenciaron una diferente acumulación de biomasa forrajera a hojas, tallos-vaina y material senescente, cuando las plantas son sometidas a diferentes niveles de fertilización con azufre y potasio; Gil *et al.* (2015) reportó diferencias entre poblaciones de *Trichloris crinita* para la biomasa aérea. En cambio, en *Megathyrsus*

maximus cv. *Zuri*, los diferentes niveles de fertilización afectan únicamente en la biomasa de la lámina foliar y el material senescente; Torres *et al.* (2014) no encontró diferencias en la producción de materia seca en gramíneas introducidas y nativas de Argentina bajo diferentes sistemas de manejo de la defoliación. La materia seca de la inflorescencia fue de 0.16 g y no se mostró diferencias entre poblaciones ($p>0.05$) de *Festuca dolichophylla*.

Tabla 19: Características productivas (error estándar) en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Materia seca total (g)	Materia seca de hojas (g)	Materia seca de tallos (g)	Materia seca de inflorescencia (g)
CCPH ¹	22	1.43 (0.37) ^b	0.70 (0.20) ^b	0.70 (0.18) ^b	0.12 (0.03)
CIDCSL ²	11	1.37 (0.36) ^b	0.68 (0.16) ^b	0.65 (0.19) ^b	0.11 (0.04)
Junín	14	1.20 (0.30) ^b	0.85 (0.24) ^b	0.35 (0.07) ^b	0.10 (0.02)
Pasco	13	1.08 (0.23) ^b	0.75 (0.14) ^b	0.37 (0.11) ^b	0.11 (0.04)
Puno	25	3.68 (0.43) ^a	1.53 (0.17) ^a	1.87 (0.25) ^a	0.28 (0.04)
Total	85	1.88 (0.19)	0.94 (0.09)	0.93 (0.11)	0.16 (0.02)

¹ Comunidad Campesina Pastales Huando, ² Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada columna indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p<0.05$).

Teniendo en cuenta que los valores medios de materia seca, consideramos que los errores estándar para las características productivas de *Festuca dolichophylla* fueron elevadas; esto concuerda con los reportado por Namur y Blanco (2018) en diferentes poblaciones de *Trichloris crinita*, una gramínea nativa de Argentina; los resultados mostraron comportamiento diferencial en la producción forrajera en las diferentes poblaciones en suelo salino. La adaptación de cada población a su ambiente de origen provocaría una expresión diferenciada en diversas características de las plantas (Namur 2017); en el presente estudio las variables ambientales (suelo, precipitación y temperatura) mostraron diferencias entre los lugares de origen de cada población y esto habría moldeado la diferenciación genética de cada población.

En otras especies también se encontraron elevadas variabilidades y diferencias entre accesiones para caracteres agromorfológicos, tal es el caso de lo reportado por Oliveira *et al.* (2010) en *Agrostis capillaris* en España; de igual forma Ponsens *et al.* (2010), quienes reportaron alta variabilidad y diferencia entre colecciones de *Chloris gayana* en las características agronómicas. En 49 genotipos de *Festuca idahoensis*, May *et al.* (2004), encontraron variabilidad y diferencias entre poblaciones, en un experimento en condiciones

similares. La variabilidad encontrada en este estudio concuerda con lo que reportamos para características morfológicas en *Festuca dolichophylla*, esto sugiere la potencialidad que pueden tener algunas poblaciones para la mejora de la producción forrajera. En 117 ecotipos de *Bouteloua curtipendula*, Morales *et al.* (2008) reportó elevada variabilidad y diferencia entre ecotipos para características morfológicas.

Cuando se analizó la acumulación de materia seca en la parte aérea, plantas procedentes de Pasco mostraron mayor ($p < 0.05$) distribución de materia seca a las hojas en comparación únicamente con las plantas de Puno (**Cuadro 20**); en cambio las plantas procedentes de Puno mostraron mayor ($p < 0.05$) acumulación de materia seca a los tallos que las procedentes de Pasco. EL 8.84 % de la materia seca aérea se acumula en la inflorescencia y no mostraron diferencias ($p > 0.05$) entre poblaciones. Cheplick (2020) encontró diferente asignación de recursos a la semilla por los diferentes jardines y poblaciones de *Tridens flavus*, una gramínea nativa de Estados Unidos; pero no encontraron diferencias en la asignación de recursos a tallos, hojas ni panícula. Estos resultados difieren de los nuestros, ya que en nuestro caso encontramos diferencias en la acumulación de recursos a hojas y tallos; pero no para la inflorescencia; es importante tener en cuenta que en nuestro caso expresamos la partición de la materia seca aérea, sin incluir la materia seca de corona ni de la raíz.

Tabla 20: Acumulación de materia seca en la parte aérea (error estándar) en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Hojas (%)	Tallos (%)	Inflorescencia (%)
CCPH ¹	22	47.43 (2.42) ^{ab}	41.04 (2.31) ^{ab}	11.53 (1.34)
CIDCSL ²	11	49.31 (4.89) ^{ab}	42.94 (4.68) ^{ab}	7.75 (0.72)
Junín	14	59.33 (5.15) ^{ab}	30.00 (4.59) ^{ab}	10.67 (2.21)
Pasco	13	70.03 (4.95) ^a	23.44 (3.96) ^b	6.53 (1.63)
Puno	25	45.04 (2.80) ^b	47.82 (2.38) ^a	7.14 (0.60)
Total	85	52.39 (1.89)	38.77 (1.72)	8.84 (0.62)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada columna indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

4.2.3. Características de Calidad Forrajera

El ratio número de hojas : número de tallos fue superior ($p < 0.01$) en las plantas procedentes de Pasco únicamente en comparación con las procedentes de Puno (**Cuadro 21**). El ratio

número de inflorescencia : número de tallos fue 0.87 y no se mostraron diferencias entre poblaciones. El ratio de materia seca de hojas : materia seca de tallos fue superior ($p < 0.05$) en plantas de Pasco en comparación a las de la CCPH, CIDCSL y Puno; pero se mostró similar ($p > 0.05$) en comparación a las plantas procedentes de Junin. Greco y Cavagnaro (2005) reportaron diferencias en el ratio de materia seca aérea : materia seca de raíz en tres variedades de *Trichloris crinita*.

Plantas que tienen un mayor ratio de materia seca de hojas : materia seca de tallos indican mayor calidad forrajera para el pastoreo de animales; ya que poseen menor acumulación de fibra (celulosa, hemicelulosa, lignina) y una mayor digestibilidad; el ratio de número de hojas : número de tallos, también sería un buen indicador de la calidad del forraje. Nuestros resultados evidencian una mayor calidad forrajera en *Festuca dolichophylla* procedente de Pasco solo en comparación con las de Puno; sin embargo, estas plantas son más pequeñas y tendrían bajos niveles de producción de materia seca. Estos resultados son muy importantes para la toma de decisiones en el pastoreo y elección de especies en los procesos de mejoramiento de pastizales por medio de revegetación.

Tabla 21: Características relacionadas con calidad forrajera (error estándar) en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Número de hojas : Número de tallos	Número de inflorescencias : Número de tallos	Materia seca de hojas : Materia seca de tallos
CCPH ¹	22	10.79 (1.52) ^{ab}	0.86 (0.04)	1.30 (0.13) ^b
CIDCSL ²	11	14.43 (2.53) ^{ab}	0.89 (0.05)	1.43 (0.29) ^b
Junín	14	17.59 (4.89) ^{ab}	0.86 (0.05)	2.95 (0.57) ^{ab}
Pasco	13	28.52 (8.41) ^a	0.96 (0.03)	6.18 (2.06) ^a
Puno	25	10.27 (1.06) ^b	0.82 (0.04)	1.15 (0.19) ^b
Total	85	14.94 (1.73)	0.87 (0.02)	2.29 (0.38)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada columna indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Las características morfológicas, productivas y de calidad forrajera mostraron diferentes grados de variabilidad. Las características de crecimiento de cada variedad de *Trichloris crinita* reflejaron una adaptación diferencial a sus zonas de origen en Argentina (Greco y Cavagnaro 2005), en *Festuca idahoensis*, May *et al.* (2004), encontraron variabilidad y diferencias entre genotipos para altura a la hoja, altura al tallo floral, número de tallos florales y rendimiento de semilla; este sería el mismo caso para nuestros resultados en *Festuca*

dolichophylla. Al haberse realizado en condiciones ambientales similares, esta variabilidad se debería en gran medida al componente genético de las plantas y de cada población, tal como fue manifestado por May *et al.* (2004). En *Festuca pallescens*, Bertiller y Defosse (1990) encontraron mayor productividad primaria aérea en plantas procedentes de zonas pastoreadas en comparación a zonas no pastoreadas en el inicio de crecimiento; sin embargo, en la etapa de reproducción se mostró todo lo contrario. La restauración a partir de la implantación de gramíneas nativas constituiría una alternativa eficiente, ya que las mismas son los principales recursos forrajeros de las regiones áridas y semiáridas, y cuentan con características morfológicas y fisiológicas especiales que les confieren ventajas en este tipo de ambientes actualmente degradados por causas naturales y antrópicas (Gil *et al.* 2015); además podrían usarse en procesos de mejoramiento genético para incrementar la producción forrajera o calidad en ambientes específicos. Otros estudios muestran elevada variabilidad intraespecífica entre poblaciones, este es el caso de *Pennisetum ciliare*, estudiado por Sánchez *et al.* (2017) en 126 ecotipos de Etiopía, en el que se encontró alta variabilidad para características, agronómicas, morfológicas y nutricionales. Gil *et al.* (2015) reportó variabilidad entre poblaciones de *Trichloris crinita* y esto permitiría seleccionarlas de acuerdo a su importancia agronómica, teniendo en cuenta fundamentalmente la biomasa total, calidad de forraje, producción de semillas y persistencia al corte.

4.3. ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y ARQUITECTURA DE PLANTA

4.3.1. Asignación de Recursos

La materia seca total de la planta fue superior ($p < 0.05$) en plantas de Puno en comparación al resto de las poblaciones; la materia seca aérea, subterránea, del tallo, inflorescencia, corona y raíz fueron superiores ($p < 0.05$) en las plantas procedentes de Puno comparadas con el resto de las poblaciones (**Cuadro 22**); esto coincide con el comportamiento diferencial entre poblaciones de *Trichloris crinita* sometidas a diferentes grados de estrés hídrico para peso seco aéreo y de raíces reportado por Kloster *et al.* (2016). La materia seca de lámina foliar, tallos + vaina y panículas fueron influenciados por tres variedades de *Trichloris crinita*, esto fue reportado por Greco y Cavagnaro (2005) y es concordante con nuestros resultados. La materia seca de las hojas mostró su superioridad en plantas provenientes de Puno; seguidas por las del CIDCSL y Junín; las plantas del CCPH y Pasco tuvieron las menores cantidades de materia seca en las hojas y estuvieron en el mismo grupo.

Tabla 22: Distribución de materia seca (error estándar) en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	N	Total (g)	Aérea (g)	Subterránea (g)	Hoja (g)	Tallo (g)	Inflorescencia (g)	Corona (g)	Raíz (g)
CCPH ¹	5	4.47 (1.30) ^c	3.20 (0.99) ^b	1.27 (0.31) ^b	1.47 (0.46) ^c	1.60 (0.60) ^b	0.14 (0.04) ^b	0.71 (0.20) ^b	0.55 (0.13) ^b
CIDCSL ²	5	11.38 (6.20) ^b	7.98 (4.26) ^b	3.40 (1.96) ^b	4.18 (2.52) ^b	3.37 (1.67) ^b	0.44 (0.20) ^b	1.84 (0.89) ^b	1.55 (1.10) ^b
Junín	5	9.52 (3.32) ^{bc}	6.39 (2.10) ^b	3.13 (1.24) ^b	4.19 (1.84) ^b	1.92 (0.44) ^b	0.28 (0.07) ^b	2.09 (0.83) ^b	1.04 (0.41) ^b
Pasco	5	6.85 (2.14) ^{bc}	4.47 (1.35) ^b	2.37 (0.80) ^b	2.62 (0.80) ^{bc}	1.55 (0.44) ^b	0.30 (0.15) ^b	1.42 (0.51) ^b	0.95 (0.29) ^b
Puno	5	26.19 (4.92) ^a	17.83 (3.67) ^a	8.36 (1.45) ^a	7.37 (1.46) ^a	9.40 (2.28) ^a	1.06 (0.27) ^a	4.56 (0.98) ^a	3.79 (0.60) ^a
Total	25	11.68 (2.25)	7.98 (1.55)	3.71 (0.72)	3.97 (0.77)	3.57 (0.81)	0.44 (0.09)	2.13 (0.40)	1.58 (0.34)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada columna indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Cuando se realizó el análisis del porcentaje de asignación de recursos a los diferentes órganos de la planta no se evidenciaron diferencias ($p > 0.05$) entre poblaciones para ninguno de los órganos (**Cuadro 23**); en poblaciones de *Trichloris crinita*, tampoco se vio afectada la asignación de recursos a los diferentes órganos por los diferentes niveles de sombreado de las plantas (Cavagnaro y Trione 2007). Las plantas de *Festuca dolichophylla* acumulan el 67.8% de los recursos a la parte aérea, mientras que el 32.2% lo acumulan en la parte subterránea (corona y raíz). El 34.81%, 29.23%, 3.76%, 18.45% y 13.75% de la materia seca son asignados a hojas, tallos, inflorescencia, corona y raíz respectivamente. Normalmente, en condiciones climática adversas, como temperaturas frías y sequías estacionales, las plantas perennes con frecuencia invierten más en la parte subterránea que en la parte aérea (Monteiro *et al.* 2011); en nuestro estudio no se evidenció este comportamiento, a pesar de las diferencias en características de suelo, temperatura y precipitación entre los lugares de origen de *Festuca dolichophylla*; esto indicaría que las plantas estudiadas tienen una gran plasticidad y son capaces de prosperar en diferentes ambientes, tal como lo hace *Festuca orthophylla*, el cual fue reportado por Monteiro *et al.* (2011) en Bolivia. Cheplick (2020) encontró diferente asignación de recursos a la semilla por los diferentes jardines y poblaciones de *Tridens flavus*, una gramínea nativa de Estados Unidos; pero no encontraron diferencias en la asignación de recursos a tallos, hojas ni panícula. Esto es concordante con nuestros resultados; a excepción de la semilla, la cual no fue medido en este estudio.

Tabla 23: Porcentajes de acumulación de materia seca (error estándar) en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* bajo similares condiciones.

Población	n	Aérea (%)	Subterránea (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Inflorescencia (%)	Corona (%)	Raíz (%)
CCPH ¹	5	69.64 (2.64)	30.36 (2.64)	33.37 (3.08)	33.02 (4.23)	3.25 (0.35)	16.49 (0.95)	13.87 (2.15)
CIDCSL ²	5	66.00 (6.46)	34.00 (6.46)	33.25 (3.50)	28.21 (4.41)	4.55 (0.84)	18.95 (1.45)	15.04 (5.56)
Junín	5	69.11 (2.61)	30.89 (2.61)	38.95 (5.02)	26.62 (7.67)	3.54 (0.78)	20.41 (2.05)	10.48 (1.28)
Pasco	5	66.79 (1.87)	33.21 (1.87)	40.38 (3.26)	23.00 (2.88)	3.41 (0.98)	19.02 (1.75)	14.19 (0.49)
Puno	5	67.45 (2.05)	32.55 (2.05)	28.08 (1.98)	35.30 (3.31)	4.06 (0.52)	17.41 (1.87)	15.15 (1.29)
Total	25	67.80 (1.48)	32.20 (1.48)	34.81 (1.69)	29.23 (2.16)	3.76 (0.31)	18.45 (0.73)	13.75 (1.19)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada columna indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La materia seca y su asignación a los diferentes órganos mostraron alta variabilidad, al haberse realizado el experimento en un ambiente similar, esta variabilidad se debería al componente genético principalmente. La diferenciación entre poblaciones de *Tridens flavus* y la partición hacia la reproducción se revelan solo en ambientes específicos; la asignación relativamente alta a la producción de semillas es importante para el reclutamiento y expansión de pastos cespitosos en hábitats en procesos de sucesión (Cheplick 2020).

Las especies exóticas (*Poa pratensis* y *Bromus inermis*) tienen mayor acumulación de biomasa a sus raíces; en cambio las especies nativas (*Pascopyrum smithii* y *Stipa viridula*) tienen mayor acumulación de biomasa a la corona (Dong *et al.* 2012); a pesar de que este patrón no es general para todos los casos, Wilsey y Wayne (2006) reportaron mayor acumulación de biomasa en raíces para gramíneas nativas en comparación a las que fueron introducidas. Por tanto, la asignación de recursos no tendría un patrón establecido entre especies exóticas y nativas, más bien esta sería específica para cada población y especie; en nuestro estudio no encontramos diferencias en la asignación de recursos a los diferentes órganos de la planta, *Festuca dolichophylla* de las poblaciones estudiadas no modificarían la asignación de recursos en ambientes similares a la del estudio.

4.3.2. Arquitectura de Planta

El porcentaje de acumulación de materia seca a lo largo de la estructura tridimensional de la planta mostró diferencias entre poblaciones ($p < 0.05$) en las diferentes alturas evaluadas (**Cuadro 24**). A las 3 pulgadas se acumuló más del 50% de la parte aérea en plantas de todas

las poblaciones; pero las plantas de Pasco acumularon 72.56% a la misma altura; mientras que plantas de la CCPH y Junín acumularon cerca del 63%; en cambio las plantas de Puno acumularon el 50% a la misma altura. Monteiro *et al.* (2011) estudió la arquitectura de *Festuca orthopylla* en Bolivia, para lo cual tuvo en cuenta variables cuantitativas, tal como la altura a la canopia, diámetro de canopia, área de canopia, número de macollos, número de hojas vivas, densidad de macollos, densidad de hojas, biomasa aérea, biomasa subterránea y biomasa de material senescente; los resultados indican elevada variabilidad para todas las características y que las especies del altiplano tienen rasgos morfológicos que favorecen la protección y la supervivencia más que la productividad.

Tabla 24: Porcentaje de acumulación de materia seca (error estándar) a lo largo de la arquitectura de planta en diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla*.

Altura	CCPH ¹	CIDCSL ²	Junín	Pasco	Puno	Total
1 pulgada	27.57 (1.12) ^{ab}	23.20 (2.15) ^b	26.95 (2.72) ^{ab}	32.18 (1.26) ^a	23.90 (2.34) ^{ab}	26.76 (1.05)
2 pulgadas	48.44 (1.54) ^{ab}	41.51 (2.62) ^b	48.79 (4.06) ^{ab}	56.06 (2.64) ^a	39.11 (3.80) ^b	46.78 (1.75)
3 pulgadas	63.47 (1.49) ^{ab}	55.97 (3.64) ^b	63.89 (4.07) ^{ab}	72.56 (2.64) ^a	49.94 (4.16) ^b	61.17 (2.08)
4 pulgadas	74.30 (1.74) ^{ab}	66.29 (4.13) ^{bc}	74.73 (3.93) ^{ab}	82.49 (2.49) ^a	57.79 (4.04) ^c	71.12 (2.21)
5 pulgadas	82.34 (2.01) ^{ab}	73.82 (3.83) ^{bc}	82.06 (3.52) ^{ab}	88.30 (1.83) ^a	64.35 (4.04) ^c	78.18 (2.14)
6 pulgadas	87.80 (2.19) ^{ab}	79.27 (3.56) ^{bc}	86.70 (3.01) ^{ab}	92.37 (0.73) ^a	69.86 (3.76) ^c	83.20 (1.99)
7 pulgadas	91.01 (2.06) ^{ab}	83.56 (3.32) ^{bc}	89.91 (2.69) ^{ab}	95.08 (0.44) ^a	74.61 (3.58) ^c	86.83 (1.82)
8 pulgadas	93.23 (1.85) ^a	86.98 (3.17) ^{ab}	92.32 (2.54) ^a	96.88 (0.59) ^a	78.44 (3.41) ^b	89.57 (1.66)
9 pulgadas	95.04 (1.63) ^a	89.87 (2.85) ^{ab}	94.12 (2.53) ^a	98.42 (0.52) ^a	81.64 (3.32) ^b	91.82 (1.53)
10 pulgadas	96.59 (1.43) ^a	91.90 (2.37) ^{ab}	95.37 (2.49) ^a	99.02 (0.43) ^a	84.22 (3.13) ^b	93.19 (1.41)

¹Comunidad Campesina Pastales Huando, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos Lachocc. *Letras diferentes en el superíndice de cada fila indican diferencias significativas a la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La acumulación de materia seca mostró también elevada variabilidad, evidenciado en sus elevados errores estándar y concuerda con lo reportado por Antezana (2008) para gramíneas nativas. Las diferencias y variabilidad encontrada para la acumulación de materia seca a lo largo de la estructura tridimensional de la planta se deberían a la diferencia genética de cada población, ya que el ambiente fue similar. La diferente arquitectura de las plantas, manifestarían un diferente manejo de la utilización y pastoreo de pastizales dominados por esta especie

V. CONCLUSIONES

1. Existe alta variabilidad y diferencias entre poblaciones de *Festuca dolichophylla* para tasa de sobrevivencia y patrones de crecimiento. *Festuca dolichophylla* muestra un patrón de crecimiento ordenado; primero crece en tamaño, luego incrementa el número de tallos y finalmente aumenta el número de hojas.
2. Las características morfológicas de hoja, tallo, inflorescencia y las características productivas; así como la distribución de recursos en la parte aérea y ratios indicadores de calidad mostraron elevada variabilidad y la mayoría fueron influenciados por las diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla*; mostrándose plantas más grandes en las procedentes de Puno.
3. El porcentaje de asignación de recursos a los diferentes órganos no mostraron diferencias entre poblaciones. Las diferentes poblaciones de *Festuca dolichophylla* mostraron una arquitectura diferente; plantas procedentes de Pasco fueron más pequeñas y acumulan la mayor cantidad de materia seca aérea muy cerca al suelo en comparación al resto de las poblaciones.

Estos resultados muestran gran variabilidad y diferencias entre poblaciones de *Festuca dolichophylla*; que se debería a la diferente constitución genética de cada población, ya que el ambiente fue similar. Esto es un primer reporte detallado de la morfología, producción y asignación de recursos en plantas individuales de esta especie y sirve como base para poder emprender un posible plan de mejoramiento genético en esta especie.

VI. RECOMENDACIONES

1. Aún es necesario realizar estudio de características morfológicas, productivas, características nutricionales, resistencia a diferentes tipos de estrés en poblaciones de *Festuca dolichophylla* y en otras especies nativas promisorias, pero en diferentes ambientes, para determinar la interacción del genotipo y el medio ambiente.
2. A pesar de haberse demostrado la existencia de alta variabilidad para las características morfológicas, productivas, asignación de recursos y arquitectura de planta; se hace necesario la caracterización genética de esta especie a nivel molecular. Esto ayudaría en la definición de posibles ecotipos.
3. Considerando las diferencias en patrones de acumulación de materia seca, sería importante estudiar qué niveles de utilización y frecuencias de pastoreo sería los más adecuados para optimizar el manejo en condiciones de pastoreo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acquaah, G. 2012. Principles of Plant Genetics and Breeding Companion website. 2 ed. USA, s.e. 793 p.

Antezana J., WO. 2008. Evaluación de la distribución del peso en relación a la altura de planta de forrajeras nativas altoandinas. s.l., Universidad Nacional Agraria La Molina. 147 p.

Antezana, WO. 2008. Evaluación de la distribución del peso en relación a la altura de planta de forrajeras nativas altoandinas. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. .

Bakker, J; Wilson, S. 2001. Competitive abilities of introduced and native grasses (en línea). *Plant Ecology* 157(2):119-127. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013972403293/METRICS>.

Bazzaz, FA; Ackerly, DD; Reekie, EG. 2000. Reproductive allocation in plants. *In Fenner, M (ed.)*. UK, CABI Publishing. p. 1-32.

Bedunah, DJ; Angerer, JP. 2012. Rangeland degradation, poverty, and conflict: How can rangeland scientists contribute to effective responses and solutions? *Rangeland Ecology and Management* 65(6):606-612. DOI: <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00155.1>.

Bernal-Flores, Á; Hernández-Garay, A; Pérez-Pérez, J; Herrera-HAro, JG; Martínez-Menes, M; Dávalos-Flores, JL. 2006. Seasonal growth curve of native grasses in an oak forest, in the state of Mexico, Mexico (en línea). *Agrociencia* 40:39-47. Consultado 3 feb. 2023. Disponible en <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301061277>.

Bertiller, MB; Defossé, GE. 1990. Grazing and Plant Growth Interactions in a Semiarid *Festuca pallezensis* Grassland (Patagonia). *Journal of Range Management* 43(4):300-303. DOI: <https://doi.org/10.2307/3898921>.

Bertiller, MB; Elissalde, NO; Rostagno, CM; Defossé, GE. 1995. Environmental patterns and plant distribution along a precipitation gradient in western Patagonia. *Journal of Arid Environments* 29(1):85-97. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(95\)80066-2](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(95)80066-2).

Bomanowska, A; Rzetelska, A; Rewicz, A. 2013. Zmienność morfologiczna *Bromus hordeaceus* subsp. *hordeaceus* (Poaceae) na siedliskach rolniczych. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 20(2):185-198. Consultado 21 dic. 2021.

Braendle, C; Heyland, A; Flatt, T. 2011. Integrating mechanistic and evolutionary analysis of life history variation. In *Flatt, T; Heyland, A (eds.)*. Oxford, Oxford University Press. p. 3-10.

Cavagnaro, JB; Trione, SO. 2007. Physiological, morphological and biochemical responses to shade of *Trichloris crinita*, a forage grass from the arid zone of Argentina. *Journal of Arid Environments* 68(3):337-347. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2006.06.004>.

Cheplick, GP. 2020. Life-history variation in a native perennial grass (*Tridens flavus*): reproductive allocation, biomass partitioning, and allometry. *Plant Ecology* 221(2):103-115. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-019-00996-z>.

Choque, J; Vilca, A. 2013. Ensilaje de pastos “Yurac ichu” (*Festuca dichoclada*) y “Chilliwa” (*Festuca dolichophylla*) con inclusión de alfalfa y aditivos en bolsas de polietileno (en línea). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research* 15(02). DOI: <https://doi.org/10.18271/RIA.2013.5>.

Coussement, JR; Villers, SLY; Nelissen, H; Inzé, D; Steppe, K. 2021. Turgor-time controls grass leaf elongation rate and duration under drought stress. *Plant Cell and Environment* 44(5):1361-1378. DOI: <https://doi.org/10.1111/PCE.13989>.

Dong, X; Patton, J; Wang, G; Nyren, P; Peterson, P. 2012. Effect of drought on biomass allocation in two invasive and two native grass species dominating the mixed-grass prairie. *Grass and Forage Science* 69(1):160-166. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12020>.

Doust, AN. 2007. Grass architecture: genetic and environmental control of branching. *Current Opinion in Plant Biology* 10(1):21-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.PBI.2006.11.015>.

Estell, RE; Havstad, KM; Cibils, AF; Fredrickson, EL; Anderson, DM; Schrader, TS; James, DK. 2012. Increasing shrub use by livestock in a world with less grass. *Rangeland Ecology and Management* 65(6):553-562. DOI: <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00124.1>.

_____. 2012. Increasing shrub use by livestock in a world with less grass. *Rangeland Ecology and Management* 65(6):553-562. DOI: <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00124.1>.

Flores, E. 2016. Cambio Climático: Pastizales Altoandinos y Seguridad Alimentaria. *In INAIGEM (ed.)*. Ancash-Perú, s.e. p. 73-80.

Flórez Martínez, A; Malpartida Inouye, E; San Martín Howard, F. 1992. Manual de forrajes para zonas áridas y semiaridas andinas. Flórez Martínez, A (ed.). Lima, RERUMEN. 281 p.

Friedman, J. 2020. The Evolution of Annual and Perennial Plant Life Histories: Ecological Correlates and Genetic Mechanisms. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 51:461-481. DOI: <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ECOLSYS-110218-024638>.

Ganderats, S; Hepp, C. 2003. Mecanismos de crecimiento de *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* en la zona intermedia de Aysén. *Agricultura Técnica* 63(3):259-265. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0365-28072003000300005>.

Gil Báez, C; Ordinola Agüero, R; Ernst, RD; Ruiz, MA. 2015. Caracterización morfológica, biomasa aérea y calidad en distintas poblaciones de *Trichloris crinita*. *Archivos de Zootecnia* 64(245):49-56.

Gilbert, WL; Perry, LJ; Stubbendieck, J. 1979. Dry Matter Accumulation of Four Warm Season Grasses in the Nebraska Sandhills. *Journal of Range Management* 32(1):52-54. DOI: <https://doi.org/10.2307/3897385>.

Gil, C; Ordinola, R; Ernst, RD; Ruiz, MA. 2015. Caracterización morfológica, biomasa aérea y calidad en distintas poblaciones de *Trichloris crinita*. *Archivos de Zootecnia* 64(245):49-56. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v64i245.374>.

Gonzales, M; Ernst, R; Ruiz, M. 2021. Aptitud para la implantación y supervivencia de gramíneas forrajeras estivales nativas y exóticas en la provincia de La Pampa, Argentina (en línea). *SEMIÁRIDA - Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* 31(2):21-31. DOI: [https://doi.org/10.19137/SEMIARIDA.2021\(02\).21-31](https://doi.org/10.19137/SEMIARIDA.2021(02).21-31).

González, RM; Rojas, AE. 2014. La relevancia evolutiva de los ecotipos. *Elementos* 95:49-54.

Goodwin, JR. 1993. Ecotypic variation, adaptation, and persistence of Idaho fescue on degraded central Oregon rangelands. Oregon, Oregon State University. 1-265 p.

Greco, SA; Cavagnaro, JB. 2005. Growth characteristics associated with biomass production in three varieties of *Trichloris crinita* (Poaceae), a forage grass native to the arid regions of Argentina. Rangeland Journal 27(2):135-142. DOI: <https://doi.org/10.1071/RJ05011>.

Hallauer, AR; Carena, MJ; Miranda Filho, JB. 2010. Quantitative genetics in maize breeding. Prohens, J; Nuez, F; Carena, MJ (eds.). USA, s.e. 680 p.

Hernández Villareal, AE. 2013. Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos (en línea). Revista Bio Ciencias 2(3):113-118. DOI: <https://doi.org/10.15741/REVBIO.02.03.05>.

Heywood, H. 2008. Challenges of In Situ Conservation of Crop Wild Relatives (en línea). Turkish Journal of Botany 32(6):421-432. Consultado 21 mar. 2022. Disponible en http://www.pgrforum.org/TG_illustration.htm.

Huerta, A; Aybar, C; Lavado-Casimiro, W. 2018. PISCO temperatura versión 1.1 (PISCO v1.1). Lima, s.e. 1-116 p.

INEI. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012 - Cuadros Estadísticos DOI: <https://doi.org/1>.

_____. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012 - Cuadros Estadísticos (en línea, sitio web). Consultado 6 abr. 2022. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>.

Jaindl, RG; Doescher, P; Miller, RF; Eddleman, LE. 1994. Persistence of Idaho fescue on degraded rangelands: Adaptation to defoliation or tolerance (en línea). J. Range Manage 47(1):54-59. DOI: <https://doi.org/10.2307/4002841>.

Kleyer, M; Minden, V. 2015. Why functional ecology should consider all plant organs: An allocation-based perspective. Basic and Applied Ecology 16(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.BAAE.2014.11.002>.

Kloster, D; Ángeles Ruiz, M de los; Ernst, RD. 2016. Germination and seedling growth of *Trichloris crinita* (Lag.) Parodi under water stress conditions. SEMIÁRIDA - Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam 26(2):39-54. Consultado 2 feb. 2023.

Kozub, PC; Cavagnaro, JB; Cavagnaro, PF. 2017. Exploiting genetic and physiological variation of the native forage grass *Trichloris crinita* for revegetation in arid and semi-arid regions: An integrative review. *Grass and Forage Science* 73(1):1-15. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12337>.

_____. 2017. Exploiting genetic and physiological variation of the native forage grass *Trichloris crinita* for revegetation in arid and semi-arid regions: An integrative review (en línea). *Grass and Forage Science* 73(2):257-271. DOI: <https://doi.org/10.1111/GFS.12337>.

Liu, Y; Walck, JL; El-Kassaby, YA; Liu, Y; Walck, JL; El-Kassaby, YA. 2017. Roles of the Environment in Plant Life-History Trade-offs (en línea). *Advances in Seed Biology* . DOI: <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.70312>.

López-i-Gelats, F; Contreras Paco, JL; Huilcas Huayra, R; Siguas Robles, OD; Quispe Peña, EC; Bartolomé Filella, J. 2015. Adaptation Strategies of Andean Pastoralist Households to Both Climate and Non-Climate Changes. *Human Ecology* 43(2):267-282. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-015-9731-7>.

Matlaga, D; Karoly, K. 2004. Long-Term Grazing Effects on Genetic Variation in Idaho Fescue. *Journal of Range Management* 57(3):275. DOI: <https://doi.org/10.2307/4003796>.

Matthew, C. 1996. Seasonal patterns of root, tiller and leaf production in a Grasslands Ruanui ryegrass sward. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 58:73-76. DOI: <https://doi.org/10.33584/JNZG.1996.58.2220>.

May, KW; Willms, WD; Mengli, Z; Lysyk, TJ. 2004. An assessment of variation in Idaho fescue [*Festuca idahoensis* (Elmer)] in southern Alberta (en línea). *Canadian Journal of Plant Science* 84(4):1077-1084. DOI: <https://doi.org/10.4141/P04-004>.

Merlo Maydana, FE; Loza Murguía, MG; Ku Vera, JC; Condori Quispe, R; Pérez Lugo, L; Albarracín Villa, A. 2019. Degradación in situ del pastizal Chilliwar *Festuca dolichophylla* una alternativa para alimentación animal (en línea). *Selva Andina Animal Science* 6(2):47-56. Consultado 3 abr. 2022. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2311-25812019000200003&script=sci_arttext.

MINAGRI. 2012. Pastos Naturales (en línea, sitio web). Consultado 28 feb. 2019. Disponible en <http://www.minagri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-producci/306-pastos-naturales?start=3>.

- Monteiro, JAF; Hiltbrunner, E; Körner, C. 2011. Functional morphology and microclimate of *Festuca orthophylla*, the dominant tall tussock grass in the Andean Altiplano. *Flora* 206(4):387-396. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FLORA.2011.01.001>.
- Morales, CR; Quero, A; Pérez, J; Hernández, A; Le-Blanc, O. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. *Agrociencia* 42(7):767-775.
- Morris, WF. 2009. Life history. *In Levin, SA (ed.)*. United Kingdom, Princeton University Press. p. 72-78.
- Mota, LG; Lourenço, PEC; Motta, LJM; Motta, AM; Mattos, JS; Cabral, CHA; Cabral, CEA. 2021. Morphological characteristics and production of Xaraes and Zuri grass fertilized with combinations of sulfur and potassium. *Boletim de Indústria Animal* 78. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.2021.v78.e1502>.
- Namur, PR. 2017. Variabilidad interpoblacional del éxito de implantación y establecimiento de *Trichloris crinita* en un suelo salino. *In 40° Congreso Argentino de Producción Animal*. Gonda, H; Palladino, R; La Mana, A; Cantet, R; De Faccio, P (eds.). Córdoba, s.e. p. 124-124.
- Namur, PR; Blanco, LJ. 2018. Variabilidad en la producción forrajera de 13 poblaciones de *Trichloris crinita* en suelo salino. *In Blanco, L; Quiroga, E; Agüero, J (eds.)*. La Rioja, Ediciones INTA. p. 49-50.
- _____. 2018. Variabilidad en la producción forrajera de 13 poblaciones de *Trichloris crinita* en un suelo salino. *In VIII Congreso Nacional - IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales*. Blanco, L; Quiroga, E; Agüero, J (eds.). La Rioja, s.e. p. 49-50.
- Nelson, CJ. 2000. Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs. tillering. *In Lemaire, G; Hodgson, J; de Moraes, A; Nabinger, C; de F. Carvalho, P (eds.)*. New York, CABI Publishing. p. 101-126. Consultado 1 feb. 2023.
- Oliveira, JA; Novo-Uzal, E; Pomar, F; Bughrara, SS; Afif, E. 2010. Agromorphological characterization and dollar spot fungus susceptibility in accessions of common bent (*Agrostis capillaris* L.) collected in northern Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(1):56-66. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2010081-1143>.

Oliveira, JA; Palencia, P; Gonzáles, JM. 2016. Caracterización de germoplasma de *Agrostis* y *Festucas* de los grupos Rubra y Ovina del norte de España. *Sociedad Española de Pastos* 46(2):45-60. Consultado 8 abr. 2022.

Olivera, Y; Hernández, L; Cruz, DR; Ramírez, W; Lezcano, JC. 2010. Caracterización morfobotánica de accesiones de la especie *Cynodon dactylon* (en línea). *Pastos y Forrajes* 33(2):1-1. Consultado 31 oct. 2023. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=pt.

Olivera, Y; Machado, R; Ramírez, J; Del Pozo, PP; Castañeda, L. 2014. Caracterización morfológica de 19 accesiones de *Brachiaria brizantha* en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes* 37(2):138-144. Consultado 21 mar. 2022.

Partridge, L; Harvey, PH. 1988. The ecological context of life history evolution (en línea). *Science* (New York, N.Y.) 241(4872):1449-1455. DOI: <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.241.4872.1449>.

Paucar, R; Aquino, H; Contreras, J; Caso, L; Ruiz, LA. 2016. Efecto de la suplementación con ensilado («*Festuca dolichophylla*, *Avena sativa* y *Vicia sativa*») sobre la ganancia de peso y mortalidad en alpacas adultas («*Vicugna pacos*») (en línea). *Revista complutense de ciencias veterinarias*, ISSN 1988-2688, Vol. 10, N°. 1, 2016, págs. 83-88 10(1):83-88. Consultado 25 oct. 2023. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5674807&info=resumen&idioma=ENG>.

Pohl, RW; Davidse, G. 1971. Chromosome numbers of Costa Rican grasses (en línea). *Brittonia* 23(3):293-324. DOI: <https://doi.org/10.2307/2805632>.

Ponsens, J; Hanson, J; Schellberg, J; Moeseler, BM. 2010. Characterization of phenotypic diversity, yield and response to drought stress in a collection of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) accessions. *Field Crops Research* 118(1):57-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2010.04.008>.

Ramírez, O; Hernández, A; Carneiro, S; Pérez, J; Jacaúna, S; Castro, R; Enríquez, JF. 2010. Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto Mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12(2):303-311.

Ravhuhali, KE; Mlambo, V; Beyene, TS; Palamuleni, LG. 2018. A comparative analysis of the morphology and nutritive value of five South African native grass species grown under controlled conditions. *African Journal of Range and Forage Science* 36(1):67-70. DOI: <https://doi.org/10.2989/10220119.2018.1516236>.

Salguero-Gómez, R; Violle, C; Gimenez, O; Childs, D. 2018. Delivering the promises of trait-based approaches to the needs of demographic approaches, and vice versa (en línea). *Functional ecology* 32(6):1424-1435. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13148>.

Sánchez, RA; Morales, CR; Hanson, J; Santellano, E; Jurado, P; Villanueva, JF; Melgoza, A. 2017. Caracterización forrajera de ecotipos de zacate buffel en condiciones de temporal en Debre Zeit, Etiopía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(1):13-26. DOI: <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V8I1.68>.

da Silva, K; do Nascimento, DJ; da Silva, S; Carneiro, V; Zanine, A. 2009. Características morfogênicas, estruturais e acúmulo de forragem do capim-tanzânia submetido a duas alturas e três intervalos de corte (en línea). *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(11):2127-2136. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100009>.

de Souza, J; Vieira, A; Matsumoto, S; Pereira, M; Sousa, G. 2008. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* Stapf. submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água (en línea). *Acta Veterinaria Brasilica* 2(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.21708/AVB.2008.2.1.599>.

Stearns, SC. 1989. Trade-Offs in Life-History Evolution. *Functional Ecology* 3(3):259. DOI: <https://doi.org/10.2307/2389364>.

Stearns, SC. 1992. *The evolution of life histories*. Oxford, Oxford University Press. 1-257 p.

Stoffella, S; Posse, G; Collantes, M. 1998. Variabilidad fenotípica y genotípica de poblaciones de *Lotus tenuis* que habitan suelos con distinto pH. *Ecología Austral* 8(1):57-63.

Sugiyama, S. 1986. Adaptive strategy and its agronomic implications in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Journal of the Faculty of Agriculture* 63(1):1-39.

Tácuna, RE; Aguirre, L; Flores, ER. 2015. Influencia de la revegetación con especies nativas y la incorporación de materia orgánica en la recuperación de pastizales degradados (en

línea). *Ecología Aplicada* 14(2):191-200. Consultado 29 ene. 2023. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Torres, YA; Busso, CA; Montenegro, OA; Ithurrart, L; Giorgetti, HD; Rodríguez, GD; Bentivegna, D; Brevedan, RE; Fernández, OA; Mujica, MM; Baioni, SS; Entío, L; Fioretti, M; Tucac, G. 2014. Plant growth and survival of five introduced and two native/naturalized perennial grass genotypes exposed to two defoliation managements in arid Argentina (en línea). *Grass and Forage Science* 69(4):580-595. DOI: <https://doi.org/10.1111/GFS.12071>.

Tovar, O. 1993. Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Botánico, M del ReJ (ed.). Madrid, s.e. 481 p.

Ustariz Olivera, KR. 2019. Building knowledge for a forage breeding program on native *Festuca* species in the highlands of Bolivia. Alnarp, Swedish University of Agricultural Sciences. 1-58 p.

Venegas, LA. 2015. Dinámica de crecimiento y criterios de pastoreo para optimizar el uso de praderas *Brachiaria brizantha* cv toledo. Bogotá Colombia, Universidad de La Salle. 1-252 p.

Wang, Y; Li, J. 2005. The plant architecture of rice (*Oryza sativa*) (en línea). *Plant molecular biology* 59(1):75-84. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11103-004-4038-X>.

Wilsey, BJ; Wayne, PH. 2006. Aboveground productivity and root-shoot allocation differ between native and introduced grass species (en línea). *Oecologia* 150(2):300-309. DOI: <https://doi.org/10.1007/S00442-006-0515-Z>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Base de datos de tasas de sobrevivencia.

POBLACIÓN	SOBREVIVENCIA (%)
Puno	100.000
Puno	100.000
Puno	100.000
Puno	83.333
Puno	100.000
Pasco	66.667
Pasco	100.000
Pasco	50.000
Pasco	33.333
Pasco	83.333
Junin	50.000
Junin	100.000
Junin	100.000
Junin	16.667
Junin	50.000
CIDCSL	83.333
CIDCSL	16.667
CIDCSL	66.667
CIDCSL	33.333
CIDCSL	16.667
CCPH	100.000
CCPH	66.667
CCPH	100.000
CCPH	66.667
CCPH	100.000

Anexo 2: Análisis de varianza de tasas de sobrevivencia.

Response: SOBREVIVENCIA

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
ORIGEN	4	8733.3	2183.33	3.3025	0.03123 *
Residuals	20	13222.2	661.11		

shapiro-wilk normality test

data: residuals(SOB1m)
 W = 0.96757, p-value = 0.5843

```
> leveneTest(SOBREVIVENCIA~ORIGEN,data=TSO)#Homocedasticidad
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 4 1.3509 0.2861
      20
```

\$groups

	TSO\$SOBREVIVENCIA	groups
Puno	96.66667	a
CCPH	86.66667	ab
Pasco	66.66667	ab
Junin	63.33333	ab
CIDCSL	43.33333	b

Anexo 3: Base de datos de patrones de crecimiento (número de hojas por planta).

COD	POP	BLOQ	MATA	NHP_DEC	NHP_JAN	NHP_FEB	NHP_MAR	NHP_APR	NHP_MAY
101	Pasco	B1	AC10	6	8	8	9	12	13
102	Pasco	B1	AC09	4	4	4	4	8	9
103	Pasco	B1	AC07	9	11	14	19	25	27
106	Pasco	B1	AC07	22	31	36	41	55	60
111	Pasco	B1	AC07	21	27	28	28	28	28
112	CCPH	B1	AC23	4	14	18	19	19	19
113	CIDCSL	B1	AC16	15	19	20	21	28	30
114	Puno	B1	AC05	41	41	45	55	83	93
116	CCPH	B2	AC21	39	39	50	74	93	97
117	Junin	B2	AC12	6	8	8	9	10	11
118	Puno	B2	AC03	59	59	60	62	83	91
120	CIDCSL	B2	AC19	7	11	13	16	27	31
122	Pasco	B2	AC08	37	43	51	66	93	102
123	Junin	B2	AC12	41	61	72	85	131	149
124	CIDCSL	B2	AC16	70	85	111	155	223	245
127	Puno	B2	AC01	12	12	12	13	13	13
128	Puno	B2	AC02	19	19	28	47	66	71
130	Puno	B2	AC05	66	66	79	106	159	178
133	Junin	B3	AC12	13	25	29	31	43	47
134	Junin	B3	AC11	21	26	29	32	39	41
135	Junin	B3	AC13	46	65	87	124	168	181
136	Junin	B3	AC15	1	3	3	3	4	4
137	Puno	B3	AC02	57	57	63	75	96	103
138	CCPH	B3	AC23	4	8	9	10	11	11
140	Pasco	B3	AC06	9	11	11	12	15	16
141	Puno	B3	AC01	17	17	19	23	29	30
143	Junin	B3	AC15	1	1	2	3	4	4
144	CCPH	B3	AC24	16	24	34	48	70	76
146	CIDCSL	B4	AC20	10	11	12	15	22	25
147	Pasco	B4	AC06	5	6	7	8	13	14
148	CCPH	B4	AC22	6	10	11	12	12	12
149	Puno	B4	AC04	16	18	20	23	35	39
150	Junin	B4	AC13	18	21	25	30	48	55
152	CCPH	B4	AC22	11	11	12	15	17	17
153	Puno	B4	AC01	37	37	38	41	55	60
154	Pasco	B4	AC10	13	18	21	25	35	39
155	CIDCSL	B4	AC18	7	7	7	7	11	12
157	CIDCSL	B4	AC16	25	30	35	41	57	63
161	CCPH	B5	AC25	4	5	10	20	29	31

COD	POP	BLOQ	MATA	NHP_DEC	NHP_JAN	NHP_FEB	NHP_MAR	NHP_APR	NHP_MAY
163	CCPH	B5	AC22	7	7	7	8	11	12
164	CCPH	B5	AC21	12	13	15	16	19	20
165	CCPH	B5	AC23	6	6	7	8	8	8
166	CCPH	B5	AC21	20	20	23	28	36	39
167	Junin	B5	AC13	37	51	59	71	92	99
169	Puno	B5	AC05	56	56	65	85	121	133
171	CCPH	B5	AC25	10	13	17	22	32	36
172	Junin	B5	AC11	2	2	3	4	6	6
174	CIDCSL	B5	AC18	6	10	14	17	23	25
175	Puno	B5	AC02	63	63	78	111	123	123
179	Puno	B6	AC03	37	37	39	43	67	77
181	Puno	B6	AC03	61	61	69	86	114	123
182	Pasco	B6	AC06	9	11	11	12	12	12
184	CCPH	B6	AC25	10	10	13	18	24	26
185	Junin	B6	AC14	12	12	14	18	27	30
186	Junin	B6	AC11	9	9	9	10	11	12
187	CCPH	B6	AC21	15	15	19	28	36	38
188	CIDCSL	B6	AC16	37	37	45	62	86	93
189	Puno	B6	AC01	25	25	26	29	34	36
191	Pasco	B7	AC08	22	28	31	36	43	45
192	Puno	B7	AC03	43	43	49	62	79	84
194	CCPH	B7	AC23	26	28	31	36	51	56
195	Junin	B7	AC13	5	12	16	21	28	30
196	Puno	B7	AC01	40	41	43	44	51	54
197	Junin	B7	AC12	3	3	4	7	8	8
199	CCPH	B7	AC23	5	11	17	24	31	33
201	CCPH	B7	AC24	3	3	4	5	7	8
202	Junin	B7	AC12	3	5	7	8	11	12
203	Puno	B7	AC05	23	29	36	45	61	66
204	Pasco	B7	AC06	1	3	3	4	4	4
205	CIDCSL	B7	AC18	3	4	5	6	7	7
208	CCPH	B8	AC23	11	14	17	22	32	35
213	Puno	B8	AC05	31	31	38	54	74	80
214	Pasco	B8	AC08	9	15	18	21	30	34
215	CCPH	B8	AC22	2	5	6	6	6	6
217	CCPH	B8	AC25	6	9	12	16	20	21
219	Puno	B8	AC05	37	38	43	50	69	76
220	Pasco	B8	AC10	20	30	37	44	53	56
221	Pasco	B9	AC07	21	37	45	52	68	74
222	Puno	B9	AC02	32	36	42	54	66	69
223	CIDCSL	B9	AC17	3	7	12	17	23	25
225	Junin	B9	AC12	20	30	37	44	51	53
226	CIDCSL	B9	AC18	8	9	11	14	17	18
227	Puno	B9	AC04	23	29	34	39	57	64
228	CCPH	B9	AC21	26	39	50	60	69	72

COD	POP	BLOQ	MATA	NHP_DEC	NHP_JAN	NHP_FEB	NHP_MAR	NHP_APR	NHP_MAY
229	Junin	B9	AC15	8	8	9	11	12	12
230	Pasco	B9	AC07	34	45	52	60	70	73
231	Puno	B9	AC01	35	35	36	37	45	49
233	Pasco	B9	AC07	42	52	65	88	108	113
235	CCPH	B9	AC25	11	12	13	14	17	18
236	Puno	B10	AC02	32	35	40	49	63	67
239	CCPH	B10	AC21	14	18	22	29	31	31
241	CCPH	B10	AC24	5	6	7	8	11	12
242	Puno	B10	AC02	25	45	59	73	91	97
243	Junin	B10	AC13	9	14	17	21	26	28
244	CIDCSL	B10	AC16	23	24	31	43	66	74
245	Pasco	B10	AC10	44	78	90	100	125	135
247	CCPH	B10	AC24	11	18	24	29	37	40
248	CIDCSL	B10	AC19	25	25	30	41	54	58
249	Puno	B10	AC04	30	34	36	37	47	51
250	Pasco	B10	AC09	23	23	28	37	45	47

Anexo 4: Análisis de varianza para número de hojas/planta (diciembre).

Response: NHP_DEC

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
POP	4	9491.3	2372.83	17.3817	8.744e-10	***
BLOQ10	9	2512.1	279.12	2.0446	0.047734	*
POP:ACC	20	6931.6	346.58	2.5388	0.002433	**
Residuals	66	9009.9	136.51			

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(mNHPDEC)
w = 0.98088, p-value = 0.1556

```
> leveneTest(NHP_DEC~POP,data=PC)#Homocedasticidad
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 4  1.6165 0.1764
  95
> leveneTest(NHP_DEC~BLOQ10,data=PC)#Homocedasticidad
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 9  0.8889 0.5385
  90
$groups
PC$NHP_DEC groups
Puno      36.68000      a
Pasco     18.47368      b
CIDCSL    18.38462      b
Junin     14.16667      b
CCPH      11.36000      b
```

Anexo 5: Base de datos de características morfológicas.

CODIGO	POP	BLOQ10	MATA	NNHH	LT	LI	AT	LE	GT	AH
196	Puno	B7	AC01	40	626.9	148.85	775.75	11.87	2.38	574.3
118	Puno	B2	AC03	59	611.89	116.24	728.13	8.79	2.26	562.75
192	Puno	B7	AC03	43	567.24	105.72	672.96	8.23	1.83	553.35

CODIGO	POP	BLOQ10	MATA	NNHH	LT	LI	AT	LE	GT	AH
116	CCPH	B2	AC21	39	562.69	103.46	666.15	6.42	3.62	712.5
141	Puno	B3	AC01	17	525.99	116.98	642.97	10.88	2.64	485.32
157	CIDCSL	B4	AC16	25	454.93	176.2	631.13	9.91	2.03	569.2
130	Puno	B2	AC05	66	477.27	144.31	621.58	7.49	2.13	491
181	Puno	B6	AC03	61	529.49	86.76	616.25	8.2	2.23	499.2
182	Pasco	B6	AC06	9	408.62	186.31	594.93	7.11	2.54	408.12
137	Puno	B3	AC02	57	457.11	128.7	585.81	10.23	2.71	498.9
189	Puno	B6	AC01	25	469.53	110.43	579.96	9.32	2.37	410.84
203	Puno	B7	AC05	23	465.51	113.32	578.83	5.97	1.79	487.51
179	Puno	B6	AC03	37	484.21	93.32	577.53	9.31	2.17	447.47
135	Junin	B3	AC13	46	445.47	118.92	564.39	7.16	1.82	255.16
175	Puno	B5	AC02	63	420.34	138.41	558.75	11.65	2.88	453.63
188	CIDCSL	B6	AC16	37	395.89	159.91	555.8	9.92	1.93	458.84
123	Junin	B2	AC12	41	403.37	145.45	548.82	7.49	2.44	258.72
239	CCPH	B10	AC21	14	398.31	149.68	547.99	7.11	2.24	445.75
227	Puno	B9	AC04	23	434.42	112.99	547.41	9.64	2.11	452.01
164	CCPH	B5	AC21	12	402.97	142.55	545.52	8.48	2.58	501.7
248	CIDCSL	B10	AC19	25	413	124.55	537.55	9.75	1.8	478.02
244	CIDCSL	B10	AC16	23	415.37	114.33	529.7	9.05	1.89	397.75
153	Puno	B4	AC01	37	414.09	114.73	528.82	9.83	1.95	429.48
155	CIDCSL	B4	AC18	7	389.5	135.11	524.61	7.85	2.08	326.48
187	CCPH	B6	AC21	15	392.5	131.13	523.63	6.39	2.18	437.75
150	Junin	B4	AC13	18	443.12	77.38	520.5	7.29	1.72	239.71
242	Puno	B10	AC02	25	363.73	156.34	520.07	12.04	3.58	451.93
121	CCPH	B2	AC25	52	400.38	119.14	519.52	8.65	1.53	335.2
185	Junin	B6	AC14	12	410.14	108.43	518.57	8.73	1.6	239.8
140	Pasco	B3	AC06	9	360.67	144.94	505.61	6.01	2.07	403.79
228	CCPH	B9	AC21	26	362.1	142.82	504.92	9.75	2.82	466.27
169	Puno	B5	AC05	56	402.82	91.94	494.76	6.07	1.4	415.7
127	Puno	B2	AC01	12	381.43	111.97	493.4	10.14	2.2	498.42
236	Puno	B10	AC02	32	381.26	111.79	493.05	12.42	2.5	403.13
219	Puno	B8	AC05	37	376.72	110.49	487.21	6.79	1.52	429.6
231	Puno	B9	AC01	35	384.34	91.32	475.66	9.48	2.4	354.24
213	Puno	B8	AC05	31	369.08	103.1	472.18	7.14	1.37	390.42
249	Puno	B10	AC04	30	347.73	106.36	454.09	9	2.04	409.38
222	Puno	B9	AC02	32	357.79	95.5	453.29	10.72	2.43	360.49
167	Junin	B5	AC13	37	376.89	75.33	452.22	7.75	1.02	182.18
114	Puno	B1	AC05	41	336.94	87.3	424.24	5.85	1.89	428.21
226	CIDCSL	B9	AC18	8	288.07	134.96	423.03	12.16	2.2	280.98
122	Pasco	B2	AC08	37	339.55	69.65	409.2	8.95	1.79	206.02
247	CCPH	B10	AC24	11	289.05	88.29	377.34	8.8	1.67	224.08
152	CCPH	B4	AC22	11	268.62	91.35	359.97	7.35	1.59	268.98
120	CIDCSL	B2	AC19	7	264.07	70.04	334.11	6.88	1.86	308.7
149	Puno	B4	AC04	16	254.96	61.87	316.83	8.55	2.44	282.6
225	Junin	B9	AC12	20	212.74	102.28	315.02	7.6	1.94	210.7
172	Junin	B5	AC11	2	229.7	81.51	311.21	8.16	2.26	278.2
230	Pasco	B9	AC07	34	240.86	65.25	306.11	7.93	1.66	159.03
113	CIDCSL	B1	AC16	15	221.78	83.16	304.94	10.48	1.9	367.83
161	CCPH	B5	AC25	4	202.3	101.07	303.37	10.02	2.06	184.27
223	CIDCSL	B9	AC17	3	217.23	75.68	292.91	11.26	1.68	225.74

CODIGO	POP	BLOQ10	MATA	NNHH	LT	LI	AT	LE	GT	AH
194	CCPH	B7	AC23	6	207.03	83.45	290.48	7.5	1.65	201.4
111	Pasco	B1	AC07	21	204.33	82.7	287.03	7.33	2.05	125.07
186	Junin	B6	AC11	9	172.27	111.43	283.7	8.61	2.19	276.05
235	CCPH	B9	AC25	11	200.47	80.75	281.22	9.84	1.53	188.79
208	CCPH	B8	AC23	11	181.59	94.6	276.19	9.03	2	223.14
191	Pasco	B7	AC08	22	204.19	69.31	273.5	8.32	1.21	153.92
245	Pasco	B10	AC10	44	198.91	74.21	273.12	8.43	1.51	191.11
171	CCPH	B5	AC25	10	193.86	73.31	267.17	7.58	1.76	207.13
220	Pasco	B8	AC10	20	190.03	73.05	263.08	7.01	1.93	182.97
250	Pasco	B10	AC09	23	182.88	75.64	258.52	7.64	1.15	187.79
165	CCPH	B5	AC23	6	167.24	86.9	254.14	8.12	1.59	212.53
146	CIDCSL	B4	AC20	10	138.04	115.42	253.46	9.75	3.2	243.62
133	Junin	B3	AC12	13	173.49	77.54	251.03	7.27	1.46	175.96
112	CCPH	B1	AC23	4	155.41	93.65	249.06	7.85	2.25	191.94
233	Pasco	B9	AC07	42	199.25	43.38	242.63	8.07	1.58	150.99
134	Junin	B3	AC11	21	156.63	85.83	242.46	9.08	1.54	275.67
148	CCPH	B4	AC22	6	153.97	79.9	233.87	8.33	2.11	208.38
163	CCPH	B5	AC22	7	139.68	92.46	232.14	8.01	1.65	212.54
129	Puno	B2	AC04	9	185.39	46.34	231.73	8.86	1.65	255.72
184	CCPH	B6	AC25	10	150.51	76.42	226.93	9.37	1.52	162.84
144	CCPH	B3	AC24	16	139	87.51	226.51	10.2	2.06	279.15
199	CCPH	B7	AC23	5	131.45	92.76	224.21	8.54	2.31	250
202	Junin	B7	AC12	3	127.23	96.61	223.84	7.21	1.74	174.56
214	Pasco	B8	AC08	9	173.19	44.84	218.03	7.65	1.54	171.66
117	Junin	B2	AC12	6	125.08	85.47	210.55	8.9	1.53	167.77
229	Junin	B9	AC15	8	101.78	72.86	174.64	11.19	1.83	278.2
217	CCPH	B8	AC25	6	111.54	62.98	174.52	10.76	1.69	141.71
221	Pasco	B9	AC07	21	112.96	48.54	161.5	7.32	1.18	134.48
102	Pasco	B1	AC09	4	81.03	73	154.03	8.18	0.99	200.35
215	CCPH	B8	AC22	2	95.09	52.99	148.08	7.19	1.59	136.86
205	CIDCSL	B7	AC18	3	80.18	63.5	143.68	7.99	1.47	185.44
136	Junin	B3	AC15	1	88.67	46.37	135.04	9.3	1.94	196.05

Anexo 6: Análisis de varianza para características morfológicas (longitud de inflorescencia).

Analysis of Variance Table

```
Response: LI
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
POP      4   9689   2422.2  4.8426 0.0022229 **
BLOQ10   9   8801    977.9  1.9551 0.0650853 .
NNHH     1   3771   3770.7  7.5385 0.0083702 **
POP:ACC  20  32214  1610.7  3.2202 0.0004129 ***
Residuals 50  25009    500.2
```

shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(mLI)
w = 0.99401, p-value = 0.9674
```

```
> leveneTest(LI~POP,data=char)#Homocedasticidad
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 4 0.7646 0.5514
```



```

80
> leveneTest(LI~BLOQ10,data=char)#Homocedasticidad
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  9  0.8449 0.5775
      75

```

```

$groups
      char$LI groups
CIDCSL 113.89636    a
Puno   108.20320    a
CCPH   96.68955    a
Junin  91.81500    a
Pasco  80.83231    a

```

Anexo 7: Base de datos de asignación de recursos.

CODIGO	POP	MS_LEAF	MS_STEM	MS_FLOWER	MS_CROWN	MS_ROOT
102	Pasco	0.89315194	0.25673379	0.03791427	0.2405	0.2489
110	Puno	10.0293496	17.2019011	2.00764932	4.7258	5.4088
124	CIDCSL	13.9546446	8.70607412	0.76418132	5.0637	5.948
130	Puno	10.5585451	7.27136308	0.68439184	6.3795	4.9112
134	Junin	3.93433948	3.33626612	0.5039944	1.9774	1.0578
137	Puno	8.48655379	11.4712399	1.22980635	6.965	3.6545
140	Pasco	2.8838358	2.29599021	0.45877399	1.4271	1.0062
144	CCPH	3.10544895	2.11629545	0.1504556	0.971	0.9657
146	CIDCSL	1.70245908	1.20784098	0.18579994	0.8344	0.2293
152	CCPH	0.91380193	1.09146183	0.07993624	0.4466	0.2566
171	CCPH	0.78209096	0.55933875	0.08547029	0.4384	0.4332
185	Junin	1.74976348	0.93159153	0.22950499	0.8083	0.6322
196	Puno	4.25954348	7.02654996	0.90180656	2.8033	2.6279
208	CCPH	0.68379779	0.51893151	0.0769707	0.3318	0.3735
214	Pasco	1.04199977	0.87660298	0.03219724	0.4852	0.4159
223	CIDCSL	0.29516016	0.1800477	0.05079214	0.3024	0.4579
225	Junin	3.43498482	1.1610942	0.33302098	2.0035	0.6944
226	CIDCSL	0.93937035	0.87910017	0.13032948	0.5278	0.3055
227	Puno	3.53493301	4.00948305	0.48408394	1.9481	2.3631
229	Junin	0.67671254	1.70122934	0.06475812	0.4688	0.2212
230	Pasco	3.02902009	1.69510587	0.17237404	1.9051	1.2255
234	Junin	11.1646459	2.45485352	0.28560055	5.191	2.5852
239	CCPH	1.83994737	3.69982368	0.29592895	1.3821	0.7377
245	Pasco	5.26482759	2.63873472	0.79683769	3.0412	1.8762
248	CIDCSL	3.99990167	5.85263658	1.05526175	2.4948	0.8328

Anexo 8: Análisis de varianza de asignación de recursos (materia seca de hoja).

Analysis of Variance Table

```

Response: MS_LEAF
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
POP    4  98.845  24.711  12.852 3.128e-05 ***
NNHH   1 218.140 218.140 113.456 1.886e-09 ***
Residuals 19 36.531  1.923

```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(mMS_LEAF)
w = 0.96379, p-value = 0.4949
```

```
> leveneTest(MS_LEAF~POP,data=ALLO)#Homocedasticidad
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.6975 0.6026
      20
```

```
      MS_LEAF groups
Puno    7.373785      a
Junin   4.192089      b
CIDCSL  4.178307      b
Pasco   2.622567     bc
CCPH    1.465017      c
```

Anexo 9: Base de datos de arquitectura de planta.

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
102_01	Pasco	102	01	28.9601555	2.54
102_02	Pasco	102	02	48.2669258	5.08
102_03	Pasco	102	03	63.0061548	7.62
102_04	Pasco	102	04	73.1454487	10.16
102_05	Pasco	102	05	81.4058957	12.7
102_06	Pasco	102	06	89.8283123	15.24
102_07	Pasco	102	07	95.4972465	17.78
102_08	Pasco	102	08	98.6394558	20.32
102_09	Pasco	102	09	100	22.86
110_01	Puno	110	01	21.2251476	2.54
110_02	Puno	110	02	35.3752459	5.08
110_03	Puno	110	03	44.8086449	7.62
110_04	Puno	110	04	51.5629187	10.16
110_05	Puno	110	05	57.1753393	12.7
110_06	Puno	110	06	62.299324	15.24
110_07	Puno	110	07	66.7473071	17.78
110_08	Puno	110	08	70.5587157	20.32
110_09	Puno	110	09	74.009539	22.86
110_10	Puno	110	10	77.0370002	25.4
110_11	Puno	110	11	79.6188974	27.94
110_12	Puno	110	12	81.9336095	30.48
110_13	Puno	110	13	83.8456297	33.02
110_14	Puno	110	14	85.576209	35.56
110_15	Puno	110	15	87.1563531	38.1
110_16	Puno	110	16	88.6208956	40.64
110_17	Puno	110	17	90.0218954	43.18
110_18	Puno	110	18	91.2709289	45.72
110_19	Puno	110	19	92.344646	48.26
110_20	Puno	110	20	93.3192213	50.8
110_21	Puno	110	21	94.1693908	53.34
110_22	Puno	110	22	94.9100834	55.88

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
110_23	Puno	110	23	95.6266603	58.42
110_24	Puno	110	24	96.2659144	60.96
110_25	Puno	110	25	96.9285184	63.5
110_26	Puno	110	26	97.527197	66.04
110_27	Puno	110	27	98.0818551	68.58
110_28	Puno	110	28	98.5940239	71.12
110_29	Puno	110	29	99.0430329	73.66
110_30	Puno	110	30	99.288782	76.2
110_31	Puno	110	31	99.5238132	78.74
110_32	Puno	110	32	99.7412361	81.28
110_33	Puno	110	33	99.9211459	83.82
110_34	Puno	110	34	100	86.36
124_01	CIDCSL	124	01	23.1759205	2.54
124_02	CIDCSL	124	02	38.6266745	5.08
124_03	CIDCSL	124	03	48.9270368	7.62
124_04	CIDCSL	124	04	57.5738701	10.16
124_05	CIDCSL	124	05	65.2721021	12.7
124_06	CIDCSL	124	06	71.191391	15.24
124_07	CIDCSL	124	07	76.2092141	17.78
124_08	CIDCSL	124	08	80.1446049	20.32
124_09	CIDCSL	124	09	84.1225017	22.86
124_10	CIDCSL	124	10	87.2077706	25.4
124_11	CIDCSL	124	11	89.6259885	27.94
124_12	CIDCSL	124	12	91.3918851	30.48
124_13	CIDCSL	124	13	92.7773312	33.02
124_14	CIDCSL	124	14	93.7549713	35.56
124_15	CIDCSL	124	15	94.4864128	38.1
124_16	CIDCSL	124	16	95.1761899	40.64
124_17	CIDCSL	124	17	95.746024	43.18
124_18	CIDCSL	124	18	96.2148536	45.72
124_19	CIDCSL	124	19	96.6251846	48.26
124_20	CIDCSL	124	20	97.0254153	50.8
124_21	CIDCSL	124	21	97.3789313	53.34
124_22	CIDCSL	124	22	97.7433895	55.88
124_23	CIDCSL	124	23	98.0308316	58.42
124_24	CIDCSL	124	24	98.3300577	60.96
124_25	CIDCSL	124	25	98.6419093	63.5
124_26	CIDCSL	124	26	98.9445022	66.04
124_27	CIDCSL	124	27	99.204589	68.58
124_28	CIDCSL	124	28	99.389764	71.12
124_29	CIDCSL	124	29	99.5505296	73.66
124_30	CIDCSL	124	30	99.6717351	76.2
124_31	CIDCSL	124	31	99.7853653	78.74
124_32	CIDCSL	124	32	99.8867907	81.28
124_33	CIDCSL	124	33	99.960019	83.82

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
124_34	CIDCSL	124	34	100	86.36
130_01	Puno	130	01	25.8968691	2.54
130_02	Puno	130	02	40.7910229	5.08
130_03	Puno	130	03	52.8401855	7.62
130_04	Puno	130	04	60.9402408	10.16
130_05	Puno	130	05	68.2341351	12.7
130_06	Puno	130	06	73.6814283	15.24
130_07	Puno	130	07	79.2572747	17.78
130_08	Puno	130	08	83.1162746	20.32
130_09	Puno	130	09	86.6953408	22.86
130_10	Puno	130	10	89.2784199	25.4
130_11	Puno	130	11	91.1790855	27.94
130_12	Puno	130	12	92.7012999	30.48
130_13	Puno	130	13	93.9027321	33.02
130_14	Puno	130	14	95.0513012	35.56
130_15	Puno	130	15	96.3416392	38.1
130_16	Puno	130	16	97.3328207	40.64
130_17	Puno	130	17	98.0116299	43.18
130_18	Puno	130	18	98.6531946	45.72
130_19	Puno	130	19	99.0809044	48.26
130_20	Puno	130	20	99.3980825	50.8
130_21	Puno	130	21	99.51342	53.34
130_22	Puno	130	22	99.5867074	55.88
130_23	Puno	130	23	99.6864262	58.42
130_24	Puno	130	24	99.7837422	60.96
130_25	Puno	130	25	99.9134969	63.5
130_26	Puno	130	26	100	66.04
134_01	Junin	134	01	29.3115091	2.54
134_02	Junin	134	02	54.8027141	5.08
134_03	Junin	134	03	68.636846	7.62
134_04	Junin	134	04	76.9591922	10.16
134_05	Junin	134	05	84.1077917	12.7
134_06	Junin	134	06	88.6387754	15.24
134_07	Junin	134	07	91.9316976	17.78
134_08	Junin	134	08	94.5075088	20.32
134_09	Junin	134	09	96.6524102	22.86
134_10	Junin	134	10	98.880921	25.4
134_11	Junin	134	11	99.7588192	27.94
134_12	Junin	134	12	100	30.48
137_01	Puno	137	01	31.6618975	2.54
137_02	Puno	137	02	52.7695302	5.08
137_03	Puno	137	03	64.4952952	7.62
137_04	Puno	137	04	71.4588136	10.16
137_05	Puno	137	05	77.2849185	12.7
137_06	Puno	137	06	81.2999525	15.24

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
137_07	Puno	137	07	84.6126246	17.78
137_08	Puno	137	08	87.6364582	20.32
137_09	Puno	137	09	90.1427149	22.86
137_10	Puno	137	10	91.7537518	25.4
137_11	Puno	137	11	92.9100026	27.94
137_12	Puno	137	12	93.8976148	30.48
137_13	Puno	137	13	94.8107749	33.02
137_14	Puno	137	14	95.7768588	35.56
137_15	Puno	137	15	96.7958666	38.1
137_16	Puno	137	16	97.7054386	40.64
137_17	Puno	137	17	98.3225841	43.18
137_18	Puno	137	18	98.7782671	45.72
137_19	Puno	137	19	99.090428	48.26
137_20	Puno	137	20	99.1908935	50.8
137_21	Puno	137	21	99.3774724	53.34
137_22	Puno	137	22	99.6340184	55.88
137_23	Puno	137	23	99.8645509	58.42
137_24	Puno	137	24	100	60.96
140_01	Pasco	140	01	16.6862469	2.54
140_02	Pasco	140	02	29.4447055	5.08
140_03	Pasco	140	03	38.3341165	7.62
140_04	Pasco	140	04	45.7550125	10.16
140_05	Pasco	140	05	52.7568922	12.7
140_06	Pasco	140	06	59.3162594	15.24
140_07	Pasco	140	07	65.5662594	17.78
140_08	Pasco	140	08	70.6884398	20.32
140_09	Pasco	140	09	75.3563596	22.86
140_10	Pasco	140	10	79.1470865	25.4
140_11	Pasco	140	11	82.1076128	27.94
140_12	Pasco	140	12	84.5864662	30.48
140_13	Pasco	140	13	86.9400063	33.02
140_14	Pasco	140	14	89.1173246	35.56
140_15	Pasco	140	15	91.016604	38.1
140_16	Pasco	140	16	92.7279135	40.64
140_17	Pasco	140	17	94.2904135	43.18
140_18	Pasco	140	18	96.2249373	45.72
140_19	Pasco	140	19	98.2926065	48.26
140_20	Pasco	140	20	99.5848997	50.8
140_21	Pasco	140	21	100	53.34
144_01	CCPH	144	01	30.0084905	2.54
144_02	CCPH	144	02	52.5711543	5.08
144_03	CCPH	144	03	66.8721621	7.62
144_04	CCPH	144	04	77.7584998	10.16
144_05	CCPH	144	05	86.3745432	12.7
144_06	CCPH	144	06	91.7826424	15.24

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
144_07	CCPH	144	07	94.7358706	17.78
144_08	CCPH	144	08	96.7256082	20.32
144_09	CCPH	144	09	98.434789	22.86
144_10	CCPH	144	10	99.4647274	25.4
144_11	CCPH	144	11	99.896637	27.94
144_12	CCPH	144	12	100	30.48
146_01	CIDCSL	146	01	20.4071247	2.54
146_02	CIDCSL	146	02	40.1672119	5.08
146_03	CIDCSL	146	03	59.040349	7.62
146_04	CIDCSL	146	04	72.082879	10.16
146_05	CIDCSL	146	05	80.8433297	12.7
146_06	CIDCSL	146	06	87.8153399	15.24
146_07	CIDCSL	146	07	93.129771	17.78
146_08	CIDCSL	146	08	97.0047256	20.32
146_09	CIDCSL	146	09	99.2802617	22.86
146_10	CIDCSL	146	10	99.7746274	25.4
146_11	CIDCSL	146	11	100	27.94
152_01	CCPH	152	01	24.2621427	2.54
152_02	CCPH	152	02	44.0003099	5.08
152_03	CCPH	152	03	60.0666202	7.62
152_04	CCPH	152	04	73.2976993	10.16
152_05	CCPH	152	05	83.7555194	12.7
152_06	CCPH	152	06	91.5640251	15.24
152_07	CCPH	152	07	95.1661631	17.78
152_08	CCPH	152	08	96.7929352	20.32
152_09	CCPH	152	09	97.4281509	22.86
152_10	CCPH	152	10	97.9704082	25.4
152_11	CCPH	152	11	98.388721	27.94
152_12	CCPH	152	12	98.8070339	30.48
152_13	CCPH	152	13	99.2176001	33.02
152_14	CCPH	152	14	99.6126733	35.56
152_15	CCPH	152	15	100	38.1
171_01	CCPH	171	01	29.6213393	2.54
171_02	CCPH	171	02	51.221787	5.08
171_03	CCPH	171	03	66.7506062	7.62
171_04	CCPH	171	04	77.1497855	10.16
171_05	CCPH	171	05	83.9675434	12.7
171_06	CCPH	171	06	88.4722999	15.24
171_07	CCPH	171	07	91.158366	17.78
171_08	CCPH	171	08	93.6299198	20.32
171_09	CCPH	171	09	95.3366909	22.86
171_10	CCPH	171	10	97.0154822	25.4
171_11	CCPH	171	11	99.0580116	27.94
171_12	CCPH	171	12	100	30.48
185_01	Junin	185	01	21.6253605	2.54

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
185_02	Junin	185	02	39.7596022	5.08
185_03	Junin	185	03	52.2232228	7.62
185_04	Junin	185	04	62.5399684	10.16
185_05	Junin	185	05	70.7359409	12.7
185_06	Junin	185	06	76.3674093	15.24
185_07	Junin	185	07	79.8454772	17.78
185_08	Junin	185	08	82.2990486	20.32
185_09	Junin	185	09	84.2044817	22.86
185_10	Junin	185	10	85.6635736	25.4
185_11	Junin	185	11	87.014343	27.94
185_12	Junin	185	12	88.2541796	30.48
185_13	Junin	185	13	89.3047779	33.02
185_14	Junin	185	14	90.8447855	35.56
185_15	Junin	185	15	92.8807277	38.1
185_16	Junin	185	16	94.9688736	40.64
185_17	Junin	185	17	95.9868447	43.18
185_18	Junin	185	18	96.8351539	45.72
185_19	Junin	185	19	97.9640578	48.26
185_20	Junin	185	20	98.9102489	50.8
185_21	Junin	185	21	100	53.34
196_01	Puno	196	01	17.7686067	2.54
196_02	Puno	196	02	30.3247873	5.08
196_03	Puno	196	03	40.3637957	7.62
196_04	Puno	196	04	48.2997428	10.16
196_05	Puno	196	05	54.7135144	12.7
196_06	Puno	196	06	61.0057382	15.24
196_07	Puno	196	07	66.2224044	17.78
196_08	Puno	196	08	70.6461825	20.32
196_09	Puno	196	09	73.8431749	22.86
196_10	Puno	196	10	76.6472567	25.4
196_11	Puno	196	11	79.2336829	27.94
196_12	Puno	196	12	81.3211974	30.48
196_13	Puno	196	13	83.4157786	33.02
196_14	Puno	196	14	85.3308647	35.56
196_15	Puno	196	15	87.0452554	38.1
196_16	Puno	196	16	88.5434039	40.64
196_17	Puno	196	17	89.7829098	43.18
196_18	Puno	196	18	91.0040422	45.72
196_19	Puno	196	19	92.0329593	48.26
196_20	Puno	196	20	92.9290217	50.8
196_21	Puno	196	21	93.8406309	53.34
196_22	Puno	196	22	94.7932272	55.88
196_23	Puno	196	23	95.7458236	58.42
196_24	Puno	196	24	96.6305792	60.96
196_25	Puno	196	25	97.3824801	63.5

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
196_26	Puno	196	26	97.8135512	66.04
196_27	Puno	196	27	98.125901	68.58
196_28	Puno	196	28	98.5329451	71.12
196_29	Puno	196	29	98.9739096	73.66
196_30	Puno	196	30	99.4261809	76.2
196_31	Puno	196	31	99.7554909	78.74
196_32	Puno	196	32	100	81.28
208_01	CCPH	208	01	25.6991831	2.54
208_02	CCPH	208	02	47.3041807	5.08
208_03	CCPH	208	03	63.4887074	7.62
208_04	CCPH	208	04	75.194618	10.16
208_05	CCPH	208	05	82.9697261	12.7
208_06	CCPH	208	06	87.4387314	15.24
208_07	CCPH	208	07	90.264296	17.78
208_08	CCPH	208	08	92.2633349	20.32
208_09	CCPH	208	09	94.9351273	22.86
208_10	CCPH	208	10	97.3858722	25.4
208_11	CCPH	208	11	99.4329649	27.94
208_12	CCPH	208	12	100	30.48
214_01	Pasco	214	01	33.9061566	2.54
214_02	Pasco	214	02	59.0630604	5.08
214_03	Pasco	214	03	76.3299462	7.62
214_04	Pasco	214	04	86.4539749	10.16
214_05	Pasco	214	05	91.6467424	12.7
214_06	Pasco	214	06	94.2692767	15.24
214_07	Pasco	214	07	96.4659295	17.78
214_08	Pasco	214	08	97.6464435	20.32
214_09	Pasco	214	09	99.028691	22.86
214_10	Pasco	214	10	100	25.4
223_01	CIDCSL	223	01	31.1161218	2.54
223_02	CIDCSL	223	02	51.8602029	5.08
223_03	CIDCSL	223	03	68.7872443	7.62
223_04	CIDCSL	223	04	79.4169754	10.16
223_05	CIDCSL	223	05	84.7157352	12.7
223_06	CIDCSL	223	06	87.4859076	15.24
223_07	CIDCSL	223	07	89.4830085	17.78
223_08	CIDCSL	223	08	91.270736	20.32
223_09	CIDCSL	223	09	92.8329844	22.86
223_10	CIDCSL	223	10	93.7187953	25.4
223_11	CIDCSL	223	11	95.4743115	27.94
223_12	CIDCSL	223	12	98.1639555	30.48
223_13	CIDCSL	223	13	100	33.02
225_01	Junin	225	01	31.6758449	2.54
225_02	Junin	225	02	54.8968794	5.08
225_03	Junin	225	03	70.6241227	7.62

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
225_04	Junin	225	04	81.4652845	10.16
225_05	Junin	225	05	86.7616888	12.7
225_06	Junin	225	06	89.2722168	15.24
225_07	Junin	225	07	91.8151388	17.78
225_08	Junin	225	08	93.6939855	20.32
225_09	Junin	225	09	94.94655	22.86
225_10	Junin	225	10	96.1073318	25.4
225_11	Junin	225	11	97.7108304	27.94
225_12	Junin	225	12	99.3683188	30.48
225_13	Junin	225	13	100	33.02
226_01	CIDCSL	226	01	18.5087086	2.54
226_02	CIDCSL	226	02	37.6595232	5.08
226_03	CIDCSL	226	03	52.82928	7.62
226_04	CIDCSL	226	04	63.0548198	10.16
226_05	CIDCSL	226	05	71.22562	12.7
226_06	CIDCSL	226	06	77.0607593	15.24
226_07	CIDCSL	226	07	81.2986596	17.78
226_08	CIDCSL	226	08	85.1432699	20.32
226_09	CIDCSL	226	09	88.7551168	22.86
226_10	CIDCSL	226	10	91.8693314	25.4
226_11	CIDCSL	226	11	93.7715708	27.94
226_12	CIDCSL	226	12	94.7828879	30.48
226_13	CIDCSL	226	13	95.3607834	33.02
226_14	CIDCSL	226	14	96.1553897	35.56
226_15	CIDCSL	226	15	97.4074966	38.1
226_16	CIDCSL	226	16	98.4348664	40.64
226_17	CIDCSL	226	17	99.4702625	43.18
226_18	CIDCSL	226	18	100	45.72
227_01	Puno	227	01	22.9393059	2.54
227_02	Puno	227	02	36.2654709	5.08
227_03	Puno	227	03	47.2100844	7.62
227_04	Puno	227	04	56.7042621	10.16
227_05	Puno	227	05	64.3636613	12.7
227_06	Puno	227	06	71.0324632	15.24
227_07	Puno	227	07	76.1867722	17.78
227_08	Puno	227	08	80.2269452	20.32
227_09	Puno	227	09	83.5213104	22.86
227_10	Puno	227	10	86.3649882	25.4
227_11	Puno	227	11	88.6458786	27.94
227_12	Puno	227	12	90.4463407	30.48
227_13	Puno	227	13	92.1255519	33.02
227_14	Puno	227	14	93.8665325	35.56
227_15	Puno	227	15	95.1133582	38.1
227_16	Puno	227	16	96.2732493	40.64
227_17	Puno	227	17	97.3370547	43.18

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
227_18	Puno	227	18	97.9799135	45.72
227_19	Puno	227	19	98.5655785	48.26
227_20	Puno	227	20	98.9911006	50.8
227_21	Puno	227	21	99.5127085	53.34
227_22	Puno	227	22	99.7803756	55.88
227_23	Puno	227	23	100	58.42
229_01	Junin	229	01	19.3632229	2.54
229_02	Junin	229	02	38.0376868	5.08
229_03	Junin	229	03	55.9844055	7.62
229_04	Junin	229	04	69.0708252	10.16
229_05	Junin	229	05	77.8947368	12.7
229_06	Junin	229	06	84.762833	15.24
229_07	Junin	229	07	90.1039636	17.78
229_08	Junin	229	08	94.7173489	20.32
229_09	Junin	229	09	98.0766732	22.86
229_10	Junin	229	10	99.2007797	25.4
229_11	Junin	229	11	99.7205978	27.94
229_12	Junin	229	12	100	30.48
230_01	Pasco	230	01	35.8646812	2.54
230_02	Pasco	230	02	63.8493817	5.08
230_03	Pasco	230	03	78.3838984	7.62
230_04	Pasco	230	04	86.9211631	10.16
230_05	Pasco	230	05	91.0839615	12.7
230_06	Pasco	230	06	93.2043522	15.24
230_07	Pasco	230	07	94.3295332	17.78
230_08	Pasco	230	08	95.5364106	20.32
230_09	Pasco	230	09	97.0552193	22.86
230_10	Pasco	230	10	97.8907497	25.4
230_11	Pasco	230	11	99.0270712	27.94
230_12	Pasco	230	12	99.6323666	30.48
230_13	Pasco	230	13	100	33.02
234_01	Junin	234	01	32.7613877	2.54
234_02	Junin	234	02	56.4343881	5.08
234_03	Junin	234	03	71.9779675	7.62
234_04	Junin	234	04	83.5945394	10.16
234_05	Junin	234	05	90.8026391	12.7
234_06	Junin	234	06	94.454241	15.24
234_07	Junin	234	07	95.8748588	17.78
234_08	Junin	234	08	96.4018942	20.32
234_09	Junin	234	09	96.7248519	22.86
234_10	Junin	234	10	96.9883696	25.4
234_11	Junin	234	11	97.2182045	27.94
234_12	Junin	234	12	97.4420955	30.48
234_13	Junin	234	13	97.6422104	33.02
234_14	Junin	234	14	97.8561946	35.56

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
234_15	Junin	234	15	98.2841632	38.1
234_16	Junin	234	16	98.6586357	40.64
234_17	Junin	234	17	99.2114283	43.18
234_18	Junin	234	18	99.6473222	45.72
234_19	Junin	234	19	100	48.26
239_01	CCPH	239	01	28.2728722	2.54
239_02	CCPH	239	02	47.1208056	5.08
239_03	CCPH	239	03	60.1909094	7.62
239_04	CCPH	239	04	68.0819628	10.16
239_05	CCPH	239	05	74.6257631	12.7
239_06	CCPH	239	06	79.7348264	15.24
239_07	CCPH	239	07	83.7435359	17.78
239_08	CCPH	239	08	86.7160465	20.32
239_09	CCPH	239	09	89.0781135	22.86
239_10	CCPH	239	10	91.1349586	25.4
239_11	CCPH	239	11	92.6416268	27.94
239_12	CCPH	239	12	93.815856	30.48
239_13	CCPH	239	13	94.6459816	33.02
239_14	CCPH	239	14	95.4197286	35.56
239_15	CCPH	239	15	96.1409853	38.1
239_16	CCPH	239	16	96.8700183	40.64
239_17	CCPH	239	17	97.4065866	43.18
239_18	CCPH	239	18	97.8770559	45.72
239_19	CCPH	239	19	98.4505618	48.26
239_20	CCPH	239	20	98.9346398	50.8
239_21	CCPH	239	21	99.4206618	53.34
239_22	CCPH	239	22	99.7900385	55.88
239_23	CCPH	239	23	100	58.42
245_01	Pasco	245	01	30.0067801	2.54
245_02	Pasco	245	02	53.0429729	5.08
245_03	Pasco	245	03	72.5325283	7.62
245_04	Pasco	245	04	83.4242728	10.16
245_05	Pasco	245	05	89.0824266	12.7
245_06	Pasco	245	06	92.1706002	15.24
245_07	Pasco	245	07	94.0076841	17.78
245_08	Pasco	245	08	95.6914086	20.32
245_09	Pasco	245	09	97.5785361	22.86
245_10	Pasco	245	10	99.1783166	25.4
245_11	Pasco	245	11	99.8563265	27.94
245_12	Pasco	245	12	100	30.48
248_01	CIDCSL	248	01	22.7714435	2.54
248_02	CIDCSL	248	02	39.2389795	5.08
248_03	CIDCSL	248	03	50.2719556	7.62
248_04	CIDCSL	248	04	59.3204524	10.16
248_05	CIDCSL	248	05	67.0353428	12.7

CODIGO	POP	PLANTA	BPART	PMS_AC	ALTA_CM
248_06	CIDCSL	248	06	72.7748572	15.24
248_07	CIDCSL	248	07	77.6564029	17.78
248_08	CIDCSL	248	08	81.3613709	20.32
248_09	CIDCSL	248	09	84.3653991	22.86
248_10	CIDCSL	248	10	86.9461323	25.4
248_11	CIDCSL	248	11	89.4381102	27.94
248_12	CIDCSL	248	12	91.5545846	30.48
248_13	CIDCSL	248	13	93.5185817	33.02
248_14	CIDCSL	248	14	95.0001138	35.56
248_15	CIDCSL	248	15	95.9923534	38.1
248_16	CIDCSL	248	16	96.6978448	40.64
248_17	CIDCSL	248	17	97.519401	43.18
248_18	CIDCSL	248	18	98.3455088	45.72
248_19	CIDCSL	248	19	99.0555518	48.26
248_20	CIDCSL	248	20	99.4674677	50.8
248_21	CIDCSL	248	21	99.8543502	53.34
248_22	CIDCSL	248	22	100	55.88

Anexo 10. Análisis de varianza de arquitectura de planta (%MS, 1 pulgada).

Analysis of Variance Table

Response: PMS_1P

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
POP	4	255.06	63.766	3.1343	0.03737 *
Residuals	20	406.89	20.345		

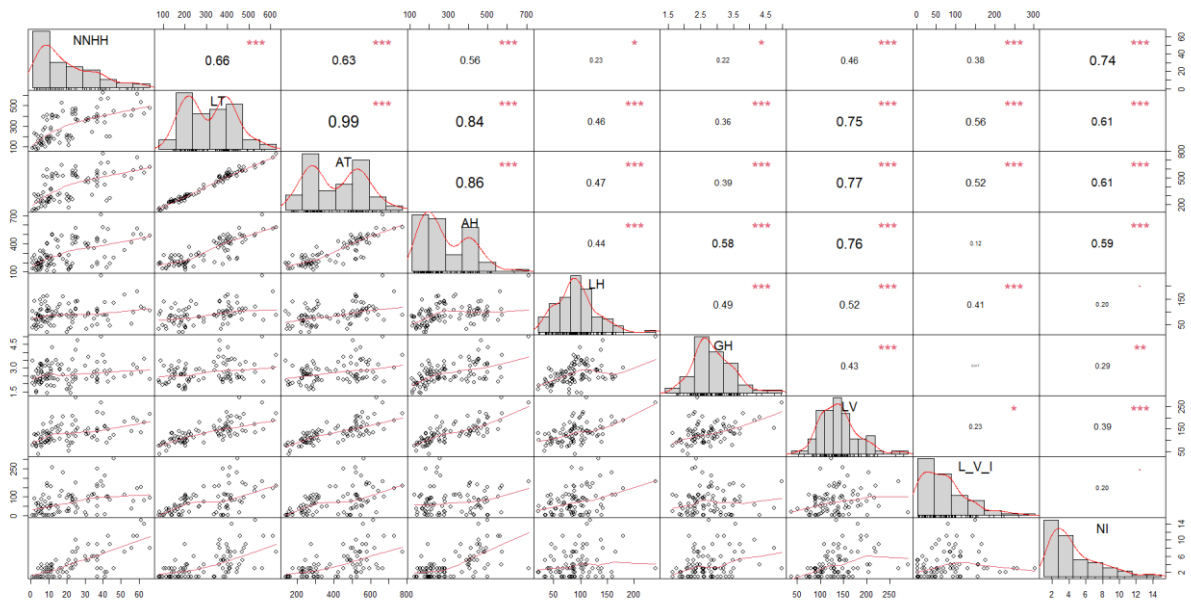
Shapiro-wilk normality test

data: residuals(mPMS_1P)
w = 0.98042, p-value = 0.8933

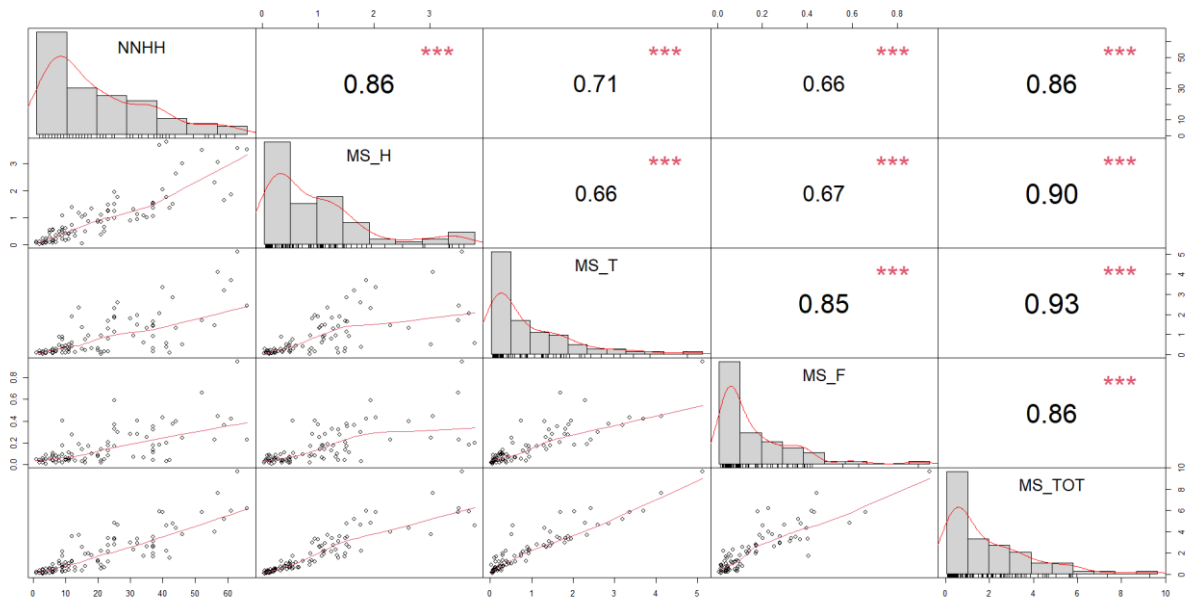
```
> leveneTest(PMS_1P~POP,data=HW)#Homocedasticidad
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group 4  0.7368 0.5778
      20
```

	PMS_1P	groups
Pasco	32.18444	a
CCPH	27.57281	ab
Junin	26.94747	ab
Puno	23.89837	ab
CIDCSL	23.19586	b

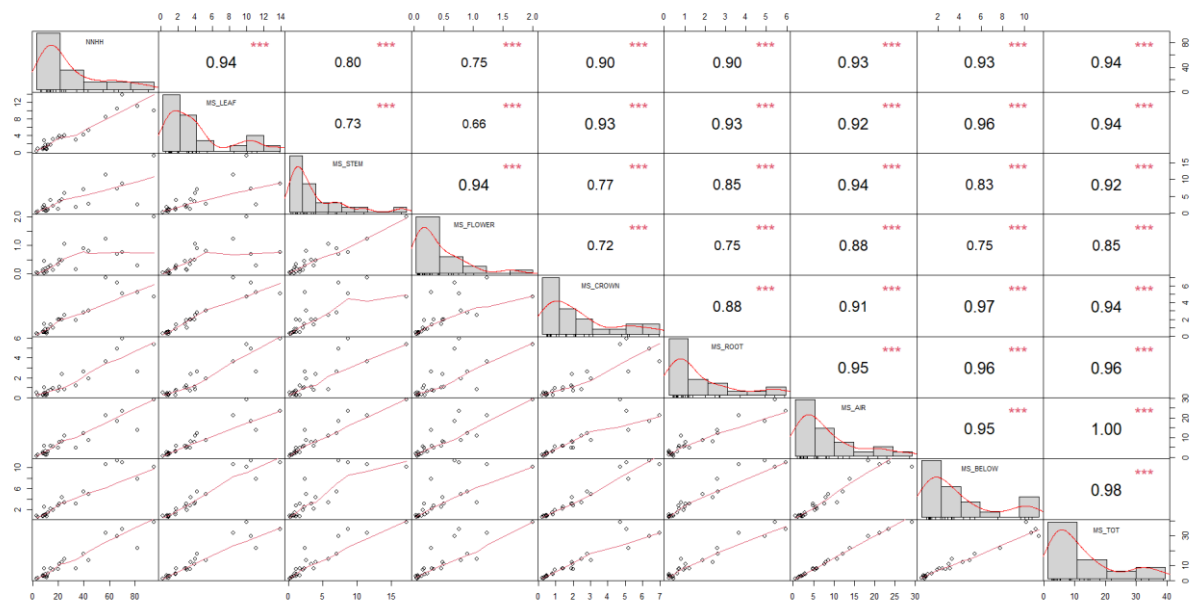
Anexo 11: Correlación entre el número inicial de hojas y características morfológicas.



Anexo 12: Correlación entre el número inicial de hojas y características productivas.



Anexo 13: Correlación entre el número inicial de hojas y la materia seca de los diferentes órganos de la planta.



Anexo 14: Fotografía de la parcela experimental.



Anexo 15: Colección de matas y división en macollos de las diferentes poblaciones.



Anexo 16: Medición de características morfológicas.



Anexo 17: Determinación de materia seca de inflorescencia, hoja y tallo-vaina.



Anexo 18: Medición de arquitectura de planta.



Anexo 19: Determinación de materia seca.



Anexo 20: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de *Festuca dolichophylla*.

