

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**“INFLUENCIA DE LA REVEGETACIÓN CON *Festuca humilior* Y LA INCORPORACIÓN DE FERTILIZANTES EN LA RECUPERACIÓN DE PASTIZALES DEGRADADOS”**

**Presentado por:**

**GISELLA GARCIA SERNA**

**Tesis para optar el título de  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Lima- Perú**

**2016**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**“INFLUENCIA DE LA REVEGETACIÓN CON *Festuca humilior* Y LA INCORPORACIÓN DE FERTILIZANTES EN LA RECUPERACIÓN DE PASTIZALES DEGRADADOS”**

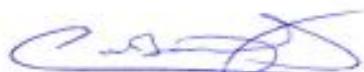
**Tesis para optar el título de  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Presentado por:**

**GISELLA GARCIA SERNA**



Dra. Lucrecia Aguirre Terrazas  
**PRESIDENTE**



Dr. Julio Alegre Orihuela  
**Miembro**



Ing. Christian Barrantes Bravo  
**Miembro**



Dr. Enrique Flores Mariazza  
**Patrocinador**



ACTA DE SUSTENTACION

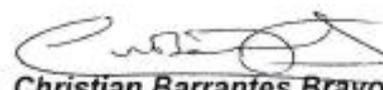
FZ/005.16

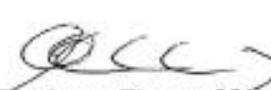
Tesis presentada por la Bachiller en Ciencias Zootecnia **GISELLA GARCÍA SERNA** titulada **"INFLUENCIA DE LA REVEGETACIÓN CON Festuca humilior Y LA INCORPORACIÓN DE FERTILIZANTES EN LA RECUPERACIÓN DE PASTIZALES DEGRADADOS"**, oídas las respuestas y observaciones formuladas, la declaramos ~~APROBADO~~..... con el calificativo de ~~SOBRESALIENTE~~....., en consecuencia queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad y recibir el título de **INGENIERO ZOOTECNISTA**, de conformidad con lo estipulado por el Art. 72° del Estatuto de la Universidad y el Art. 113°, Inc. b) del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La Molina, 13 de junio del 2016

  
**Dra. Lucrecia Aguirre Terrazas**  
Presidente

  
**Dr. Julio Alegre Orihuela**  
Miembro

  
**Ing° Christian Barrantes Bravo**  
Miembro

  
**Dr. Enrique Flores Mariazza**  
Patrocinador

migr

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mi familia la cual siempre me apoya incondicionalmente, ayudándome a cumplir una de mis metas en la vida. Asimismo; quisiera dedicar este trabajo a mis profesores los cuales me orientaron en la realización de esta investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial a CONCYTEC – FONDECYT por la oportunidad de realizar una maestría y colaborar en la formación de profesionales. También agradezco a mis profesores del área de pastizales y de la Maestría de suelos, ya que gracias a ellos la investigación se realizó desde distintos enfoques teniendo un análisis más exhaustivo.

Un agradecimiento especial a mi padre y hermana los cuales me apoyaron en la toma de datos durante la evaluación, a mis amigos de la maestría especialmente a Manuel More y Paul Unsihuay por su apoyo incondicional en sus conocimientos profesionales y su amistad sincera.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1 Proceso de degradación: conceptos y modelos	3
2.1.1 Modelo clímax	3
2.1.2 Modelo de estados transicionales	5
2.1.3 Modelo de productividad	8
2.2 Recuperación de pastizales degradados	11
2.2.1 Manejo adaptativo	12
2.2.2 Manejo estricto de pastoreo	13
2.2.3 Manejo de la vegetación	14
2.2.4 Manejo de la cobertura vegetal	15
2.3 Técnicas y métodos de revegetación	16
2.3.1 Revegetación por semilla	17
2.3.2 Revegetación por esquejes	18
2.4 Estrategias para la mejora de condiciones abióticas	20
2.4.1 Fertilización	22
2.4.2 Enmienda del suelo por medio del encalado	26
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>28</b>
3.1 Área de estudio	28
3.2 Unidades experimentales: especies vegetales	29
3.3 Instalaciones	29
3.4 Tratamientos experimentales	30
3.5 Parámetros evaluados en la fase de establecimiento y crecimiento	30
3.5.1 Evaluación del estado vegetativo y reproductivo de la <i>Festuca humilior</i>	30
3.5.2 Indicadores de vigor	31
3.5.3 Predicción de productividad por medio del peso vs volumen	31
3.5.4 Análisis de suelos	32
3.6 Diseño y análisis estadístico	33

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>35</b>
4.1 Análisis de caracterización del suelo	<b>35</b>
4.2 Indicadores del vigor	<b>36</b>
4.3 Capacidad reproductiva y mortalidad de macollos	<b>42</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>48</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Pág.</b>
Cuadro 1	Disponibilidad del nutriente según acidez del suelo	27
Cuadro 2	Aplicación de nutrientes al área experimental	30
Cuadro 3	Hipótesis lógicas para contrastes ortogonales	33
Cuadro 4	Resultados de la caracterización del suelo durante la evaluación	35
Cuadro 5	Promedio del vigor de macollos	38
Cuadro 6	Capacidad reproductiva y mortalidad de macollos	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
Figura 1	Modelo clásico de respuesta de la vegetación frente a la presión de pastoreo de Dyksterhuis (1948), basado en el modelo de sucesión lineal de Clements (1932)	4
Figura 2	Modelo de estadio múltiple de los estados de salud	7
Figura 3	Cambios en la abundancia en los grupos de especies en base a los cambios en la condición del pastizal	10
Figura 4	Ciclo de la degradación del suelo	21
Figura 5	Modelo conceptual de degradación de ecosistemas y su recuperación	22
Figura 6	Altura promedio de los esquejes	39
Figura 7	Volumen promedio de los esquejes	41
Figura 8	Producción estimada por planta	42
Figura 9	Porcentaje de mortalidad de macollos	45
Figura 10	Porcentaje de sobrevivencia de macollos	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>	
Anexo 1	Caracterización inicial del suelo del área experimental	55
Anexo 2	Caracterización final del suelo del área experimental	56
Anexo 3	Base de datos general	57
Anexo 4	Promedio de datos del parámetro del vigor	85
Anexo 5	Promedio de pesos estimados	87
Anexo 6	Promedio de promedios de porcentaje de macollos reproductivos	89
Anexo 7	Promedio de promedios de porcentaje de macollos vegetativos	91
Anexo 8	Promedio de promedios de porcentaje de mortalidad de macollos	93
Anexo 9	Análisis de varianza de la altura de la planta	95
Anexo 10	Análisis de varianza de la volumen de planta	96
Anexo 11	Análisis de varianza de peso estimado	97
Anexo 12	Análisis de varianza de parámetro de porcentaje de mortalidad vegetativa	98
Anexo 13	Análisis de varianza de parámetro de porcentaje de macollos reproductivos	99
Anexo 14	Archivo fotográfico	100

## RESUMEN

El Perú posee pastizales muy degradados que han pasado el umbral abiótico (pérdida de estructura, retención de agua, y disponibilidad de nutrientes) y necesitan la revegetación. El estudio se realizó en la comunidad de Marcapomacocha (Junín), y tuvo como objetivo evaluar el efecto la revegetación con *Festuca humilior* en la mejora del estado ecológico mediante la adición e interacción de nutrientes y el encalado sobre la biomasa producida y cobertura vegetal. Se establecieron 3 tratamientos y un control: adición de nitrógeno, fósforo y encalado, se utilizó el diseño bloque con arreglo factorial 4x4 con error de muestreo. Se analizó la respuesta vegetativa y productiva de *Festuca humilior* cuyos mejores resultados obtenidos es de la aplicación de N + P en la producción de biomasa y cobertura vegetal ( $P < 0.05$ ); esto confirma la deficiencia de los elementos mencionados en suelos degradados, mientras que la aplicación de N+P y N+P+ Encalado tuvieron un efecto positivo ( $P < 0.05$ ) sobre el número de macollos y la capacidad reproductiva mejorando la productividad de follaje y semillas. Se concluye que la adición de nutrientes es fundamental para el éxito de la revegetación, por otro lado los efectos del encalado se dan a largo plazo.

**Palabras clave:** *Revegetación, condición del pastizal, productividad.*

## **ABSTRACT**

Peru has very degraded grasslands that have passed the threshold abiotic (structure lost, water retention and nutrient availability), therefore, revegetation is needed. The study was executed in the community of Marcapomacocha (Junin), and aimed to assess the effect revegetation with *Festuca humilior* in order to improve the environmental status by adding and interaction of nutrients and liming on produced biomass and vegetation coverage. Three treatments and control were established: addition of nitrogen, phosphorus and liming, where block design was used with factorial arrangement 4x4 sampling error. Vegetative and productive response of *Festuca humilior* were analyzed and the best results were achieved with the N + P application in biomass production and vegetable coverage ( $P < 0.05$ ). This confirms the deficiency of the elements mentioned in degraded soils, while the N + P and N + P + Liming applications had a positive effect ( $P < 0.05$ ) on the number of tillers and reproductive capacity improving foliage and seeds productivity . It is concluded that the addition of nutrients is essential for revegetation success; otherwise, the effects of liming are given in long term.

**Key word:** *Revegetation, grasslands, productivity.*

## I. INTRODUCCIÓN

La degradación de los pastos naturales de los andes peruanos es un problema crítico, ya que son el hábitat y la principal fuente de alimento del 98% de ovinos, el 80% de vacunos y el 100% de alpacas, llamas y vicuñas donde, aproximadamente un 62% de los pastizales peruanos se encuentran en condición pobre a muy pobre debido a la sobreexplotación causada por un mal manejo de los pastizales (Flores, 1996; Ventura, 2003). Las perturbaciones causadas por el hombre, como el sobrepastoreo, excesiva carga animal, presión de pastoreo inadecuada y el cambio climático incrementa la frecuencia e intensidad de eventos extremos como la disminución de precipitaciones, intensidad de sequías, de esta forma aceleran el proceso de degradación (McNaughton et al., 1989).

Las perturbaciones afectan los umbrales bióticos, los cuales provocan cambios en la composición y distribución de las especies, incremento de suelo desnudo y proliferación de especies invasoras (Stringham et al., 2003). El efecto de perturbaciones continuas alteran el umbral abiótico, pues causan el deterioro de la infiltración, incremento de la escorrentía y la erosión del suelo, en consecuencia el ecosistema disminuirá su productividad por pérdida de nutrientes y la alteración del ciclaje de nutrientes (Davenport et al., 1998). Cuando sobrepasa los dos umbrales del ecosistema, la producción primaria disminuye por la alteración de la estructura del suelo, de esta manera pierde su estado de resiliencia ante la presencia de perturbaciones frecuentes e intensas, y en consecuencia pierde su capacidad de recuperación natural (Briske y Heitschmidt, 1991).

Los ecosistemas altamente degradados requieren procedimientos de restauración para restablecer el funcionamiento y la resiliencia del ecosistema (Briske et al., 2006), mediante la aplicación de prácticas agronómicas de manejo intensivo, como la revegetación, riego, adición de nutrientes y encalado. La implementación de la técnica de revegetación puede asegurar la recuperación del ecosistema, sin embargo los ecosistemas que no han sido perturbados de forma excesiva tienen la capacidad de desarrollar la revegetación de forma natural cuando se deja el área en descanso. No obstante, este proceso es muy lento y está limitado por los eventos ambientales que pone en riesgo el establecimiento y crecimiento

por lo tanto, realizar una revegetación artificial es un proceso más rápido porque se reduce el tiempo del proceso de establecimiento de las plantas, además de adicionar nutrientes los cuales impulsan el desarrollo vegetal al ser altamente disponibles para la planta y de este modo las propiedades físico-químicas del suelo y la condición ecológica se recuperan. La perturbación de suelos andinos tiende a cierta disminución del pH lo cual incrementa la acidez y provoca la falta de disponibilidad de nutrientes, ya que el pH afecta el estado de oxidación de los elemento y la solubilidad para los procesos biológicos de parte de los microorganismos, esto afecta la transformación y disponibilidad del elemento, por lo tanto es necesario aplicar enmiendas y adición de nutrientes. Otro factor crítico que se debe tomar en cuenta la revegetación es la especie a utilizar, las especies ideales son especies nativas debido a que soportan las perturbaciones del área degradada en comparación a las especies exóticas, pues están mejor adaptadas al medio ambiente y a los factores estresantes existentes, así como toleran la baja disponibilidad de nutrientes.

El propósito de este estudio fue la evaluación del impacto de la adición de nutrientes y encalado en el establecimiento y crecimiento vegetativo y reproductivo de la *Festuca humilior*, para recuperar el estado ecológico del área.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Proceso de degradación: conceptos y modelos**

Las pérdidas en la productividad y la diversidad se han atribuido al uso excesivo de los pastizales por un conjunto estrecho domesticado de los herbívoros (Mack y Thompson, 1982). Por el excesivo pastoreo se ve alterando la diversidad y abundancia de especies forrajeras en forma negativa, que perjudica el ecosistema, y provoca su degradación y cambio de la estructura vegetal y del suelo. El pastoreo intensivo, como principal factor asociado a la desertificación, produce una reducción de la cubierta vegetal, mantillo, materia orgánica y finalmente la pérdida de suelo por erosión, (Baker y Guthery, 1990) lo cual afecta las funciones del suelo en la captación de agua y nutrientes (Fuls, 1992, Thurow et al., 1988). La disminución de la infiltración del agua en el suelo provoca un incremento de escorrentía que causa cambios en la deposición y disposición espacial de nutrientes para las plantas y afecta su desarrollo (Thurow et al., 1988). Esta cadena de eventos, donde interaccionan el pastoreo, las plantas y el suelo; generan una difícil y lenta recuperación del área cuando se tiene un manejo inadecuado, restringiendo el uso para pastoreo ya que se tiene escasa disponibilidad de alimento para el ganado.

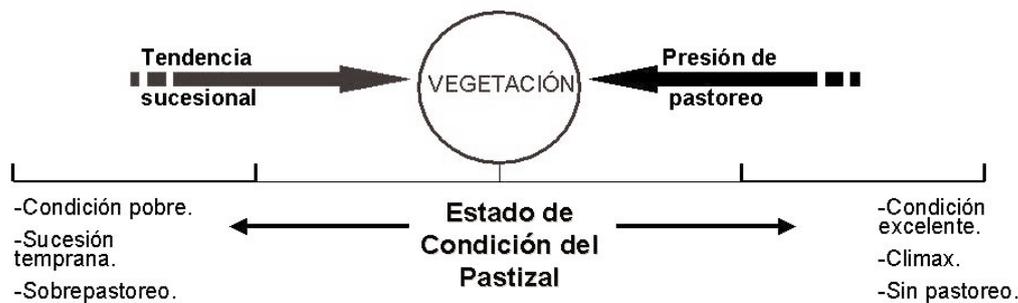
#### **2.1.1. Modelo clímax**

Según Clements (1932) la vegetación en los ecosistemas naturales se desarrolla en forma unidireccional hasta llegar a un estado estable denominado como el estado clímax, en el cual, la vegetación se desarrolla de forma progresiva y ordenada siempre en cuando no haya perturbaciones. En el estado clímax las especies vegetales se encuentran en el mejor estado vegetativo y reproductivo, pues poseen suficiente disponibilidad de nutrientes, agua, aprovechan de la mejor manera los recursos del ambiente para su completo desarrollo y, en consecuencia, alta productividad de biomasa.

El pastoreo es uno de los procesos que provocan perturbaciones pues evita alcanzar el estado clímax, ya que dependerá de la frecuencia e intensidad para provocar cambios reversibles o irreversibles en la sucesión vegetal, como son cambios en la biodiversidad, cobertura vegetal

y productividad. Las perturbaciones como el pastoreo provocan que el ecosistema regrese a estados serales anteriores (Milton, 1992) o se mantenga un estado seral específico por conveniencias productivas, principalmente desde el punto de vista ganadero, más no ecológico. Se puede mantener un área en el estado seral deseado según la productividad en base a la adecuada carga animal. El modelo de sucesión o modelo clímax no solo se basa en perturbaciones como el pastoreo, sino también de perturbaciones producto de las condiciones climáticas, las cuales pueden alterar los ecosistemas significativamente. Por lo tanto, se tienen muchos factores que transforman la vegetación, además del pastoreo, como el fuego, estrés hídrico, cambios en la composición del suelo y cambio climático. Es por esto que las transiciones de pastizales no siempre son reversibles (Westoby and Noy-Meir., 1989) porque implican la pérdida de especies, modificaciones físicas como del suelo o estado de disponibilidad de nutrientes.

En la figura 1 se observa la infiltración cómo las perturbaciones, como el sobrepastoreo y la presión de pastoreo, ejercen fuerzas contrarias al estado clímax, pero con la presión de pastoreo se puede mantener el ecosistema en un estado de condición conveniente para el ganadero, donde se tendrá las especies deseables para el ganado, restando importancia a la sucesión ecológica.



**Figura 1. Modelo clásico de respuesta de la vegetación frente a la presión de pastoreo de Dyksterhuis (1948), basado en el modelo de sucesión lineal de Clements (1932)**

Clements sostiene en su teoría sobre la desaparición del disturbio, que el ecosistema tiende a retornar por sí mismo a su estado original para poder llegar al estado clímax. Según este enfoque, en un pastizal existiría un gradiente unidireccional continuo de diferentes estados de condición del pastizal que va desde condiciones sobrepastoreadas y muy degradadas hasta condiciones sin pastoreo llamadas prístinas (López, 2009). Este modelo indica que los cambios son solo lineales, se pueden tener cambios predecibles y llegar al estado clímax, lo

cual está conformado por especies vegetales definidas y las perturbaciones impiden llegar a la estabilidad. Sin embargo, si se terminan las perturbaciones, se puede llegar al estado clímax. Las perturbaciones no provocan la aparición de nuevas especies; siempre aparecerán las mismas especies vegetales, porque no se presentarán estados intermedios diferentes al estado clímax. No obstante, la mayor limitación de este modelo es que no toma en cuenta que el ecosistema puede cambiar su estructura a pesar del cese de la perturbación, ya que algunas especies de plantas pueden aprovechar la ausencia de algunas y colonizar el área. Se puede producir cambios en la estructura vegetal debido a las variaciones ambientales, causando una alteración en la producción de semillas, establecimiento y supervivencia de plántulas; en consecuencia, se provoca la pérdida de especies, y estimula la competitividad entre especies, con lo cual cambie la estructura del estado clímax dejando de ser predecible. Gleason (1926) también sostiene que la sucesión de los ecosistemas es muy cambiante ya que no está sujeto a reglas y no se puede esperar un desarrollo predecible pues las distintas especies se desarrollarán según sus propios requerimientos y esto dependerá los beneficios ambientales y nutricionales del área.

Por lo tanto, se desarrolló un paradigma en el cual el estado estable y equilibrio biológico fue reemplazado por el del no equilibrio (Hobbs y Morton, 1999). El modelo de la sucesión se basa en la estabilidad interna de los ecosistemas minimizando la importancia de la variabilidad climática y de eventos estocásticos sobre el comportamiento del ecosistema; a diferencia del paradigma del no equilibrio o también llamado modelo de estados transicionales, en el cual la estabilidad del ecosistema se ve influenciado por disturbios externos los cuales modelan la dinámica de los ecosistemas, por lo tanto, no es predecible el estado clímax o de equilibrio. La modelación de la vegetación dependerá del tipo de disturbio, intensidad, tamaño del área y frecuencia con que se presenta el disturbio (Turner et al., 1998). Según Strimgham, (2003) la teoría del modelo clímax se cumple mientras no se pasen los umbrales bióticos y abióticos, ya que estos generarían cambios impredecibles.

### **2.1.2 Modelo de estados transicionales**

El modelo de estados transicionales incorpora las múltiples vías de sucesión ecológica, múltiples estados estables, umbrales de cambio; y transiciones discontinuas e irreversibles, los cuales se integran para explicar las variaciones que se dan en la comunidad vegetal. También complementa las variaciones del estado en base a la condición del área y la tendencia de los pastizales.

Las transiciones entre estados son a menudo provocados por múltiples perturbaciones, incluyendo eventos naturales (climáticas, incendio) o acciones de manejo (pastoreo, agricultura, quema). Las transiciones pueden ocurrir rápidamente como en eventos catastróficos (incendios, inundación) o en periodos prolongados que ejercerán cambios graduales ya sea por patrones climáticos o tensiones repetidas.

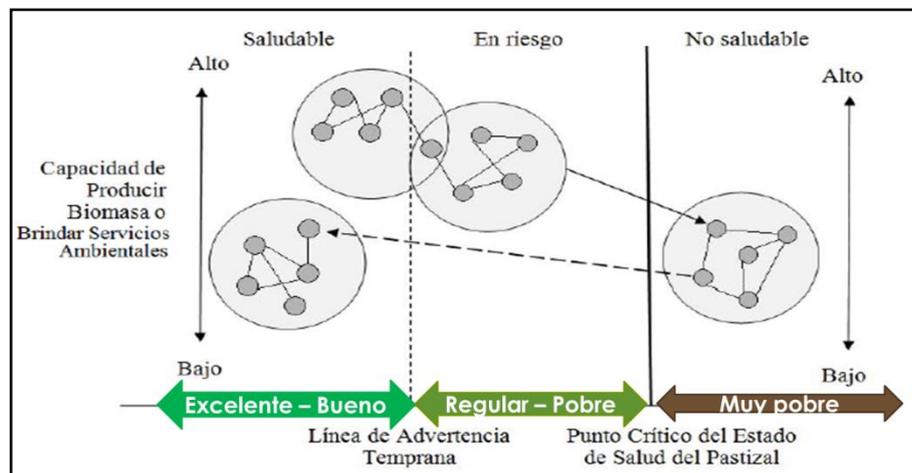
La sucesión de una comunidad vegetal es muy compleja debido a que se tienen perturbaciones ambientales y el manejo que hace el hombre, por lo tanto se genera el modelo de estados transicionales el cual considera diversos factores ecológicos y de gestión, no solo se basa en la sucesión ecológica el cual indica el desarrollo de una única comunidad clímax. El modelo transicional propone cambios en la estructura vegetal ya que los cambios no siempre son lineales y predecibles, pueden aparecer nuevos estados intermedios considerados estables, debido a la pérdida de especies que pueden provocar las perturbaciones. Por lo tanto puede haber más de un estado estable, ya que se tiene diferentes posibles transiciones entre estados (vegetación y suelo), depende de las interacciones que se tengan en ese momento entre los factores climáticos (lluvias, sequías) y el manejo del área (carga animal, frecuencia de pastoreo). Dependerá también la intensidad y duración de la perturbación ya que el pasaje de un estado a otro no siempre es reversible (López, 2009).

Las comunidades de plantas tienen criterios fundamentales, los cuales son: el componente hidrológico (la captura, almacenamiento y redistribución de la precipitación), la captura de energía (conversión de la luz solar para el desarrollo y productividad de la planta), y el ciclaje de nutrientes (el ciclo de nutrientes de componentes físicos y bióticos del medio ambiente) que al ser alterados pierden estabilidad que puede llevar a atravesar los umbrales. El estado de las comunidades vegetales está compuesto por dos umbrales biótico y abiótico, los cuales definen el estado de salud de la comunidad.

Los ecosistemas naturales que sufren eventos estresantes, provocan el cambio de la vegetación hacia especies vegetales anuales, las cuales aceleran la degradación debido a que alteran los componentes el ciclo de nutrientes disminuye de forma vertical y horizontal por el cambio de raíces poco profundas, la hidrología disminuye debido a que se tendrá una reducción de material orgánico que se añade al suelo y un aumento en el potencial daño a la superficie del suelo, que dañara su estructura y sus propiedades; mientras que la captura de energía disminuirá por la menor cantidad de vegetación presente (Strimgham, et al. 2003).

La *National Research Council* (NRC, 1994), clasifico los pastizales en tres estadios según la condición del pastizal: saludable, en riesgo y enfermo o no saludable. En este contexto, el criterio de definición se basa en las características de la vegetación y del suelo de un pastizal que se mantienen estables en el tiempo, donde los pastizales clasificados como saludables no requieren cambios en su manejo, pero aquellos clasificados como en riesgo sí requieren de ajuste en su manejo para lograr su restauración a condición de saludables.

En la Figura 2 se puede observar en líneas punteadas la advertencia del estado de riesgo y la línea continua en negrita, el cual indica que el pastizal ha sufrido daños irreversibles y que, aunque se haga un esfuerzo para recuperarlo, no se podrá llevarlo a un estado igual o mayor que al que tuvo en un origen.



**Figura 2. Modelo de estadio múltiple de los estados de salud**  
Fuente: NRC (1994).

Según Friedel (1991) una vez que un ecosistema pasa el umbral, se necesita implementar un manejo adecuado según la degradación. Los ecosistemas que fueron alterados de forma leve, no necesitan ingreso de energía, mientras que ecosistemas deteriorados necesitan de una restauración activa e ingreso de energía. Por lo tanto con la adecuada restauración, se puede regresar a un estado anterior, pero si no se restaura el ecosistema, se formara un nuevo estado estable en el cual se tendrá nuevos grupos funcionales de plantas, cambios en los procesos del ecosistema, consecuentemente cambios en la estructura vegetativa, biodiversidad y nuevos requerimientos para el manejo. La diferencia entre la propiedad reversible e irreversible depende de la capacidad de los ecosistemas o incapacidad para repararse a sí mismos. La transición reversible se produce dentro de un estado sin pasar el umbral biótico, para regresar al estado anterior se requiere la eliminación o el cese de la perturbación

responsable de desencadenar la transición. Por otro lado la transición irreversible se produce cuando se pasa el umbral abiótico, pierde el control de sus procesos ecológicos primarios, el sistema no es capaz de auto-repararse, incluso con la eliminación o cese de la perturbación, el sistema no dejara de cambiar hasta que un nuevo equilibrio se establezca, con una diferente capacidad ecológica.

### **2.1.3 Modelo de productividad**

Dyksterhuis (1949) también aplica el enfoque de la sucesión de pastizales al igual que Clements al medir la condición del pastizal comparándolo con la vegetación clímax, sin embargo, indica que las comunidades vegetales tienen diferentes estados clímax según la intensidad del factor perturbador y no tienen un desarrollo único y unidireccional, lo cual se ve reflejado en el grado de deterioro en una comunidad vegetal y la variación en la abundancia de las especies vegetales. Sostiene que la productividad de un área natural se ve influenciada por la condición y esta dependerá de la respuesta al pastoreo, la cual se mide en base a las especies vegetales presentes. Dyksterhuis (1949), presenta la variación de las especies vegetales en base a los cambios en la condición que se ven influenciados por factores estresantes medio ambientales y manejo ganadero, generando una variación vegetativa. Es un método que asocia los principios ecológicos y la condición del pastizal en base a la respuesta de la vegetación al pastoreo, en el cual se puede detectar el agotamiento de los pastos en sus primeras etapas mediante la observación e inventariado de la sucesión de la vegetación y la sustitución de un conjunto de plantas por otras.

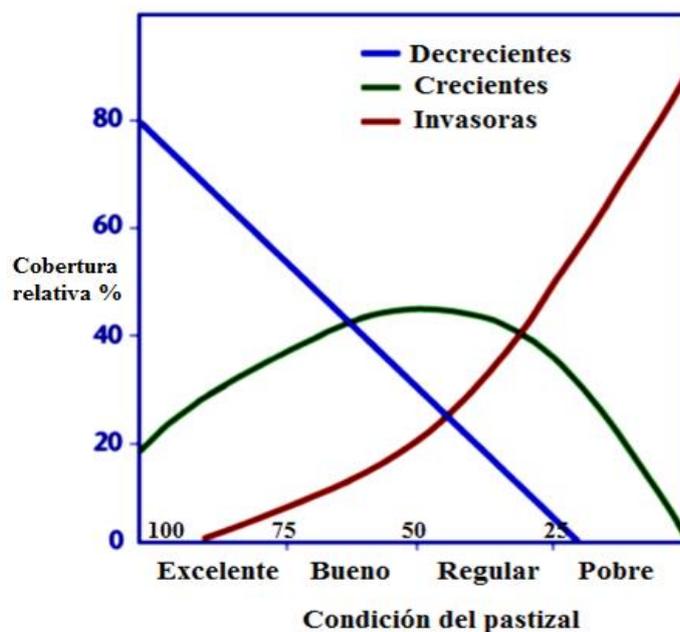
Según su modelo, clasifica a las especies vegetales que pertenecen a la comunidad en 3 grupos: especies decrecientes, acrecentantes o crecientes, invasores e indiferentes, en función a la posición de la comunidad vegetal en relación a la comunidad clímax, lo cual se determina a través de la cobertura relativa de la planta en respuesta al pastoreo. Las especies decrecientes son las dominantes y abundantes en el estado clímax ya que al ser sometidas al pastoreo, disminuyen su proporción en la composición botánica. Las especies consideradas dentro del estado decreciente son aceptables y deseables para el ganado, por lo cual, son consumidas repetidamente hasta reducir su vigor. Además, son especies libres de sustancias tóxicas, generalmente son especies perennes, son buenas protectoras y mejoradoras del suelo, pero son muy susceptibles a factores perturbadores.

Las especies acrecentantes o crecientes son propias del estado clímax, pero bajo condiciones de pastoreo se ve una variación en su población. A medida que la condición alcanza un cierto grado de deterioro, aumentan temporalmente debido a que ocupan el área de las especies deseables que desaparecieron al inicio. Sin embargo, si los factores perturbadores (como el pastoreo) continúan, las especies acrecentantes empiezan a disminuir por el consumo ya que son generalmente las especies poco deseables por el ganado; en mayor proporción especies anuales estacionarias a las temporadas de lluvia; por lo cual, provocan una mayor degradación, pues desaparecen en la época seca y se observa mayor áreas de suelo desnudo.

Las plantas invasoras no son típicas del estado clímax, pero se encuentran presentes en áreas que han sido alteradas y degradadas. Son las especies indeseables por el ganado, algunas que son tóxicas, se presentan en suelos pobres y deteriorados debido a que estas características propician su crecimiento, provocando una invasión y competencia con las especies deseables y poco deseables, deteriorando más la condición del área.

Para evaluar la condición de los pastizales, Dyksterhuis desarrolló el método de condición del pastizal basado en las teorías de Clements (1916); dándole un enfoque cuantitativo, en el cual, los porcentajes indican la cantidad de especies que se encuentran en el estado clímax. Las condiciones establecidas fueron las siguientes: excelente (100-75%), buena (75-50%), regular (50-25%) y pobre (25-0%). En base a estas condiciones, se ve la variación de la presencia de las especies vegetales como se puede apreciar en la figura 3. Las especies crecientes se vuelven más abundantes, mediante la condición se degenera de excelente a bueno para luego disminuir porque la condición se degenera de bueno a pobre. La disminución de la cobertura de las especies crecientes coincide con el aumento de las especies invasoras desde el 0% en la condición excelente hasta casi el 100% en la condición pobre. Los sitios de excelente condición son ocupados alrededor del 80% de las especies decrecientes las cuales disminuyen bruscamente hasta casi el 0% en los sitios de condiciones pobres.

Estos cambios son principalmente provocados por las prácticas de manejo en el pastoreo, en caso se retirase el pastoreo, las condiciones del pastizal deberían volver a la condición excelente, teniendo en cuenta que sea el único factor perturbador que esté afectando el área, según la teoría de Briske et al. (2005).



**Figura 3. Cambios en la abundancia en los grupos de especies en base a los cambios en la condición del pastizal (Dyksterhuis, 1949).**

La evaluación de la condición del pastizal es una parte importante para determinar el estado del área según las especies vegetales presentes y tener el conocimiento de las especies que aparecerán si el disturbio continúa. En campo se evalúa la condición por el método de Parker, el cual estima la condición ecológica utilizando transectas lineales permanentes (Parker, 1951), inventariando las especies del área y reconociendo su deseabilidad por el ganado o la invasión de especies tóxicas. El método resume los atributos ecológicos en base a transectas, basadas específicamente en las tendencias de las especies de plantas, abundancia, composición y cobertura del suelo evaluando el mismo área en diferentes tiempos para poder tener el conocimiento de la tendencia de la sucesión y el estado en que se encuentra el área evaluada (Ruyle, 2010).

La condición del área se basa en la abundancia y el estado de vigor de las especies dentro del área, las cuales son excelente, buena, regular, pobre y muy pobre comparándolo al estado clímax. Los pastos de condición excelente se encuentran en condición clímax, y gran cantidad de herbáceas nutritivas, son de más alto valor de pastoreo (Bews, '29: 298). Los pastos de condición buena tienen la característica de poseer pastos deseables para el ganado, pero hay una fuerte tendencia hacia la pérdida de vigor y disminución de los mejores pastos y herbáceas. Los pastos de condición regular no se encuentran dentro del estado clímax y las

herbáceas más palatables. Los pastos de condición pobre se caracterizan por tener suelo desnudo, parches aislados, presencia de especies invasoras. Por último, los pastos de condición muy pobre se caracterizan por poseer suelo desnudo, plantas invasoras, problemas de escorrentía y muy poca infiltración, lo que muestra signos de degradación del suelo y muy poca vegetación (Weaver, 1947). El vigor de la planta es uno de los factores importantes para determinar la condición del pastizal que está indicado de muchas maneras. Las plantas vigorosas muestran un crecimiento notable en altura y abundancia de follaje que se muestra en mayor número de macollos. Otra característica es la cantidad de macollos muertos según la edad de los pastos presentes en el área evaluada. Es importante también la presencia y cantidad de macollos reproductivos, así como la presencia de plántulas, lo cual indica una adecuada disponibilidad de nutrientes. Con una adecuada germinación, asegurando la continuación de la especie presente. Una expresión positiva de vigor denota un suministro de reserva acumulada en corona o raíces y, por lo general, posee un buen desarrollo radicular. La mayoría de estos criterios están muestran un alto rendimiento de forraje (Weaver, 1947).

## **2.2 Recuperación de pastizales degradados**

La recuperación o rehabilitación de un pastizal consiste en la restitución de su capacidad productiva por unidad de área y por animal, hasta alcanzar grados ecológicos y económicos aceptables. El término recuperación supone la presencia de una o más especies forrajeras, deseables que son susceptibles a ser conservadas, estimuladas o complementadas para el consumo animal (Spain y Gualdrón 1991). De ahí que el momento de aplicar alguna labor de recuperación del pastizal, se debe tener en cuenta que las especies deseables tengan una aceptable composición botánica.

Los objetivos de la recuperación de pastizal degradados según Andrade et al. (1984) y Spain y Gualdrón (1991) son los siguientes: crear un sistema estable de producción de pastos y forrajes, eliminar del sistema ecológico las especies indeseables que compiten por un nicho ecológico con las especies nativas, aumentar la protección del suelo ante la erosión, restaurar el vigor, la calidad y la productividad del pastizal e incrementar las poblaciones de las especies deseables, de modo que sean ellas las que predominen en el ecosistema. El uso excesivo por medio del pastoreo de los campos de pastizales ha llevado a la pérdida progresiva de la productividad secundaria y la diversidad en los pastizales, por lo cual, los pastizales degradados no pueden volver a su estado original. Incluso cuando están descansando durante décadas (Westoby et al., 1989; O'Connor, 1991). Milton et al. (1994)

desarrollan la idea de que la probabilidad de revertir el cambio inducido por el pastoreo puede ser inversamente proporcional a la cantidad de perturbaciones involucradas en la transición. Desarrollan un modelo por etapas de degradación de los pastizales y muestran como aparece el potencial de recuperación que está relacionado con la función del componente afectado. Su estudio destaca la necesidad de reconocer y tratar la degradación antes de tiempo porque los insumos y costos de administración aumentan según la etapa de degradación, la cual se da de forma gradual en las tierras de pastoreo áridas o semiáridas, se muestra síntomas que describen el estado de los conjuntos de plantas, por lo cual es necesario tener opciones de manejo para mejorar la condición del sistema y revertir la degradación:

### **2.2.1 Manejo adaptativo**

El manejo adaptativo son procesos de monitoreo para reconocer la variabilidad que tiene el área en evaluación y el estado en que se encuentra con el fin de mejorar la toma de decisiones y examinar diferentes alternativas de manejo para elegir la mejor opción. La importancia de aplicar el mejor manejo es debido a que los pastizales son sistemas complejos, cada pastura tiene diferentes tipos de suelo, capacidad de retención de agua y diferentes historias de manejo y pastoreo. También los factores bióticos y abióticos son diferentes puesto que, como la disponibilidad de nutrientes y la precipitación, implican un diferente manejo. Se tiene que tener un manejo específico para cada lugar, ya que ningún área de pastizal es igual a otro, por lo tanto, no se tiene un único manejo para los pastizales, si no que se busca recuperar sus atributos ecológicos y productivos con un adecuado manejo.

Una de las causas principales de la degradación es por factores climáticos. Eventos extremos como la sequía, granizo, heladas y fuego, causan una elevada mortalidad en las especies vegetales, principalmente a las plantas de mayor edad, ya que si todas las especies deseables de una especie dominante en campo se volvieron senescentes ante estos eventos extremos corren el peligro de desaparecer. Otro indicador es la mortalidad de plántulas, ya que al estar en etapa temprana de crecimiento no cuentan con sistemas de protección y tener bajas reservas nutricionales no están preparadas para los eventos extremos, por lo cual son más susceptibles a morir. Uno de los indicadores importantes para mantener la condición es el vigor de las plantas, sin embargo al estar bajo eventos estresantes, se puede observar menor altura, diámetro basal, y ausencia o escasos macollos florares, estos tres indicadores mencionados pueden causar la variación de la vegetación perenne. Por lo cual se requiere de

manipulaciones oportunas de densidades ganaderas para mantener y cumplir con los requerimientos fisiológicos de las plantas y satisfacer la demanda de forraje por los animales.

Con un manejo adecuado adaptativo de un pastizal se debe recurrir a estrategias de pastoreo como la adecuada carga animal, cual se halla en base a la productividad, condición y tendencia, pero también se debe poner límites definidos de los momentos adecuados de pastoreo (la intensidad, frecuencia y duración). Por otro lado no se puede realizar ningún control de los factores climáticos, en consecuencia se debe realizar estrategias de pastoreo y de conservación eficaces para evitar la degradación del ecosistema, en el cual se realiza constantes monitoreos para observar la tendencia y condición del área. Con el fin de tener un adecuado manejo del área, se realiza el cálculo de la adecuada carga animal y así evitar que decline la producción y calidad de forraje o se altere las propiedades físicas y químicas del suelo teniendo en cuenta el consumo recomendado del uso del 50% de forraje y un residuo del 50%, el cual queda como reserva para permitir una adecuada recuperación del área foliar y evitar la disminución de la condición del pastizal.

### **2.2.2. Manejo estricto de pastoreo**

Se realiza cuando la degradación es de baja intensidad, en el cual los herbívoros reducen el restablecimiento de plantas palatables, que permiten el crecimiento de especies no palatables, y causan cambios estructurales debido a la variación de la densidad de las plantas, por lo cual se requiere realizar un estricto plan de pastoreo para mantener un balance ecológico. El manejo estricto de pastoreo cumple su objetivo de conservar o mejorar la condición del pastizal y obtener una adecuada producción evitando la desertificación de los pastizales. Por consiguiente se implementan planes de pastoreo, que se adaptan a diferentes situaciones, buscando mejorar la condición y producción de los pastizales.

Una alternativa es aplicar el pastoreo continuo (utilizado generalmente con baja carga animal) para lo cual, se debe tener una constante evaluación y seguimiento al área. Ya que puede producirse una rápida degradación, debido a que no tiene descanso del pastoreo. Otra alternativa es el pastoreo rotativo, el cual tiene un manejo más estricto pues se hacen potreros y se realiza un plan de pastoreo según estos, en los cuales se realizan pastoreos en periodos cortos, que permite la recuperación de los pastos, y evita el agotamiento de las reservas radiculares de las plántulas. El siguiente tipo es el pastoreo diferido, cuyo manejo implica descansos de potreros por estaciones y estimular el apropiado desarrollo de las especies

abundantes y deseables para tener una adecuada producción de semillas y asegurar la permanencia en el pastizal.

### **2.2.3 Manejo de la vegetación**

Generalmente el pastoreo es uno de los mayores agentes que causan la degradación. Al tener un pastoreo pesado o por largo tiempo sin un manejo adecuado puede causar cambios en la estructura de la vegetación y su funcionamiento, lo cual afecta la productividad así como también puede comprometer los factores abióticos provocando una alteración en el feedback entre los componentes bióticos y abióticos, causando la pérdida de la estructura y función del ecosistema que imposibilita su recuperación natural. Por lo tanto, es necesario realizar el manejo de la vegetación que se lleva a cabo cuando la degradación es de regular intensidad, en el cual, las plantas no logran establecerse y desaparecen al igual que sus depredadores especializados y simbioses. Las plantas y animales se reducen, debido a la disminución de la capacidad de soporte de herbívoros, por lo cual, suele ser necesario realizar siembra de semillas o realizar trasplantes ya que, al tener un sobrepastoreo, provoca una excesiva defoliación pues las plantas no tienen el adecuado tiempo para recuperarse y solo absorben nutrientes para su desarrollo. Al tener poco material vegetativo, se propicia la compactación del suelo ya que retirar el pastoreo no será suficiente para que el ecosistema se recupere y en consecuencia se necesitara un manejo más intensivo. Por otro lado la compactación perjudica la estabilidad de los agregados, afecta la fertilidad y el contenido de materia orgánica, incrementa la escorrentía debido a la disminución de la infiltración, provoca la alteración del ciclaje de nutrientes y, como consecuencia, las plantas no pueden desarrollarse e imposibilita la germinación y establecimiento de las plantas.

En base a que el ecosistema no se recupera de forma natural, se aplican prácticas de restauración. Sin embargo, el proceso es lento y está muy influenciado por los eventos ambientales. Es posible realizar un trasplante de especies que pueden establecerse rápidamente y eliminar las especies invasoras por medio de la competencia con el fin de mejorar la condición del ecosistema. Debido a que la degradación es regular, se puede realizar una siembra, con una adecuada remoción del suelo, ya que no se ha pasado el umbral abiótico. Por lo tanto no se tendrá compactación y las semillas podrán germinar pues el suelo tendrá la capacidad de recuperar su estructura y además tendrá nutrientes disponibles. El manejo adicional es dejar en descanso para que se restaure el área afectada.

## **2.2.4 Manejo de la cobertura del suelo**

Por efecto del sobrepastoreo y los efectos climáticos, se provoca una degradación de alta intensidad llevando a una condición pobre o muy pobre, por lo cual la biomasa y la productividad de la vegetación no es estable. En estos casos, las malezas incrementan su población debido a la ausencia o escasa presencia de las plantas perennes, mientras que las plantas anuales incrementan su población por la disminución de competencia, provocando así su proliferación. Sin embargo, son de corta vida ya que su presencia es en épocas de lluvias y promueven la desertificación en la época seca. La reducción de la cobertura vegetal y del mantillo provoca una erosión acelerada, que ocasiona la pérdida de la estructura del suelo y sus propiedades pero también se ve una mayor fluctuación de temperatura en el suelo debido a la falta de mantillo que afecta la germinación de semillas, pérdida de microfauna del suelo y alteración del ciclaje de nutrientes, que finalmente conlleva al incremento del deterioro del ecosistema. Estos factores generan la pérdida completa de suelo, lo cual puede provocar distintos problemas de degradación del suelo como la salinización, acidificación y aridificación. Un ecosistema degradado necesita de estrategias de restauración (proceso lento y dificultoso), para poder restaurar la condición inicial del área. Sin embargo una vez restaurado el ecosistema, será capaz de soportar el pastoreo u otros manejos, y a la vez tendrá la capacidad de restaurarse a sí mismo con el adecuado manejo. Las técnicas de restauración que se pueden aplicar son la revegetación con el cual se incrementa la cobertura vegetal o barrera contra la erosión, ya que el suelo no posee de un elemento aislante para protegerse de las variaciones de la temperatura que puedan afectar la germinación y establecimiento de las plantas.

El mayor problema que afecta el suelo es la compactación por sobrepastoreo que provoca la disminución de la porosidad del suelo y disminuye la infiltración del agua produciendo escorrentía. Otro problema importante causada por la compactación es la falta de aireación, que alteran procesos microbiológicos (necesarios para la disponibilidad de nutrientes en la forma disponible para la planta) y causan la muerte microbiológica, cuya consecuencia es la deficiencia de nutrientes, y la pérdida del desarrollo vegetativo. Para el caso de los pastizales naturales, una forma de evitar la escorrentía en suelos degradados, es por medio de la aplicación de una cubierta de mantillo, lo cual evita el impacto directo de la lluvia y así disminuir la escorrentía, protege al suelo y semillas de la erosión por el viento y agua, conserva la humedad del suelo; y disminuye el efecto de las variaciones extremas de la temperatura, ya que modera la temperatura del suelo, siendo beneficioso para la actividad

microbiológica además de restituir el ciclaje de nutrientes que mejora el establecimiento de las plantas y las posibilidades de germinación de semillas, óptimo desarrollo de las plántulas.

### **2.3 Técnicas y métodos de revegetación**

Las prácticas de mejoramiento de praderas pueden clasificarse como extensivas e intensivas. Las estrategias intensivas se definen como aquellas actividades realizadas para el mejoramiento del pastizal y que requieren un ingreso extra de energía al sistema de producción animal (Briske y Heitschmidt, 1991); entre las cuales tenemos a la revegetación. La aplicación de las estrategias intensivas se realiza donde el potencial del suelo es alto, los riesgos climáticos son bajos y las tasas de crecimiento son altas, dando crédito a la mejora de la comunidad vegetal (Flores, 1996). Herbel (1983) estimó incrementos de productividad en ecosistemas de pastizales en un 800% como resultado de la aplicación de la estrategia de revegetación, ya que con esta técnica incrementamos la cobertura vegetal evitando que se continúe el proceso de degradación.

La parte foliar evita que las gotas de lluvia compacten y destruyan la estructura del suelo provocando escorrentía. Otro beneficio es el aporte de mantillo como materia orgánica, también disminuye la evapotranspiración protegiendo la superficie del suelo de la pérdida de agua. La parte radicular disminuirá la compactación al extender las raíces, mejorando la estructura del suelo y la aireación que beneficiará el ingreso de agua al suelo e incrementará los macroporos mejorando la aireación. Esto también aumentará la presencia de microorganismos que se encargan de restablecer el ciclaje de nutrientes, con lo cual la fertilidad del suelo será restablecido y finalmente se mejorará la condición del área revegetada.

La revegetación se debe realizar cuando las especies deseables ocupan menor al 30% de la cobertura vegetal y con plantas nativas, que pueden ser establecidas por la revegetación natural de un sitio ya sea por siembra o la plantación por esquejes de la especie elegida. Es recomendable que la revegetación se realice con especies nativas, ya que el establecimiento de las plántulas puede verse afectada por las pobres propiedades del suelo, el sitio geográfico y el clima. Los factores predominantes para el éxito del establecimiento es la suficiente humedad del suelo y la competencia con malezas sea mínima y no representen una amenaza. Uno de los requisitos para la implementación de la revegetación es la presencia de la especie a revegetar en el sitio degradado, ya que está adaptada y tiene un proceso de recuperación

más rápido, además de evitar la erosión. Los mejores resultados se obtienen de la combinación de la plantación y siembra de las especies nativas (Buckner, 2010).

### **2.3.1 Revegetación por semillas**

La siembra es una de las técnicas más usadas para el establecimiento de las plantas nativas debido al menor costo de inversión y la facilidad de trabajo ya que se realiza por siembra al voleo. La variabilidad de los suelos, así como la elevación y exposición geográfica tienen gran importancia para el establecimiento de las semillas germinadas, mientras que el establecimiento de las plantas sembradas puede tener mayor dificultad, por lo que se observan resultados significativos a partir de 3 a 5 años. La siembra se debe realizar en determinadas épocas del año, las cuales sean beneficiosas para la germinación y establecimiento de la especie nativa (Horton, 1989), aunque se debe tener en cuenta realizarlo lo antes posible ya que hay posibilidades del aumento de la erosión del suelo, compactación y crecimiento de plantas invasoras, dificultando así el proceso de restauración.

Al realizar una siembra en condiciones de secano, la temporada de siembra debe ser elegida para tomar ventaja de la humedad natural, ya que la germinación de las plantas está influenciada por la temperatura y la precipitación. De este modo, se obtiene buena respuesta de la germinación y el establecimiento de las plántulas cuando la temperatura ambiental y del suelo es mayor a cero y la precipitación es alta (Ostler y Allred, 1987).

Existen diferentes métodos de siembra, los cuales dependerán de la accesibilidad del sitio, el terreno, y el tiempo disponible para la siembra. El método más utilizado es la siembra al voleo, en el cual se debe hacer una adecuada preparación del suelo y además se puede aplicar en pendientes empinadas y en terrenos inaccesibles. El área donde se sembrará debe tener una adecuada profundidad de suelo de estructura suave para que la raíz se pueda desarrollar, ya que es necesario evitar los suelos rocosos, que retienen más calor y afectan la germinación de las semillas, el sitio debe tener adecuada disponibilidad de agua, para un óptimo desarrollo y éxito en la germinación.

Las diferentes profundidades de siembra permiten un mejor establecimiento de semillas pequeñas en comparación de una siembra por perforación, pues al aplicar este tipo de siembra se tendrá una cobertura mayor del suelo a diferencia de una siembra por surcos. La siembra al voleo requiere el doble o triple de la dosis de siembra por perforación y necesita

una adecuada calibración para proporcionar una cobertura uniforme con el fin de evitar una elevada densidad de plantas y también la competencia entre las especies sembradas (Buckner, 2010).

La revegetación por siembra de semillas tiene ciertas desventajas ya que depende de muchos factores como la humedad, textura del suelo, el sitio donde cae la semilla, pues se han observado casos en los cuales la semilla cae en áreas donde no ingresa la luz, sin disponibilidad de nutrientes y diferente grado de compactación afectando la disponibilidad de humedad y oxígeno a la semilla. Además un paso crítico para el establecimiento de la planta nativa es el control de malezas con el objetivo de disminuir la competencia del agua, luz y nutrientes del suelo para beneficiar el adecuado desarrollo de la especie revegetada. Otra desventaja en el Perú es la ausencia de un banco de semillas de pastizales naturales, ya que no se practica la cultura de recolectar semillas de pastos naturales y clasificarlos según su capacidad de germinación, por lo cual, la revegetación por medio de la siembra no es una alternativa fácil de implementar en los suelos andinos.

En consecuencia la revegetación por semillas es más difícil debido a que no se encuentran fuentes de semillas viables en grandes cantidades, para implementar la práctica. Además que la germinación natural en los pastizales se ve afectado por el suelo degradado. Un punto crítico para la recolección de semillas debe ser un sitio cercano al área degradada, para así evitar zonas donde se tenga invasión de malezas, se debe colectar semillas maduras de por lo menos 30-50% de las plantas saludables y vigorosas, sin embargo esto no garantiza que las semillas sean viables, ya que no siempre se tiene la distribución adecuada de nutrientes para que la semilla y la viabilidad puede variar mucho mediante los años pasen (Dobb, 2012).

### **2.3.2 Revegetación por esquejes**

La revegetación por medio de trasplantes de esquejes de la especie nativa más abundante y deseada por los animales acelera la sucesión de la comunidad vegetal para restablecer la condición. Al incrementar la cobertura vegetal, se crea un ambiente adecuado (mayor captación de agua, protección del suelo ante la erosión) para el desarrollo de las demás especies; siendo capaz de competir con las especies invasoras pues evita su desarrollo. Otro beneficio es el mejoramiento de la estructura del suelo al aumentar la disponibilidad de nutrientes. Dentro de las mejoras que realiza la revegetación también beneficia la

germinación de las semillas almacenados en el suelo, ya que se crea un ambiente adecuado; además de incrementar la cobertura vegetal, al cubrir la superficie del suelo. También incrementa la densidad de raíces en el suelo y la recepción e infiltración de las lluvias que produce elevada cantidad de mantillo lo cual es fuente de nutrientes de lenta descomposición (Morgan & Rickson, 1995c).

La plantación por esquejes necesita una mayor inversión pero al mismo tiempo puede ser la mejor opción en situaciones cuando el ecosistema pasa el umbral abiótico. Con este método, la recuperación del área se da con mayor rapidez ya que la revegetación con semillas necesita mayor tiempo en establecerse la vegetación. Es preferible realizar la revegetación con plantas adaptadas al sitio perturbado, pues ya que el éxito de la supervivencia de la especie trasplantada puede ser mayor cuando la especie pertenece al suelo nativo. Se recomienda que las plantas a trasplantar sean de sitios ecológicamente similares al sitio de revegetación, donde las especies que se reproducen a través de propagación vegetativa son ideales al igual las especies nativas que crecen en áreas perturbadas (Goeldner, 1995).

El trasplante por esquejes es recomendable debido a las condiciones del suelo, las cuales son altamente erosionables y además tienen problemas de salinidad, acidez y baja reserva de nutrientes. Esto afecta la tasa de germinación y el establecimiento de las semillas; las cuales, sumado a otro factor importante como es la ausencia de fuentes de semillas, hacen que la mejor opción sea la revegetación por trasplante de esquejes (Buckner, 2010). Para una adecuada revegetación se debe tener en cuenta las condiciones del suelo a trabajarse, pues antes de proceder a la resiembra es necesario un deshierbo previo y la eliminación de especies invasoras poco deseables para los animales ya que compiten con la especie revegetada (Mamani, 2001).

El establecimiento y desarrollo se ve beneficiado cuando la especie se planta como plántula o esqueje enraizado, ya que puede competir con la especie invasora porque la raíz es capaz de tomar los nutrientes del suelo, por lo tanto con el método de trasplante de esquejes se reduce los problemas de supervivencia de las plántulas y el establecimiento ante la presencia de heladas o condiciones de sequía. Las plantas utilizadas para la revegetación son perennes, por lo tanto las plántulas de estas especies son a menudo de crecimiento lento y no pueden competir con las ya existentes. Otro factor importante es la densidad de siembra, ya que un exceso puede provocar una competencia entre la especie revegetada. El trasplante por

esquejes de la especie nativa tiene una estabilización y propagación más rápida para la restauración (Mandel, 1990). Una de las recomendaciones importantes es evitar realizar los hoyos de plantación con demasiada anticipación para evitar la desecación del suelo; mientras que los agujeros deben tener una profundidad suficiente para permitir que las raíces penetren en el suelo y ser lo suficientemente amplios para que las raíces se desarrollen en su forma natural, beneficiando la restauración del pastizal.

#### **2.4 Estrategias para la mejora de condiciones abióticas**

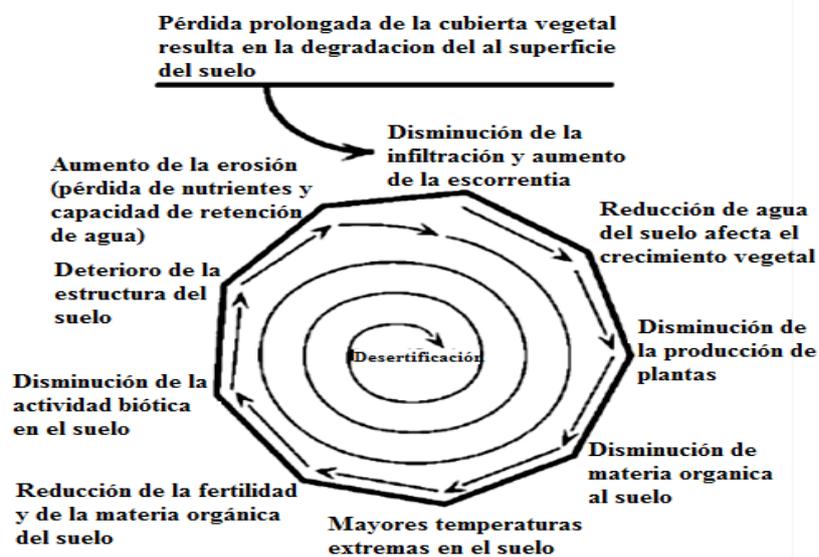
La pérdida de las condiciones abióticas del suelo implica la pérdida de la estructura, compactación, disminución de la capacidad de retención de agua y aumento de la escorrentía, por lo tanto, la disponibilidad de macronutrientes disminuirá principalmente fósforo y nitrógeno. En consecuencia, es necesario mejorar la cobertura del suelo, porosidad, estabilidad de agregados y la población de microorganismos con lo cual se mejorara la infiltración, ya que se reduce la infiltración y disminuye la disponibilidad de agua por consiguiente, las plantas disminuyen su crecimiento y peligran la permanencia en el ecosistema.

Los suelos degradados tienen problemas con la infiltración y retención de nutrientes, cuando el ciclo colapsa, el daño es irreversible en la vegetación pues afecta severamente los procesos primarios como el ciclo hidrológico, ciclaje de nutrientes y captura de energía. En muchas zonas áridas la principal práctica inicial a restaurar las limitaciones abióticas es reparar la función hidrológica con lo cual se mejora el desarrollo autogénico que permite el adecuado desarrollo de las plantas. Al dañar el componente abiótico una de los componentes más alterados es la función hidrológica que afecta el establecimiento de la vegetación, conservación de recursos y además, es un factor importante para la reparación del ciclaje de nutrientes.

En la figura 4 se puede observar la secuencia del ciclo de la degradación que desencadena diferentes eventos que afectan la planta y el suelo. La degradación se inicia con la pérdida de la cobertura vegetal (vegetación y mantillo), provocando la disminución de la infiltración y en consecuencia un incremento de la escorrentía.

El evento siguiente a ello es la reducción del contenido de agua en el suelo afectando de forma negativa el crecimiento de las plantas; lo cual provocará la disminución de la

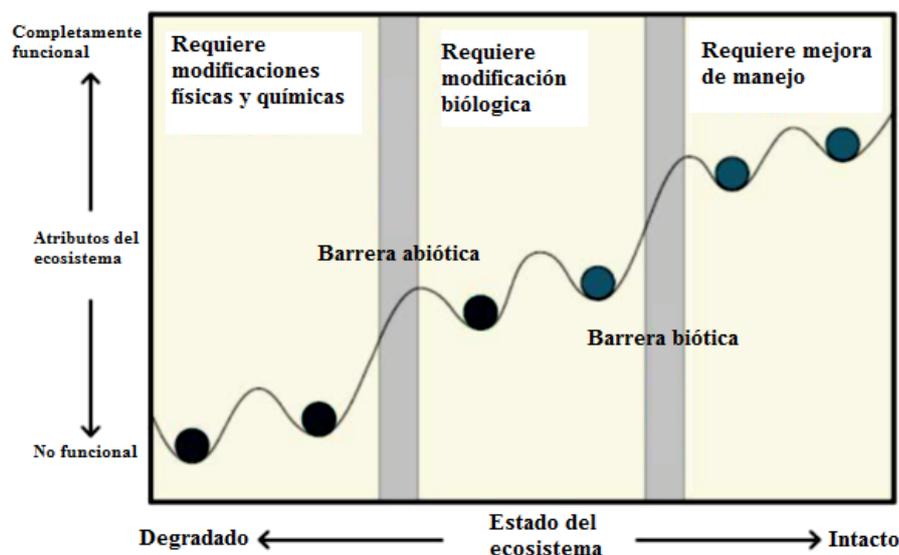
producción de biomasa, afectando negativamente el ingreso de materia orgánica al suelo que afecta el control del efecto de las temperaturas extremas en el suelo, disminuyendo la fertilidad y el contenido de materia orgánica. Esto desencadena un ambiente inadecuado para los microorganismos pues provoca la disminución de la actividad biótica en el suelo y desencadena una mayor deterioración de la estructura del suelo. Finalmente, ante este evento de degradación, se ve incrementada la erosión, cuyos efectos son la disminución de nutrientes disponibles en el suelo y la capacidad de retención de agua. Mientras la perturbación persista el ciclo continuará hasta perder el ecosistema provocando la aridificación.



**Figura 4. Ciclo de la degradación del suelo (Whisenant,1999)**

Debido a que las condiciones abióticas se ven afectadas por elevadas perturbaciones, la clave para el manejo de los pastizales será el mantenimiento y mejora de la resiliencia del ecosistema (Figuroa, 2004). Para ello, se tienen estrategias como la fertilización y el encalado del suelo(modificaciones físicas y químicas que mejoran el balance de nutrientes en los suelos degradados).

En la Figura 5, al realizar las modificaciones lograremos que el estado del ecosistema recupere de forma lenta su función con el objetivo de pasar el umbral biótico y recuperar la funcionalidad del área y luego realizar el adecuado manejo para mantener la funcionalidad del ecosistema.



**Figura 5. Modelo conceptual de degradación de ecosistemas y su recuperación (Briske 1991)**

### 2.4.1 Fertilización

La fertilización de suelos degradados mejora la supervivencia de las plantas. En pastizales naturales, la respuesta a la fertilización puede ser muy variable entre las especies y las variaciones climáticas (Vallentine, 1980) ya que los nutrientes absorbidos del suelo por las plantas en los ecosistemas semiáridos dependen de los ciclos de nutrientes y no del material parental *per se* (Charley y Cowling, 1968). En este tipo de ecosistemas la absorción de nutrientes, el crecimiento de la planta, la descomposición y la mineralización están estrechamente relacionadas con el clima (Montana et al., 1988).

Con la fertilización, el primer objetivo es suministrar nutrientes limitantes a las plantas para luego restaurar el ciclaje de nutrientes ya que se espera mejorar las condiciones del suelo. El ciclo de nutrientes tiene una elevada importancia porque es el eje principal para la nutrición de las plantas y la principal fuente de estos nutrientes en los sistemas áridos es el mantillo, el cual es utilizado por los microorganismos del suelo, por lo cual es importante restablecer la vegetación. En zonas áridas la deficiencia de los nutrientes es común, pero con la degradación del suelo, la deficiencia se incrementa. Es posible aplicar una fertilización, no obstante esta estrategia es de corto plazo, por lo cual para la restauración del sistema, se debe dar más importancia en reparar el proceso del ciclaje de nutrientes en vez de la aplicación de cantidades de nutrientes por medio de la fertilización. Sin embargo resulta difícil restaurar

el ciclaje de nutrientes para cada ecosistema ya que cada uno es diferente y varía la cantidad de disponibilidad de nutrientes. Además, la respuesta de las plantas ante los nutrientes aplicados puede variar según la edad y el estado de sucesión en que se encuentra la vegetación (Chapin, Vitousek & Cleve, 1986).

La incorporación de fertilizantes tiene el objetivo de optimizar y mejorar el ciclo de nutrientes del ecosistema además de volver sostenible el nivel de nutrientes para recuperar los valores ecológicos degradados, la condición para restaurar la composición botánica natural y restaurar la productividad de biomasa total de ecosistemas de pastizales nativos deteriorados (Goetz, 1984 y Llewellyn, 2010). Al implementar la fertilización, se mejora la protección del suelo debido a que se incrementa la cobertura foliar y la masa de las raíces. También mejora la calidad nutricional de los pastizales, al igual el vigor de la planta, lo que estimula que la mejora de la condición del área. El método más práctico y eficaz para aumentar la producción de materia seca en los pastizales es una fertilización adecuada y apropiada de estas áreas (Frame, 1992).

La fertilización, especialmente con Nitrógeno y Fósforo puede aumentar la producción de materia seca de dos a tres veces a partir de los pastizales en función de la precipitación anual y la humedad en la región (Elliot y Abbott, 2003) además de mejorar la productividad de materia seca y afecta la composición botánica de los pastos (Kalmbacher y Martin, 1996). Algunos estudios anteriores mostraron que hubo una relación positiva entre la composición botánica y la calidad del forraje de pastizales (Samuel y Hart, 1998).

Para el éxito de la fertilización se debe tener en cuenta algunos factores como el tiempo de aplicación. Lo más recomendable es en la época de lluvias para tener la adecuada humedad ya que los nutrientes son ineficaces en suelo secos. El agua es muy importante para la translocación de los nutrientes a las raíces debido a que hay nutrientes que son capaces de moverse como el nitrógeno y nutrientes inmóviles como el fósforo que es inmóvil, pero en suelos muy erosionados es mejor aplicar los nutrientes cerca a las raíces, para que las plantas puedan utilizarlas. Normalmente en suelos conservados, los microorganismos también se encargan de la translocación de nutrientes hacia las raíces; sin embargo, en los suelos degradados la población de microorganismos es muy pobre, por lo cual no pueden cumplir su función de translocación, transformación de los nutrientes a la forma disponible. Para la fertilización es importante que el pH se encuentre en los rangos adecuados (5.1-

8.4) donde los nutrientes están disponibles. Todos estos factores mencionados anteriormente dependerán mayormente de las condiciones físicas del suelo como la infiltración; la cual, en caso sea lenta, impedirá la disponibilidad de nutrientes ya que no se translocará los nutrientes a las raíces, más bien se perderán por escorrentía superficial (Cook y Hulbert, 1957).

La fertilización como aporte de nutrientes altamente disponibles influye en la producción de follaje y semillas, ya que depende de la fisiología de la planta para distribuir los nutrientes según el estado de desarrollo en que se encuentre.

Las plantas en fase de establecimiento utilizan la reserva de las raíces para mantener las funciones, e incrementar el follaje hasta que las hojas son capaces de realizar la fotosíntesis por su cuenta y brindar energía a la planta. En ese momento, se puede decir que la planta se ha establecido. Por lo cual, en suelos degradados especialmente por compactación se interrumpe el ingreso de nitrógeno atmosférico, el cual es el principal nutriente limitante en los pastizales afectando la germinación, productividad y reproducción, por lo cual se necesita de aporte de nutrientes exteriores (James and Jurinack, 1978) por ello se debe mejorar la cantidad disponible, al igual que el fósforo que es un nutriente secundario pero igual de importante (Klock. et al, 1971), es importante también tomar en cuenta los factores ambientales como la sequía ya que afectan la producción, la floración y desarrollo de la semilla, ya que para este tipo de plantas es necesario la inducción floral por las bajas temperaturas y la adecuada disponibilidad de agua (Anderson y Chastain, 2014).

La aplicación de nitrógeno provoca el crecimiento temprano de las especies de estación fría, las cuales son capaces de usar los nutrientes suministrados, donde aquellas que son más vigorosas tienen una mayor ventaja en aprovechar los nutrientes pues, al incrementarse la tasa de crecimiento, se utiliza mayor cantidad de agua almacenada en el suelo y las raíces son más vigorosas; en consecuencia se genera un cambio en la composición de especies provocada por la fertilización nitrogenada (Nyren, 1979).

Sharma (1973) observó que la adición de fertilizantes nitrogenados provocó incremento de la altura de la planta, incrementando el follaje, además de incrementar el número de macollos reproductivos, proporciona mayor palatabilidad e extiende el periodo de crecimiento Gasim (2001) indicó que el aumento de altura de la planta con fertilizante nitrogenado promueve el crecimiento de la planta, incrementando el número de hojas y área foliar. Las evaluaciones

realizadas por Cook (1965) determinan el efecto del nitrógeno y fósforo en gramíneas de sitios fríos como el *Agropyron cristatum* el cual se obtuvo un 18% más de rendimiento en comparación con el tratamiento de solo nitrógeno, lo cual indica que el fósforo puede ser la limitante de la producción, al igual que la aplicación única de fósforo que no da resultados significativos. Aunque, cuando se combina con el nitrógeno generan mejores respuestas. Además, cuando se aplica altas cantidades de nitrógeno en el suelo, el aumento en el crecimiento de la vegetación puede generar aumento de la demanda de fósforo. El fósforo es necesario para la planta para el desarrollo de la floración y formación de semillas. También es importante porque es parte importante en la transferencia de energía dentro de la planta, necesario para formar tejidos y absorber nutrientes y agua.

En el año 2008 en Tibetan plateau (China) se realizó pruebas de fertilización de nitrógeno y fósforo en la *Stipa purpurea*, bajo la dirección de Wang y otros investigadores para la evaluación de la respuesta de la especie en áreas semiáridas alpinas con la aplicación de 5 g N + 5 g P m<sup>-2</sup>; donde los resultados se compararon con el control. Las respuestas fueron significativas ( $p < 0.05$ ): se observó incrementos en la altura, incremento de biomasa en 72.3% en comparación con el control y se encontró que, dependiendo de la especie de pastizal con que se trabaje el fósforo, esta puede incrementar la producción de biomasa o encargarse exclusivamente del crecimiento de las raíces o acelerar la renovación de raíces. También se encontró que el fósforo no necesariamente puede ser utilizado por la planta ya que el suelo puede retenerlo, lo cual se observara en las respuestas productivas. En la investigación se realizó la comparación de la aplicación de solo nitrógeno y la combinación con fósforo, en el cual se observó una mayor respuesta productiva en la combinación de los dos nutrientes. Es importante resaltar los mecanismos de sobrevivencia que realiza la planta durante su desarrollo para mantener y asegurar su persistencia en la comunidad en ambientes adversos como suelos degradados y escasos nutrientes disponibles. El mecanismo más resaltante es la capacidad de redistribución de nutrientes que tiene la planta para dirigir nutrientes a los tejidos en desarrollo. Sin embargo las plantas que se encuentran en sitios degradados con escasos nutrientes también redirigen sus nutrientes al disminuir el crecimiento del follaje e iniciar el desarrollo de la semilla. Específicamente redistribuyen los nutrientes de los tejidos senescentes, aproximadamente la mitad del contenido de nitrógeno y fósforo de las hojas senescentes se moviliza y se utiliza para apoyar el crecimiento del tejido que asegurara la permanencia de la especie y en este caso la producción de semillas (Aerts 1996, Killingbeck, 1996). La reabsorción se correlaciona

positivamente con la pérdida de masa foliar durante la senescencia que indica la movilización de nutrientes para los tejidos de elevado crecimiento. Se da una distribución proporcional, especialmente en los sitios mayormente infértiles donde la reabsorción de nutrientes es mayor en base a la eficiencia de uso del nutriente, adaptación climática y estado de desarrollo de la planta. Por ejemplo, en el momento de la floración se exportan los nutrientes desde las hojas senescentes y raíces para la producción de semilla, por lo cual la planta busca asegurar su permanencia.

#### **2.4.2 Enmienda del suelo por medio del encalado**

El pH depende de la geología, lluvias, textura del suelo y prácticas de manejo. En caso de la puna andina el pH es ácido, sin embargo con un agente perturbador la acidez se incrementa afectando la disponibilidad de nutrientes y la actividad de los microorganismos, en consecuencia, se tiene disminución de la productividad.

Las enmiendas ayudan a la restauración de los atributos perdidos del suelo, por lo cual se puede mejorar la germinación y el establecimiento de las plantas nativas. Los suelos andinos tienden a acidificarse más cuando las condiciones abióticas son alteradas, exceso de lavado y compactación de suelo. Ante esto, el uso de cal amortigua el pH de los suelos ácidos, mejorando la calidad de materia orgánica, la capacidad del suelo para retener nutrientes y la humedad; de esta manera, se obtendrá una mejor disponibilidad de nutrientes (Truog, 1951).

La aplicación de cal incrementa el valor del pH del suelo, mejorando las reacciones químicas, biológicas y, consecuentemente, la mejora en el rendimiento productivo, la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, etc.; así como la reducción de la toxicidad del aluminio, hidrogeno y manganeso (Truog, 1951). Los pastizales naturales generalmente tienen una adecuada productividad a un pH de 6, por otro lado el establecimiento de la planta se puede ver afectado negativamente si el pH es inferior a 5.5 y la toxicidad de metales pesados restringe el crecimiento de las raíces. Con el encalado se puede restablecer el pH a valores de 6 o más. La aplicación de cal en suelos degradados tiene como función principal la regulación del pH. Además de aumentar la tasa de descomposición de la materia orgánica, disminuye la solubilidad de elementos tóxicos, mejoran la estabilidad de los agregados y facilita la liberación del fósforo del suelo ya que el fósforo es altamente retenido en suelos ácidos, por lo cual, puede ser un nutriente limitante.

En el cuadro 1 se puede observar la variación de la disponibilidad de nutriente según el pH del suelo, de este modo, se resalta la importancia de tener el adecuado pH según la comunidad de especies en la comunidad.

**Cuadro 1. Disponibilidad del nutriente según acidez del suelo**

pH del suelo	Disponibilidad del nutriente %	
	Nitrógeno	Fosfato
7.0	70	30
6.0	63	15
5.5	52	15
5.0	38	10
4.5	21	8

**Fuente: Managing soil acidity (McFarland, 2001)**

En el oeste de Virginia (EEUU), los pastizales tratados con cal y fosfatos aumentaron su producción aproximadamente en un 75% sobre los pastizales no tratados. En pastizales similares, tratados con cal, nitrógeno y fosfatos, el aumento llegó a ser 100%, mientras que en los que recibieron cal y un fertilizante completo; se obtuvo un aumento de casi 125% (Hughes, 1976).

La respuesta a la aplicación de la cal dependerá de la textura del suelo, ya que suelos con elevadas cantidades de arcilla como son los de las punas andinas, se recomienda la aplicación de cal cada 3-4 años con previa evaluación del pH del suelo. Una vez detectada la acidez del suelo, se requiere la aplicación en el menor tiempo ya que la cal aporta calcio a las plantas y para suelos ácidos se convierte en un elemento esencial. El calcio actúa también con el suelo, pues es un elemento floculador que ayuda a la formación de agregados uniendo partículas del suelo, evitando la erosión, incrementando la cantidad de poros, lo que ayuda a un rápido anegamiento por la mejora de la circulación de agua mejorando la infiltración, sin embargo la reacción de la cal con el suelo toma meses e incluso años dependiendo de la acidez del suelo. En caso de siembra, es ideal la aplicación de la cal al suelo e incorporarlo para ponerlo en contacto directo con el suelo y acelerar el efecto neutralizante y dar un ambiente adecuado para la germinación de las semillas. En la revegetación por esquejes se tienen plantas establecidas por lo cual no es recomendable alterar el suelo, la aplicación de la cal se realiza solo a la superficie la cual se incorporara por medio de las lluvias, evitando alterar el suelo volteándolo (Hardy, 2005).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudio

El área de estudio se encuentra localizada en el distrito de Marcapomacocha, ubicada en la región de Junín a -11.347 de latitud y -76.206 de longitud, a una altitud promedio de 4860 m.s.n.m. Las características ecológicas de Marcapomacocha corresponden a una tundra pluvial- alpino tropical (tp-AT), la cual se distribuye entre los 4500 y 5000 msnm. Posee un clima húmedo- frío, con una temperatura media anual entre 3 a 1.5 °C y una precipitación variable desde 500 hasta 1000 mm. La flora está conformada de matas de gramíneas, plantas arrosetadas de porte almohadillados, líquenes y musgos. Respecto a la composición florística de los pastizales de Marcapomacocha, hay presencia de gramíneas, entre los que destacan los géneros *Festuca*, *Calamagrostis*, *Muhlenbergia*. Así mismo, se observan herbáceas como *Trifolium amabile* y *Alchemilla pinnata* y también están presentes especies graminoides como *Carex sp.*

La comunidad de Marcapomacocha es mayoritariamente ganadera, con ganado principalmente conformado por vacunos, ovinos, camélidos y llamas, los cuales son pastoreados en los pastizales naturales, que muestran signos de alta degradación por zonas, por lo cual se plantea la revegetación como la alternativa más óptima de recuperación, debido a la alta invasión de malezas y el escaso alimento para el ganado.

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 4 meses, para evaluar los parámetros establecidos de establecimiento y crecimiento de la *Festuca humillior*, el cual crece entre los 3700 – 4300 m.s.n.m, en pajonales de suelos húmedos (Tovar, 1993) y es una especie abundante en el área evaluada, tolerante a las perturbaciones físicas como el sobrepastoreo y adaptada a condiciones climáticas variables de puna. Sin embargo se tuvo una fase pre-experimental, donde se trabajó 4 meses anteriores a las evaluaciones, para el establecimiento de las parcelas experimentales, elección de las unidades de muestreo y aplicación de los fertilizantes y enmienda.

Previo a las actividades de revegetación, se realizó el análisis de suelo, reportando valores al inicio del experimento de una textura franco arenoso, un pH ácido (5.5 – 6.0), contenidos altos de materia orgánica (> 4%), baja disponibilidad de fósforo y nitrógeno.

El área experimental se encontraba en condición vegetal muy pobre. Se detalla a continuación la proporción de especies para ovinos; deseable 6%, poco deseables 10%, indeseables 26%, una cobertura vegetal de 57%, puntaje de índice forrajero 16.

Durante el desarrollo del experimento la temperatura promedio fue de 10°C, con promedios de temperatura mínima-13°C y máxima 18°C; una precipitación anual promedio de 1190 mm y una humedad relativa promedio de 86% (SENAMHI, 2015).

### **3.2 Unidades experimentales: especies vegetales**

Se establecieron 12 sub-parcelas experimentales con una área de 300 m<sup>2</sup>, a las cuales se aplicaron tres tratamientos y un control que fueron distribuidos de la siguiente manera: T1- control, T2- adición de nitrógeno y fósforo, T3 – encalado, T4 – encalado, nitrógeno y fósforo. Como fuente de nitrógeno se utilizó urea, la fuente de fósforo fue el fosfato diamónico y para el encalado se utilizó cal agrícola (Carbonato de Calcio). En las 12 parcelas, se sortearon los 4 tratamientos con 3 repeticiones cada una y en cada parcela se eligieron al azar a 15 plantas de *Festuca humilior*. Las plantas elegidas estuvieron distanciadas del borde por lo menos 1 m, para evitar el efecto de éste. Posteriormente se procedió a identificar a las sub-muestras con un número para facilitar el registro de datos y tuvieron un seguimiento individual de las sub-muestras, teniendo un total de 180 plantas identificadas.

### **3.3 Instalaciones**

Las plantas evaluadas se encuentran en un campo de pastoreo cercado de dimensiones de 58x87m. Este campo fue revegetado con la especie *Festuca humilior* en el mes de Enero del 2014. Las parcelas experimentales se establecieron en el campo descrito, se tuvo en cuenta el efecto borde, por lo tanto las parcelas estuvieron distanciadas del borde del cerco 2 m como mínimo. Se instalaron 12 parcelas, con una dimensión de 20 x 15 m cada una, las cuales fueron delimitadas, para un fácil reconocimiento y separación según tratamiento.

### 3.4 Tratamientos experimentales

Para el establecimiento del experimento se delimitaron las parcelas y se realizó la elección e identificación de las sub-muestras. Posteriormente, se procedió a realizar un corte de uniformización en el cual se removió el 30% de la altura de la *Festuca humilior* en cada una de las parcelas experimentales. Previo a la aplicación de los tratamientos, se realizó un análisis de caracterización de suelo donde se observó el estado químico del suelo y con lo cual se calculó las dosis de los fertilizantes. Los análisis indicaron un pH ácido de 5.78, baja disponibilidad de nitrógeno y disponibilidad media de fósforo. Luego, se procedió con la aplicación de los tratamientos con dosis previamente calculadas

**Cuadro 2. Aplicación de nutrientes al área experimental**

<b>Fertilizante</b>	<b>Disponibilidad de nutrientes</b>	<b>Dosis</b>	<b>Aplicación por parcela (Kg)</b>
Úrea	46% N	80-60-0	3.69
Fosfato diamónico	18% N y 46% P		3.90
Cal agrícola	-	2 Tn/ha	60

### 3.5 Parámetros evaluados en la fase de establecimiento y crecimiento

La mejora del estado ecológico, se lleva a cabo por medio de la revegetación con las especies nativas. Con la información obtenida, se analizó la respuesta de establecimiento y crecimiento de la *Festuca humilior* durante un período de 4 meses.

#### 3.5.1 Evaluación del estado vegetativo y reproductivo de la *Festuca humilior*

Se evaluó el índice de macollamiento e índice de floración con el cual se observó el establecimiento de la especie, el crecimiento vegetativo de la *Festuca humilior* y por último, el desarrollo reproductivo.

Para el índice de macollamiento, se procedió a contar el número de macollos por planta. En cada parcela se procedió a seleccionar 15 esquejes de la zona central, para evitar efecto borde, mediante la evaluación del número de macollos que resulta de cada esqueje, el cual nos da la idea de la densidad al establecimiento.

El índice de floración, se evaluó registrando el número de macollos con inflorescencia de las sub-unidades elegidas; con lo cual, se registró el estado fisiológico verde o senescente en ambos índices y se obtuvo así la mortalidad de macollos vegetativos y reproductivos. La mortalidad de los esquejes se estimó en porcentaje mediante la apreciación visual y conteo directo del grado de prendimiento de cada esqueje marcado sobre el tapiz natural, donde la observación de esquejes senescentes y/o marchitos se consideró como “muertos” (Gillen y Tate, 1993).

### **3.5.2 Indicadores del vigor**

La evaluación se llevó a cabo por el método no destructivo, donde se evitó la alteración de la unidad experimental.

Por lo tanto, se evaluó el parámetro de vigor de esquejes con el método de alometría de peso vs volumen. El vigor de los esquejes estará representado por la variación del volumen que estos adquirieran en cada momento de evaluación (Weaver y Darlan, 1947). La obtención del volumen del esqueje fue estimado en función a las dimensiones del diámetro basal (diámetro de la corona), diámetro de la canopia (diámetro aéreo) y altura del esqueje a la hoja bandera, simulando las dimensiones de un tronco de cono invertido, bajo la siguiente relación:

$$\text{Volumen del esqueje} = \left(\frac{D+d}{2}\right)^2 \pi h$$

Dónde: D: diámetro basal

d: diámetro aéreo

h: altura

### **3.5.3 Predicción de productividad por medio del peso vs volumen**

El principal método utilizado para medir la biomasa es utilizando cuadrantes y cortar la vegetación que se encuentra dentro del cuadrante, para pesarlo y obtener una estimación de la biomasa. Pero un método no destructivo es estimar a partir de análisis dimensional; es decir, otras medidas como la altura de la planta y el diámetro de la planta que se hacen y utilizan para predecir la biomasa a partir de ecuaciones de regresión (Bonham, 2013).

Las técnicas de medición de biomasa se realizan en un punto dado en el tiempo de cosecha tienen ciertas limitaciones debido a que no es posible la medición de biomasa con un método de cosecha directa. La única alternativa es seleccionar un método no destructivo adecuado para estimar la producción de biomasa. Estos métodos utilizan la estimación de la relación o regresión en ciertas características de la vegetación las cuales son medidas fácilmente y se correlacionan matemáticamente para la producción de biomasa. De este modo, se utilizó las características de la vegetación tales como la longitud de la hoja bandera, diámetro basal y apical, debido a que todos tienen un grado de correlación con la producción de biomasa y se realizó las ecuaciones de regresión para predecir la producción según los tratamientos.

$$y = a + b[f(x)]$$

Donde las ecuaciones de regresión son en general de la forma en la que  $y$  representa la estimación de la biomasa de cada especie;  $a$  es una constante,  $b$  es la pendiente de la línea, y  $f(x)$  es una función de la característica de la planta media. Las ecuaciones son desarrolladas para especies individuales (Bonham, 2013).

Basándonos en las hipótesis que han planteado algunos ecologistas, dentro de una misma especie, el volumen y peso están correlacionados. En otras palabras, una forma de crecimiento de especies es relativamente constante si no se ha presentado variaciones en la forma de crecimiento; por lo cual sería fácil determinar el peso de las plantas a partir del volumen. Finalmente, se aplicó este método para la evaluación de los tratamientos y así evitar la perturbación del área (Bonham, 2013).

#### **3.5.4 Análisis de suelos**

Se realizó el análisis al inicio de la experimentación y al final, para evaluar la evolución del pH contenido de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes del suelo mediante la aplicación de los tratamientos.

Al inicio del experimento, se procedió a tomar 3 muestras de suelo, retirando la capa vegetal para coleccionar 500 gramos del suelo a una profundidad de 10 cm aproximadamente y se envió la muestra al laboratorio de suelos para un análisis de caracterización de suelo, para posteriormente, en cabina, analizar los datos del pH, porcentaje de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en ppm.

Durante la etapa final del experimento, se procedió a coleccionar muestra de suelo de cada parcela experimental, aplicando el mismo procedimiento de colecta.

### 3.6 Diseño y análisis estadístico

El diseño estadístico utilizado fue bloque con arreglo factorial 4x4 con error de muestreo, pues todos los parámetros evaluados tienen sub-muestras anidadas en las muestras.

El análisis tuvo 3 tratamientos y un control con tres repeticiones, además de 15 sub-muestras.

Se evaluó el rendimiento forrajero en base a la interacción de los tratamientos, los meses y las repeticiones.

Para la evaluación de estos parámetros se estableció el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + M_j + (P \times M)_{ij} + R_k + \delta_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : Rendimiento forrajero del i-ésimo tratamiento, al j-ésimo mes, al k-ésimo repetición

$\mu$ : Media del rendimiento

$P_i$ : Efecto del i-ésimo tratamiento

$M_j$ : Efecto del j-ésimo mes

$(P \times M)_{ij}$ : Efecto de la interacción del i-ésimo tratamiento por el j-ésimo mes

$R_k$ : Efecto de la k-ésima repetición

$\delta_{ijk}$ : Error asociado con el j-ésimo mes dentro del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ijkl}$ : Error experimental

También se realizó el análisis estadístico de contrastes ortogonales para encontrar las diferencias entre los tratamientos. Se plantearon las siguientes hipótesis lógicas:

#### Cuadro 3. Hipótesis lógicas para el contraste de ortogonales

Hipótesis lógicas	Control	N+P	Encalado	N+P+Encalado
Control vs Prácticas	-3	+1	+1	+1
N+P vs N+P+Enc.	0	+1	0	-1
(N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado	0	-1	2	-1

Para determinar la existencia de diferencias entre los tratamientos en las fases de evaluación se utilizó la prueba de Diferencia Límite de Significación (DLS) a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ .

Para el análisis de varianza, se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.4.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis de caracterización del suelo

En el siguiente cuadro se puede observar las variaciones de los parámetros del suelo. En el caso del pH se observa un incremento, haciendo que el suelo sea menos ácido comparado al inicio de la experimentación, pero el suelo aún se considera ácido. Este parámetro implica en la disponibilidad de nutrientes, ya que según Cook y Hulbert (1957) los nutrientes están disponibles en un rango de pH de 5.1-8.4, por lo cual se observa un incremento en el fósforo y nitrógeno, ya sea por el aporte de los fertilizantes o por parte del suelo.

En caso de la materia orgánica se observa el incremento después de la aplicación del tratamiento. Este incremento se dio por el aporte de biomasa foliar y radicular de la vegetación.

En caso del nitrógeno mineralizado se observa un incremento, lo cual está relacionado con la mejoría de los factores de mineralización de la materia orgánica, el cual se basa en la oxigenación y humedad, debido a la disminución de la compactación del suelo por parte del crecimiento de las raíces, se mejora la estructura del suelo, beneficiando la mineralización.

**Cuadro 4. Resultados de la caracterización del suelo durante la evaluación**

<b>Análisis de caracterización de suelo durante la evaluación</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Antes de los tratamientos</b>	<b>Después del tratamiento de N+P+ Encalado</b>
pH	4.92	5.52
MO (%)	7.69	12.9
P (ppm)	11.1	14.3
N (kg N min/ha/año)	86.0	145.13

## 4.2 Indicadores del vigor

El indicador de vigor nos indicará la respuesta de la especie a la técnica del transplante en la primera etapa del establecimiento, donde la planta es capaz de mantener sus funciones vitales para luego continuar con su crecimiento donde se observa la producción de biomasa y la obtención de suficientes nutrientes para la distribución de energía a la reproducción.

En el cuadro 2, se presenta los resultados de los parámetros de vigor obtenidos durante la evaluación. Los resultados obtenidos en relación a la Prácticas agronómicas por medio de la aplicación de fertilizantes muestran una mayor altura, volumen y peso estimado por planta que fue influenciada significativamente ( $P < 0.05$ ); donde se obtuvo un mayor promedio en los parámetros evaluados, en la aplicación de N+P y N+P+ENCALADO y el menor promedio en el ENCALADO y CONTROL. Estos resultados están de acorde con Lewellyn (2010), mostrando como resultado un mayor crecimiento de la planta y consecuentemente de volumen y peso por el aporte de nutrientes esenciales para el desarrollo de la planta. El nitrógeno y fósforo son nutrientes elementales y críticos para la formación de nuevos tejidos; por lo tanto, se observó un mayor desarrollo de materia vegetativa. La adecuada aplicación de la fuente de nitrógeno, la cual tiene que ser cubierta con el suelo para evitar la volatilización y la aplicación localizada de fósforo adyacente a las raíces, facilita la absorción por la planta ya que el área degradada no tiene elementos disponibles por la lixiviación o están fuertemente retenidos por las arcillas. Esto se puede contrastar con los datos del control donde la respuesta de los parámetros de vigor es menor, donde la condición muy pobre se sostiene con la pérdida o falta de disponibilidad de nutrientes, ya que las arcillas retienen nutrientes por efectos de degradación, sea compactación, disminución de la infiltración de agua, pérdida de materia orgánica y lixiviación.

El tratamiento control no muestra diferencias significativas con el tratamiento con enmienda de cal agrícola, ya que esta práctica agronómica necesita un mayor tiempo para realizar el efecto de disminuir la acidez, porque el proceso de intercambio de iones de liberación del aluminio e hidrogeno lleva más tiempo (como mínimo 6 meses y máximo hasta 4 años) dependiendo del tipo de arcilla que contenga el suelo. Otro beneficio que se esperaría del encalado es el mejoramiento de la estructura del suelo por medio del calcio que tiene la propiedad de aglomerante en el suelo y mejorar la estabilidad de las partículas del suelo, lo cual también beneficiaría las propiedades físicas y químicas del suelo mejorando la

productividad de las plantas en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y se generaría un mejor microclima para la germinación de semillas.

Los resultados obtenidos por medio del autor Wang (2014) muestran una respuesta similar a la experimentación llevada con la *Festuca humilior*, manifestando que aplicación de nitrógeno y fósforo tiene una mayor respuesta en la altura de la planta, producción de biomasa o producción de materia vegetativa y, según los resultados de Wang muestra un incremento en la cobertura vegetal (como parte de la experimentación, también se realizó la aplicación de nitrógeno y fósforo separado, los cuales muestran menores respuestas productivas en comparación con la aplicación de los dos nutrientes juntos. Por lo tanto, la aplicación de los nutrientes esenciales juntos es la Práctica agronómica adecuada ya que los dos nutrientes mejoran la producción pues en el momento del establecimiento de la planta el fósforo su función principal es el crecimiento de las raíces para que se pueda expandir en el suelo con la captación de nutrientes, además de ser precursor del ATP en la formación de energía para la planta. De esto se beneficia el nitrógeno ya que necesita energía para la producción de proteínas e iniciar el desarrollo de la planta. Estos nutrientes también interaccionan mejorando el suelo ya que, al incrementar el crecimiento de las raíces por el fósforo, se genera mantillo radicular, cual es aporte de materia orgánica que sirve de alimento a los microorganismos. También mejora la estructura al disminuir la compactación del suelo, mayor porosidad e infiltración. Por otro lado, esto también beneficia la absorción del nitrógeno ya que las raíces mejoran la estructura del suelo, mejora la aireación y la infiltración. De esta manera se evita la pérdida del nitrógeno por evaporación pues se necesita la humedad adecuada para la reacción del nitrógeno aunque también la adecuada población de microorganismos para la degradación del nitrógeno los cuales son muy susceptibles a la compactación del suelo. En definitiva, la interacción de estos dos nutrientes limitantes utilizando la técnica de la revegetación mejoran la estructura del suelo, la productividad de la planta y finalmente la cobertura vegetal, cuyo resultado final sea un estado seral estable muy pobre como lo indica Westoby (1984), recuperando los factores abióticos (como el restablecimiento del ciclaje de nutrientes en el suelo) en consecuencia de las propiedades físicas principalmente. A medida que pase el tiempo, las propiedades químicas mejorarían, se podría recuperar el área degradada hasta llevarla a un estado seral bueno o excelente, lo cual dependerá del manejo de pastizal que se aplique, al igual que manifiesta Clements (1936) donde el área degradada se puede recuperar al retirarse el factor perturbador. Con la revegetación principalmente, se procede a recuperar

el factor abiótico según manifiesta Westoby (1984) y Briske (1991), quienes indican en su teoría que se necesita de ingreso de energía fuera del sistema natural ya que el propio ecosistema perdió la capacidad de restauración. La aplicación de prácticas agronómicas también son sugeridas por Milton (1994) en el cual, según el grado de degradación sugiere la aplicación de la revegetación y la aplicación de fertilizantes y manejo del suelo (en nuestro, caso la regulación del pH por medio del encalado). Lo recomendable respecto a la aplicación del encalado es su aplicación volteando el terreno en caso de siembra; sin embargo, en el caso de la experimentación no es recomendable alterar más el suelo ya que perderíamos más cobertura vegetal y provocaríamos mayor escorrentía. Dentro de las recomendaciones, en estos casos, la aplicación de la cal es al voleo; por lo cual demora más el efecto ya que la cal se debe infiltrar y reaccionar con el suelo cuando se tenga la adecuada humedad. En consecuencia el efecto de la cal toma mayor tiempo, mejorando la estructura y la disponibilidad de nutrientes que en definitiva recupera el factor abiótico y la condición del pastizal degradado.

**Cuadro 5. Promedio del vigor de macollos**

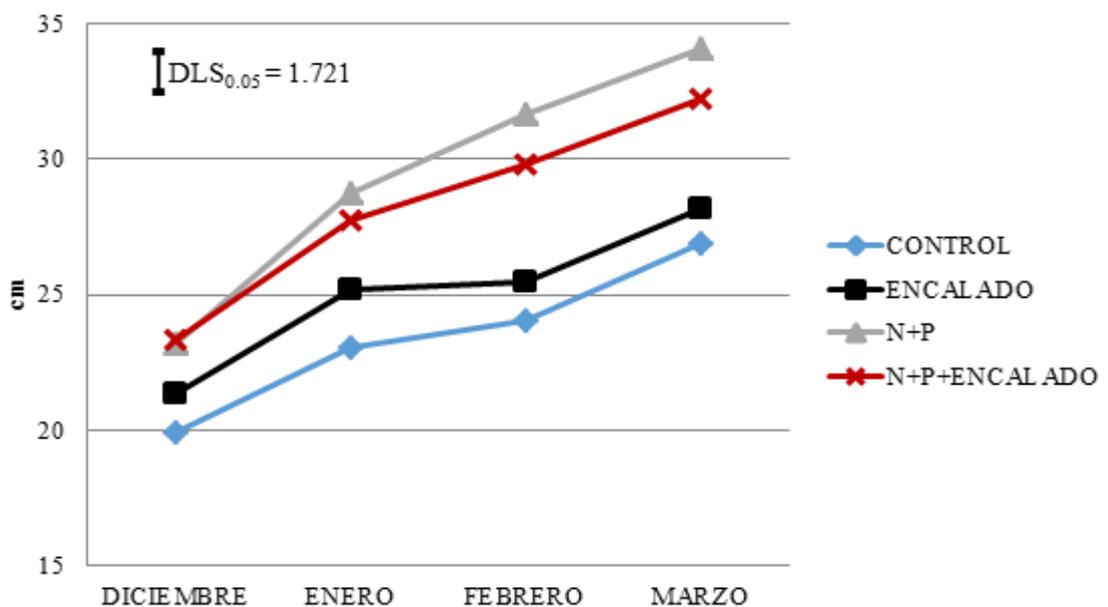
PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	Parámetros del vigor		
	Altura (cm)	Volumen (cc)	Producción por planta (gr)
<b>N+P</b>	29.42 <sup>a</sup> ± 7.10	21329 <sup>a</sup> ± 14714.26	70.66 <sup>a</sup> ± 45.61
<b>N+P+Encalado</b>	28.30 <sup>a</sup> ± 6.21	18554 <sup>a</sup> ± 11380.22	62.06 <sup>a</sup> ± 35.28
<b>Encalado</b>	25.05 <sup>b</sup> ± 6.82	14709 <sup>b</sup> ± 9607.23	50.14 <sup>b</sup> ± 29.78
<b>Control</b>	23.48 <sup>b</sup> ± 6.60	12800 <sup>b</sup> ± 9695.64	44.22 <sup>b</sup> ± 30.06

Promedio con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (P<0.05) a la prueba de DLS

La altura es un factor importante para observar el vigor de la planta. En la figura 6 se ilustra un mayor desarrollo de los tratamientos con la aplicación de fertilizantes. Con el paso de los meses se puede observar la tendencia a incrementar la altura en todos los tratamientos conforme avanza la edad del pasto; mostrando mejores incrementos en la aplicación de N+P. Al inicio el tratamiento con N+P y N+P+ENCALADO tenían una altura similar, pero posteriormente fue superado por la aplicación de N+P, sin embargo, la comparación de medias no indica una diferencia significativa. Los tratamientos con encalado y control tienen

un comportamiento similar progresivo, con un ligero estancamiento en un plazo de un mes, aunque la planta continuó su desarrollo en el siguiente mes. La aplicación de nutrientes limitantes, pero altamente disponibles, son la clave para el mayor desarrollo de las plantas, ya que la cal (en base a la revisión teórica) se podría tener efecto en los meses siguientes de la experimentación; por lo cual, en el tratamiento de la adición de los fertilizantes y la enmienda solo realizó el efecto los fertilizantes para el desarrollo pues aún no hacia efecto con el pH.

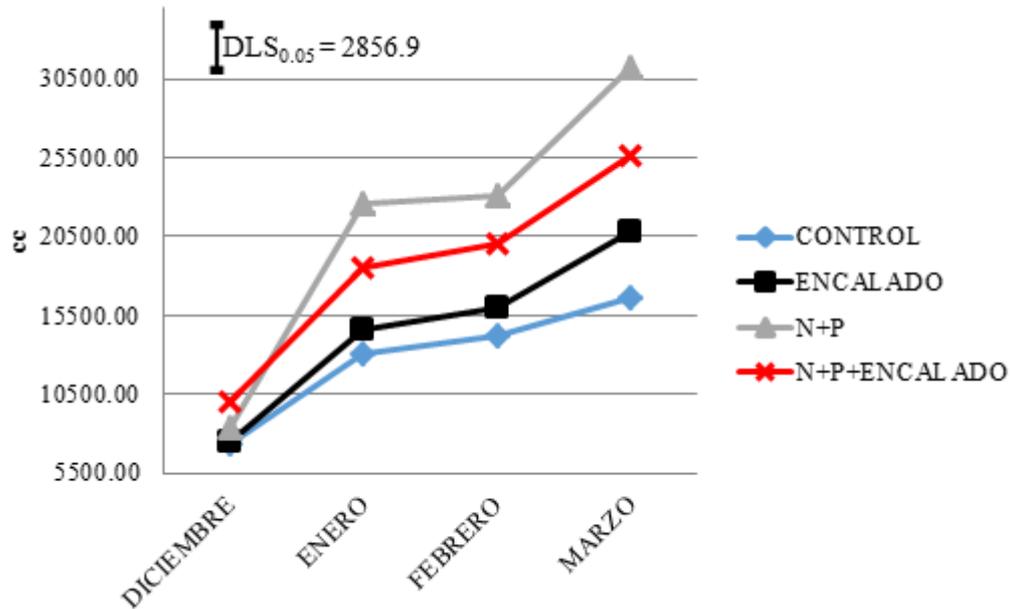
De acuerdo a los resultados de contrastes de ortogonales se puede afirmar que las medias de la altura de las prácticas aplicadas durante la evaluación muestran diferencias altamente significativas comparadas con la media de la altura del control, al estimar la diferencia de las medias se puede observar que las practicas aplicadas demuestran una mayor altura en comparación al control. Por otro lado se demostró que no hay diferencias significativas entre las medias de la aplicación de N+P y N+P+Encalado, ya que las diferencias entre la altura entre la comparación de estas dos medias es mínima. Por último se realizó la comparación de la aplicación de (N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado teniendo como resultado altas diferencias significativas entre las medias comparadas, al realizar la comparación numérica de las medias el encalado muestra una menor altura promedio, en comparación con la aplicación de los fertilizantes y el encalado en forma conjunta.



**Figura 6. Altura (cm) promedio de los esquejes**

Los valores promedio del volumen del esqueje durante la fase de establecimiento y crecimiento se ilustran en la figura 7, en la cual se puede observar que existe una tendencia a incrementar el volumen en todos los tratamientos conforme avance la edad del pasto. Los mejores incrementos se observaron en la aplicación de N+P, notándose que al inicio, el tratamiento con N+P+ENCALADO tenían una mayor volumen inicial. Esta medición del volumen es influenciada por el diámetro basal y apical del esqueje, lo cual no fue estrictamente manejado durante el trasplante pero posteriormente fue superado por la aplicación de N+P. Esto demuestra que el desarrollo de la planta depende más de la práctica agronómica utilizada pues se obtuvo mayor respuesta en la aplicación de los nutrientes. Los tratamientos con encalado y control tienen un comportamiento similar progresivo, sin embargo, se tiene que tener en cuenta la respuesta de la planta en el tratamiento control ya que, a pesar de no tener un ingreso extra de nutrientes aun presenta desarrollo; para lo cual la planta primero logro establecerse y luego iniciar con su crecimiento. Esa es la ventaja de utilizar una planta nativa, la cual está adaptada a medios agrestes por la condición del clima y la baja disponibilidad de nutrientes, además de tener la capacidad de sobrevivir y desarrollarse.

En adición se realizó la comparación de contrastes ortogonales, obteniéndose los siguientes resultados donde se puede afirmar que las medias del volumen de las prácticas aplicadas muestran diferencias altamente significativas comparadas con la media del volumen del control, ya que se encontró mayor volumen promedio donde se realizó las practicas. Por otro lado se demostró la diferencia altamente significativa entre las medias de la aplicación de N+P y N+P+Encalado, ya que se presenta una mayor media por parte de la aplicación de N y P en comparación de la aplicación de los fertilizantes y la cal agrícola. Por último se realizó la comparación de la aplicación de (N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado teniendo como resultado altas diferencias significativas entre las medias comparadas, los resultados reflejan un menor promedio de volumen por parte del encalado demostrando un efecto de bajo rendimiento durante la evaluación realizada.

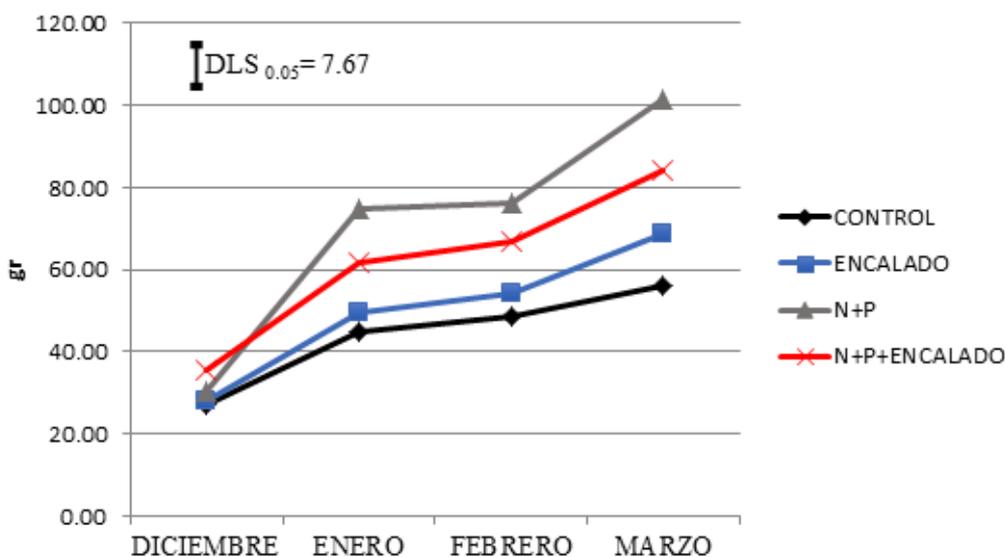


**Figura 7. Volumen (cc) promedio de los esquejes**

Lo valores promedio de la producción estimada por una ecuación de regresión lineal del esqueje durante la fase de establecimiento se ilustran en la figura 8, en la cual se puede observar que existe una tendencia a incrementar el peso en todos los tratamientos conforme avance la edad del pasto; mostrando mejores incrementos en la aplicación de N+P. Sin embargo, se puede notar que al inicio de las evaluaciones, el tratamiento con N+P+ENCALADO tenían una mayor peso estimado inicial, lo cual se relaciona directamente con el volumen inicial de cada planta. Esto se ve influenciado por las medidas morfológicas iniciales, como el diámetro basal o apical, donde no se tuvo un estricto control en el momento del trasplante. La altura fue uniformizada en el inicio de la evaluación, sin embargo, no se pudo uniformizar el diámetro de los esquejes evaluados. Al final del experimento se observa un mayor peso para todos los tratamientos en comparación al control. La diferencia se debe al aporte de los nutrientes y la interacción de los nutrientes con la planta y el suelo.

Se realizó la comparación de las contrastes ortogonales en el parámetro de peso estimado de la *Festuca humilior*, obteniéndose los siguientes resultados donde se puede afirmar que las medias del peso estimado de las prácticas aplicadas muestran diferencias altamente significativas comparadas con la media del peso del control, esto se sustenta en los resultados del estimador donde la media de las practicas es mayor. Por otro lado se demostró la diferencia altamente significativa entre las medias de la aplicación de N+P y N+P+Encalado

donde la media de la aplicación de N y P es mayor en comparación a la otra práctica. Por último se realizó la comparación de la aplicación de (N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado teniendo como resultado altas diferencias significativas entre las medias comparadas demostrando la menor media del peso es por parte del encalado, resultando el mayor efecto por parte de la aplicación de los nutrientes.



**Figura 8. Producción estimada por planta (gr)**

#### 4.3 Capacidad reproductiva y mortalidad de macollos

La capacidad reproductiva de las plantas depende especialmente de la disponibilidad de nutrientes porque las plantas destinan nutrientes principalmente para el mantenimiento, crecimiento y finalmente para la reproducción. En el Cuadro 5 no se observa diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos aplicados en el porcentaje de los macollos reproductivos. Esto nos indica que en el periodo de evaluación, el fósforo realizó un mayor efecto en el crecimiento de las raíces, se dio una mayor prioridad al desarrollo de raíces, por lo cual se tuvo un mayor efecto del crecimiento de hojas y macollos vegetativos, como se puede observar en los tratamientos que se aplicó el fósforo. Se puede observar diferencias significativas en comparación a la aplicación del encalado y el control mientras que el fósforo se destinó mayormente al desarrollo de raíces y la producción de energía donde se aprovecha el nitrógeno para generar más macollos vegetativos. Sin embargo, en la proporción de macollos reproductivos y vegetativos se pueden observar mayores valores en los tratamientos donde no se aplicó los fertilizantes. Esto nos indica que la *Festuca humilior*,

a pesar de estar en un ambiente altamente degradado, disminuye su producción de biomasa redirigiendo energía para la producción de semillas, y así asegurar su permanencia en la comunidad. De este modo la aplicación de nutrientes externos en el momento de la experimentación se destinaron mayormente a la producción de biomasa y la adaptabilidad del pasto se encargó de la producción de macollos de forma independiente de la cantidad de nutrientes disponibles, buscando asegurar la producción de semillas. Esto se puede contrastar con el cuadro 5, en el cual los tratamientos sin aplicación de nutrientes tienen los menores valores de producción de biomasa. Sin embargo, en el cuadro 6 podemos apreciar la misma producción de macollos reproductivos de forma independiente de la aplicación de nutrientes, donde resalta la importancia del uso de las especies nativas. En este caso, la *Festuca humilior* asegura la producción de semilla y el aporte de nutrientes que exclusivamente se destinaría en los primeros meses a la producción de biomasa.

Se realizó la evaluación de contrastes ortogonales donde se obtuvieron los siguientes resultados, se encontró diferencias altamente significativas entre las medias de las prácticas aplicadas y del control, donde la media de las prácticas es mayor en comparación al control, demostrando que en las prácticas aplicadas se tienen los macollos reproductivos. Por otro lado no se encontró diferencias significativas entre las medias de la aplicación de N+P y N+P+Encalado, sin embargo se presentó una ligera ventaja en el efecto de la aplicación de N+P+Encalado. Por último en la comparación de la aplicación de (N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado se tiene diferencias altamente significativas, ya que la media del encalado es menor, por lo cual la aplicación de los nutrientes con la interacción del encalado dan mejores resultados en la producción de macollos reproductivos.

El último parámetro observado en el cuadro es el porcentaje de mortalidad de macollos, el cual depende exclusivamente de la edad de la planta o la antigüedad del macollo. No se observa una tendencia particular entre la aplicación de nutrientes, encalado o control. Se puede observar una mayor mortalidad en la aplicación de N+P+Encalado y luego en el control, pero el factor principal en este parámetro es la edad del macollo ya que la planta, al incrementar macollos vegetativos, destina mayor energía al nuevo tejido y disminuye el aporte de energía a los tejidos más antiguos porque realizan menor fotosíntesis, aunque se gasta energía para poder mantenerlos. Por lo tanto, la planta redistribuye nutrientes y energía a los tejidos nuevos, y así influye en la mortalidad de macollos antiguos.

**Cuadro6. Capacidad reproductiva y mortalidad de macollos**

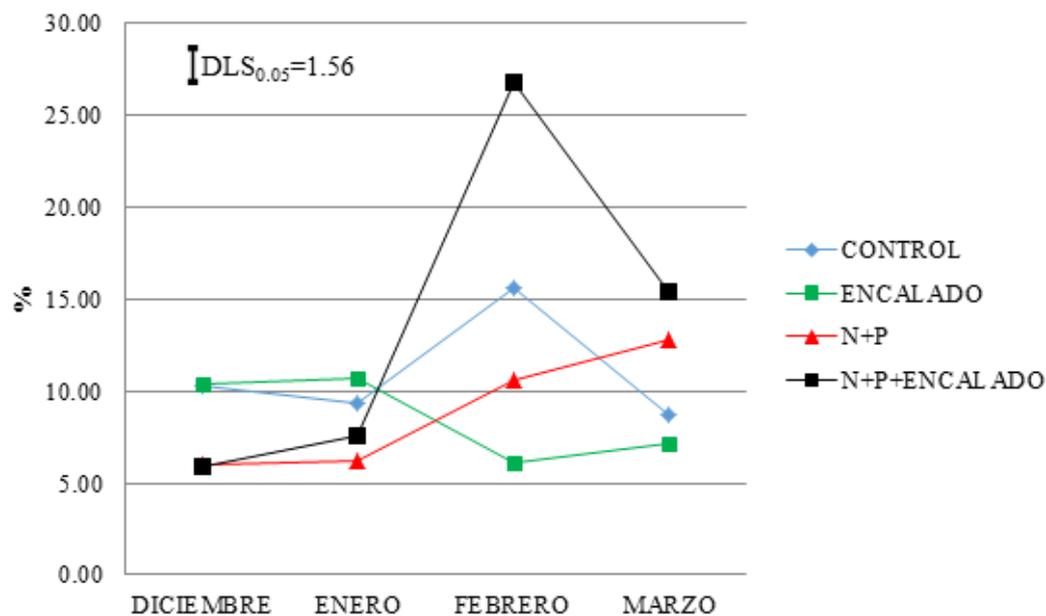
ÍNDICE	TRATAMIENTO			
	N+P+ENCALADO	N+P	ENCALADO	CONTROL
% Macollos reproductivos	72.08 <sup>a</sup>	74.13 <sup>a</sup>	79.83 <sup>a</sup>	79.92 <sup>a</sup>
% Macollos vegetativos	27.92 <sup>a</sup>	25.87 <sup>a</sup>	20.17 <sup>b</sup>	20.08 <sup>b</sup>
Macollo reproductivo/vegetativo	2.58 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>	3.96 <sup>b</sup>	3.98 <sup>b</sup>
% Mortalidad de macollos	16.14 <sup>b</sup>	9.34 <sup>ab</sup>	8.79 <sup>a</sup>	11.30 <sup>ab</sup>

Promedio con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) a la prueba de DLS.

En la figura 9 se observa los cambios en la mortalidad de macollos que se da durante la evaluación. Se tiene una mayor tendencia de mortalidad en el mes de Febrero en todos los tratamientos alrededor del 5 al 27%, para luego disminuir en el mes de Marzo. Sin embargo, esta mortalidad de macollos está más relacionado a la edad fisiológica de la planta, ya que los tejidos de mayor edad (en caso se les aporte las mejores condiciones ambientales y nutritivas) responderán al igual que los tejidos jóvenes, pues las células de mayor edad pierden eficiencia en sus procesos productivos. La mayor tendencia de mortalidad en el mismo mes es por la mínima diferencia de edad en los esquejes, debido a que se han extraído de la misma área y se tuvo en consideración las características visibles para su elección. De manera general, el vigor de la planta y el porcentaje de mortalidad no es alarmante ya que sucede solo una vez durante la evaluación para luego recuperarse en el siguiente mes. Por lo tanto es un tema fisiológico y no ambiental o nutricional, de esta manera, el manejo de la mortalidad no se puede controlar.

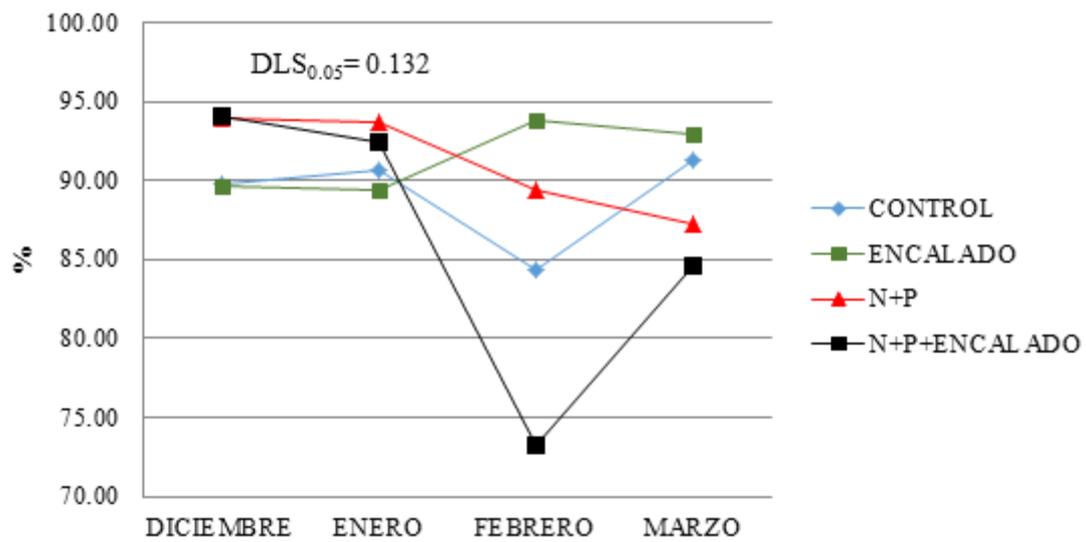
En el parámetro de mortalidad vegetativa los contrastes ortogonales muestran los siguientes resultados donde no se encontró diferencias significativas entre las medias de las prácticas aplicadas y del control, sin embargo hay una ligera diferencia que se tiene un mayor porcentaje de mortalidad en el control. Por otro lado se encontró diferencia altamente significativa entre las medias de la aplicación de N+P y N+P+Encalado, se presenta una ligera mayor mortalidad en la aplicación de N y P. Por último en la comparación de la

aplicación de (N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado teniendo como resultado altas diferencias significativas entre las medias comparadas, se presenta una mayor mortalidad de macollos en el encalado.



**Figura 9. Porcentaje de mortalidad de macollos**

En el figura 10 se observa el porcentaje de macollos sobrevivientes, el cual está altamente relacionado con la adaptabilidad de la especie ya que primero se tiene que establecer al suelo, (el ambiente es similar a su habitad inicial) y luego las raíces tienen que anclarse al suelo para absorber agua y nutrientes. Una vez pasada la primera etapa de establecimiento o sobrevivencia, es crucial monitorear el pastizal para asegurarse de la respuesta adecuada a su nuevo ambiente. Como se puede observar, todos los tratamientos empezaron con un porcentaje de sobrevivencia entre 90 a 95%, manteniéndose con ese porcentaje hasta el final de la evaluación. En el mes de febrero se observa que la sobrevivencia disminuyó, en pero el máximo porcentaje de mortalidad fue mayor del 70%, lo cual no indica valores alarmantes ya que la mortalidad se da por causas fisiológicas y la tendencia de sobrevivencia mejora en el siguiente mes evaluado.



**Figura 10. Porcentaje de sobrevivencia de macollos**

## V. CONCLUSIONES

- La aplicación de Nitrógeno y Fósforo contribuyen significativamente en el establecimiento eficiente de la *Festuca humillior* en un 50.07%.
- La aplicación de nitrógeno y fósforo altamente disponibles en forma de urea y fosfato diamónico contribuyen en mayor porcentaje a la productividad del pastizal revegetado (59.8%) en comparación con la aplicación del N+P+Encalado (40.3%).
- El encalado no mostro respuesta estadísticamente significativa sobre el pH del suelo, sin embargo se obtuvo un efecto positivo en el desarrollo vegetativo (13.4%) y la sobrevivencia de macollos (8.76%) de *Festuca humilior*.

## VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar otras especies de pastizales nativos para la revegetación, ya que no todas las especies responden de la misma forma en la absorción de nutriente. Además, pueden ser menos competitivas en la absorción de nutrientes comparados con las malezas y alterar la recuperación del área.
- Aplazar el pastoreo hasta que la especie revegetada este adecuadamente establecida y se tenga un adecuado banco de semillas. Por lo general se puede volver a ingresar ganado después de dos estaciones de crecimiento, en el cual se espera tener semillas viables para el adecuado restablecimiento de la vegetación.
- Establecer un plan fraccionado para tener beneficios a largo plazo por el encalado y adición de nutrientes, para evitar pérdidas por lixiviación y retención por arcillas.
- La *Festuca humilior* es una especie que distribuye sus nutrientes para la producción de semillas buscando asegurar su permanencia en la comunidad, a pesar de estar en suelos altamente degradados. Por lo cual se recomienda una mayor investigación y análisis en la distribución de nutrientes.

## VII. REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS

**ALEGRÍA, V.** 2013. Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona colindante a los depósitos de relavera de Ocroyoc- comunidad San Antonio de Rancas- Pasco. Tesis Mg. Desarrollo ambiental. Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.

**ANDERSON, P. and CHASTAIN, G.** 2014. Tall fescue grown for seed. A nutrient management guide for western Oregon. Nutrient management guide. Oregon State University extension service. 13: 3-42

**BAILEYA, J.** 1982. Principles of wildlife management. Colorado State University. 279-288p.

**BAKER, D. and GUTHERY, F.** 1990. Effect of continuous grazing on habitat and density of ground-foraging birds in south Texas. Range Manage. 43: 2-5.

**BRISKE, D., FUHLENDORF, D. and SMEINS, F.** 2006. A Unified Framework for Assessment and Application of Ecological Thresholds. Rangeland Ecology Management 59: 225 –236

**BRISKE, D. and HEITSCHMIDT, R.** 1991. Grazing management an ecological perspective. An ecological perspective, pp. 11-26.

**BONHAM, C.** 2013. Measurements For Terrestrial Vegetation. Colorado. Colorado State University. Edition 2, 175-200.

**BUCKNER, D.** 2010. Native Plant Revegetation Guide for Colorado. Colorado Department of Natural Resources. Vol 3. 91-95

**CHAPIN, F.S., III; P. M. VITOUSEK and K.V. CLEVE.**(1986).The nature of nutrient limitation in plant communities. *The American naturalist*, 127. 48-58

**CHAPIN, F.S., III and KEDROWSKI, R.A.** 1983.Seasonal changes in nitrogen and phosphorus fractions and autumn retranslocation in evergreen and deciduous taiga trees. *Ecology* 64: 376-391.

**CHARLEY, J., COWLING, W.** 1968.Changes in soil nutrient status resulting from overgrazing and their consequences in plant communities of semi-arid areas. *Proceedings of the Ecological Society of Australia* 3, 28–38.

**CLEMENTS, F.E.** 1932.Nature and structure of the climax. *Journal of ecology* 24: 552-584.

**COOK, C. W.** 1965.Plant and livestock responses to fertilized rangelands.Logan: Utah Agriculture Experiment Station Bulletin. 455: 1–35.

**COOK, R. L.; HULBURT, W. C.** 1957.Applying fertilizers. In: Stefferud,A., ed. *Soil: the 1957 yearbook of agriculture*. Washington, DC:U.S. Department of Agriculture: 216–229.

**DAVENPORT, D., BRESHEARS, D., WILCOX, P. and ALLEN, C.** 1998. Viewpoint: Sustainability of pinon-juniper ecosystems—a unifying perspective of soil erosion thresholds. *Journal of Range Management* 51:231–240.

**DOBB, A.; BURTON, S.** 2012.*British Columbia Rangeland Seeding Manual*.B.C Ministry of Agriculture of Canada.

**ELLIOTT, D. E., ABBOTT, R. J.** 2003. Nitrogen fertilizer use on rainfed pasture in the Mt. Lofty Ranges. 1. Pasture mass, composition and nutritive characteristics. *Aust. J. Exp. Agric.* 43, 553 - 577.

**FIGUEROA, D.** 2004. Estrategias de recuperación de suelos degradados. *Industria hortícola*.Vol 175, 36-39.

**FLORES, E.** 1996. Reality, limitations and research needs of the Peruvian livestock sector. Latin America Regional Livestock Assessment Workshop, pp. 1-8.

**FLORES, E.** 1999. Tambos alpaqueros y pastizales II: Mejoramiento de praderas naturales. Proyecto especial tambos alpaqueros. Boletín técnico LUP N° 12. Lima, Perú.

**FRAME, J.** 1992. Improved Grassland Management. Farming Press Books, Ipswich.

**FULS, E.** 1992. Ecosystem modification created by patch-overgrazing in semi-arid grassland. Arid Environ. 23: 59-69.

**GILLEN, R. and TATE, K.** 1993. The constituent differential method for determining live and dead herbage. Journal of Range Management. 46(2):142-147.

**GLEASON, H.A.** 1926. The individualistic concept of the plant association. Bulletin of the Torrey botanical club 53: 7-26.

**GOELDNER, J.** 1995. A Seattle-area volunteer based plant-rescue program. Restoration & Management Notes 13:16-19.

**GOETZ, H.** 1984. A synopsis of rangeland fertilization in western North Dakota. p.17- 27 in Proceedings North Dakota Chapter of the Society for Range Management, 1983. Dickinson, ND.

**HARDY, D.** 2005. Tips about soil pH and liming. North Carolina department of agriculture & consumer services. Notes 7: 2-4

**HERBEL, H.** 1983. Principles of intensive range improvements. Journal of range management. Vol 36(2).140-143.

**HOBBS, R.J & MORTON, S.R.** 1999. Moving from descriptive ecology. Agroforestry system 45: 43-55.

**HORTON, H. ED.** 1989. Interagency Forage and Conservation Planting Guide for Utah. Extension Circular EC433. Utah State University, Agricultural Experiment Station,

Logan, and the Cooperative Extension Service, Utah State University, Logan.

**HUGHES, P.** 1976. Explotación de pastos. Editorial Acribia. España. Pag: 46-51

**JAMES, D. W.; JURINACK, J. J.** 1978. Nitrogen fertilization of dominant plants in the northeastern Great Basin Desert. In: West, N. E.; Skujins, J. J., eds. Nitrogen in desert ecosystems. Stroudsburg, PA: Dowden, Hutchinson, and Ross: 219-231.

**KALMBACHER, R., MARTIN, F.** 1996. Shifts in botanical composition of Flatwoods range following fertilization. *J. Range Manage.* 49, 530–534.

**KLOCK, G.O.; GEIST, J. M.; TIEDEMANN, A. R.** 1971. Erosion control fertilization – from pot study to field testing. *Sulphur Institute Journal.* 7(3): 7-10.

**LLEWELLYN, L.** 2010. Evaluation of Nitrogen fertilization treatments on native rangelands. *Range Scientist.* P. 5-29.

**LÓPEZ, D.** 2009. Modelo de estados transicionales: un enfoque para el manejo y recuperación de los pastizales naturales patagónicos. Área de investigación en recursos naturales patagónicos. Área de investigación en recursos naturales. 53, 21-25.

**MACK, R. and THOMPSON, J.** 1982. Evolution in steppe with few large hooved mammals. *Am. Nat.* 119: 757-773.

**MAMANI, G.** 2001. Zonificación ecológica para la aplicación de estrategias de mejoramiento en praderas naturales de la microcuenca Río Negro Ancash. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

**MANDEL, R.** 1990. The development of a low-cost methodology for the vegetative production of Eastern red cedar - *Juniperus virginiana*. Unpublished data, USDA-NRCS Cape May Plant Materials Center, Cape May Court House, New Jersey.

**MCNAUGHTON, S., OESTERHELD, M., FRANK, D. WILLIAMS, K.** 1989. Ecosystem level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature* 341: 142-144.

- MILTON, S.** 1992. Studies of herbivory and vegetation change in Karoo shrublands. Doctoral dissertation. University of Cape Town, Cape Town, South Africa. In press. Growth and recruitment of shrubs in arid Karoo rangeland. *Vegetation*.
- MONTANA, C., EZCURRA, B., CARILLO, A., DELHOUME, J.P.** 1988. The decomposition of litter in grasslands of northern Mexico: a comparison between arid and non-arid environments. *Journal of Arid Environments* 14, 55–60.
- NATURAL RESEARCH COUNCIL – NRC.** 1994. Rangeland Health, New methods to classify, Inventory and Monitor Rangelands. Washington: National Academy Press.
- NYREN, P.** 1979. Fertilization of Northern great plains rangeland: A review. *Rangelands* 1 (4), 154-156.
- OSTLER, W.K. and ALLRED, K.L.** 1987. Accelerated Recovery of Native Vegetation on Roadway Slopes Following Construction. US Federal Highway Administration Report No. FHWA/DF-87003, Final Report, pp. 44-48. US Dept. of Transportation.
- PARKER, K.** 1951. Method of measuring trend in range conditions on national forest ranges. USDA Forest Service, 26 pp, mimeo.
- RATLIFF, D.** 1993. Viewpoint: Trend assessment by similarity - a demonstration. *Journal of Range Management*. 46:139-141.
- RUYLE, G. (ED.)** 2010. Rangeland Monitoring And The Parker 3-Step Method: Overview, Perspectives And Current Applications, College of Agriculture, The University of Arizona, AZ1525, 9 pp.
- SAMUEL, M.J., HART, R.H.** 1998. Nitrogen fertilization, botanical composition and biomass production on mixed-grass rangeland. *J. Range Management*. 51, 408–416.
- STRINGHAM, K., KRUEGER, W and SHAVER, P.** 2003. State and transition modeling: an ecological process approach. *Journal of Range Management* 56:106–113.

**THUROW, T. L., BLACKBURN, W. H. and TAYLOR, C. A.** 1988. Infiltration and interrill erosion responses to selected livestock grazing strategies, Edwards Plateau, Texas. *Range Management* 41: 296-302.

**TOVAR, O.** 1993. Las gramíneas (Poaceae) del Perú. España. Tomo 13: 103 – 104.

**TRUOG, E.** 1951. Mineral nutrition of plants. *Management of Wisconsin soils*. Fifth edition, p: 42 -63.

**TURNER, M.G.; BAKER, W.L.; PETERSON, C.J. & PEET, R.K.** 1998. Factors influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems* 1: 511-523.

**VALLENTINE, J. F.** 1980. Range development and improvements. 2d ed. Provo, UT: Brigham Young University Press. 545 p.

**VENTURA, O.** 2003. Ponencia: Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de las praderas altoandinas en el Perú – políticas para el manejo sostenible. En: “III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas.” Arequipa, Perú.

**WANG, J; WANG, Z; ZHANG, X; ZHANG, Y; RAN, C; ZHANG, J; CHEN, B and ZHANG, B.** 2014. Response of *kobresiapygmaea* and *Stipapurpurea* grassland communities in Northern Tibet to nitrogen and phosphate addition. *Mountain research and development*, 35 (1): 78-86.

**WEAVER, J. E. and DARLAN, R. W.** 1947. A method of measuring vigor of range grasses. University of Nebraska – Lincoln. Agronomy and Horticulture Department. *Ecology* 28(2): 146-162.

**WESTOBY, M. W. and NOY-MEIR, I.** 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Range Management*. 42: 266-274

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1. Caracterización Inicial Del Suelo Del Área Experimental

<b>Análisis mecánico</b>			
	Unidad	Valor	Interpretación
<b>Arena</b>	%	61	Franco arcilloso
<b>Limo</b>	%	31	
<b>Arcilla</b>	%	8	
<b>Análisis químico</b>			
<b>pH (1:1)</b>		4.92	Fuertemente ácido
<b>CE (1:1)</b>	dS/m	0.36	No salino
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	%	0.00	Nulo
<b>MO</b>	%	7.69	Alto
<b>P</b>	Ppm	11.1	Medio
<b>K</b>	Ppm	169	Medio
<b>Cationes cambiables meq/100g</b>			
<b>CIC</b>		30.08	
<b>Ca<sup>+2</sup></b>		13.50	
<b>Mg<sup>+2</sup></b>		1.13	
<b>K<sup>+</sup></b>		0.62	
<b>Na<sup>+</sup></b>		0.14	
<b>Al<sup>+3</sup> + H<sup>+</sup></b>		0.10	Bajo
<b>Suma de cationes</b>		15.49	
<b>Suma de bases</b>		15.39	
<b>% Sat. de bases</b>		51	Medio

Fuente: Laboratorio De Análisis De Suelos, Plantas, Aguas Y Fertilizantes - UNALM

## ANEXO 2. Caracterización Final Del Suelo Del Área Experimental

Práctica	pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO3 %	M.O %	P ppm	K ppm	Análisis mecánico			Clase textural
							Arena	Limo	Arcilla	
							%	%	%	
Control	5.87	0.25	0.00	13.45	11.7	285	61	33	6	Fr. A
N+P	4.18	0.30	0.00	2.04	1.9	52	23	53	24	Fr. L
Encalado	5.77	0.26	0.00	7.49	7.3	273	63	33	4	Fr. A
N+P+Encalado	5.52	0.34	0.00	12.90	14.3	296	65	31	4	Fr. A

Práctica	CIC	Cationes cambiabiles					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
Tratamiento		meq/100g							
Control	35.68	19.70	1.48	0.98	0.10	0.10	22.36	22.26	62
N+P	18.24	4.65	0.60	0.46	0.09	1.10	6.90	5.80	32
Encalado	36.80	20.90	1.43	0.88	0.10	0.10	23.42	23.32	63
N+P+Encalado	36.80	21.20	1.53	1.05	0.10	0.10	23.98	23.88	65

Fuente: Laboratorio De Análisis De Suelos, Plantas, Aguas Y Fertilizantes - UNALM

### ANEXO 3. Base de datos general

Práctica	Meses	Replica	Planta	Altura	Volumen	Peso pronosticado	N. Macollos	Macollos vivos	Mortalidad vegetativa	Macollos reproductivos
Control	Diciembre	1	1	27.00	7651.40	28.26	5	5	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	2	16.00	7234.56	26.97	6	6	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	3	18.20	6914.91	25.98	6	6	1.000	0.986
Control	Diciembre	1	4	17.00	3416.32	15.13	4	3	0.969	0.969
Control	Diciembre	1	5	23.50	13448.23	46.23	6	6	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	6	10.00	2833.85	13.33	4	4	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	7	15.00	3815.10	16.37	5	5	1.000	0.980
Control	Diciembre	1	8	25.50	8827.72	31.91	6	6	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	9	14.00	8011.71	29.38	7	7	1.000	0.990
Control	Diciembre	1	10	19.50	10347.87	36.62	8	8	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	11	19.50	5526.01	21.67	3	3	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	12	20.00	6923.70	26.00	4	4	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	13	25.00	12265.63	42.56	5	5	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	14	19.00	3818.24	16.38	4	4	1.000	1.000
Control	Diciembre	1	15	22.00	12589.83	43.57	7	7	1.000	1.000
Control	Diciembre	2	1	15.00	3815.10	16.37	5	5	1.000	0.921
Control	Diciembre	2	2	24.00	19292.16	64.35	10	10	1.000	0.622
Control	Diciembre	2	3	16.00	5024.00	20.12	4	4	1.000	0.732
Control	Diciembre	2	4	20.00	3077.20	14.08	5	4	0.980	0.697
Control	Diciembre	2	5	27.00	10258.38	36.34	7	7	1.000	0.655
Control	Diciembre	2	6	25.50	3923.43	16.70	5	4	0.980	1.000
Control	Diciembre	2	7	19.00	5384.32	21.23	6	6	1.000	0.672
Control	Diciembre	2	8	22.00	13539.68	46.51	6	6	1.000	0.672

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Control	Diciembre	2	9	26.00	14332.92	48.97	10	10	1.000	0.765
Control	Diciembre	2	10	28.50	18815.27	62.87	15	15	1.000	0.980
Control	Diciembre	2	11	18.00	5652.00	22.06	5	5	1.000	0.697
Control	Diciembre	2	12	33.00	24894.71	81.71	9	9	1.000	0.786
Control	Diciembre	2	13	18.00	9551.88	34.15	6	6	1.000	0.672
Control	Diciembre	2	14	19.00	11693.36	40.79	4	4	1.000	0.732
Control	Diciembre	2	15	12.00	3581.96	15.65	3	3	1.000	0.786
Control	Diciembre	3	1	23.00	3290.52	14.74	3	3	1.000	1.000
Control	Diciembre	3	2	13.00	2145.60	11.19	3	3	1.000	1.000
Control	Diciembre	3	3	22.00	3885.75	16.59	3	2	0.945	1.000
Control	Diciembre	3	4	13.50	3062.68	14.04	4	4	1.000	1.000
Control	Diciembre	3	5	26.00	9000.81	32.44	4	4	1.000	0.878
Control	Diciembre	3	6	23.00	5217.90	20.72	3	3	1.000	0.786
Control	Diciembre	3	7	22.00	4421.12	18.25	4	4	1.000	0.540
Control	Diciembre	3	8	13.00	2612.48	12.64	3	2	0.945	1.000
Control	Diciembre	3	9	16.70	4486.73	18.45	5	5	1.000	1.000
Control	Diciembre	3	10	18.50	5809.00	22.55	3	3	1.000	0.540
Control	Diciembre	3	11	24.00	6104.16	23.46	4	4	1.000	0.732
Control	Diciembre	3	12	25.20	5064.19	20.24	3	2	0.945	0.786
Control	Diciembre	3	13	14.40	2893.82	13.51	2	2	1.000	1.000
Control	Diciembre	3	14	12.50	3179.25	14.40	3	3	1.000	1.000
Control	Diciembre	3	15	16.00	2640.74	12.73	3	3	1.000	0.786
Control	Enero	1	1	36.00	19845.59	66.06	6	6	1.000	0.540
Control	Enero	1	2	22.00	13539.68	46.51	6	6	1.000	0.672
Control	Enero	1	3	24.00	14770.56	50.33	6	6	1.000	0.540
Control	Enero	1	4	23.00	7222.00	26.93	5	4	0.980	0.921

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Control	Enero	1	5	33.00	25704.24	84.22	8	8	1.000	0.540
Control	Enero	1	6	16.00	6644.24	25.14	5	5	1.000	0.540
Control	Enero	1	7	18.00	6838.92	25.74	5	5	1.000	0.697
Control	Enero	1	8	28.00	17232.32	57.96	7	7	1.000	0.841
Control	Enero	1	9	23.00	19661.90	65.49	8	8	1.000	0.540
Control	Enero	1	10	25.00	22686.50	74.87	9	9	1.000	1.000
Control	Enero	1	11	19.00	8591.04	31.17	4	4	1.000	0.540
Control	Enero	1	12	25.00	14306.63	48.89	5	5	1.000	0.540
Control	Enero	1	13	25.00	16504.63	55.71	5	5	1.000	0.362
Control	Enero	1	14	25.00	8654.63	31.37	4	4	1.000	0.540
Control	Enero	1	15	28.00	36948.38	119.08	7	7	1.000	0.540
Control	Enero	2	1	19.00	5384.32	21.23	6	6	1.000	0.878
Control	Enero	2	2	27.00	31416.29	101.93	12	12	1.000	0.540
Control	Enero	2	3	20.00	7598.80	28.10	5	5	1.000	0.825
Control	Enero	2	4	20.00	7598.80	28.10	5	4	0.980	0.697
Control	Enero	2	5	29.00	24791.09	81.39	8	8	1.000	0.732
Control	Enero	2	6	27.00	6125.36	23.53	6	5	0.986	0.986
Control	Enero	2	7	27.00	11212.16	39.30	8	8	1.000	0.540
Control	Enero	2	8	29.00	23311.36	76.81	8	8	1.000	0.732
Control	Enero	2	9	27.00	23081.36	76.09	12	12	1.000	0.835
Control	Enero	2	10	31.00	37013.54	119.28	17	17	1.000	0.984
Control	Enero	2	11	17.00	5885.15	22.79	6	6	1.000	0.786
Control	Enero	2	12	34.00	27330.56	89.27	9	9	1.000	0.712
Control	Enero	2	13	34.00	18042.44	60.47	7	7	1.000	0.540
Control	Enero	2	14	20.00	15087.70	51.31	6	6	1.000	0.540
Control	Enero	2	15	14.00	3761.33	16.20	4	4	1.000	0.878

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Control	Enero	3	1	17.00	2615.62	12.65	4	4	1.000	0.878
Control	Enero	3	2	16.00	3629.84	15.79	3	3	1.000	0.786
Control	Enero	3	3	18.00	3179.25	14.40	3	2	0.945	0.786
Control	Enero	3	4	12.50	4535.83	18.60	4	4	1.000	0.540
Control	Enero	3	5	22.00	11674.52	40.73	6	6	1.000	0.945
Control	Enero	3	6	24.00	9966.36	35.44	5	5	1.000	0.540
Control	Enero	3	7	26.50	6370.77	24.29	4	4	1.000	0.540
Control	Enero	3	8	10.00	1766.25	10.02	3	2	0.945	0.786
Control	Enero	3	9	17.50	6648.95	25.15	5	5	1.000	0.540
Control	Enero	3	10	18.00	4578.12	18.73	5	5	1.000	0.825
Control	Enero	3	11	29.00	21877.17	72.36	6	6	1.000	0.540
Control	Enero	3	12	30.00	9420.00	33.74	4	3	0.969	0.732
Control	Enero	3	13	20.00	3077.20	14.08	2	2	1.000	0.878
Control	Enero	3	14	12.00	4983.18	19.99	4	4	1.000	0.732
Control	Enero	3	15	19.00	5671.43	22.12	4	4	1.000	0.540
Control	Febrero	1	1	32.00	22608.00	74.63	7	7	1.000	0.540
Control	Febrero	1	2	22.00	17684.48	59.36	7	7	1.000	0.540
Control	Febrero	1	3	22.00	19964.12	66.43	6	6	1.000	0.672
Control	Febrero	1	4	19.00	4832.46	19.52	4	3	0.969	0.878
Control	Febrero	1	5	31.50	32046.84	103.89	8	8	1.000	0.641
Control	Febrero	1	6	18.00	8831.25	31.92	5	5	1.000	0.540
Control	Febrero	1	7	18.00	6838.92	25.74	5	5	1.000	0.697
Control	Febrero	1	8	24.00	19292.16	64.35	9	9	1.000	0.540
Control	Febrero	1	9	21.00	20194.13	67.14	9	9	1.000	0.630
Control	Febrero	1	10	31.00	26500.82	86.69	11	11	1.000	0.540
Control	Febrero	1	11	23.00	12679.12	43.85	5	5	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Control	Febrero	1	12	23.00	16249.50	54.91	5	5	1.000	0.697
Control	Febrero	1	13	25.00	16504.63	55.71	7	7	1.000	0.540
Control	Febrero	1	14	24.00	11775.00	41.04	6	6	1.000	0.540
Control	Febrero	1	15	32.00	40192.00	129.14	9	9	1.000	0.540
Control	Febrero	2	1	22.00	7616.07	28.15	6	6	1.000	0.786
Control	Febrero	2	2	30.50	27677.53	90.34	12	8	0.945	0.786
Control	Febrero	2	3	20.00	9812.50	34.96	5	4	0.980	0.697
Control	Febrero	2	4	26.00	5898.49	22.83	4	4	1.000	0.540
Control	Febrero	2	5	35.00	23106.48	76.17	8	5	0.931	0.811
Control	Febrero	2	6	28.00	5280.70	20.91	5	3	0.921	0.921
Control	Febrero	2	7	29.00	13112.64	45.19	6	6	1.000	0.540
Control	Febrero	2	8	29.00	27887.13	90.99	8	7	0.992	0.641
Control	Febrero	2	9	32.00	29038.72	94.56	12	9	0.969	0.786
Control	Febrero	2	10	34.00	37532.81	120.89	17	11	0.938	0.798
Control	Febrero	2	11	21.50	4594.90	18.79	6	5	0.986	0.672
Control	Febrero	2	12	37.00	27912.25	91.07	9	6	0.945	0.786
Control	Febrero	2	13	24.00	13230.39	45.56	7	4	0.910	0.841
Control	Febrero	2	14	20.00	18686.93	62.47	6	6	1.000	0.540
Control	Febrero	2	15	18.00	4578.12	18.73	4	3	0.969	0.732
Control	Febrero	3	1	22.00	3885.75	16.59	4	4	1.000	0.540
Control	Febrero	3	2	15.00	1695.60	9.80	3	3	1.000	0.540
Control	Febrero	3	3	21.00	5951.09	22.99	4	4	1.000	0.878
Control	Febrero	3	4	12.00	2722.38	12.98	4	4	1.000	0.540
Control	Febrero	3	5	25.00	16504.63	55.71	8	8	1.000	0.540
Control	Febrero	3	6	27.00	14327.82	48.96	6	6	1.000	0.540
Control	Febrero	3	7	25.00	6010.16	23.17	4	4	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Control	Febrero	3	8	11.00	2074.56	10.97	3	3	1.000	0.786
Control	Febrero	3	9	22.00	8358.68	30.45	5	5	1.000	0.540
Control	Febrero	3	10	19.00	6577.52	24.93	5	5	1.000	0.540
Control	Febrero	3	11	25.00	14306.63	48.89	8	8	1.000	0.540
Control	Febrero	3	12	30.00	9420.00	33.74	5	5	1.000	0.540
Control	Febrero	3	13	23.00	3538.78	15.51	4	4	1.000	0.540
Control	Febrero	3	14	12.00	4559.28	18.68	4	4	1.000	0.540
Control	Febrero	3	15	21.50	6092.78	23.43	5	5	1.000	0.540
Control	Marzo	1	1	38.00	17182.08	57.81	7	7	1.000	0.540
Control	Marzo	1	2	39.00	29421.02	95.75	9	9	1.000	0.540
Control	Marzo	1	3	38.00	25087.03	82.31	9	9	1.000	0.540
Control	Marzo	1	4	21.00	4764.17	19.31	4	3	0.969	0.732
Control	Marzo	1	5	34.00	24021.00	79.01	8	8	1.000	0.540
Control	Marzo	1	6	18.00	5652.00	22.06	5	5	1.000	0.540
Control	Marzo	1	7	19.00	7218.86	26.92	5	5	1.000	0.540
Control	Marzo	1	8	26.00	16001.44	54.15	9	8	0.994	0.630
Control	Marzo	1	9	22.00	16596.47	55.99	10	10	1.000	0.540
Control	Marzo	1	10	32.00	34389.28	111.15	12	12	1.000	0.540
Control	Marzo	1	11	25.00	16504.63	55.71	7	7	1.000	0.540
Control	Marzo	1	12	26.00	16001.44	54.15	6	6	1.000	0.540
Control	Marzo	1	13	27.00	27468.72	89.69	7	6	0.990	0.655
Control	Marzo	1	14	24.00	21779.04	72.06	6	5	0.986	0.672
Control	Marzo	1	15	36.00	36624.96	118.08	9	9	1.000	0.540
Control	Marzo	2	1	24.00	13230.39	45.56	6	5	0.986	0.672
Control	Marzo	2	2	32.00	28190.92	91.93	12	12	1.000	0.540
Control	Marzo	2	3	20.50	11300.96	39.57	5	5	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Control	Marzo	2	4	27.00	9797.39	34.91	5	5	1.000	0.540
Control	Marzo	2	5	37.00	27912.25	91.07	8	8	1.000	0.540
Control	Marzo	2	6	28.50	7656.99	28.28	6	6	1.000	0.672
Control	Marzo	2	7	32.00	18312.48	61.31	8	8	1.000	0.641
Control	Marzo	2	8	32.00	34389.28	111.15	10	10	1.000	0.622
Control	Marzo	2	9	33.00	28210.55	91.99	11	11	1.000	0.540
Control	Marzo	2	10	36.00	47505.06	151.81	15	15	1.000	0.540
Control	Marzo	2	11	22.00	7983.06	29.29	5	5	1.000	0.697
Control	Marzo	2	12	39.00	25747.22	84.36	8	8	1.000	0.540
Control	Marzo	2	13	28.00	19782.00	65.87	8	8	1.000	0.540
Control	Marzo	2	14	31.00	35139.74	113.47	9	9	1.000	0.540
Control	Marzo	2	15	19.00	7890.04	29.00	5	5	1.000	0.540
Control	Marzo	3	1	26.00	4000.36	16.94	5	5	1.000	0.540
Control	Marzo	3	2	19.00	3135.88	14.26	4	4	1.000	0.540
Control	Marzo	3	3	25.00	7462.41	27.67	4	4	1.000	0.540
Control	Marzo	3	4	13.00	5166.28	20.56	5	5	1.000	0.540
Control	Marzo	3	5	26.00	17164.81	57.75	11	11	1.000	0.540
Control	Marzo	3	6	28.00	19782.00	65.87	11	11	1.000	0.540
Control	Marzo	3	7	27.00	9347.00	33.52	6	6	1.000	0.540
Control	Marzo	3	8	11.00	2495.52	12.28	4	3	0.969	0.878
Control	Marzo	3	9	24.00	9118.56	32.81	7	7	1.000	0.540
Control	Marzo	3	10	19.00	6894.46	25.91	6	6	1.000	0.540
Control	Marzo	3	11	28.00	17232.32	57.96	8	8	1.000	0.540
Control	Marzo	3	12	33.00	9351.71	33.53	6	5	0.986	0.786
Control	Marzo	3	13	28.00	3165.12	14.35	4	3	0.969	0.732
Control	Marzo	3	14	14.50	5509.13	21.62	5	5	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Control	Marzo	3	15	23.00	7222.00	26.93	5	4	0.980	0.697
Encalado	Diciembre	1	1	16.00	6936.26	26.04	6	6	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	2	21.20	8803.62	31.83	4	4	1.000	0.969
Encalado	Diciembre	1	3	14.50	9572.68	34.22	7	7	1.000	0.655
Encalado	Diciembre	1	4	19.00	5384.32	21.23	6	6	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	5	19.00	9321.88	33.44	8	8	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	6	27.00	4768.88	19.32	4	4	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	7	28.00	13737.50	47.13	9	9	1.000	0.994
Encalado	Diciembre	1	8	16.00	6644.24	25.14	6	6	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	9	23.00	9551.10	34.15	7	7	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	10	31.00	16450.46	55.54	11	11	1.000	0.963
Encalado	Diciembre	1	11	22.20	9218.88	33.12	6	6	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	12	21.50	5468.31	21.49	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	13	20.50	4119.68	17.31	4	2	0.878	1.000
Encalado	Diciembre	1	14	18.50	10586.90	37.36	6	6	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	1	15	12.00	2722.38	12.98	3	2	0.945	0.945
Encalado	Diciembre	2	1	33.00	13703.75	47.02	4	4	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	2	2	22.00	7616.07	28.15	7	7	1.000	0.990
Encalado	Diciembre	2	3	21.00	19056.66	63.62	9	9	1.000	0.786
Encalado	Diciembre	2	4	10.00	2009.60	10.77	3	3	1.000	0.786
Encalado	Diciembre	2	5	27.00	10258.38	36.34	6	6	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	2	6	19.00	7890.04	29.00	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	2	7	22.00	7616.07	28.15	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	2	8	26.00	11756.16	40.99	5	5	1.000	0.825
Encalado	Diciembre	2	9	29.00	14228.13	48.65	7	7	1.000	0.910
Encalado	Diciembre	2	10	26.00	12756.25	44.09	6	6	1.000	1.000

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Encalado	Diciembre	2	11	24.00	6801.24	25.63	6	6	1.000	0.786
Encalado	Diciembre	2	12	24.00	9118.56	32.81	7	7	1.000	0.990
Encalado	Diciembre	2	13	22.00	9135.83	32.86	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	2	14	28.00	10638.32	37.52	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	2	15	12.00	3052.08	14.00	4	4	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	1	18.90	3119.37	14.21	4	4	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	2	22.00	5910.66	22.86	4	4	1.000	0.732
Encalado	Diciembre	3	3	22.30	3680.53	15.95	4	4	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	4	18.10	2784.87	13.17	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	5	23.00	5529.34	21.68	5	4	0.980	1.000
Encalado	Diciembre	3	6	22.00	3885.75	16.59	4	4	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	7	20.80	5588.26	21.86	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	8	17.00	3206.14	14.48	4	4	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	9	22.50	5722.65	22.28	5	4	0.980	0.697
Encalado	Diciembre	3	10	22.90	5195.21	20.65	5	5	1.000	0.921
Encalado	Diciembre	3	11	14.90	2131.69	11.15	4	4	1.000	0.969
Encalado	Diciembre	3	12	17.40	6023.62	23.21	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	13	26.00	8164.00	29.85	5	4	0.980	0.825
Encalado	Diciembre	3	14	17.40	4183.07	17.51	5	5	1.000	1.000
Encalado	Diciembre	3	15	22.50	4521.60	18.56	4	4	1.000	0.878
Encalado	Enero	1	1	21.00	19056.66	63.62	7	7	1.000	0.540
Encalado	Enero	1	2	23.00	9970.87	35.45	5	5	1.000	0.540
Encalado	Enero	1	3	20.00	25120.00	82.41	7	7	1.000	0.540
Encalado	Enero	1	4	19.50	12001.08	41.74	7	7	1.000	0.756
Encalado	Enero	1	5	24.00	16956.00	57.11	9	9	1.000	0.786
Encalado	Enero	1	6	29.00	9566.99	34.20	5	5	1.000	0.825

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Encalado	Enero	1	7	39.00	35390.94	114.25	10	10	1.000	0.540
Encalado	Enero	1	8	20.00	16076.80	54.38	7	7	1.000	0.756
Encalado	Enero	1	9	29.00	15389.14	52.25	8	8	1.000	0.540
Encalado	Enero	1	10	36.00	34618.50	111.86	12	12	1.000	0.608
Encalado	Enero	1	11	27.00	15451.16	52.44	8	8	1.000	0.811
Encalado	Enero	1	12	24.50	17309.25	58.20	7	7	1.000	0.655
Encalado	Enero	1	13	25.00	9498.50	33.99	5	3	0.921	0.825
Encalado	Enero	1	14	22.00	15543.00	52.72	7	7	1.000	0.655
Encalado	Enero	1	15	15.00	7359.38	27.36	4	3	0.969	0.732
Encalado	Enero	2	1	42.00	24035.13	79.05	5	5	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	2	25.00	12265.63	42.56	8	8	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	3	25.00	25434.00	83.39	10	10	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	4	14.00	3176.11	14.39	3	3	1.000	0.786
Encalado	Enero	2	5	33.00	22543.83	74.43	7	7	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	6	25.00	14306.63	48.89	6	6	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	7	34.00	21678.95	71.75	6	6	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	8	29.00	15389.14	52.25	6	6	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	9	30.00	24115.20	79.30	8	8	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	10	38.00	23386.72	77.04	8	8	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	11	25.00	12265.63	42.56	6	6	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	12	28.00	16023.42	54.21	8	8	1.000	0.931
Encalado	Enero	2	13	23.00	12205.18	42.38	5	5	1.000	0.825
Encalado	Enero	2	14	32.00	21860.68	72.31	6	6	1.000	0.540
Encalado	Enero	2	15	15.00	9902.78	35.24	4	3	0.969	0.732
Encalado	Enero	3	1	22.00	7983.06	29.29	4	4	1.000	0.878
Encalado	Enero	3	2	21.00	9495.36	33.98	5	5	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Encalado	Enero	3	3	21.50	4877.60	19.66	5	5	1.000	1.000
Encalado	Enero	3	4	23.00	7222.00	26.93	5	5	1.000	0.825
Encalado	Enero	3	5	25.00	10837.91	38.14	6	5	0.986	0.945
Encalado	Enero	3	6	23.00	8738.62	31.63	4	4	1.000	0.540
Encalado	Enero	3	7	28.00	8792.00	31.80	5	5	1.000	0.825
Encalado	Enero	3	8	19.00	6577.52	24.93	4	3	0.969	0.878
Encalado	Enero	3	9	25.00	13266.50	45.67	6	5	0.986	0.540
Encalado	Enero	3	10	22.00	16596.47	55.99	6	6	1.000	0.540
Encalado	Enero	3	11	19.00	3583.33	15.65	4	4	1.000	0.540
Encalado	Enero	3	12	18.00	9551.88	34.15	6	6	1.000	0.945
Encalado	Enero	3	13	26.00	8164.00	29.85	6	4	0.945	0.540
Encalado	Enero	3	14	21.00	10303.13	36.48	6	6	1.000	0.672
Encalado	Enero	3	15	28.00	12138.46	42.17	4	4	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	1	22.00	22381.92	73.93	9	9	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	2	23.50	12954.76	44.70	7	7	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	3	14.00	12704.44	43.93	10	10	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	4	22.00	12589.83	43.57	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	5	21.50	16219.28	54.82	9	9	1.000	0.630
Encalado	Febrero	1	6	27.00	16028.72	54.23	6	6	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	7	40.00	40694.40	130.69	10	9	0.995	0.622
Encalado	Febrero	1	8	24.00	22424.31	74.06	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	9	29.00	19145.37	63.89	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	10	31.00	37013.54	119.28	14	14	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	11	26.00	17164.81	57.75	10	10	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	12	26.00	17164.81	57.75	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	13	23.00	10399.68	36.78	4	4	1.000	0.878

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Encalado	Febrero	1	14	21.00	15335.17	52.08	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	1	15	13.00	4500.41	18.49	5	5	1.000	0.921
Encalado	Febrero	2	1	42.00	18990.72	63.41	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	2	25.00	13266.50	45.67	10	10	1.000	0.697
Encalado	Febrero	2	3	24.00	27204.96	88.88	12	12	1.000	0.672
Encalado	Febrero	2	4	10.00	2009.60	10.77	4	4	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	5	33.00	25704.24	84.22	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	6	27.00	17825.00	59.80	7	7	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	7	32.00	22608.00	74.63	7	7	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	8	29.00	21877.17	72.36	9	9	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	9	32.00	29038.72	94.56	12	12	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	10	43.00	39020.78	125.51	10	10	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	11	30.00	18463.20	61.78	7	7	1.000	0.655
Encalado	Febrero	2	12	32.00	21125.92	70.03	9	9	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	13	25.00	15386.00	52.24	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	14	36.00	28938.24	94.25	8	8	1.000	0.540
Encalado	Febrero	2	15	16.50	8095.31	29.64	5	5	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	1	22.00	6908.00	25.96	4	4	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	2	26.00	13797.16	47.31	5	4	0.980	0.697
Encalado	Febrero	3	3	24.00	4823.04	19.49	5	4	0.980	0.921
Encalado	Febrero	3	4	20.00	4019.20	17.00	5	4	0.980	0.697
Encalado	Febrero	3	5	27.00	12208.32	42.39	5	5	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	6	27.00	8478.00	30.82	4	4	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	7	23.00	8738.62	31.63	5	5	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	8	23.00	7962.26	29.22	5	4	0.980	0.825
Encalado	Febrero	3	9	26.00	11271.42	39.48	7	7	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Encalado	Febrero	3	10	26.00	17164.81	57.75	7	7	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	11	18.00	5100.93	20.35	4	4	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	12	18.00	11077.92	38.88	6	6	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	13	22.00	6234.47	23.87	5	5	1.000	0.540
Encalado	Febrero	3	14	22.00	7616.07	28.15	7	7	1.000	0.756
Encalado	Febrero	3	15	22.50	7422.67	27.55	4	4	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	1	27.00	33912.00	109.67	11	11	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	2	24.00	15844.44	53.66	7	6	0.990	0.655
Encalado	Marzo	1	3	14.00	14243.04	48.69	10	10	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	4	23.00	15184.26	51.61	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	5	23.00	19661.90	65.49	9	9	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	6	29.00	21877.17	72.36	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	7	42.00	45135.93	144.46	12	12	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	8	27.00	27468.72	89.69	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	9	32.00	25722.88	84.28	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	10	35.00	43960.00	140.82	14	13	0.997	0.599
Encalado	Marzo	1	11	29.00	27096.04	88.54	10	10	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	12	30.00	22631.55	74.70	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	13	24.00	13734.36	47.12	6	6	1.000	0.786
Encalado	Marzo	1	14	22.00	17684.48	59.36	9	9	1.000	0.540
Encalado	Marzo	1	15	13.00	5398.45	21.28	7	5	0.959	0.910
Encalado	Marzo	2	1	45.00	25751.93	84.37	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	2	30.00	20494.39	68.07	10	8	0.980	0.697
Encalado	Marzo	2	3	28.00	38772.72	124.74	13	13	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	4	10.00	2543.40	12.43	5	4	0.980	0.825
Encalado	Marzo	2	5	35.00	31761.10	103.00	8	8	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
Encalado	Marzo	2	6	29.00	21877.17	72.36	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	7	35.00	26403.48	86.39	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	8	31.00	28131.26	91.75	11	11	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	9	35.00	35607.60	114.92	12	10	0.986	0.672
Encalado	Marzo	2	10	48.00	48833.28	155.92	12	12	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	11	35.00	24727.50	81.20	7	7	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	12	35.00	31761.10	103.00	10	10	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	13	28.00	21122.78	70.02	9	8	0.994	0.630
Encalado	Marzo	2	14	40.00	36298.40	117.07	10	10	1.000	0.540
Encalado	Marzo	2	15	25.00	15386.00	52.24	6	6	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	1	23.00	9551.10	34.15	6	6	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	2	29.00	17847.76	59.87	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	3	25.00	5671.63	22.12	5	5	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	4	26.00	5224.96	20.74	4	4	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	5	28.00	14858.48	50.60	7	7	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	6	30.00	12457.95	43.16	4	4	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	7	24.00	10851.84	38.18	6	6	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	8	28.00	13737.50	47.13	5	5	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	9	29.00	15389.14	52.25	8	8	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	10	29.00	19145.37	63.89	9	9	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	11	20.00	7598.80	28.10	6	6	1.000	0.672
Encalado	Marzo	3	12	21.00	14836.50	50.53	8	8	1.000	0.641
Encalado	Marzo	3	13	26.00	8164.00	29.85	6	6	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	14	24.00	9966.36	35.44	10	10	1.000	0.540
Encalado	Marzo	3	15	23.00	9551.10	34.15	5	5	1.000	0.697
N+P	Diciembre	1	1	15.00	3815.10	16.37	9	9	1.000	0.945

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P	Diciembre	1	2	21.00	3231.06	14.56	10	10	1.000	1.000
N+P	Diciembre	1	3	17.30	3476.61	15.32	8	7	0.992	0.992
N+P	Diciembre	1	4	21.00	11143.86	39.09	10	10	1.000	1.000
N+P	Diciembre	1	5	25.00	15386.00	52.24	11	11	1.000	0.996
N+P	Diciembre	1	6	25.00	14306.63	48.89	13	13	1.000	0.927
N+P	Diciembre	1	7	28.00	14858.48	50.60	7	6	0.990	0.959
N+P	Diciembre	1	8	30.00	14718.75	50.17	13	13	1.000	0.895
N+P	Diciembre	1	9	17.00	7686.72	28.37	5	5	1.000	0.825
N+P	Diciembre	1	10	17.70	3691.63	15.99	7	7	1.000	1.000
N+P	Diciembre	1	11	22.80	6125.59	23.53	9	9	1.000	1.000
N+P	Diciembre	1	12	25.00	9498.50	33.99	11	11	1.000	1.000
N+P	Diciembre	1	13	38.00	20165.08	67.05	7	7	1.000	0.959
N+P	Diciembre	1	14	29.00	13112.64	45.19	12	11	0.997	0.786
N+P	Diciembre	1	15	32.00	19694.08	65.59	15	15	1.000	1.000
N+P	Diciembre	2	1	22.80	6461.18	24.57	4	4	1.000	1.000
N+P	Diciembre	2	2	21.50	5168.73	20.56	4	4	1.000	1.000
N+P	Diciembre	2	3	27.00	5092.10	20.33	5	5	1.000	0.825
N+P	Diciembre	2	4	29.20	8274.84	30.19	4	4	1.000	0.969
N+P	Diciembre	2	5	23.00	8738.62	31.63	5	4	0.980	1.000
N+P	Diciembre	2	6	20.50	8146.83	29.80	6	6	1.000	0.878
N+P	Diciembre	2	7	15.50	4867.00	19.63	5	5	1.000	1.000
N+P	Diciembre	2	8	19.00	3818.24	16.38	5	5	1.000	1.000
N+P	Diciembre	2	9	19.00	2520.64	12.36	2	2	1.000	1.000
N+P	Diciembre	2	10	27.00	6490.97	24.66	4	4	1.000	0.969
N+P	Diciembre	2	11	25.40	9216.80	33.11	6	6	1.000	1.000
N+P	Diciembre	2	12	29.50	14473.44	49.41	8	8	1.000	0.992

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P	Diciembre	2	13	21.10	5072.57	20.27	5	5	1.000	0.921
N+P	Diciembre	2	14	24.00	6104.16	23.46	5	5	1.000	0.980
N+P	Diciembre	2	15	29.00	5469.29	21.50	5	5	1.000	0.980
N+P	Diciembre	3	1	19.00	8591.04	31.17	8	8	1.000	0.878
N+P	Diciembre	3	2	21.00	2575.78	12.53	5	5	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	3	21.00	6268.42	23.97	5	4	0.980	0.921
N+P	Diciembre	3	4	21.00	5341.14	21.10	6	6	1.000	0.786
N+P	Diciembre	3	5	18.00	8831.25	31.92	6	6	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	6	20.00	7598.80	28.10	8	8	1.000	0.992
N+P	Diciembre	3	7	28.00	16023.42	54.21	10	10	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	8	20.00	7598.80	28.10	5	5	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	9	24.00	11775.00	41.04	6	6	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	10	29.00	14228.13	48.65	8	8	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	11	19.00	2923.34	13.60	4	4	1.000	0.878
N+P	Diciembre	3	12	20.00	5086.80	20.31	4	4	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	13	18.50	9076.56	32.68	6	6	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	14	24.50	6231.33	23.86	6	6	1.000	1.000
N+P	Diciembre	3	15	23.00	4337.71	17.99	5	4	0.980	1.000
N+P	Enero	1	1	22.00	14524.07	49.57	11	11	1.000	0.935
N+P	Enero	1	2	25.50	15693.72	53.19	11	11	1.000	0.898
N+P	Enero	1	3	21.50	14193.98	48.54	9	8	0.994	0.975
N+P	Enero	1	4	33.00	39401.51	126.69	13	13	1.000	0.895
N+P	Enero	1	5	37.00	35580.13	114.84	12	12	1.000	0.835
N+P	Enero	1	6	35.00	46185.48	147.72	14	14	1.000	0.599
N+P	Enero	1	7	32.00	27355.68	89.34	8	6	0.969	0.641
N+P	Enero	1	8	36.00	45216.00	144.71	14	14	1.000	0.841

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P	Enero	1	9	30.00	21195.00	70.25	6	6	1.000	0.540
N+P	Enero	1	10	19.50	7408.83	27.51	8	8	1.000	1.000
N+P	Enero	1	11	29.00	15389.14	52.25	10	10	1.000	0.921
N+P	Enero	1	12	33.50	36001.28	116.15	12	12	1.000	0.786
N+P	Enero	1	13	41.00	59510.07	189.02	8	8	1.000	0.732
N+P	Enero	1	14	35.00	27262.07	89.05	13	12	0.997	0.718
N+P	Enero	1	15	44.00	49875.76	159.16	15	15	1.000	0.921
N+P	Enero	2	1	25.00	12265.63	42.56	5	5	1.000	0.825
N+P	Enero	2	2	24.00	7917.51	29.09	5	5	1.000	0.540
N+P	Enero	2	3	27.00	13246.88	45.61	5	5	1.000	0.540
N+P	Enero	2	4	32.00	19694.08	65.59	5	5	1.000	0.825
N+P	Enero	2	5	24.00	16395.51	55.37	6	5	0.986	0.945
N+P	Enero	2	6	26.00	25721.70	84.28	8	8	1.000	0.540
N+P	Enero	2	7	22.00	15543.00	52.72	5	5	1.000	0.540
N+P	Enero	2	8	25.00	17662.50	59.30	6	6	1.000	0.786
N+P	Enero	2	9	27.00	5425.92	21.36	2	2	1.000	0.878
N+P	Enero	2	10	35.00	29920.28	97.29	6	6	1.000	0.540
N+P	Enero	2	11	33.00	35463.95	114.48	7	7	1.000	0.959
N+P	Enero	2	12	30.00	32239.95	104.49	9	9	1.000	0.786
N+P	Enero	2	13	26.00	10796.89	38.01	5	5	1.000	0.540
N+P	Enero	2	14	29.00	12042.69	41.87	6	6	1.000	0.945
N+P	Enero	2	15	34.00	14119.01	48.31	6	6	1.000	0.540
N+P	Enero	3	1	21.00	21962.14	72.62	9	9	1.000	0.540
N+P	Enero	3	2	20.00	9043.20	32.58	6	6	1.000	0.878
N+P	Enero	3	3	26.00	17761.80	59.60	6	5	0.986	0.672
N+P	Enero	3	4	29.00	7791.32	28.69	6	6	1.000	0.786

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P	Enero	3	5	22.00	22381.92	73.93	7	7	1.000	0.655
N+P	Enero	3	6	29.00	26316.34	86.12	9	9	1.000	0.903
N+P	Enero	3	7	31.50	22254.75	73.53	11	11	1.000	0.684
N+P	Enero	3	8	28.00	12660.48	43.79	5	5	1.000	0.697
N+P	Enero	3	9	26.00	20899.84	69.33	7	7	1.000	0.841
N+P	Enero	3	10	41.00	41711.76	133.85	9	9	1.000	0.540
N+P	Enero	3	11	25.00	9498.50	33.99	4	4	1.000	0.540
N+P	Enero	3	12	23.00	11284.38	39.52	5	5	1.000	0.825
N+P	Enero	3	13	25.00	25434.00	83.39	7	7	1.000	0.655
N+P	Enero	3	14	26.00	34476.78	111.42	7	7	1.000	0.540
N+P	Enero	3	15	27.00	12208.32	42.39	5	4	0.980	0.540
N+P	Febrero	1	1	22.00	15543.00	52.72	11	9	0.984	0.935
N+P	Febrero	1	2	28.00	13737.50	47.13	11	8	0.963	0.898
N+P	Febrero	1	3	23.00	7222.00	26.93	8	6	0.969	0.931
N+P	Febrero	1	4	34.00	36538.61	117.81	13	10	0.973	0.817
N+P	Febrero	1	5	40.00	32153.60	104.22	12	11	0.997	0.672
N+P	Febrero	1	6	38.00	36541.75	117.82	14	14	1.000	0.707
N+P	Febrero	1	7	34.00	24021.00	79.01	8	8	1.000	0.641
N+P	Febrero	1	8	40.00	42986.60	137.80	14	13	0.997	0.655
N+P	Febrero	1	9	33.00	14921.28	50.80	6	5	0.986	0.672
N+P	Febrero	1	10	24.00	5444.76	21.42	8	8	1.000	1.000
N+P	Febrero	1	11	33.00	16190.63	54.73	10	9	0.995	0.878
N+P	Febrero	1	12	36.00	30775.14	99.94	12	10	0.986	0.786
N+P	Febrero	1	13	45.00	40835.70	131.13	9	9	1.000	0.540
N+P	Febrero	1	14	37.00	27912.25	91.07	12	12	1.000	0.672
N+P	Febrero	1	15	46.00	44234.75	141.67	15	13	0.991	0.825

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P	Febrero	2	1	28.00	12660.48	43.79	7	7	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	2	24.00	9537.75	34.11	6	5	0.986	0.672
N+P	Febrero	2	3	29.00	13112.64	45.19	5	5	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	4	37.00	18153.13	60.82	5	5	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	5	25.00	15386.00	52.24	6	6	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	6	27.00	35628.80	114.99	13	13	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	7	25.00	20096.00	66.84	6	6	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	8	26.00	22226.49	73.44	11	11	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	9	33.00	7486.55	27.75	3	3	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	10	36.00	27157.86	88.73	7	7	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	11	36.00	49850.64	159.08	10	10	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	12	34.00	40595.49	130.39	14	14	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	13	28.00	11627.42	40.59	7	7	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	14	31.00	11248.85	39.41	5	5	1.000	0.540
N+P	Febrero	2	15	35.00	21540.40	71.32	6	6	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	1	23.00	23399.28	77.08	9	8	0.994	0.786
N+P	Febrero	3	2	27.00	37387.98	120.44	6	6	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	3	26.00	10796.89	38.01	5	5	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	4	33.00	21786.11	72.08	6	6	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	5	29.00	23311.36	76.81	7	7	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	6	34.00	25649.09	84.05	9	8	0.994	0.630
N+P	Febrero	3	7	35.00	24727.50	81.20	11	7	0.935	0.804
N+P	Febrero	3	8	30.00	14718.75	50.17	5	5	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	9	33.00	20309.52	67.50	8	8	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	10	46.00	46798.56	149.62	10	10	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	11	27.00	10258.38	36.34	6	6	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P	Febrero	3	12	27.00	11212.16	39.30	5	5	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	13	31.00	21901.50	72.44	8	8	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	14	29.00	24791.09	81.39	7	7	1.000	0.540
N+P	Febrero	3	15	29.00	16595.69	55.99	6	6	1.000	0.540
N+P	Marzo	1	1	23.50	23907.96	78.66	9	8	0.994	0.712
N+P	Marzo	1	2	29.00	20488.50	68.06	9	9	1.000	0.712
N+P	Marzo	1	3	26.00	13797.16	47.31	6	4	0.945	0.786
N+P	Marzo	1	4	34.00	38540.36	124.02	10	10	1.000	0.540
N+P	Marzo	1	5	40.00	52783.40	168.17	11	11	1.000	0.540
N+P	Marzo	1	6	42.00	60961.53	193.52	14	12	0.990	0.655
N+P	Marzo	1	7	36.00	27157.86	88.73	8	7	0.992	0.641
N+P	Marzo	1	8	42.00	59552.06	189.15	13	12	0.997	0.718
N+P	Marzo	1	9	33.00	21786.11	72.08	8	8	1.000	0.641
N+P	Marzo	1	10	26.00	9878.44	35.16	8	5	0.931	0.811
N+P	Marzo	1	11	37.00	21173.81	70.18	9	8	0.994	0.630
N+P	Marzo	1	12	40.00	42986.60	137.80	12	12	1.000	0.540
N+P	Marzo	1	13	46.00	57776.00	183.65	10	10	1.000	0.540
N+P	Marzo	1	14	40.00	32153.60	104.22	12	8	0.945	0.786
N+P	Marzo	1	15	50.00	67598.31	214.10	14	14	1.000	0.540
N+P	Marzo	2	1	32.00	14469.12	49.40	7	5	0.959	0.756
N+P	Marzo	2	2	26.00	14878.89	50.67	6	6	1.000	0.540
N+P	Marzo	2	3	31.00	24919.04	81.79	5	5	1.000	0.697
N+P	Marzo	2	4	40.00	18086.40	60.61	6	6	1.000	0.540
N+P	Marzo	2	5	25.00	18859.63	63.01	10	10	1.000	0.540
N+P	Marzo	2	6	33.00	43546.31	139.53	13	13	1.000	0.540
N+P	Marzo	2	7	25.00	22686.50	74.87	8	8	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P	Marzo	2	8	26.00	23593.96	77.68	11	7	0.935	0.804
N+P	Marzo	2	9	35.00	10990.00	38.61	4	4	1.000	0.732
N+P	Marzo	2	10	39.00	24002.16	78.95	7	6	0.990	0.655
N+P	Marzo	2	11	41.00	74154.24	234.42	12	12	1.000	0.540
N+P	Marzo	2	12	37.00	58816.13	186.87	15	15	1.000	0.595
N+P	Marzo	2	13	28.00	14858.48	50.60	8	8	1.000	0.641
N+P	Marzo	2	14	35.00	17171.88	57.77	6	6	1.000	0.672
N+P	Marzo	2	15	37.00	18153.13	60.82	6	5	0.986	0.672
N+P	Marzo	3	1	24.00	30144.00	97.99	10	10	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	2	27.50	22105.60	73.07	7	7	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	3	29.00	16595.69	55.99	7	7	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	4	37.00	35580.13	114.84	6	6	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	5	33.00	31733.63	102.92	10	10	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	6	37.00	41940.98	134.56	8	8	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	7	38.00	30545.92	99.23	8	8	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	8	30.00	18463.20	61.78	6	6	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	9	37.00	35580.13	114.84	10	10	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	10	50.00	59699.25	189.61	12	12	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	11	33.00	26526.72	86.77	6	5	0.986	0.672
N+P	Marzo	3	12	30.00	15919.80	53.89	6	6	1.000	0.540
N+P	Marzo	3	13	34.00	42704.00	136.92	8	7	0.992	0.641
N+P	Marzo	3	14	29.00	26316.34	86.12	8	8	1.000	0.641
N+P	Marzo	3	15	31.00	20465.74	67.99	6	6	1.000	0.540
N+P+Enc	Diciembre	1	1	21.00	5951.09	22.99	4	3	0.969	0.878
N+P+Enc	Diciembre	1	2	21.00	12924.24	44.61	4	3	0.969	1.000
N+P+Enc	Diciembre	1	3	20.00	9812.50	34.96	6	6	1.000	0.786

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P+Enc	Diciembre	1	4	20.00	11445.30	40.02	6	6	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	1	5	18.00	10685.81	37.67	4	4	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	1	6	18.00	6531.59	24.79	7	7	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	1	7	32.30	24366.64	80.08	5	5	1.000	0.825
N+P+Enc	Diciembre	1	8	18.20	7890.00	29.00	8	8	1.000	0.969
N+P+Enc	Diciembre	1	9	27.00	9347.00	33.52	4	4	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	1	10	18.00	8138.88	29.77	5	5	1.000	0.825
N+P+Enc	Diciembre	1	11	23.00	10399.68	36.78	4	4	1.000	0.732
N+P+Enc	Diciembre	1	12	20.00	7257.33	27.04	6	6	1.000	0.986
N+P+Enc	Diciembre	1	13	20.00	5667.70	22.11	7	7	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	1	14	18.00	7474.77	27.71	5	5	1.000	0.825
N+P+Enc	Diciembre	1	15	32.00	36273.28	116.99	5	5	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	1	16.00	12070.16	41.96	13	13	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	2	25.50	9688.47	34.58	8	7	0.992	0.969
N+P+Enc	Diciembre	2	3	37.00	3514.45	15.44	5	5	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	4	28.00	9693.18	34.59	6	6	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	5	17.50	7912.80	29.07	6	6	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	6	27.00	17825.00	59.80	10	10	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	7	19.00	22685.72	74.87	16	16	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	8	15.50	8544.63	31.03	7	7	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	9	23.50	13448.23	46.23	6	6	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	10	18.50	8364.96	30.47	6	6	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	2	11	36.00	5538.96	21.71	5	5	1.000	0.980
N+P+Enc	Diciembre	2	12	17.50	6648.95	25.15	6	6	1.000	0.945
N+P+Enc	Diciembre	2	13	25.50	11530.08	40.28	7	7	1.000	0.959
N+P+Enc	Diciembre	2	14	24.00	6447.99	24.53	8	7	0.992	1.000

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P+Enc	Diciembre	2	15	33.50	9493.40	33.97	7	7	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	3	1	29.20	13758.93	47.19	6	6	1.000	0.986
N+P+Enc	Diciembre	3	2	23.00	4062.38	17.13	6	6	1.000	0.986
N+P+Enc	Diciembre	3	3	23.00	4337.71	17.99	7	7	1.000	0.910
N+P+Enc	Diciembre	3	4	22.60	10218.82	36.22	11	11	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	3	5	33.50	10519.00	37.15	8	8	1.000	0.811
N+P+Enc	Diciembre	3	6	23.90	9080.57	32.69	9	9	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	3	7	24.00	9966.36	35.44	5	5	1.000	0.980
N+P+Enc	Diciembre	3	8	19.00	10082.54	35.80	8	8	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	3	9	18.00	5652.00	22.06	7	7	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	3	10	27.00	12208.32	42.39	8	8	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	3	11	25.00	5024.00	20.12	5	5	1.000	0.921
N+P+Enc	Diciembre	3	12	18.00	2034.72	10.85	5	5	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	3	13	25.00	10381.63	36.72	10	10	1.000	1.000
N+P+Enc	Diciembre	3	14	27.00	9347.00	33.52	11	11	1.000	0.984
N+P+Enc	Diciembre	3	15	22.20	7323.70	27.24	5	5	1.000	0.980
N+P+Enc	Enero	1	1	24.00	14770.56	50.33	4	3	0.969	0.732
N+P+Enc	Enero	1	2	24.00	13734.36	47.12	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	1	3	21.00	20194.13	67.14	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	1	4	24.00	24416.64	80.23	6	6	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	1	5	24.00	19292.16	64.35	9	9	1.000	0.712
N+P+Enc	Enero	1	6	25.00	18859.63	63.01	7	5	0.959	0.841
N+P+Enc	Enero	1	7	40.00	50240.00	160.29	9	9	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	1	8	26.00	18369.00	61.49	8	6	0.969	0.878
N+P+Enc	Enero	1	9	30.00	23367.49	76.98	6	6	1.000	0.786
N+P+Enc	Enero	1	10	28.00	15435.46	52.39	5	5	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P+Enc	Enero	1	11	29.00	18490.87	61.86	7	7	1.000	0.655
N+P+Enc	Enero	1	12	29.00	20488.50	68.06	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	1	13	21.00	10303.13	36.48	7	6	0.990	0.756
N+P+Enc	Enero	1	14	25.00	14841.41	50.55	6	6	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	1	15	40.00	36298.40	117.07	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	2	1	24.00	25791.96	84.50	14	14	1.000	0.756
N+P+Enc	Enero	2	2	34.50	22776.38	75.15	9	8	0.994	0.712
N+P+Enc	Enero	2	3	30.00	8501.55	30.90	6	6	1.000	0.945
N+P+Enc	Enero	2	4	27.00	16616.88	56.05	7	7	1.000	0.990
N+P+Enc	Enero	2	5	23.00	19661.90	65.49	7	7	1.000	0.990
N+P+Enc	Enero	2	6	30.50	24517.12	80.54	11	11	1.000	0.747
N+P+Enc	Enero	2	7	29.00	36424.00	117.46	18	18	1.000	0.712
N+P+Enc	Enero	2	8	18.00	11883.33	41.38	8	8	1.000	0.732
N+P+Enc	Enero	2	9	30.50	18770.92	62.73	7	7	1.000	0.756
N+P+Enc	Enero	2	10	22.00	11674.52	40.73	7	7	1.000	0.841
N+P+Enc	Enero	2	11	35.00	12700.32	43.91	5	5	1.000	0.825
N+P+Enc	Enero	2	12	20.00	12308.80	42.70	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	2	13	31.00	21901.50	72.44	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	2	14	27.00	11212.16	39.30	8	7	0.992	0.931
N+P+Enc	Enero	2	15	31.00	11778.14	41.05	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc	Enero	3	1	30.00	24115.20	79.30	7	7	1.000	0.756
N+P+Enc	Enero	3	2	29.00	9106.00	32.77	7	7	1.000	0.655
N+P+Enc	Enero	3	3	28.00	9693.18	34.59	8	8	1.000	0.641
N+P+Enc	Enero	3	4	26.00	19614.01	65.34	13	13	1.000	0.663
N+P+Enc	Enero	3	5	35.00	25558.62	83.77	9	9	1.000	0.630
N+P+Enc	Enero	3	6	27.00	14884.19	50.68	10	10	1.000	0.765

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P+Enc	Enero	3	7	23.50	8928.59	32.22	6	6	1.000	0.672
N+P+Enc	Enero	3	8	26.00	11756.16	40.99	10	10	1.000	1.000
N+P+Enc	Enero	3	9	21.50	9721.44	34.68	8	8	1.000	0.641
N+P+Enc	Enero	3	10	32.00	21125.92	70.03	9	9	1.000	0.945
N+P+Enc	Enero	3	11	29.00	15389.14	52.25	6	6	1.000	0.878
N+P+Enc	Enero	3	12	24.00	6104.16	23.46	5	5	1.000	0.697
N+P+Enc	Enero	3	13	34.50	29492.84	95.97	12	12	1.000	0.786
N+P+Enc	Enero	3	14	35.00	31761.10	103.00	12	12	1.000	0.945
N+P+Enc	Enero	3	15	27.00	9797.39	34.91	6	6	1.000	0.786
N+P+Enc	Febrero	1	1	25.00	10381.63	36.72	7	6	0.990	0.655
N+P+Enc	Febrero	1	2	30.00	24874.69	81.65	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	3	26.00	31043.61	100.78	11	11	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	4	26.00	31043.61	100.78	9	9	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	5	34.00	29065.41	94.64	11	11	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	6	23.00	15184.26	51.61	6	6	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	7	42.00	60961.53	193.52	10	10	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	8	27.00	19716.65	65.66	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	9	34.00	18743.05	62.64	11	11	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	10	27.00	19075.50	63.68	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	11	33.00	24894.71	81.71	10	10	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	12	30.00	15919.80	53.89	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	13	29.00	17216.03	57.91	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	14	24.00	15844.44	53.66	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	1	15	37.00	37642.32	121.23	8	7	0.992	0.641
N+P+Enc	Febrero	2	1	25.00	25434.00	83.39	14	8	0.910	0.841
N+P+Enc	Febrero	2	2	25.00	16504.63	55.71	8	6	0.969	0.732

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P+Enc	Febrero	2	3	30.00	7630.20	28.20	7	4	0.910	0.841
N+P+Enc	Febrero	2	4	34.00	11770.29	41.03	7	4	0.910	0.841
N+P+Enc	Febrero	2	5	26.00	22226.49	73.44	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	2	6	32.00	24140.32	79.38	11	7	0.935	0.804
N+P+Enc	Febrero	2	7	33.00	50152.08	160.01	18	12	0.945	0.786
N+P+Enc	Febrero	2	8	22.00	16596.47	55.99	8	8	1.000	0.641
N+P+Enc	Febrero	2	9	30.00	13564.80	46.59	7	6	0.990	0.655
N+P+Enc	Febrero	2	10	22.00	10793.75	38.00	7	6	0.990	0.655
N+P+Enc	Febrero	2	11	39.00	9919.26	35.29	4	4	1.000	0.540
N+P+Enc	Febrero	2	12	21.00	11143.86	39.09	7	4	0.910	0.841
N+P+Enc.	Febrero	2	13	39.00	29421.02	95.75	9	9	1.000	0.540
N+P+Enc.	Febrero	2	14	25.50	11530.08	40.28	7	6	0.990	0.655
N+P+Enc.	Febrero	2	15	30.00	11398.20	39.88	7	4	0.910	0.841
N+P+Enc.	Febrero	3	1	37.00	27912.25	91.07	7	4	0.910	0.756
N+P+Enc.	Febrero	3	2	36.00	13677.84	46.94	7	4	0.910	0.756
N+P+Enc.	Febrero	3	3	32.00	9551.88	34.15	13	5	0.817	0.927
N+P+Enc.	Febrero	3	4	29.00	19145.37	63.89	9	8	0.994	0.712
N+P+Enc.	Febrero	3	5	35.00	26403.48	86.39	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc.	Febrero	3	6	32.50	18598.61	62.20	10	5	0.878	0.878
N+P+Enc.	Febrero	3	7	28.00	19782.00	65.87	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc.	Febrero	3	8	32.00	16981.12	57.18	10	7	0.955	0.765
N+P+Enc.	Febrero	3	9	26.00	9878.44	35.16	8	5	0.931	0.811
N+P+Enc.	Febrero	3	10	32.00	18312.48	61.31	9	6	0.945	0.786
N+P+Enc.	Febrero	3	11	30.00	19805.55	65.94	6	5	0.986	0.672
N+P+Enc.	Febrero	3	12	28.00	4308.08	17.90	5	3	0.921	0.825
N+P+Enc.	Febrero	3	13	30.00	22631.55	74.70	12	7	0.914	0.835

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P+Enc.	Febrero	3	14	32.00	22608.00	74.63	12	8	0.945	0.835
N+P+Enc.	Febrero	3	15	22.00	7983.06	29.29	6	4	0.945	0.786
N+P+Enc.	Marzo	1	1	26.00	9878.44	35.16	6	5	0.986	0.672
N+P+Enc.	Marzo	1	2	33.00	28210.55	91.99	9	8	0.994	0.630
N+P+Enc.	Marzo	1	3	26.00	26451.36	86.54	11	11	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	1	4	26.00	23593.96	77.68	9	8	0.994	0.630
N+P+Enc.	Marzo	1	5	37.00	39762.61	127.81	11	10	0.996	0.614
N+P+Enc.	Marzo	1	6	27.00	25963.88	85.03	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	1	7	48.00	79730.88	251.71	13	13	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	1	8	35.00	31761.10	103.00	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	1	9	37.00	26140.50	85.58	11	9	0.984	0.684
N+P+Enc.	Marzo	1	10	29.00	16595.69	55.99	8	7	0.992	0.641
N+P+Enc.	Marzo	1	11	35.00	26403.48	86.39	10	8	0.980	0.697
N+P+Enc.	Marzo	1	12	32.00	22608.00	74.63	8	6	0.969	0.732
N+P+Enc.	Marzo	1	13	33.00	24894.71	81.71	8	6	0.969	0.732
N+P+Enc.	Marzo	1	14	28.00	17232.32	57.96	8	7	0.992	0.641
N+P+Enc.	Marzo	1	15	39.00	39677.04	127.54	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	1	26.50	30834.51	100.13	11	11	1.000	0.614
N+P+Enc.	Marzo	2	2	26.00	18369.00	61.49	7	7	1.000	0.655
N+P+Enc.	Marzo	2	3	30.00	11922.19	41.50	6	6	1.000	0.786
N+P+Enc.	Marzo	2	4	37.00	23591.80	77.68	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	5	28.00	19782.00	65.87	7	7	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	6	32.00	36273.28	116.99	12	12	1.000	0.608
N+P+Enc.	Marzo	2	7	36.00	59798.16	189.92	18	18	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	8	23.00	14665.17	50.00	9	9	1.000	0.630
N+P+Enc.	Marzo	2	9	31.00	21901.50	72.44	8	8	1.000	0.540

<b>Práctica</b>	<b>Meses</b>	<b>Replica</b>	<b>Planta</b>	<b>Altura</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso pronosticado</b>	<b>N. Macollos</b>	<b>Macollos vivos</b>	<b>Mortalidad vegetativa</b>	<b>Macollos reproductivos</b>
N+P+Enc.	Marzo	2	10	24.00	15844.44	53.66	8	8	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	11	42.00	13188.00	45.42	5	5	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	12	22.00	17136.16	57.66	6	6	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	13	45.00	25751.93	84.37	11	11	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	14	28.00	19782.00	65.87	6	6	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	2	15	32.00	18312.48	61.31	6	6	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	3	1	41.00	37205.86	119.88	7	7	1.000	0.655
N+P+Enc.	Marzo	3	2	38.00	11932.00	41.53	7	5	0.959	0.756
N+P+Enc.	Marzo	3	3	36.00	16277.76	55.00	13	5	0.817	0.927
N+P+Enc.	Marzo	3	4	31.00	35139.74	113.47	11	11	1.000	0.614
N+P+Enc.	Marzo	3	5	37.00	44177.45	141.49	9	9	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	3	6	33.00	17511.78	58.83	10	8	0.980	0.697
N+P+Enc.	Marzo	3	7	30.50	31029.48	100.73	10	10	1.000	0.540
N+P+Enc.	Marzo	3	8	32.00	22608.00	74.63	10	8	0.980	0.765
N+P+Enc.	Marzo	3	9	27.50	14593.15	49.78	8	5	0.931	0.811
N+P+Enc.	Marzo	3	10	35.00	24727.50	81.20	9	8	0.994	0.786
N+P+Enc.	Marzo	3	11	35.00	23106.48	76.17	6	5	0.986	0.786
N+P+Enc.	Marzo	3	12	31.00	10731.74	37.81	5	4	0.980	0.697
N+P+Enc.	Marzo	3	13	31.00	24919.04	81.79	12	10	0.986	0.732
N+P+Enc.	Marzo	3	14	35.00	41789.48	134.09	12	12	1.000	0.608
N+P+Enc.	Marzo	3	15	25.00	12265.63	42.56	5	5	1.000	0.825

#### ANEXO 4. Promedio de datos del parámetro del vigor

Mes	Tratamiento	Repetición	Altura	Promedio	Volumen	Promedio
Diciembre	Control	1	19.41	19.93	7575.00	7339.47
		2	21.53		10189.09	
		3	18.85		4254.32	
	Encalado	1	20.63	21.38	8219.14	7523.80
		2	23.00		9709.14	
		3	20.51		4643.12	
	N+P	1	24.25	23.18	10727.38	8488.60
		2	23.57		6661.03	
		3	21.73		7765.83	
	N+P+Encalado	1	21.77	23.35	11611.05	10034.90
		2	24.27		10227.13	
		3	24.03		8266.51	
Enero	Control	1	24.67	23.03	15943.42	12885.01
		2	25.00		16509.35	
		3	19.43		6666.30	
	Encalado	1	29.43	25.19	17287.22	14578.34
		2	27.87		17239.27	
		3	22.77		9208.52	
	N+P	1	31.60	28.72	30319.51	22642.97
		2	27.93		17897.03	
		3	26.63		19712.37	
	N+P+Encalado	1	27.33	27.78	21273.45	18503.76
		2	27.50		17767.96	
		3	28.50		16469.86	
Febrero	Control	1	24.37	24.04	18412.89	14181.88
		2	27.07		17064.38	
		3	20.70		7068.38	

**Continuación**

Mes	Tratamiento	Repetición	Altura	Promedio	Volumen	Promedio
Febrero	Encalado	1	24.20	25.47	18448.10	15979.97
		2	29.10		20636.96	
		3	23.10		8854.86	
	N+P	1	34.20	31.69	25937.24	23089.13
		2	30.27		21087.23	
		3	30.60		22242.92	
	N+P+Encalado	1	29.80	29.82	24773.82	20031.39
		2	28.90		18148.36	
		3	30.77		17171.98	
Marzo	Control	1	28.33	26.90	19914.14	16640.18
		2	29.40		21536.55	
		3	22.97		8469.84	
	Encalado	1	26.27	28.18	23303.68	20752.88
		2	32.60		27298.14	
		3	25.67		11656.83	
	N+P	1	36.30	34.09	36702.78	31201.08
		2	32.67		26612.39	
		3	33.30		30288.07	
	N+P+Encalado	1	32.73	32.26	29260.30	25646.05
		2	30.83		23143.51	
		3	33.20		24534.34	

## ANEXO 5. Promedio de pesos estimados

Mes	Tratamiento	Repetición	Peso estimado	Promedio
Diciembre	Control	1	28.02	27.29
		2	36.13	
		3	17.73	
	Encalado	1	30.02	27.87
		2	34.64	
		3	18.94	
	N+P	1	37.80	30.53
		2	25.19	
		3	28.62	
N+P+Encalado	1	40.54	35.65	
	2	36.25		
	3	30.17		
Enero	Control	1	53.97	44.96
		2	55.72	
		3	25.21	
	Encalado	1	58.13	49.73
		2	57.98	
		3	33.09	
	N+P	1	98.53	74.73
		2	60.02	
		3	65.65	
N+P+Encalado	1	70.49	61.90	
	2	59.62		
	3	55.60		
Febrero	Control	1	61.62	48.51
		2	57.44	
		3	26.45	

**Continuación**

<b>Mes</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso estimado</b>	<b>Promedio</b>
Febrero	Encalado	1	61.73	54.08
		2	68.52	
		3	31.99	
	N+P	1	84.95	76.12
		2	69.91	
		3	73.49	
	N+P+Encalado	1	81.34	66.64
		2	60.80	
		3	57.77	
Marzo	Control	1	66.28	56.13
		2	71.30	
		3	30.80	
	Encalado	1	76.78	68.88
		2	89.17	
		3	40.68	
	N+P	1	118.32	101.26
		2	87.04	
		3	98.43	
	N+P+Encalado	1	95.25	84.04
		2	76.29	
		3	80.60	

**ANEXO 6. Promedio de promedios de porcentaje de macollos reproductivos**

<b>Mes</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>% Macollo reproductivo</b>	<b>Promedio</b>
Diciembre	Control	1	5.06	35.56
		2	66.60	
		3	35.00	
	Encalado	1	12.16	18.75
		2	22.10	
		3	22.00	
	N+P	1	21.56	17.67
		2	16.83	
		3	14.61	
	N+P+Encalado	1	27.56	16.82
		2	7.13	
		3	15.79	
Enero	Control	1	85.37	76.69
		2	68.47	
		3	76.22	
	Encalado	1	82.01	80.87
		2	89.28	
		3	71.33	
	N+P	1	56.31	69.73
		2	73.24	
		3	79.66	
	N+P+Encalado	1	85.58	71.90
		2	64.18	
		3	65.93	
Febrero	Control	1	91.31	86.74
		2	74.46	
		3	94.44	

**Continuación**

<b>Mes</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>% Macollo reproductivo</b>	<b>Promedio</b>
Febrero	Encalado	1	91.26	92.21
		2	96.90	
		3	88.76	
	N+P	1	63.95	85.82
		2	98.89	
		3	94.61	
	N+P+Encalado	1	98.21	80.97
		2	75.71	
		3	69.00	
Marzo	Control	1	95.53	93.97
		2	94.94	
		3	91.44	
	Encalado	1	92.54	94.47
		2	94.15	
		3	96.72	
	N+P	1	85.19	90.79
		2	88.22	
		3	97.22	
	N+P+Encalado	1	89.26	86.70
		2	94.92	
		3	75.93	

**ANEXO 7. Promedio de promedios de porcentaje de macollos vegetativos**

<b>Mes</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>% Macollos vegetativos</b>	<b>Promedio</b>
Diciembre	Control	1	94.94	64.44
		2	33.40	
		3	65.00	
	Encalado	1	87.84	81.25
		2	77.90	
		3	78.00	
	N+P	1	78.44	82.33
		2	83.17	
		3	85.39	
	N+P+Encalado	1	72.44	83.18
		2	92.87	
		3	84.21	
Enero	Control	1	14.63	23.31
		2	31.53	
		3	23.78	
	Encalado	1	17.99	19.93
		2	10.72	
		3	28.67	
	N+P	1	43.69	30.27
		2	26.76	
		3	20.34	
	N+P+Encalado	1	14.42	28.10
		2	35.82	
		3	34.07	
Febrero	Control	1	8.69	13.26
		2	25.54	
		3	5.56	

**Continuación**

<b>Mes</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>% Macollo vegetativo</b>	<b>Promedio</b>
Febrero	Encalado	1	8.74	7.79
		2	3.40	
		3	11.24	
	N+P	1	36.05	14.18
		2	1.11	
		3	5.39	
	N+P+Encalado	1	1.79	19.03
		2	24.29	
		3	31.00	
Marzo	Control	1	4.47	6.03
		2	5.06	
		3	8.56	
	Encalado	1	7.46	5.53
		2	5.85	
		3	3.28	
	N+P	1	14.81	9.79
		2	11.78	
		3	2.78	
	N+P+Encalado	1	10.74	13.30
		2	5.08	
		3	24.07	

**ANEXO 8. Promedio de promedios de porcentaje de mortalidad de macollos**

Mes	Tratamiento	Repetición	% Mortalidad de macollos	Promedio
Diciembre	Control	1	1.67	3.67
		2	2.67	
		3	6.67	
	Encalado	1	5.56	3.19
		2	0.00	
		3	4.00	
	N+P	1	2.34	2.11
		2	1.33	
		3	2.67	
	N+P+Encalado	1	3.33	1.67
		2	1.67	
		3	0.00	
Enero	Control	1	1.33	3.30
		2	2.44	
		3	6.11	
	Encalado	1	4.33	4.04
		2	1.67	
		3	6.11	
	N+P	1	2.92	2.16
		2	1.11	
		3	2.44	
	N+P+Encalado	1	6.19	2.59
		2	1.57	
		3	0.00	
Febrero	Control	1	1.67	7.70
		2	21.43	
		3	0.00	

**Continuación**

<b>Mes</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>% Mortalidad de macollos</b>	<b>Promedio</b>
Febrero	Encalado	1	0.67	2.00
		2	0.00	
		3	5.33	
	N+P	1	11.04	5.35
		2	1.11	
		3	3.91	
	N+P+Encalado	1	1.79	18.95
		2	23.46	
		3	31.61	
Marzo	Control	1	4.47	3.79
		2	1.11	
		3	5.78	
	Encalado	1	3.33	2.62
		2	4.52	
		3	0.00	
	N+P	1	10.72	6.35
		2	6.39	
		3	1.94	
	N+P+Encalado	1	10.74	8.74
		2	0.00	
		3	16.58	

## ANEXO 9. Análisis de varianza de la altura de planta

F.V	G.L	S.C	C.M	F.cal.	P <sub>valor</sub>	Sig.
<b>Práctica</b>	3	4138.45	1379.48	21.58	<0.0001	**
<b>Meses</b>	3	6680.52	2226.849	34.84	<0.0001	**
<b>Práctica*Meses</b>	9	396.15	44.02	0.69	0.7133	N.S
<b>Replica</b>	2	750.40	375.2	5.87	0.0071	**
<b>Práctica*Meses*Replica</b>	30	1917.42	63.91	1.92	0.0024	**
<b>Error experimental</b>	672	22318.75	33.21			
<b>Total</b>	719	36201.68				

$R^2 = 0.383489$     C.V = 21.69518    Root MSE = 5.763022    Media = 26.56361

## Evaluación de ortogonales en la altura de planta

Contrastes	G.L	S.C	C.M	F.cal	P <sub>valor</sub>	Significancia ( $\alpha = 0.05$ )	Estimador
<b>Control vs Prácticas</b>	1	2285.37	2285.37	68.81	< 0.0001	**	-12.343
<b>N+P vs N+P+Enc.</b>	1	112.67	112.67	3.39	0.066	N.S	1.119
<b>(N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado</b>	1	1740.40	1740.40	52.40	< 0.0001	**	7.617

## Prueba de comparación de medias por DLS

Práctica	Promedio	Agrupamiento por DLS
N+P	29.421	A
N+P+Encalado	28.302	A
Encalado	25.053	B
Control	23.477	B

## ANEXO 10. Análisis de varianza de volumen de planta

F.V	G.L	S.C	C.M	F.cal.	P valor	Sig.
<b>Práctica</b>	3	7911799412	2637266471	14.97	<0.0001	**
<b>Meses</b>	3	21609404926	7203134975	40.90	<0.0001	**
<b>Práctica*Meses</b>	9	2295188043	255020894	1.45	0.2126	N.S
<b>Replica</b>	2	6133614714	3066807357	17.41	<.0001	**
<b>Práctica*Meses*Replica</b>	30	5283428264	176114275	1.97	0.0016	**
<b>Error experimental</b>	672	59964209072	89232453.977			
<b>Total</b>	719	103197644432				

R<sup>2</sup> = 0.418938    C.V = 56.06728    Root MSE = 9446.293    Media = 16848.14

## Evaluación de ortogonales en el volumen de planta

Contrastes	G.L	S.C	C.M	F.cal.	P valor	Significancia ( $\alpha = 0.05$ )	Estimador
<b>Control vs Prácticas</b>	1	3932391771	3932391771	44.07	<.0001	**	-16191.34
<b>N+P vs N+P+Enc.</b>	1	693285984	693285984	7.77	0.0055	**	2775.46
<b>(N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado</b>	1	3286121657	3286121657	36.83	<.0001	**	10466.01

## Prueba de comparación de medias por DLS

Práctica	Promedio	Agrupamiento por DLS
N+P	21329	A
N+P+Encalado	18554	A
Encalado	14709	B
Control	12800	B

## ANEXO 11. Análisis de varianza de peso estimado

F.V	G.L	S.C	C.M	F.cal.	P <sub>valor</sub>	Sig.
Práctica	3	76035.37	25345.12	14.98	<0.0001	**
Meses	3	207668.12	69222.71	40.90	<0.0001	**
Práctica*Meses	9	22056.57	2450.73	1.45	0.2126	N.S
Replica	2	58945.63	29472.81	17.41	<.0001	**
Práctica*Meses*Replica	30	50773.94	1692.47	1.97	0.0016	**
Error experimental	672	576257.91	857.53			
<b>Total</b>	<b>719</b>	<b>991737.55</b>				

$R^2 = 0.418941$  C.V = 51.58230 Root MSE = 29.28356 Media = 56.77056

## Evaluación de ortogonales en el peso estimado

Contrastes	G.L	S.C	C.M	F.cal.	P <sub>valor</sub>	Significancia ( $\alpha = 0.05$ )	Estimador
Control vs Prácticas	1	37791.23	37791.23	44.07	<0.0001	**	-50.194
N+P vs N+P+Enc.	1	6662.93	6662.93	7.77	0.0055	**	8.604
(N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado	1	31581.21	31581.21	36.83	<0.0001	**	32.445

## Prueba de comparación de medias por DLS

Práctica	Promedio	Agrupamiento por DLS
N+P	70.66	A
N+P+Encalado	62.06	A
Encalado	50.14	B
Control	44.22	B

**ANEXO 12. Análisis de varianza de parámetro de porcentaje de mortalidad vegetativa**

<b>F.V</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.cal.</b>	<b>P<sub>valor</sub></b>	<b>Sig.</b>
<b>Práctica</b>	3	0.0095	0.0032	1.90	0.1510	N.S
<b>Meses</b>	3	0.012	0.0041	2.48	0.0805	N.S
<b>Práctica*Meses</b>	9	0.024	0.0027	1.63	0.1508	N.S
<b>Replica</b>	2	0.0018	0.0009	0.54	0.5888	N.S
<b>Práctica*Meses*Replica</b>	30	0.050	0.0016	6.18	<.0001	**
<b>Error experimental</b>	672	0.1812	0.0002			
<b>Total</b>	719	0.280				

$R^2 = 0.351488$  C.V = 1.656031 Root MSE = 0.016446 Media = 0.993118

**Evaluación de ortogonales del porcentaje de mortalidad vegetativa**

<b>Contrastes</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.cal.</b>	<b>P<sub>valor</sub></b>	<b>Significancia (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>	<b>Estimador</b>
<b>Control vs Prácticas</b>	1	0.000062	0.000062	0.23	0.6313	N.S	0.0020
<b>N+P vs N+P+Enc.</b>	1	0.006682	0.006682	24.70	<.0001	**	0.0086
<b>(N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado</b>	1	0.002787	0.002787	10.30	0.0014	**	-0.0096

**Prueba de comparación de medias por DLS**

<b>Práctica</b>	<b>Promedio</b>	<b>Agrupamiento por DLS</b>
Encalado	8.79	A
N+P	9.34	AB
Control	11.30	AB
N+P+Encalado	16.14	B

**ANEXO 13. Análisis de varianza de parámetro de porcentaje de macollos reproductivos**

<b>F.V</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.cal.</b>	<b>P<sub>valor</sub></b>	<b>Sig.</b>
<b>Práctica</b>	3	0.411	0.137	1.90	0.1517	N.S
<b>Meses</b>	3	12.05	4.017	55.47	<.0001	**
<b>Práctica*Meses</b>	9	0.21	0.023	0.33	0.9579	N.S
<b>Replica</b>	2	0.01	0.007	0.10	0.9039	N.S
<b>Práctica*Meses*Replica</b>	30	2.17	0.072	6.10	<.0001	**
<b>Error experimental</b>	672	7.98	0.011			
<b>Total</b>	719	22.85				

R<sup>2</sup> = 0.650605    C.V = 15.11798    Root MSE = 0.109004    Media = 0.721021

**Evaluación de ortogonales del porcentaje de macollos reproductivos**

<b>Contrastes</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.cal.</b>	<b>P<sub>valor</sub></b>	<b>Significancia (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>	<b>Estimador</b>
<b>Control vs Prácticas</b>	1	0.135	0.135	11.39	0.0008	**	-0.095
<b>N+P vs N+P+Enc.</b>	1	0.016	0.016	1.42	0.2335	N.S	-0.014
<b>(N+P) + (N+P+Enc.) vs Encalado</b>	1	0.259	0.259	21.85	< 0.0001	**	0.093

**Prueba de comparación de medias por DLS**

<b>Práctica</b>	<b>Promedio</b>	<b>Agrupamiento por DLS</b>
Control	79.92	A
Encalado	79.83	A
N+P	74.13	A
N+P+Encalado	72.08	A

## ANEXO 14. Archivo Fotográfico



Establecimiento de parcelas



Identificación de muestras



Corte de uniformización



Aplicación de fertilizante



Encalado de las parcelas



Medición de macollos