

Programa Presupuestal 084

**MANEJO EFICIENTE DE LOS
RECURSOS FORESTALES Y DE FAUNA SILVESTRE**



**“VALORACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL
DE TRES SISTEMAS DE SILVOPASTURAS,
EN LA REGIÓN CAJAMARCA”**

AGOSTO, 2014

EDITORIAL

La Región Cajamarca considerada de importancia ganadera, además de la actividad minera, cuenta con macizos forestales en extensiones considerables, reforestadas con especies de coníferas y latifoliadas exóticas, en cuyo sotobosque prosperan arbustos y hierbas nativas de bajo valor nutricional en la alimentación animal. Asimismo, debido al minifundio en las pequeñas parcelas que conducen los pobladores rurales, por necesidad realizan simultáneamente actividades agropecuaria y forestales; de subsistencia y en muchos casos temporales.

Debido a la necesidad actual de forraje por el incremento de la actividad pecuaria, para la producción especialmente de leche (especie bovina) y de carne por animales menores (principalmente cuyes); es urgente aprovechar las áreas reforestadas, instalando especies forrajeras introducidas y adaptadas a diferentes condiciones de suelo, clima e intensidad de luz que se filtra a través de la copa de los árboles.

Considerando que en la zona rural la agricultura, ganadería y la actividad forestal se practican de manera simultánea; debe manejarse el recurso suelo de tal manera que nos permita el usufructo con ciertos productos mientras otros llegan a la edad o época ideal para su aprovechamiento.

En el presente trabajo de investigación se realiza una evaluación técnica, económica y ambiental sobre las silvopasturas, demostrándose que es posible realizar las asociaciones de pastos con árboles en las parcelas de los agricultores de la región, con lo cual se estaría mejorando en gran parte la economía local.

Roberto Santos Gueudet

Jefe

Instituto Nacional de Innovación Agraria

Esta publicación ha sido posible gracias al esfuerzo y dedicación del equipo técnico de la Sub Dirección de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Innovación Agraria.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA

Av. La Molina N° 1981, Lima 12, Casilla N° 2791 – Lima 1
Central telefónica/ Fax 511 – 349 - 2600 Anexo: 243 - 285
Correo electrónico: imagen2@inia.gob.pe
<http://www.inia.gob.pe>

HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERU N° 2014 - 11293

Primera edición: Agosto 2014

Tiraje: 500 ejemplares

Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización

Programa Presupuestal 084 – “Manejo eficiente de los recursos forestales y de fauna silvestre”.

ELABORACIÓN Y EDICIÓN DEL DOCUMENTO

Miguel Ángel Villar Cabeza

José Eloy Cuéllar Bautista

Susan Lisbeth Valentin Castañeda

COORDINACIÓN EDITORIAL, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Walter Risi Carbone

IMPRESIÓN

Corporación Gráfica Andina SAC

CONTENIDO	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. ANTECEDENTES	14
1.1. Problemática	14
1.2. Justificación	15
1.3. Objetivos	15
2. MARCO TEÓRICO	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Materiales	19
3.1.1. Zona de estudio	19
a. Localización	19
b. Clima	19
c. Fisiografía	19
d. Suelos	21
e. Recurso hídrico	21
f. Ecología	21
g. Zona agroecológica	21
3.1.2. Descripción de las especies forrajeras establecidas bajo las condiciones de los campos experimentales.	22
a. Rye grass Ecotipo Cajamarquino <i>Lolium sp.</i>	22
b. Pasto Ovillo <i>Dactylis sp.</i>	23
c. Falaris <i>Phalaris sp.</i>	24
d. Trébol blanco <i>Trifolium repens L.</i>	25
e. Trébol rojo <i>Trifolium pratense.</i>	26
f. Aliso <i>Alnus acuminata.</i>	27
g. Eucalipto <i>Eucalyptus vimminalis.</i>	28
h. Tara o Taya <i>Caesalpinea spinosa.</i>	29
3.1.3. Descripción de las parcelas experimentales	30
3.2. Metodología	32
4. RESULTADOS	33
5. EVALUACIÓN	41
5.1 Valoración técnica	41
5.2 Valoración ambiental	42
5.3 Valoración económica	44
6. CONCLUSIONES	50
7. RECOMENDACIONES	51
 BIBLIOGRAFÍA	 52
 ANEXOS	 55

FIGURAS	Pág.
Figura N° 1. Plano Cochamarca.....	20
Figura N° 2. Rye Grass Ecotipo Cajamarquino	22
Figura N° 3. Pasto Ovillo	23
Figura N° 4. Falaris.....	24
Figura N° 5. Trébol blanco.....	25
Figura N° 6. Trébol rojo	26
Figura N° 7. Alnus acuminata	27
Figura N° 8. Eucalyptus viminalis.....	28
Figura N° 9. Caesalpinia spinosa.....	29
Figura N° 10. Distribución de parcelas.....	31
Figura N° 11. Alnus acuminata	31
Figura N° 12. Eucalyptus viminalis.....	31
Figura N° 13. Caesalpinia spinosa morfotipo Blanca o Almidón.....	32
Figura N° 14. Caesalpinia spinosa morfotipo Roja o Morocha.....	32
Figura N° 15. Caesalpinia spinosa morfotipo Barbada o Celendina.....	32
Figura N° 16. Altura de la especie Aliso hasta la edad de dos años	34
Figura N° 17. Peso fresco y seco de la asociación de pastos cultivados.....	35
Figura N° 18. Altura de la especie Eucalipto hasta la edad de dos años.....	36
Figura N° 19. Peso fresco y seco de la asociación de pastos cultivados.....	37
Figura N° 20. Altura de la especie forestal hasta la edad de dos años.....	39
Figura N° 21. Peso fresco y seco de la asociación de pastos cultivados.....	40
Figura N° 22. Mulching en plantación de Aliso con asociación de pastos cultivados.....	56
Figura N° 23. Plantación de Aliso y asociación de pastos cultivados	56
Figura N° 24. Plantación de Eucalipto y asociación de pastos cultivados en época lluviosa.....	57
Figura N° 25. Plantación de Eucalipto y asociación de pastos cultivados en época seca.....	57
Figura N° 26. Pastoreo de ganado vacuno en plantación de Eucalipto con asociación de pastos cultivados.....	58
Figura N° 27. Plantación de Tara y asociación de pastos cultivados.....	58
Figura N° 28. Plantación de Tara y asociación de pastos cultivados en época seca.....	59
Figura N° 29. Plantación de Tara y asociación de pastos cultivados en época lluviosa.....	59

TABLAS	Pág.
Tabla N° 1. Parámetros edáficos del suelo	21
Tabla N° 2. Análisis emitido por el laboratorio de suelos de la estación experimental agraria Baños del Inca.....	30
Tabla N° 3. Evaluaciones periódicas: plantación de aliso.....	34
Tabla N° 4. Evaluaciones periódicas: plantación de eucalipto	36
Tabla N° 5. Evaluaciones periódicas: plantación de tara.....	38
Tabla N° 6. Análisis bromatológico de la asociación de pastos cultivados.....	42
Tabla N° 7. Evaluación matricial de aspectos ambientales en la instalación de sistemas agrosilvopasturas	43
Tabla N° 8. Presupuesto de instalación del sistema silvopastoril: Aliso.....	44
Tabla N° 9. Presupuesto de instalación del sistema silvopastoril: Eucalipto.....	46
Tabla N° 10. Presupuesto de instalación del sistema silvopastoril: Tara.....	47
Tabla N° 11. Balance económico de los tres sistemas silvopastoriles.....	49

INTRODUCCIÓN

En la región andina del país, los recursos naturales ligados a la actividad pecuaria se encuentran en un proceso de deterioro, esta situación es el producto de cientos de años de realizar prácticas incompatibles con el medio y a la falta de generación de alternativas sostenibles para mantener el paisaje productivo.

La agroforestería es el conjunto de técnicas de uso de la tierra, donde se combinan árboles con cultivos anuales o perennes, con pasturas para animales domésticos o con ambos. El término es relativamente nuevo para una práctica tan antigua, por lo que se debe rescatar el conocimiento existente, mejorarlo, adecuarlo, revalorarlo y promover las prácticas forestales, los sistemas de uso de la tierra a los que nos referimos bajo éste término son: la agroforestería (combinación de árboles con cultivos) y la silvopastura (combinación de árboles con pastos) o la agrosilvopastura (combinación de cultivos, pastos y árboles).

Los sistemas silvopastoriles constituyen una rama de la agroforestería y se convierten en una alternativa para manejar sistemas ecológicos ocupados por bosques, pastos y ganado; árboles y arbustos de preferencia fijadores de nitrógeno, (leguminosas) se asocian con pastos en una integración de sus respectivos requerimientos edafológicos, ciclo de vida y producción, se crean interacciones biológicas, ecológicas y económicas, las cuales contribuyen a lograr una producción sostenible, normalmente con un beneficio total en términos de productividad. La mayoría de estas especies son leguminosas, lo cual no indica que necesariamente todas las leguminosas fijen nitrógeno. También se incluyen especies que, sin ser leguminosas, fijan nitrógeno atmosférico, en este caso representadas por Aliso, Casuarina y Pino. Es importante recordar además, que las especies arbustivas y arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como si lo hacen la gran mayoría de las gramíneas utilizadas para el pastoreo. De allí la mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje de las especies leñosas a través del tiempo.

Debido a estas consideraciones, en el INIA se plantea este tipo de trabajos de investigación desde el año 2000, llevándolos a cabo en diferentes condiciones de suelo, clima y componentes del sistema, obteniendo hasta la fecha resultados satisfactorios que superan los rendimientos promedio normales de la zona; los mismos que a través del presente documento ponemos al alcance de los interesados en mejorar los sistemas de producción pecuaria altoandina.

La región Cajamarca es una de las más importantes en cuanto a su volumen poblacional, se ubica en el cuarto lugar, después de las regiones de Lima, Piura y La Libertad, albergando al 5,19% de la población del país. La producción de la región Cajamarca es mayoritariamente primaria, la transformación y formación de valor agregado se da en muchos casos fuera de la región. Las actividades que más contribuyen al PBI regional son agricultura, ganadería, servicios y minería.

La agricultura es de gran importancia en Cajamarca tanto económica como socialmente, es la principal fuente de ingresos y empleo para un 80% de los hogares cajamarquinos. A nivel nacional es la región con mayor número de agricultores que abarcan unos (650 000 ha) de la superficie agrícola del país. No obstante los ingresos agrarios son muy bajos, explicando en gran medida, los altos niveles de pobreza en esta región y la actividad ganadera tiene una gran importancia para Cajamarca, se organiza esencialmente para el mercado local, regional y nacional. La superficie productiva destinada a la actividad pecuaria es considerable. Esta genera buena parte de los ingresos y es la base de la producción de un alto porcentaje de unidades domesticas siendo necesario ampliar y diversificar productos agropecuarios.

Con respecto a la zona en donde se desarrolla el estudio, varios autores, entre ellos; Guevara (1943), Padilla (1995), Reynel y Felipe (1987), Sánchez, Pajares y Bazán (1994); señalan las características fisiográficas, climatológicas y edáficas de la región Cajamarca, las mismas que son favorables para conducir las parcelas racionalmente mediante técnicas como la agroforestería y la silvopastura.

En el presente estudio se pretende realizar una valoración técnica, económica y ambiental, en base a la información de campo relacionada al establecimiento, manejo y conducción de un sistema silvopastoril. Se pretende demostrar que éste sistema nos permite aprovechar integralmente el suelo; ya que los pastos son aprovechados en periodos cortos dependiendo del clima, la fertilidad del suelo y el periodo vegetativo de la especie forrajera para la alimentación de cualquier especie animal herbívora; mientras la especie forestal va desarrollándose hasta llegar a la edad oportuna de aprovechamiento según el fin o uso que se le desee dar al producto. Esto permite al propietario de la parcela, obtener ingresos económicos todo el año y todos los años hasta que los árboles sean aprovechados.

**“VALORACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y
AMBIENTAL DE TRES SISTEMAS DE
SILVOPASTURAS,
EN LA REGIÓN CAJAMARCA”**



1. ANTECEDENTES

En el año 1993, la asociación civil para la investigación y el desarrollo forestal ADEFOR inició un ensayo silvopastoril sobre 12 hectáreas de la Cooperativa Agraria de Trabajadores CAT “Atahualpa Jerusalén”, utilizó como especie arbórea al Pino *Pinus patula* y como especies herbáceas forrajeras las que conforman el sotobosque, especies nativas propias del pajonal o jalca. Estos resultados han dado pautas para la investigación de sistemas silvopastoriles, que en la actualidad están generando mayor interés para la reforestación en Cajamarca.

En el año 2000, la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, apoyó en el trabajo de Tesis sobre silvopasturas a la Bachiller Forestal Rosario Alva Martos, se desarrollo en la Granja Porcón, siendo los componentes del sistema evaluado el *Pinus patula* de 14 años de edad y las especies forrajeras exóticas como *Phalaris sp.* y *Trifolium pratense*, siendo los resultados promisorios visualizando un modelo silvopastoril adecuado a zonas altoandinas (3 500 msnm), evaluando los aspectos técnicos, ecológicos, sociales y económicos. El rendimiento forrajero fue de 14 t/ha/corte con aprovechamiento mediante pastoreo. En el mismo año, la Coordinación de Investigación Forestal de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, instaló y condujo dos experimentos en el Anexo Experimental Cochamarca en plantaciones de *Cupressus macrocarpa* y *Eucalyptus viminalis*, con especies herbáceas forrajeras exóticas como *Phalaris sp.*, *Festuca arundinacea* y *Trifolium pratense*, con resultados muy importantes en cuanto al rendimiento forrajero (18,5 t/ha/corte), datos que permitieron continuar con otros trabajos

de investigación complementarios sobre condiciones de suelo, clima, altitud y fisiografía, etc.

Posteriormente en el año 2007, la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, a través de la Coordinación de Investigación Forestal, instaló dos experimentos en el Anexo Cochamarca, siendo los componentes del sistema silvopastoril, las especies forestales Cipres *Cupressus macrocarpa* y Eucalipto *Eucalyptus viminalis* y las especies forrajeras *Lolium Aries HD. Nui*, *Dactylis glomerata*, *Phalaris sp.* *Trifolium pratense*.

1.1. Problemática

La región Cajamarca es una de las más importantes en cuanto a su volumen poblacional, se ubica en el cuarto lugar a nivel nacional, su PBI está basado en la actividad minera, sin embargo la actividad agropecuaria concentra el mayor volumen poblacional y es la principal fuente de ingresos para el 80% de los hogares, además es la región con mayor número de agricultores del país (11.4%). La actividad pecuaria tiene una gran importancia, está organizada para atender la demanda local, regional y nacional principalmente e involucra a la mayor parte de unidades agropecuarias, lo cual representa una gran dependencia hacia la actividad agropecuaria

De acuerdo con los análisis de vulnerabilidad, la región está inmersa en riesgos provenientes de diversos fenómenos naturales y tecnológicos, tales como inundaciones, temblores, terremotos, huaycos, lluvias, heladas, sequías, tormentas eléctricas, vientos fuertes, ocurrencia del fenómeno “El Niño”



etc, en algunos casos en determinadas épocas del año y otros sin previo aviso, esta situación incrementa la vulnerabilidad y hace necesario generar alternativas para contrarrestar y fortalecer la capacidad de resiliencia ante eventualidades del cambio climático y mejorar la economía local.

Hasta el momento, los sistemas más estudiados y en los que existen mayor número de reportes han sido los sistemas asociados con árboles y/o arbustos leguminosos, en donde se da un mayor número de interacciones entre los componentes. No obstante, es necesario tener en cuenta que el éxito en el funcionamiento de estos sistemas depende del conocimiento que se tenga sobre las interacciones que se generan, las cuales darán las pautas a seguir en el correcto manejo de los mismos. Siendo necesario generar mayores tecnologías para el manejo silvopastoril en la zona altoandina.

1.2. Justificación

Con las experiencias manifestadas anteriormente y debido a la importancia de la actividad silvopastoril para Cajamarca, consideramos de urgente necesidad investigar sobre el comportamiento de especies forestales nativas y exóticas; así como, especies forrajeras introducidas y adaptadas, de importancia económica para la alimentación de animales domésticos. Por las consideraciones expuestas, el presente trabajo instalado con Aliso *Alnus acuminata*, Eucalipto *Eucalyptus viminalis* y Tara o Taya *Caesalpinia spinosa*, manejados técnicamente, permitirán el paso de la radiación solar a la superficie del suelo en mayor o menor porcentaje, dado por el desarrollo y forma de la copa de estas especies forestales, que permiten el desarrollo de los pastos en el sotobosque.

El INIA ha propuesto el establecimiento de tres modelos silvopastoriles (árbol más pasto), que pueden ser replicados por el agricultor pequeño, mediano o grande para mejorar la gestión económica y ambiental en la localidad. Para ello, previo a la masificación, se está realizando una valoración técnica, económica y ambiental de los tres sistemas de silvopasturas a fin de determinar las ventajas técnicas y económicas.

Los resultados que se obtengan servirán para proponer este tipo de manejo de áreas en las zonas altoandinas de Cajamarca y otras zonas del país con similares características, de tal manera que sirva como una alternativa más para el manejo adecuado de los suelos en el ámbito rural nacional.

1.3. Objetivos.

- ☞ Evaluar técnica, económica y ambientalmente el establecimiento de sistemas silvopastoriles con Aliso, Tara y Eucalipto en zonas altoandinas.
- ☞ Valorar el uso del recurso suelo, para generar ingresos económicos permanentemente, utilizando forraje en la alimentación de animales, mientras las especies forestales van desarrollándose hasta alcanzar la edad de aprovechamiento.
- ☞ Promocionar el uso adecuado de los sistemas silvopastoriles para zonas altoandinas.

2. MARCO TEÓRICO

La silvopastura es un sistema de producción pecuario en donde las especies leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral, que ha sido planteado con base en resultados de investigación, como una alternativa de producción sostenible que permite reducir el impacto ambiental de los sistemas tradicionales de producción (Mahecha, 2002).

En las silvopasturas se crean interacciones biológicas, ecológicas y económicas, las cuales pueden contribuir a lograr una producción sostenible. Algunas de las interacciones han sido definidas por varios autores, Budowski (1979), Lojan (1992), Sánchez (1996), Botero y Russo (2005) siendo estas:

Ganancia de fertilidad

Se incrementa el nivel de nitrógeno en el suelo, debido a la capacidad de fijarlo desde la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio.

Los árboles pueden competir con la pastura y con los cultivos agrícolas por agua, nutrientes, luz y espacio. Los efectos de la competencia pueden

ser mayores si los requerimientos de ambos componentes son similares. La caída natural de hojas y las podas ayudan a incrementar la disponibilidad de agua, de luz y de nutrientes para todos los componentes del sistema. La selección apropiada de especies y las podas selectivas (en cuanto a espacio con intervalos de tiempo entre cada corte) contribuyen a reducir la competencia entre los componentes de las agrosilvopasturas. Un alto número de animales o la disposición de los árboles en bloques pueden obligar a los animales a concentrarse en áreas reducidas para sombrear, lo cual favorecerá la acumulación de estiércol en áreas fijas, facilitando labores posteriores de recojo para venta y/o elaboración de abonos.

Las preferencias alimenticias de los animales pueden alterar la composición forestal. A largo plazo, solo persistirán aquellas especies leñosas no consumidas por los animales. Se acelera el reciclaje de nutrientes en el suelo, hecho a través de los residuos de los cultivos agrícolas, de los forrajes o de las heces y orina depositadas por los animales durante el pastoreo. Los animales pueden consumir las legumbres o frutos, aprovechando sus nutrientes, escarifican las semillas que contienen y las dispersan en las heces. Esto favorece su germinación y evita el consumo de las plántulas por parte de los animales, mientras las excretas se incorporen al suelo, transformadas en materia orgánica.

Mejora las propiedades físicas del suelo

Los arbustos y árboles pueden mejorar las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente). Su efecto de descompactación es positivo



y relevante en áreas degradadas, a causa de la compactación del suelo, ocasionada por la mecanización y/o por el pisoteo continuo del ganado. El sistema radicular extendido y profundo de los árboles aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes. Por otra parte, el exceso de pisoteo puede afectar la cobertura de la pastura, localizada bajo la sombra, causar erosión y la compactación localizada del suelo. Estas condiciones también pueden afectar el crecimiento apropiado de los árboles. Además, la sombra favorece la presencia de insectos picadores y parásitos que afectan a los animales.

Mejora las propiedades microclimáticas de la parcela

Los arbustos y árboles crean un microclima favorable para los animales en pastoreo (sombra, menor radiación y temperatura). La intensidad de su sombra depende de la densidad y orientación de los árboles, diámetro y estructura de sus copas. Para evitar la sombra, que reduce la eficiencia fotosintética de los forrajes o cultivos de cobertura, las líneas o surcos de especies leñosas deben plantarse en dirección al recorrido del sol de oriente a occidente. La sombra protege a los animales del calor excesivo causado por la radiación solar directa y el friaje por los vientos excesivos, les permite mantener su temperatura corporal en un rango confortable. Los cambios en el balance térmico, que se logran con una menor temperatura del aire, comparada con la temperatura corporal del animal, le permiten un mayor consumo de alimento.

Muchas especies de gramíneas crecen mejor bajo la sombra de la copa de los árboles, producen mayor cantidad de forraje y tienen una mayor calidad nutritiva (menor contenido de fibra y mayor contenido de proteína cruda, comparadas

con las gramíneas que crecen a plena exposición solar. Un efecto indeseable de la sombra sobre el forraje de las gramíneas de cobertura en silvopasturas, mencionado por algunos productores, es la reducción de su gustocidad. La interceptación de la radiación solar ocasiona directamente la alteración simultánea de dos recursos importantes para las pasturas; la radiación fotosintética activa y la temperatura adicionalmente conlleva indirectamente la alteración de la humedad de la capa superficial del suelo, importante para el balance hídrico y la asimilación de nutrientes.

Genera servicios ambientales

Los contenidos de carbono, determinados en diferentes evaluaciones en la región andina y tropical, principalmente en el suelo del sistema silvopastoril, indican que estos sistemas son potenciales sumideros de carbono, esto debido a que los pastos mejorados tienen un mayor tamaño de raíces y mayor biomasa, siendo estas características las que incrementan el valor económico en las evaluaciones a las silvopasturas.

El carbono almacenado en la materia orgánica del suelo se produce a partir de la humificación de las partes muertas de las plantas, no solo incluye hojas y ramas, sino las raíces y los microorganismos simbiotes asociados con ellas. De acuerdo a evaluaciones de carbono en el valle del Mantaro; una plantación de aliso almacena 30,80 tC/ha, una plantación de *Alnus acuminata* 22,21 tC/ha, mientras que en un pastizal la hojarasca y madera muerta 0.85 tC/ha, las raíces 6,54 tC/ha y en el suelo a profundidades de hasta 100 centímetros 86,43 tC/ha demostrando que es un depósito muy estable (Zanabria 2013, Cuéllar 2014, Fernández 2012, Mahecha, 2002).

Mejora el uso del territorio

Los árboles pueden sembrarse simultáneamente y desde el inicio, con varios ciclos de cultivos trimestrales en rotación, de cereales como arroz seco, maíz, sorgo; oleaginosas como soya, maní, ajonjolí; legumbres como caupí, canavalia, frijol de palo; frutos como sandía, zapallo, cidra, melón, etc. Los árboles también pueden sembrarse simultáneamente y desde el inicio con un cultivo anual o bianual como yuca, camote, jengibre, pino, plátano, etc. Al cosechar el último cultivo se siembran las especies herbáceas (gramíneas puras o asociadas con leguminosas herbáceas), como cobertura del estrato inferior de la silvopastura. De la fertilización aplicada al cultivo, los nutrientes minerales residuales son aprovechados por la silvopastura (Botero, 2005).

Existe la posibilidad de sembrar simultáneamente pasturas y árboles o de introducirlos en pasturas ya establecidas (silvopasturas). La principal limitante es el largo período de tiempo requerido para poder pastorear las silvopasturas así establecidas, sin comprometer la sobrevivencia de los árboles. En este caso deben transplantarse árboles provenientes de semilla directamente del vivero y esperar a que alcancen una altura y desarrollo que evite su daño por el ramoneo de los animales. Mientras los árboles alcanzan tal desarrollo, el forraje de la cobertura inferior debe y puede cosecharse en forma manual o mecanizada. En el sistema también pueden sembrarse especies espinosas, cuyos árboles jóvenes no son ramoneados por los animales en pastoreo (*Acacia farnesiana*, *Pithecellobium dulce*) etc. En la estrategia de establecimiento de silvopasturas a través de cultivos agrícolas, se logra obtener dinero efectivo mientras se establecen los

árboles, y se les permite crecer lo suficiente (mínimo 1,5 años) para no ser dañados por el ramoneo de los animales, al iniciar el pastoreo de la silvopastura (Botero, 2005).

Históricamente, por más de 90 años en zonas de altura y con suelos volcánicos en Costa Rica, algunos ganaderos han sembrado aliso (*Alnus acuminata*) asociado en silvopasturas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y con gramíneas para corte como pasto elefante (*Pennisetum clandestinum*). En este sistema los árboles provienen de regeneración natural o son producidos en vivero y plantados a distancias de 8 x 14 m (100 árboles/ha). La carga animal dependerá de la densidad de plantación, del género plantado, tipo de animal, manejo y forraje (Suárez, 1999)

Genera ganancia económica

Los ganaderos de Costa Rica afirman que sus vacas producen más leche en las silvopasturas que cuando están en pasturas sin árboles. Mejora el margen de rentabilidad del agricultor, el aumento del capital circulante proveniente de una mayor diversificación en la producción de cada parcela. Además provee practicidad al permitir combinar dos actividades que los productores de todos modos tienen que hacer pero a más bajo costo.

La rentabilidad es probablemente el argumento más sólido para la introducción de un sistema silvopastoril frente a una producción tradicional. Por ejemplo en Colombia se reportó un incremento de hasta 51% en la producción de carne por hectárea en la ceba inicial de novillos Cebú. El incremento en la calidad de la dieta tiene efectos positivos en la producción de leche y en la edad de sacrificio de los animales. (Hernández et al, 2002).



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

En la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizaron herramientas, equipos e insumos que se mencionan a continuación:

HERRAMIENTAS	EQUIPOS	INSUMOS
- Barretas.	- Winchas.	- Postes.
- Zapapicos.	- Altímetro.	- Alambre de púa.
- Palanas.	- Tableros.	- Grapas para cerco.
- Rastrillos.	- Balanza.	- Semilla de pastos.
- Martillos.	- Brochas.	- Esmalte.
- Pata de cabra.	- Mochila.	- Clavos.
- Sierras de arco.	- Motosegadora.	- Thinner.
- Tijeras de podar.	- Metro cuadrado de metal.	- Estacas de madera.

3.1.1. Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Anexo Experimental Cochamarca de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca del INIA, para ello se instalaron parcelas de investigación en las plantaciones de Aliso *Alnus acuminata*, Eucalipto *Eucalyptus viminalis* y Tara *Caesalpinia spinosa*.

a. Localización

Está ubicado en la margen izquierda de la carretera Cajamarca - San Marcos, a una distancia de 50 km, comprendido entre los paralelos 7°15'52" y 7°16'37" de Latitud Sur y los meridianos 98°12'46" y 78°13'25" de Longitud Oeste. Políticamente pertenece al distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca y tiene una altitud de 2 820 metros sobre el nivel del mar. (Figura N°1).

b. Clima

Posee un clima Subhúmedo Templado Cálido. La zona tiene una precipitación anual de 700 mm., temperatura entre 7° y 19°C, con presencia de heladas y descensos de temperatura hasta -6°C.

Los vientos predominan de julio a setiembre, la época de lluvia se presenta en los meses de octubre a abril y el verano de mayo a setiembre, la humedad relativa es de 60 a 70% de acuerdo a la estación.

La evapotranspiración potencial es 1,8 veces mayor que la precipitación, determinándose según el balance hídrico una deficiencia de humedad en el suelo en relación a la demanda de los cultivos en los meses de junio a diciembre principalmente en los años secos.

c. Fisiografía

Presenta un paisaje fisiográfico, con dos partes bastante diferenciadas, una de ellas dedicada básicamente a la agricultura, manejo de ganado y viveros forestales, con pendientes de 1 a 5% y la otra ocupada por rodales y suelos degradados, cubiertos por vegetación natural arbustiva y herbácea con un relieve ondulado o acolinado y pendiente de 5 a 8%.



PLANO COCHAMARCA

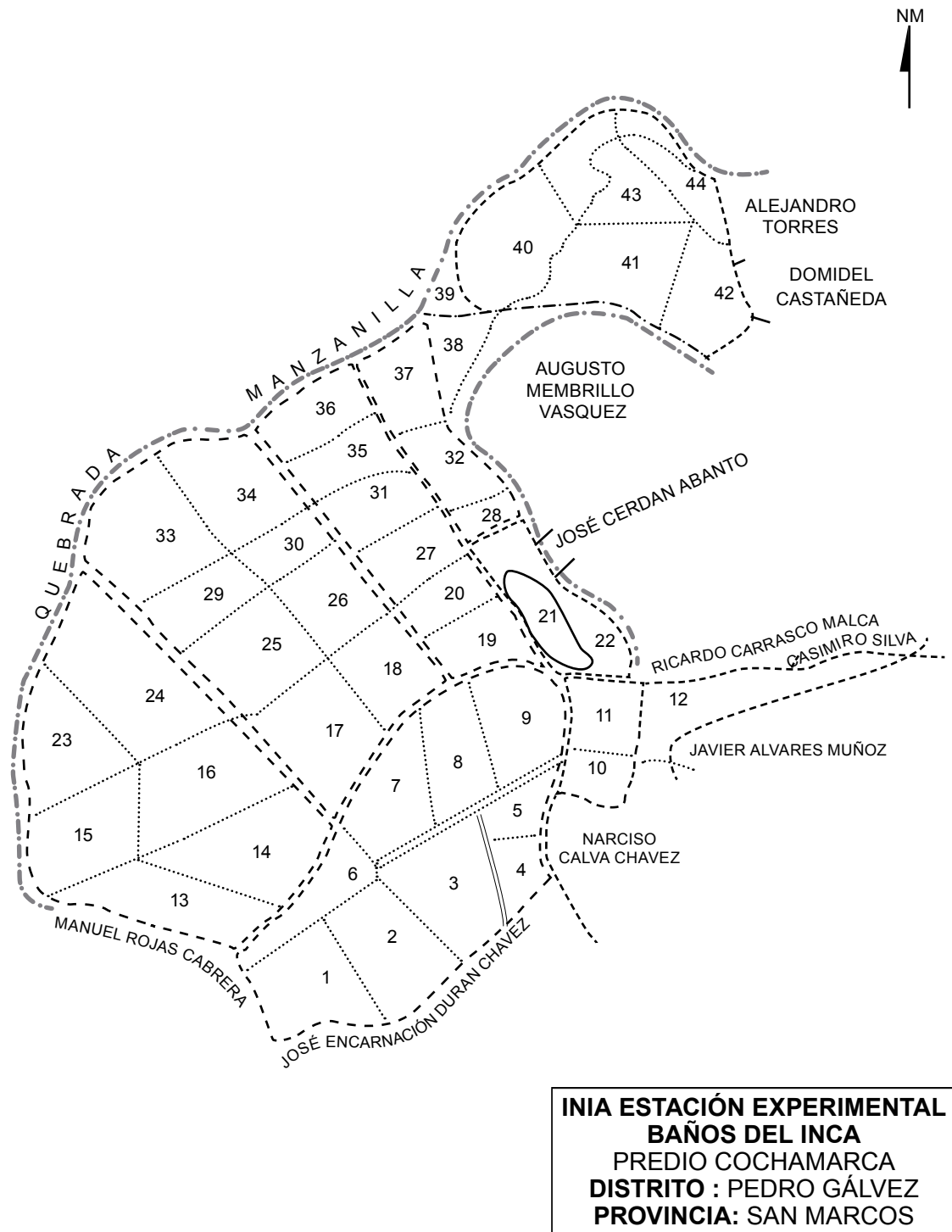


Figura N° 1. Plano de ubicación del Anexo Experimental Cochamarca.



d. Suelos

Los suelos están conformados por depósitos de material detrítico fino proveniente de formaciones calcáreas de las partes altas aledañas. También hay suelos provenientes de rocas areniscas en pequeñas superficies, así como también en áreas reducidas predominan rocas calizas mezcladas con lutitas calcáreas.

e. Recurso hídrico

Proveniente de una quebrada que circunda en gran parte al predio con un curso de agua deficiente para sostener cultivos agrícolas entre los meses de junio a setiembre.

El anexo cuenta con un reservorio de 300 m³ de capacidad, abastecido por una quebrada que delimita parte del predio; recurso que no satisface las necesidades de riego para los pastos que se utilizan en la alimentación de ovinos, vacunos y cuyes, limitando la producción de forraje a la época de lluvias lo que permite producir en cantidad suficiente

para ser utilizada como forraje verde y transformado o procesado, ya sea como ensilaje y heno para alimentar los animales en la época de estiaje.

f. Ecología

El predio se ubica dentro de la zona de vida Bosque Seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT).

Normalmente, en esta zona de vida, la cubierta vegetal es más abundante, tanto cualitativa como cuantitativamente, en comparación con otras zonas de vida circundantes. sin embargo en algunos lugares la vegetación original primaria ha sido completamente destruida por el sobrepastoreo y recolectado como material energético.

g. Zona agroecológica

Corresponde a la zona agroecológica IV Sierra Tropical. La actividad agrícola se desarrolla en los lugares donde hay disponibilidad de agua para regar, siendo factible también la agricultura de secano en años relativamente lluviosos.

TABLA N° 1. PARÁMETROS EDÁFICOS DEL SUELO.

Clasificación FAO	<i>Regosol calcárico.</i>
Capacidad de uso potencial	<i>Clase VIII.</i>
Sustrato	<i>Calizas y lutitas calcáreas.</i>
Textura	<i>Franco - Arcilloso - Limoso.</i>
Drenaje	<i>Excesivo.</i>
Reacción	<i>Alcalina (pH: 8,0 - 8,2).</i>
Pendiente	<i>Moderadamente empinada a empinada (1 - 15%).</i>
Profundidad efectiva	<i>Muy superficial a superficial (0 - 30 cm).</i>
Pedregosidad superficial	<i>Clase 4 (50 - 90%).</i>
Erosión	<i>Severa.</i>

3.1.2. Descripción de las Especies Forrajeras establecidas bajo las condiciones de los campos experimentales.

a. Rye Grass Ecotipo Cajamarquino

Lolium sp. Son hierbas anuales o perennes, mesotérmicas, con hojas planas y tiernas. Poseen una espiga terminal, dística, comprimida, con el raquis articulado. Las espiguillas son plurifloras, alternas y solitarias en cada nudo, las laterales con una sola gluma y la terminal con dos, dispuestas en el mismo plano que el raquis.

La flor es hermafrodita con tres estambres, el tallo: Cespitoso (forma matas aglomeradas), erecto o doblado en los nudos, las hojas: Vainas foliares con aurículas (orejas) conspicuas hacia el ápice; lígulas de 1 a 4 mm de largo; lámina de hasta 22 cm de largo y 8 mm de ancho, lisas en el envés, opacas y ásperas en el haz, inflorescencia: espigas dísticas comprimidas erectas de hasta 35 cm de largo, espiguillas solitarias, sésiles, alternas de 10 a 20 mm de largo con 4 a 22 flores; semillas de ± 4 mm de largo.

Se reproduce por semilla, éstas semillas son liberadas cerca de la planta madre, exhiben poca latencia y una alta tasa de germinación. Las semillas son diseminadas por la maquinaria agrícola y por el agua de riego. Muchas semillas soportan el paso por el tracto digestivo del ganado vacuno, siendo esta otra vía de diseminación de la especie.

Esta especie de forraje es oriunda de la zona mediterránea de Europa, pero se ha adaptado a las condiciones edáficas y climáticas de la sierra del Perú, prosperando entre los 2 500 y 3 500 msnm, prefiere suelos neutros con tolerancia a la acidez (5.8 pH), con temperaturas promedio de 10 a 16 °C,

con rendimientos de forraje fresco de 12 a 15 t.

La altura de la planta es de 50 a 60 cm, presenta numerosos macollos, pudiendo alcanzar hasta cuarenta. La edad de corte desde la siembra es de 75 a 90 días de la instalación y después de esta, cada 45 días con riego por gravedad y de 90 días al secano, con un total de 4 cortes al año.

Es la especie forrajera más común para la ganadería de Cajamarca, por su palatabilidad y alto grado de digestibilidad por las especies animales que la consumen, tiene un elevado contenido en agua (80-82%) y 12% de proteína, un excelente valor energético y un elevado contenido en cenizas, concentraciones que van disminuyendo a medida que avanza en edad.



Figura N° 2. Rye Grass Ecotipo Cajamarquino Anexo Experimental Cochamarca.



b. Pasto Ovillo *Dactylis sp.* Es una planta perenne, alta, erguida, crece formando matas y sus tallos florales tienen una altura de 60 a 120 cm el tallo es erecto, aunque a veces doblado en los nudos, delgado, sin pelos, las hojas alternas, dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, divididas en 2 porciones, la inferior llamada vaina que envuelve parcialmente al tallo y generalmente es más corta que el entrenudo, y la parte superior de la hoja llamada lámina que es larga, angosta y plana, áspera al tacto; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una prolongación membranosa, algo translúcida y desgarrada en el margen, llamada lígula, no tienen pelos y están plegadas, los limbos son planos con sección en «V», anchos, largos y de ápice puntiagudo, poseen colores grisáceos y azulados y su nervadura central está muy marcada. Son suaves y blandas cuando son jóvenes y duras al llegar a adultas.

La inflorescencia son panículas angostas, de hasta 25 cm de largo, una panoja con espiguillas aglomeradas en ramas (de ahí su nombre). El fruto es un cariopse, pequeño, vestidos, con arista fuerte y germinan con facilidad. Las vainas son aplastadas y de quilla pronunciada. Las ramitas, que van siendo más cortas hacia la punta de la inflorescencia, terminan en numerosas espiguillas.

Originaria de la región mediterránea de Europa, forma matas con gran número de macollos hasta 1 m de altura al momento de la floración, es una especie muy rústica y se adapta a diferentes tipos de suelo, prefiriendo los de textura media a liviana, profundos, con buen drenaje y fertilidad, con pH de 6 a 7. Prospera entre los 2 600 y 3 400 msnm, requiere climas frescos y nubosos, no es resistente a terrenos encharcados, ni a la presencia de heladas,

su establecimiento como pastura es lento. Como toda gramínea responde muy bien al abono nitrogenado, cuyas cantidades deben establecerse al análisis de suelo. Se asocia muy bien con otras gramíneas: trébol blanco y trébol rojo. Se aprovecha mediante pastoreo por su alta resistencia al pisoteo del ganado y su rápida recuperación. Conforme la planta avanza en edad, disminuye su aporte nutritivo, haciéndose más fibrosa y menos palatable, disminuyendo su digestibilidad.

Es moderadamente lenta en su establecimiento y reporta una menor digestibilidad que las otras gramíneas. Tiene una alta persistencia y productividad en secano. Crece mejor en suelos ligeramente ácidos; no prospera en suelos salinos o con agua estancada. Se propaga por semillas, se poliniza por el viento. Es excelente pasto forrajero, produce pasto tierno, adecuado para el pastoreo, el ensilado y la henificación.



Figura N° 3. Pasto Ovillo - Anexo Experimental Cochamarca.

c. Falaris *Phalaris sp.* Es una planta anual, glabra (sin ornamentación), de hasta 1 m de alto, forma matas, con varios tallos delgados y erguidos, con nudos estrechos, oscuros huecos y cilíndricos, semejantes al trigo, con un macollo conformado por abundantes tallos. Las hojas: lígulas membranáceas, hasta de 6 mm de largo, láminas foliares hasta de 25 cm de largo y 12 mm de ancho; la inflorescencia: panícula ovalado-cilíndrica, de 10 a 12 cm de largo, de 1,2 a 2 cm de ancho.

Flores: espiguillas de 4 a 6 mm de largo; glumas iguales, oblongas, de 4 a 6 mm de largo, estrechamente aladas, con dientes; lema estéril en forma de escama, de $\pm 1,5$ mm de largo; lema fértil de ± 3 mm de largo, con pelos, aguda en el ápice, los frutos y semillas: cariopsis dispersada dentro del flósculo endurecido e indehiscente, contorno oblongo lanceolado de 2,7 a 3,3 mm de largo y 1,2 a 1,5 mm de ancho, superficie lustrosa y lisa de color café o café oscuro. En plántulas: coleóptilo lanceolado de 5 a 8 mm de largo, primera hoja con vaina de 6 a 12 mm de largo, lígula de 1 mm de alto, lámina linear lanceolada de 40 a 58 mm de largo y 1 a 1,5 mm de ancho, ápice agudo acuminado, la segunda hoja similar a la primera, pero de 35 a 65 mm de largo y 1,5 a 2 mm de ancho. Las flores se producen en densos racimos verdes que tornan levemente púrpura al madurar. Las semillas son de color marrón envueltas en una pequeña cáscara.

Es una gramínea persistente, rizomatoza de gran tolerancia a la sequía con un gran crecimiento invernal. Presenta semidormancia en condiciones de altas temperaturas. Presenta endofito cuyo alcaloide puede producir el fenómeno

denominado “mareos del falaris” generalmente fatal. Los cultivares existentes a la fecha ya no cuentan con la presencia de alcaloides tóxicos que afectaban a los animales que lo consumían. Tolerancia a diferentes tipos de pastoreo y tiene una producción mayor al 20% que el rye grass durante la época de invierno.

Reporta buena adaptabilidad por encima de los 2 800 msnm es un pasto succulento de muy fácil digestión, prefiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, bien drenados, resiste bajas temperaturas y sequías prolongadas. Se puede utilizar para el pastoreo de ganado o conservar en forma de heno o ensilaje, esta gramínea rebrota fácilmente. Su valor nutritivo es muy variable, depende de las condiciones donde está establecido, siendo el nivel de proteína entre 13 y 15 % y la digestibilidad entre 57 y 65 %.



Figura N° 4. Falaris - Anexo Experimental Cochamarca.



d. Trébol blanco *Trifolium repens* L.

Se trata de una especie herbácea perenne, de porte rastrero, alcanza una altura de 10 cm su hábito estolonífero hace de ella una leguminosa de excelente adaptación al pastoreo en zonas templadas de todo el mundo, se propaga por estolones y semillas.

El sistema radical es ramificado, además presenta raíces adventicias de carácter estolonífero. Las hojas son pecioladas y trifoliadas; sus folíolos son ovales, con una mancha blanca, y sin ninguna velloidad (tampoco en pecíolos ni tallos). Los estolones se encuentran abrazados por estípulas membranosas de las hojas.

Las inflorescencias son glomérulos de 1,5 a 2 cm de ancho, conteniendo de 50 a 100 flores blancas o blanco-rosadas. Estos se encuentran sobre un pedúnculo de 7 cm. Las flores son de tipo papilionáceo o papilionoides. Los frutos contienen tres o cuatro semillas en forma de corazón, sumamente pequeñas y de color variable del amarillo al marrón-rojizo. La semilla tiene forma redondeada con una protuberancia que coincide con la posición de la futura radícula.

Es una especie nativa de Europa y Asia, se desarrolla en un clima templado húmedo entre 2 600 y 3 300 msnm, se trata de una especie herbácea perenne, de porte rastrero, con hábito estolonífero que la convierte en la leguminosa de mayor adaptación para fines de pastoreo. Presenta sistema radicular superficial, pero con raíces que, según las condiciones de suelo pueden tener una profundidad de hasta 60 cm alcanza una altura de 12 cm, su hábito estolonífero hace de ella una leguminosa de excelente adaptación al

pastoreo, se propaga por estolones y semillas.

Es exigente en luz y sensible a la sequía, lo que obliga a cultivarla bajo riego en veranos secos, puede vegetar en los suelos pobres, ácidos o arenosos, necesitando fuertes abonados fosfóricos, al igual que casi todas las leguminosas es poco tolerante a la salinidad. Desarrolla en sus raíces nódulos formados por bacterias nitrificantes del género *Rhizobium*.

En adecuadas condiciones de temperatura, humedad y suelo, las bacterias fijan importantes cantidades de nitrógeno de la atmósfera. Se maneja principalmente asociado con otras especies forrajeras, dándole mayor valor nutricional a la pastura, tiene un contenido de proteína de 18%. Por su alto contenido de agua, es bastante digestible y muy palatable para los animales que lo consumen.



Figura N° 5. Trébol blanco
Anexo Experimental Cochamarca.

e. Trébol rojo *Trifolium pratense*. Se trata de una herbácea perenne de 10 a 60 cm de altura (puede alcanzar hasta los 110 cm) y pilosidad variable, tallos erectos o ascendentes, su sistema radicular consta de una raíz pivotante, que resulta pequeña en comparación con las numerosas raíces adventicias forman una corona que arranca del cuello, presenta hojas trifoliadas con folíolos ovalados, blandos, de grandes dimensiones (1 a 3 cm de longitud y 8 a 15 mm de ancho), con dos estípulas basales estrechadas en arista, un peciolo de 1 a 4 cm de longitud y de color verde con un característico pálido creciente en la mitad más afuera de la hojuela. Se disponen alternamente.

Las flores, de 12 a 15 mm de longitud, poseen corolas formados por 5 pétalos soldados de color rosa violáceo y con menor frecuencia blancas o purpúreas, siendo membranosas en la fructificación. El cáliz está formado por 5 sépalos soldados formando un tubo casi zigomorfo de apariencia campanulada, es peloso, con 10 nervios, dientes lineares y una callosidad en la garganta. Las flores se presentan agrupadas en inflorescencias de 2 a 3 cm de diámetro con forma de cabezuelas globosas, sésiles y cubiertas en su base por las estípulas de las hojas superiores. El fruto es una legumbre sentada, incluida en el cáliz, indehisciente, de forma ovoide y contiene una sola semilla.

Es una especie leguminosa forrajera originaria de Europa y Asia, prospera en altitudes entre 2 600 y 3 300 msnm, se caracteriza por su fácil y rápido establecimiento y por el gran vigor de sus plántulas, tallos vigorosos con buena recuperación al corte. Una vida corta de 2 a 3 años, dependiendo del manejo y la variedad. Su raíz principal puede profundizar hasta 1 m, lo cual

le da cierta resistencia a la sequía, se adapta a una gran gama de suelos y climas, siendo óptimos suelos fértiles, retentivos, bien drenados, con pH de 5,8 a 6,7, prefiere temperaturas medias y tolera mejor las temperaturas bajas, deteniendo su crecimiento a partir de 28 °C.

Es de fácil y rápido establecimiento, debido al gran vigor de sus plántulas, se asocia bien con el trébol blanco, Rye Grass y otras gramíneas, no es recomendable para el pastoreo por tener la corona muy superficial, en cambio en asociación mejora su resistencia a esta modalidad de utilización del forraje, produce un forraje de elevado valor nutritivo (contenido de proteína de 18%), con contenidos proteicos ligeramente inferiores a la alfalfa (20% de proteína), pero con mejor digestibilidad.



Figura N° 6. Trébol rojo - Anexo Experimental Cochamarca.



f. **Aliso *Alnus acuminata***. Es una especie arbórea que pertenece a la familia de las betuláceas, árbol hasta de 20 m de altura, tronco único desde la base, a veces varios, corteza escamosa, gris, con lenticelas observables a simple vista, el follaje es perenne cuando crece en quebradas húmedas y caducifolio en ladera semisecas. Hojas alternas, simples, ovoideas, algo resinosas, con el ápice acuminado y el borde aserrado. Flores unisexuales, masculinas y femeninas sobre un mismo árbol, pero en inflorescencias diferentes, flores masculinas agrupadas en amentos, péndulos, flores femeninas con brácteas formando un cono estrobiliforme. Frutos: nueces pequeñas, aladas, protegidas dentro del estróbilo leñoso, liberadas a la madurez y diseminadas por el viento y el agua. Se observa en floración en septiembre - octubre y con frutos maduros en enero - febrero. Se reproduce a través de semillas, hijuelos de raíz y estacas.

Las semillas no requieren tratamiento previo para su germinación. Las formas recomendables de reproducir aliso son mediante germinación de semillas y vegetativamente vía estacas, aunque las plantas originadas de estacas tienen un desarrollo radicular superficial en relación a las plantas producidas por semillas que tienen raíz pivotante de penetración profunda Pretell et al. (1985).

El porcentaje de germinación de las semillas es bajo (10%), reduciéndose rápidamente en poco tiempo, aunque este porcentaje puede variar dependiendo del origen de la semilla. Germina en condiciones de luz plena entre los 12 a 30 días después de la siembra (Prettell et al. 1985, Lamprecht 1990). Su crecimiento es rápido y

plantado en altitudes entre 2 000 y 3 000 msnm ha demostrado ser claramente más eficiente que otras especies introducidas, característica que plantea a esta especie como una alternativa para el repoblamiento forestal con un potencial económico similar al pino y al eucalipto (Lamprecht 1990). Tiene la capacidad de podarse naturalmente y de esa manera ofrecer madera de buena calidad sin muchos ojos.

El crecimiento en plantaciones es más rápido que en bosques naturales debido al mayor espaciamiento. La madera es semidura, de grano recto y textura media, de color claro, es trabajable y durable; se le aprecia para carpintería y ebanistería. La corteza tiene taninos, los cuales se extraen por hervido simple y se emplean para la curtiembre de cueros. De la corteza y hojas se extrae un tinte de color amarillo a verde, (Reynel et al 2003; Bernal & Correa 1989).



Figura N° 7. *Alnus acuminata*
Anexo Experimental Cochamarca.

g. Eucalipto *Eucalyptus viminialis*. Es una especie fanerógama perteneciente a la familia de las mirtáceas. Árbol fuerte, erecto, con corteza rugosa y muy largas ramas. Árbol de gran porte que puede alcanzar 40 m de altura, con la corteza oscura y rugosa y persistente en la parte baja del tronco, pero lisa, blanquecina o blanquecina-amarillenta y caediza en las partes altas, ramas colgantes.

Hojas de color verde oscuro con profundo olor a eucalipto, hojas juveniles opuestas, sentadas, a veces opuestas, oblongo-lanceoladas, hojas adultas alternas, pecioladas, lanceoladas, acuminadas, de 11 a 18 cm de longitud y 1,5 a 2 cm de anchura. Umbelas axilares con 3 flores, pedúnculos subcilíndricos, opérculo hemisférico a cónico, generalmente más corto que el tubo del receptáculo.

Ocasionalmente puede tener tamaños más grandes, así el más alto descubierto alcanzó 89 m de altura. La savia tiene 5 a 15% azúcar, haciéndolo parte esencial del balance de energía de los mamíferos marsupiales arbóreos. Se desarrolla mejor en suelos con pH ácido, neutro o alcalino, pudiendo llegar a soportar terrenos pobres en nutrientes, su parte subterránea crece con vigor en suelos con textura arenosa, franca o arcillosa, éstos se pueden mantener generalmente secos, húmedos o empapados.

Teniendo en cuenta la información anterior, tendremos que adecuar los riegos a un punto intermedio (intentando mantener la humedad del suelo estable) teniendo en cuenta factores tales como: temperatura, exposición al sol, humedad ambiental, textura del soporte, etc. Un aspecto interesante a comentar es que soporta bien la sequía y no tolera los

echarcamientos, por lo que la zona de plantación debe estar muy bien drenada.

En cuanto a sus necesidades lumínicas, podemos aseverar que es muy exigente, sólo puede situarse en un lugar con exposición directa al sol para no repercutir negativamente en su crecimiento de forma normal. El rango altitudinal de crecimiento es de 1 500 a 3 000 msnm el número de semillas por kilo es 150,000, el tratamiento pregerminativo: remojo en agua fría por 12 horas.

Con respecto a las propiedades de la madera es semi dura, semi pesada, contracciones pronunciadas, impenetrable al uso, con respecto a la durabilidad natural es poco durable a hongos y susceptible a insectos, es ideal como madera para construcción, postes, pulpa para papel, carbón y leña y uso medicinal.



Figura N° 8. *Eucalyptus viminialis*
Anexo Experimental Cochamarca.



h. Tara o Taya *Caesalpinia spinosa*. Es comúnmente conocida como tara o taya es una leguminosa de porte arbustivo natural del Perú. Es cultivada como fuente de taninos y también es cultivada como planta ornamental debido a sus coloridas flores e inflorescencias. Se encuentra en la familia de las Fabaceae.

Es de porte pequeño, alcanza un tamaño de 2 a 5 m de altura, 20 a 25 cm de diámetro, tiene la copa irregular con el follaje denso y oscuro. La corteza externa es agrietada, color marrón oscuro, provista de agujones triangulares aplanados, la corteza interna es homogénea, blanquesina, con tenue olor a legumbre, con espinas dispersas y ramas peludas.

Las hojas son alternas, de hoja perenne, carecen de estípulas, son bipinnadas, carecen de glándulas peciolares y raquis, las hojas se componen de 3 a 10 pares de folíolos primarios de 8 cm de largo y 5 a 7 pares de folíolos elípticos subsésiles secundarios, cada uno de aproximadamente 1,5 a 4 cm de largo. Las inflorescencias son terminales de 15 a 20 cm de largo en racimos con muchas flores y cubierto de pelos diminutos.

Las flores son de color amarillo a naranja con pétalos de 6 a 7 mm hermafroditas, el sépalo más bajo tiene forma de barco con muchos dientes marginales; los estambres son de color amarillo, irregular de longitud y apenas sobresale. El fruto es una superficie plana, oblonga indehisciente de unos 6 a 12 cm de largo y 2,5 cm de ancho, conteniendo 4 a 7 semillas negras, redondas, y que enrojecen cuando están maduras.

La madera a pesar que usualmente no alcanza grandes proporciones, es de buena calidad y se le emplea en

carpintería y construcción, también para la elaboración de la herramienta tradicional agrícola y como leña. La capacidad de rebrote del tocon una vez aprovechada es muy alta y puede llegar hasta 1 000 kilos de producción anual de rebrotes o biomasa combustible (Reynel y Leon, 1990).

Los frutos son fuente de tanino, las vainas contienen de 50 a 60% de tanino y la producción se inicia a los tres años y alcanza de 30 a 40 kilos de frutos/ árbol/año. De los frutos se extrae goma y un tinte amarillo a gris empleado para el teñido de textiles, principalmente algodón y lana. Una modalidad tradicional en el uso de este árbol es como cerco vivo alrededor de la vivienda y del predio agrícola. El crecimiento de las plantas es lento. En Cajamarca se registra crecimiento de 7 cm/año.



Figura N° 9. *Caesalpinia spinosa*
Anexo Experimental Cochamarca.



3.1.3. Descripción de las parcelas experimentales.

Todas las parcelas fueron instaladas al finalizar el mes de diciembre del año 2011, siendo la época propicia para garantizar el establecimiento de las especies forestales, ya que se aprovechó el inicio de la temporada lluviosa de la región Cajamarca.

Los sistemas silvopastoriles se componen de tres tipos de plantaciones con especies nativas y exóticas, que fueron establecidas con disposición Este a Oeste para mejorar la captación y distribución de la luz natural a fin de obtener máximos rendimientos en cantidad y calidad.

Todas las parcelas están protegidas por cercos de alambres de púas para mayor seguridad, a los dos años de plantación se hizo la remoción del suelo en los tres campos experimentales y se aplicaron 1 t/ha de estiércol de ganado vacuno y 1 t/ha de gallinaza, a cada árbol se le adicionó (2 k/planta).

Como parte del manejo Agronómico se están aplicando insecticidas de contacto como Ciplenme en todos los campos experimentales, durante el experimento, se han realizado cinco evaluaciones,

considerando la evaluación inicial al momento de la instalación, el intervalo entre cada periodo de evaluación se programó en función del periodo vegetativo de las especies forrajeras y de las condiciones climáticas presentes en la zona.

Las parcelas fueron evaluadas y aprovechadas al inicio de la floración, pues corresponde a la edad en la cual aportan mayor cantidad de hidratos de carbono, proteína y minerales, para una buena alimentación de la especie animal que la consume. Las parcelas instaladas son las siguientes:

- * **Parcela 1.** Sistema silvopastoril con Aliso (1 ha.),
- * **Parcela 2.** Sistema silvopastoril con Eucalipto (1 ha.)
- * **Parcela 3.** Sistema silvopastoril con Tara (2 ha.),

TABLA N° 2. ANÁLISIS EMITIDO POR EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA BAÑOS DEL INCA.

INSUMO	pH	C.E (meq)	M.O. %	N %	M.O. %
ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO	9,1	8,92	61,08	1,50	0,59
GALLINAZA	8,9	25	42	2,5	3,4



Figura N° 10. Distribución de las parcelas.

*** Parcela 1. Sistema silvopastoril con Aliso**

El Aliso proporciona gran cantidad de follaje al sistema y mediante los nodos bacteriales fija nitrógeno al suelo. Es un árbol mejorador de suelos, el distanciamiento entre plantas fue de 8 x 8 m con un total de 180 plantas, está asociado a las especies forrajeras; Rye Grass, ecotipo Cajamarquino y Trébol rojo.



Figura N° 11. *Alnus acuminata*
Anexo Experimental Cochamarca.

*** Parcela 2. Sistema silvopastoril con Eucalipto.**

Es un árbol fuerte, erecto, con corteza rugosa y muy largas ramas, se considera una especie de rápida regeneración, el IMA es de 1,65 m. considerando el último corte, realizado en el año 2011 hasta la fecha, se cuenta con 950 tocones, un promedio de 3 rebrotes por tocón, a un distanciamiento de 2 x 2 m asociado con las especies forrajeras Rye Grass ecotipo Cajamarquino, Pasto ovido, Falaris y trébol rojo.



Figura N° 12. *Eucalyptus viminalis*
Anexo Experimental Cochamarca.

*** Parcela 3. Sistema silvopastoril con Tara.**

En cuanto a la especie Tara se instalaron 720 plantones de los morfotipos Barbada o Celendina, Blanca o Almidón y Roja o Morocho (240 plantones de cada uno), con un distanciamiento de 5 x 5m entre plantas, asociado con las especies forrajeras Rye Grass ecotipo Cajamarquino, Pasto ovido, Trébol rojo y Trébol blanco, completando el Sistema Silvopastoril en cada uno de los campos experimentales.



Figura N° 13. *Caesalpinia spinosa* morfotipo Blanca o Almidón - Anexo Experimental Cochamarca.



Figura N° 14. *Caesalpinia spinosa* morfotipo Roja o Morocho - Anexo Experimental Cochamarca.



Figura N° 15. *Caesalpinia spinosa* morfotipo Barbada o Celendina - Anexo Experimental Cochamarca.

3.2. Metodología

Se trata de una investigación con diseño experimental longitudinal ya que tuvo una duración de 18 meses, en los cuales se realizó una evaluación cada 4 meses, que es el período de corte y cosecha de los forrajes.

Además es un estudio cuantitativo aplicado ya que la obtención de datos fue de forma científica.

Las variables de estudio son: variable independiente; sistemas silvopastoriles y

como variable dependiente: rendimiento en biomasa.

Para el muestreo, se midió básicamente la producción de biomasa de los diferentes tipos de pastos instalados, además se realizaron análisis bromatológicos para ver la calidad de éstos como forrajes.

Los instrumentos de recolección de datos fueron las fichas de campo y los materiales se describen en el ítem 3.1.



4. RESULTADOS

* Parcela 1. Sistema silvopastoril con Aliso:

La especie Aliso demuestra que es una especie de rápido crecimiento, pues reporta un Incremento Medio Anual IMA de 0,3655m (Figura N° 16). Esta parcela antes de la instalación del sistema silvopastoril, fue un campo de pastoreo de ganado, cuya superficie estaba cubierta por kikuyo *Pennisetum clandestinum*, además de una diversidad de especies nativas de poco valor nutritivo.

Siendo este indicador, el motivo por el cual se instaló el Aliso, para mejorar la fertilidad de suelo y proporcionar condiciones favorables para el desarrollo de otras especies herbáceas de importancia económica, por ser fijadora de nitrógeno en el suelo a través del sistema radicular y proporcionar cantidades considerables de materia orgánica por la descomposición de las hojas que caen a la superficie en ciertas épocas del año, además de permitir la infiltración de las gotas de lluvia a las capas interiores del suelo, sin duda alguna, también por proporcionar sombra y microclima favorable para los animales que pastan en dicho campo experimental; así como, amortigua el efecto negativo que ocasionan las heladas presentes en las épocas de estiaje y finalmente contribuyen a la descontaminación del medio ambiente por ser una especie maderable.

En su totalidad, las especies forrajeras seleccionadas, han sido probadas en toda la región y en la parcela se asoció gramíneas y leguminosas por las ventajas que nos proporcionan, tanto

en su desarrollo como en el rendimiento de forraje; así como también en una buena nutrición de los animales que las consumen, ya que las gramíneas proporcionan mayormente, hidratos de carbono y las leguminosas proporcionan la proteína garantizando de esta manera, una buena productividad tanto en calidad como en cantidad. Estas especies son las siguientes: Rye Grass Ecotipo Cajamarquino (30 kg/ ha), y Trébol rojo (5 kg/ha).

Para la preparación del terreno primero se hizo la roturación, mediante cultivador (implemento de uso agrícola) jalado por un tractor. Luego se realizó la siembra de las especies forrajeras mediante sistema de Boleo, posteriormente se realizó el trazo, la marcación y la apertura de hoyos para finalmente hacer la plantación, quedando el Sistema Silvopastoril completamente instalado.

Evaluación inicial de la plantación:

- Al momento de instalar la plantación se tomaron datos de altura inicial, siendo la altura promedio de la especie forestal: 31,25 cm.
- El distanciamiento entre plantas fue de 8 x 8 m.
- El sistema de plantación fue en cuadrado.



TABLA N° 3. EVALUACIONES PERIÓDICAS: PLANTACIÓN DE ALISO.

		PRIMERA EVALUACIÓN	SEGUNDA EVALUACIÓN	TERCERA EVALUACIÓN	CUARTA EVALUACIÓN	QUINTA EVALUACIÓN	SEXTA EVALUACIÓN
ESPECIES FORRAJERAS: RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO + TRÉBOL ROJO	PESO DE FORRAJE FRESCO	15 200,00	10 820,00	18 700,00	31 490,00	25 000,00	12 200,00
	PESO DE MATERIA SECA (k/ha)	4 224,10	3 354,20	6 170,00	10 385,40	5 322,50	3 172,00
ESPECIE FORESTAL: ALISO	ALTURA PROMEDIO DE PLANTA (m)	0,6189	0,6425	0,7242	0,8812	0,6189	1,35

ALTURA PROMEDIO DE ALISO

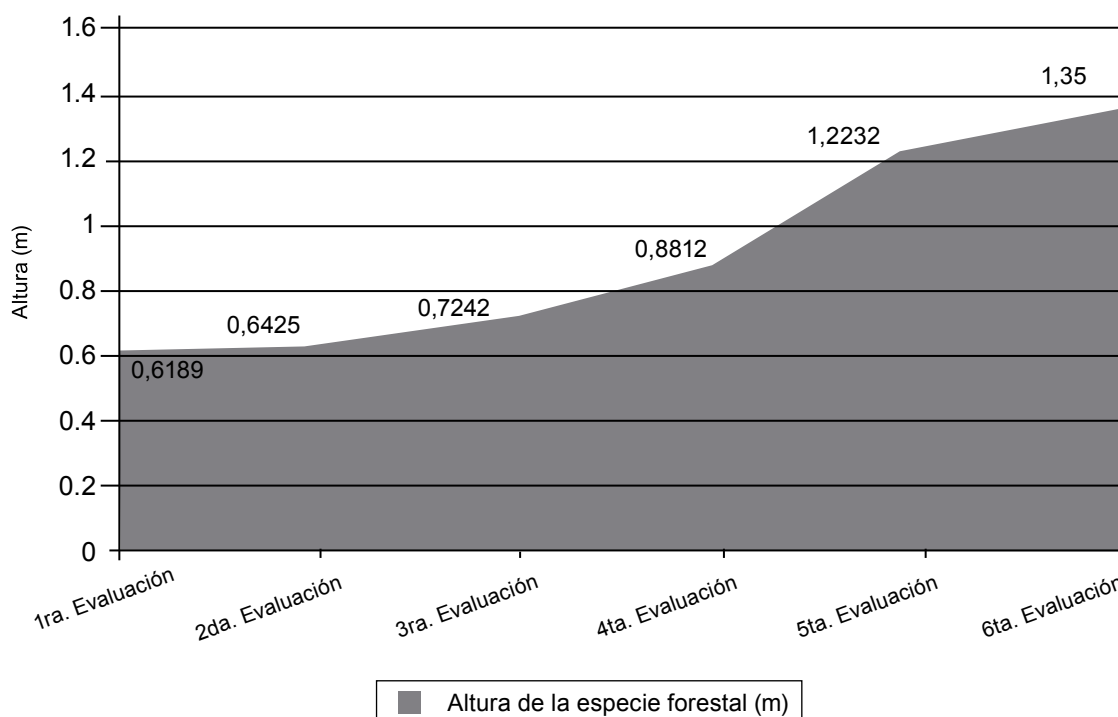


Figura N° 16. Altura de la especie Aliso hasta la edad de dos años.

En la Figura N° 16, se puede apreciar el crecimiento progresivo de la especie forestal Aliso, con una altura de 0,6189 m (primera evaluación) a partir de la plantación y con 0,7242m de altura promedio de planta al término del primer año de su establecimiento (tercera evaluación), es necesario indicar que durante este año las condiciones

climáticas fueron adversas, escasez de lluvias y presencia de heladas, factores que también se han presentado en el segundo año de evaluación de dicho experimento; pese a la adversidad de los factores climáticos, la especie forestal al término de éste segundo año alcanzó un promedio de altura de planta de 1,35 m (sexta evaluación).

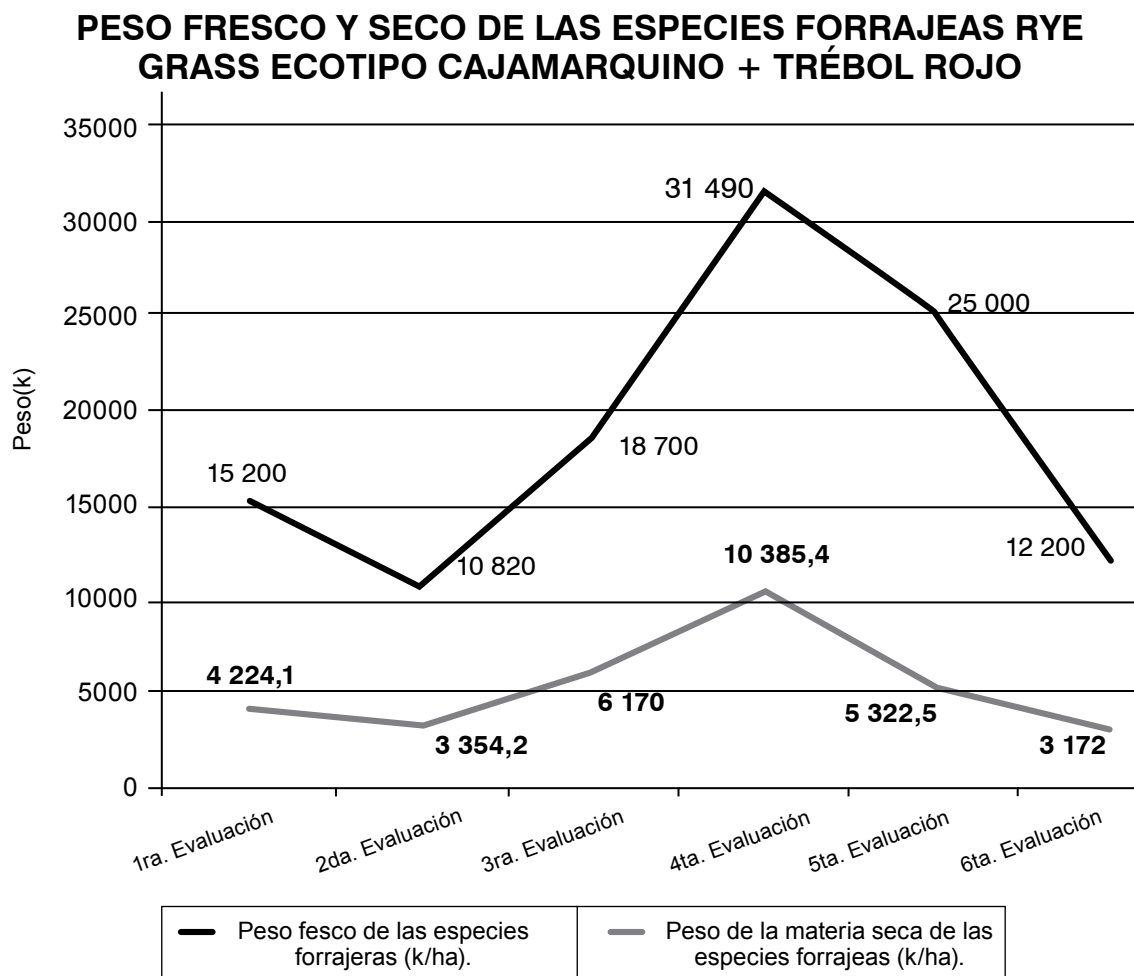


Figura N° 17. Peso fresco y seco de la asociación de pastos cultivados.

En la Figura N° 17 correspondiente a las especies forrajeras: Rye Grass ecotipo Cajamarquino y Trébol rojo, en el primer año de su establecimiento (primera, segunda y tercera evaluación) se observa que hay una disminución en su rendimiento debido a la variación de las condiciones climáticas, especialmente por la falta de precipitaciones pluviales en la zona; lo mismo ocurre en el año siguiente (cuarta, quinta y sexta evaluación).

*** Parcela 2. Sistema Silvopastoril con Eucalipto:**

La parcela antes de la instalación del sistema silvopastoril, estaba cubierta por kikuyo y otras especies herbáceas propias de la zona de poco valor

nutritivo, motivo por el cual, para obtener beneficios del área reforestada hasta que los árboles puedan ser aprovechados, se selecciona especies forrajeras probadas en la zona y de importancia económica, como son Rye Grass ecotipo Cajamarquino (30 k/ha), Pasto ovilla (10 k/ha), Falaris. (5000 esquejes/Ha) y Trébol rojo (5k/ha), con la intención de mejorar la fertilidad del suelo y garantizar la producción de forraje en cantidad y calidad para la alimentación de vacunos, ovinos y cuyes. Además las especies forrajeras, por la densidad de siembra conservan la humedad del suelo, permitiendo un mayor desarrollo de la especie forestal.

La preparación del terreno se realizó en forma físico-mecánica, utilizando mano



de obra y herramientas para la remoción de suelo, luego se hizo la siembra al voleo de las especies forrajeras, a excepción del Falaris sp que se realizó mediante esquejes.

Evaluación inicial de la plantación:

- Forraje: 1 t/ha (Kikuyo y otras).
- Altura promedio de plantas (rebrotos):8 m.
- Diámetro a la altura del Pecho promedio: 0,2 m.

TABLA N° 4. EVALUACIONES PERIÓDICAS: PLANTACIÓN DE EUCALIPTO.

		PRIMERA EVALUACIÓN	SEGUNDA EVALUACIÓN	TERCERA EVALUACIÓN	CUARTA EVALUACIÓN	QUINTA EVALUACIÓN
ASOCIACIÓN DE PASTOS PERENNES: RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO + PASTO OVILLOS + FALARIS+ TRÉBOL ROJO	PESO DE FORRAJE FRESCO (k/ha)	10 000,00	7 500,00	35 300,00	25 600,00	13 600,00
	PESO DE MATERIA SECA (k/ha)	3 200,00	2 475,00	11 472,50	7 098,88	3 128,00
ESPECIE FORESTAL EUCALIPTO	ALTURA PROMEDIO DE PLANTA (m)	10	11,5	2,47	2,98	3,30
	DAP PROMEDIO (m)	0,13	0,15	2,45	3,20	3,45

ALTURA PROMEDIO DE EUCALIPTO

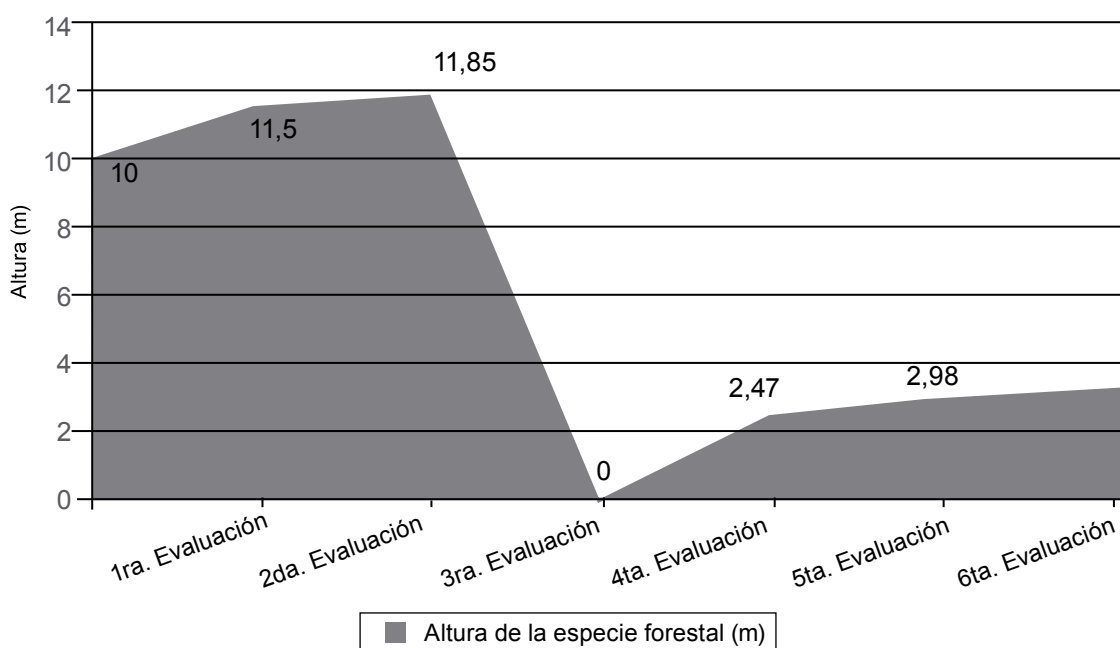


Figura N° 18. Altura de la especie Eucalipto hasta la edad de dos años.



El eucalipto es una plantación establecida hace 38 años, en la Figura 17 observamos las alturas promedio (10, 11,5 y 11,85m) de los rebrotes del primer corte y las alturas promedio (2,47, 2,98 y 3,3m) de los rebrotes del segundo corte. Las condiciones climáticas variables

han afectado a los tres experimentos silvopastoriles pues todos se encuentran en la misma zona de estudio – Anexo Experimental Cochamarca.

**PESO FRESCO Y SECO DE LAS ESPECIES FORRAJERAS
RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO + PASTO OVILO+
FALARIS + TREBOL ROJO**

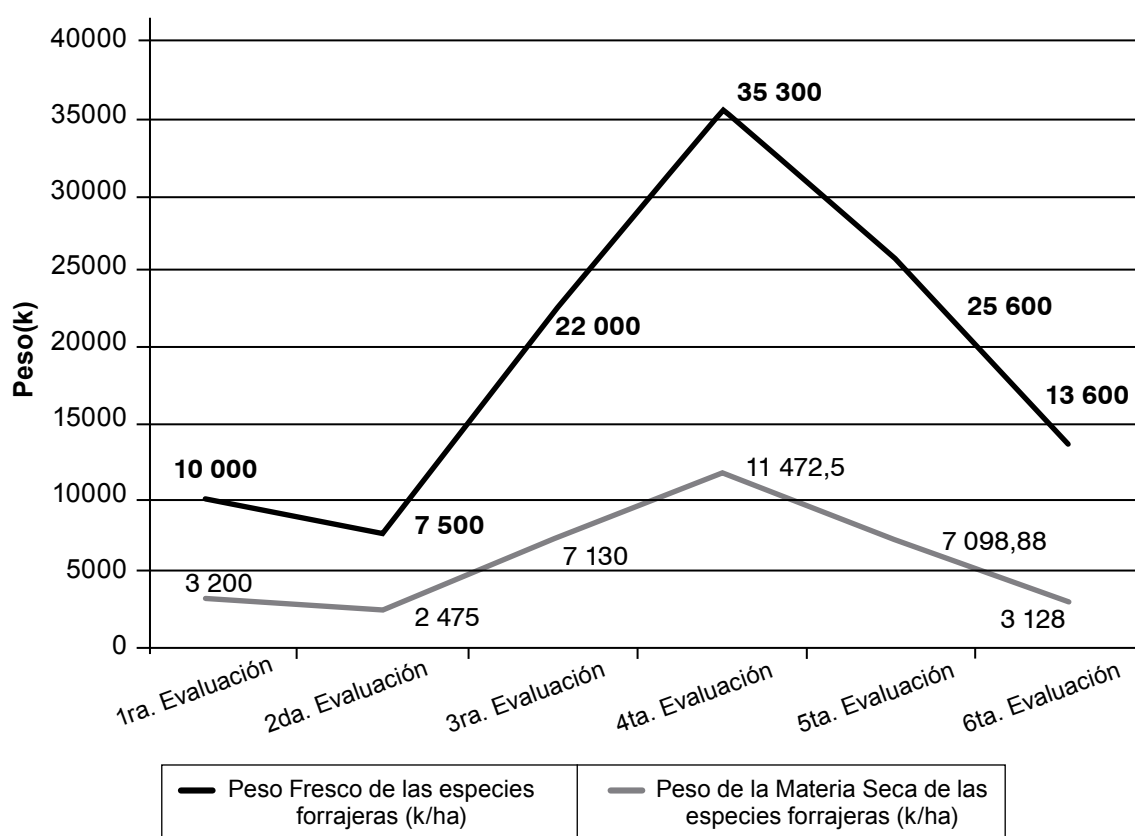


Figura N° 19. Peso fresco y seco de la asociación de pastos cultivados.

En la Figura N° 19, correspondiente a las especies forrajeras: Rye Grass ecotipo Cajamarquino, Pasto oviolo, Falaris y Trébol rojo, en el primer año de su establecimiento (primera, segunda y tercera evaluación) se observa que hay una disminución de su rendimiento en la 2da. evaluación debido a la variación de las condiciones climáticas, especialmente por la falta de precipitaciones pluviales; estos adversos factores climáticos se repiten en el año siguiente (cuarta, quinta

y sexta evaluación), el rendimiento baja progresivamente hasta llegar a un nivel más bajo en la última evaluación.

*** Parcela 3. Sistema Silvopastoril con Tara**

En el caso de Tara o taya (especie de lento crecimiento), en cuanto al morfotipo Barbada o Celendina su IMA es de 0,1591 m, el morfotipo Blanca o Almidón tiene un IMA de 0,0765 m y el



morfotipo Roja o Morocha tiene un IMA de 0,0929 m.

El área experimental antes de la instalación del Sistema Silvopastoril, fue un campo de pastoreo de ganado, cuya superficie estaba cubierta por kikuyo y otras especies nativas de poco valor nutritivo, por tal motivo y dada la importancia de la especie forestal en Cajamarca se optó por el establecimiento de una plantación con los tres morfotipos identificados y caracterizados como tales, por el Programa de Innovación Forestal del INIA.

Como es sabido, ésta especie forestal es mejoradora de la fertilidad de los suelos, por fijar nitrógeno a través de su sistema radicular, cualidad que nos permitió elegir especies forrajeras que fácilmente se asocien y aprovecha el nitrógeno fijado en el suelo, las mismas

que son las siguientes: Rye Grass ecotipo Cajamarquino (30k/ha), Pasto ovillo (10k/ha), Trebol rojo (5 k/ha) y Trebol blanco (3 k/ha).

La preparación del terreno se hizo con maquinaria agrícola, removiendo el suelo de manera superficial (15 cm de profundidad) para permitir la germinación y establecimiento de la pastura, luego se realizó trazo, marcación, apertura de hoyos y plantación, quedando el sistema silvopastoril completamente establecido

Evaluación inicial de la plantación:

- Forraje: 1 t/ha (Kikuyo y otras)
- Altura promedio de plantas: 0,80 m
- DAP promedio: 0,1 m
- Sistema de plantación: cuadrado.
- Distanciamiento 2x2 m

TABLA N° 5. EVALUACIONES PERIÓDICAS: PLANTACIÓN DE TARA.

		PRIMERA EVALUACION	SEGUNDA EVALUACION	TERCERA EVALUACION	CUARTA EVALUACION	QUINTA EVALUACION	
PASTOS CULTIVADOS: RYE GRASS + PASTO OVILO+ TRÉBOL BLANCO + TRÉBOL ROJO	PESO DE FORRAJE FRESCO (k/ha)	17 650,00	11 500,00	23 770,00	18 000,00	14 000,00	
	PESO DE MATERIA SECA (k/ha)	6 941,70	4 278,00	7 962,90	6 026,40	3 780,00	
ESPECIE FORESTAL: TARA	ALTURA PROMEDIO (m)	BARBADA O CELENDINA	0,3556	0,3873	0,4726	0,6007	0,6737
		BLANCA O ALMIDÓN	0,4430	0,3110	0,3928	0,5211	0,5960
		ROJA O MOROCHA	0,2837	0,3162	0,3956	0,4128	0,4694
	MORTALIDAD (%)	BARBADA O CELENDINA	---	5 % (12 PLANTAS)	---	---	---
		BLANCA O ALMIDÓN	---	15 % (36 PLANTAS)	---	---	---
		ROJA O MOROCHA	---	7.5 % (18 PLANTAS)	---	---	---

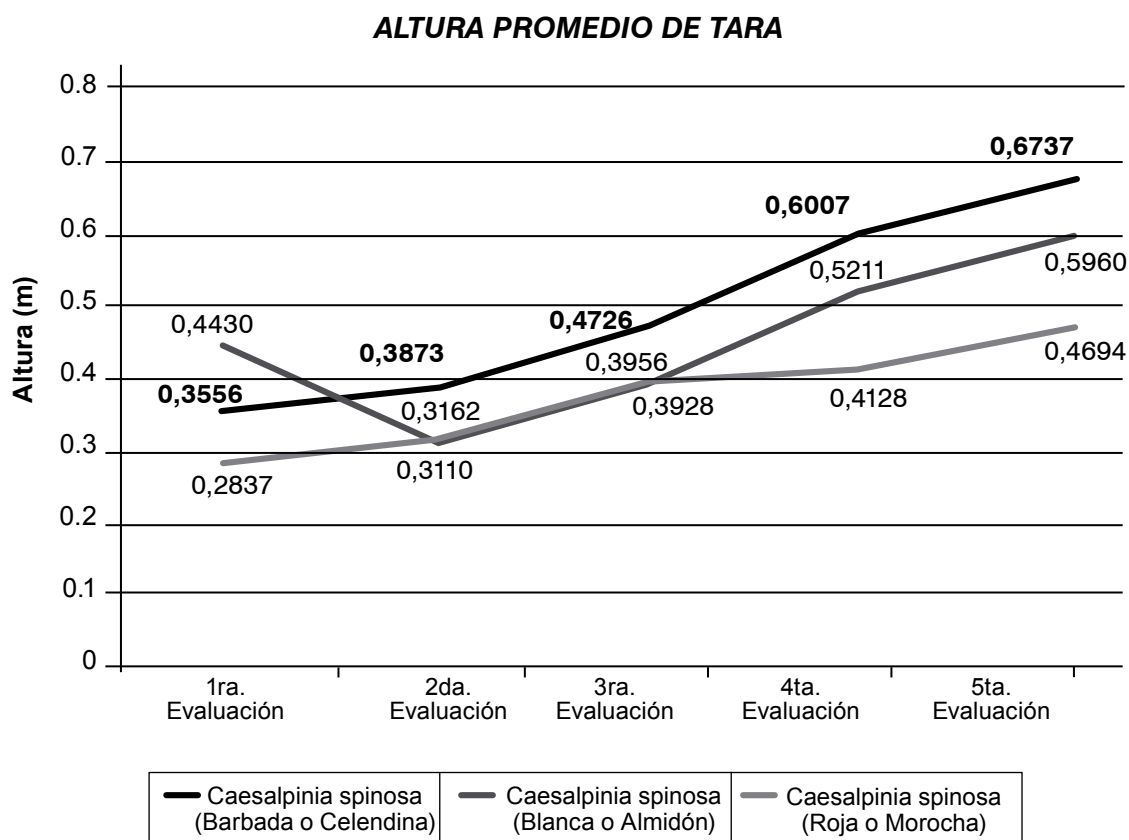


Figura N° 20. Altura de la especie forestal hasta la edad de dos años.

La Figura N° 20 nos muestra el crecimiento en altura que han tenido los diversos morfotipos de tara como son la Roja o Morocho, Blanca o Almidón y Barbada o Celendina respectivamente, para todos los morfotipos un punto crítico en el crecimiento se da en la segunda evaluación, afectando más al

morfotipo Blanca o Almidón con un 15% de mortalidad (36 plantas), esto debido a las condiciones climáticas descritas anteriormente este efecto se notó en las otras especies forestales pues todos se encuentran en la misma zona de estudio – Anexo Experimental Cochamarca.



PESO FRESCO Y SECO DE LAS ESPECIES FORRAJEAS RYE GRASS + PASTO OVILO + TRÉBOL BLANCA + TRÉBOL ROJO

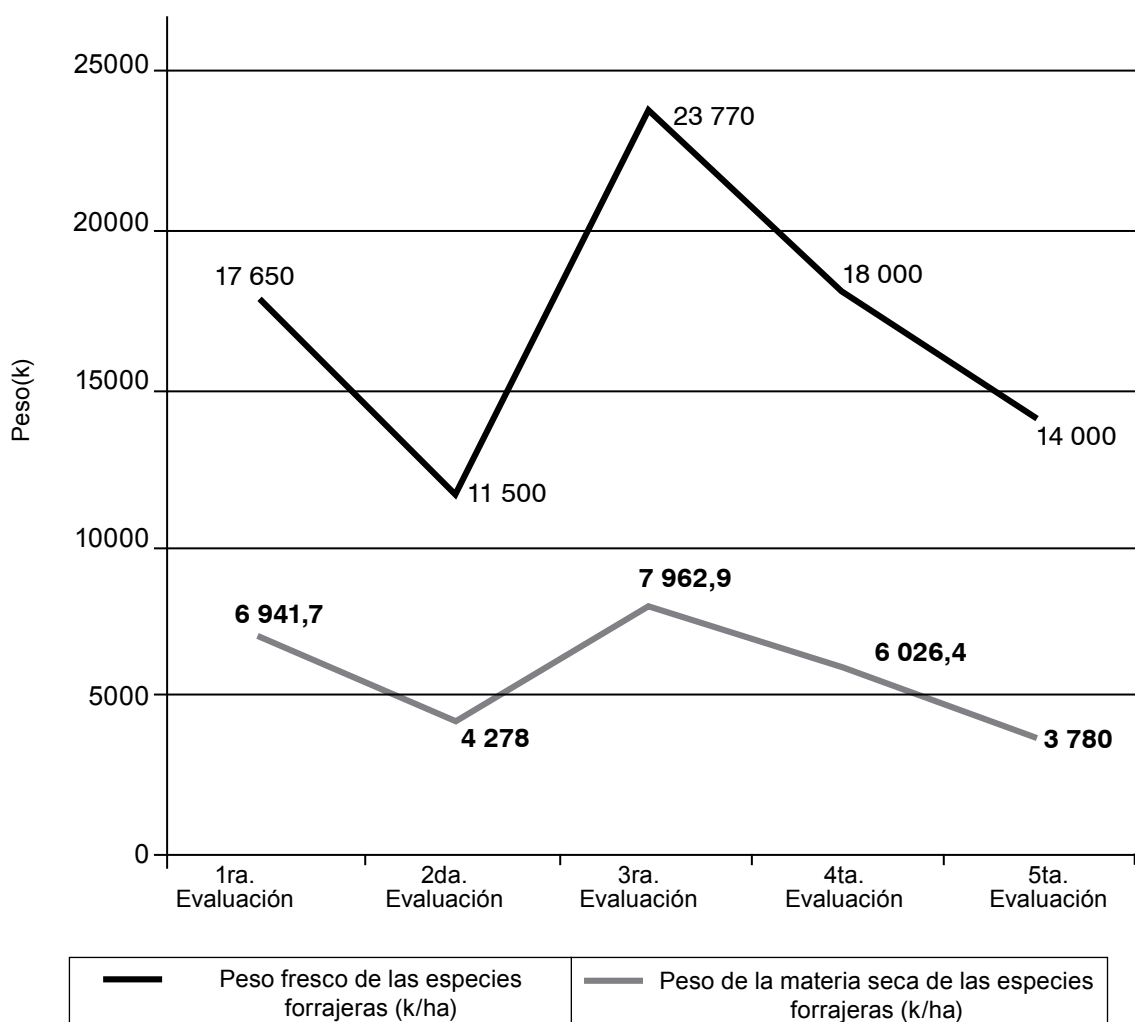


Figura N° 21. Peso fresco y seco de la asociación de pastos cultivados.

En la Figura N° 21 se puede observar el rendimiento correspondiente a las especies forrajeras: Rye grass ecotipo Cajamarquino, Pasto ovillo, Trébol blanco y Trébol rojo, en el primer año de su establecimiento hay una disminución de su rendimiento en la segunda evaluación debido a la variación de las condiciones

climáticas, especialmente por la escasez de lluvias; estos factores climáticos adversos se repiten en el segundo año de establecidas las pasturas, donde el rendimiento disminuyó progresivamente, alcanzando el nivel más bajo en la última evaluación (quinta evaluación).



5. EVALUACIÓN

Para realizar la evaluación, vamos a trabajar en base a la valoración técnica, ambiental y económica de la instalación y manejo de las silvopasturas, en base a lo siguiente.

5.1. Valoración técnica

Comparado a otros sistemas productivos, el sistema silvopastoril provee un alto grado de cobertura al suelo y por ende contribuye a disminuir la erosión del mismo. Estas prácticas o arreglos espaciales contribuyen a la conservación del recurso suelo, favorece el eficiente aprovechamiento del recurso hídrico, y se aprovechan los residuos de cosecha de forraje, que al descomponerse dan origen a porcentajes considerables de materia orgánica, elemento importante en la mejora de la calidad de sitio para el desarrollo no sólo de las especies forrajeras, sino también, de las especies forestales nativas y/o exóticas que se vienen evaluando en el presente trabajo (Freyetal, 2008). Cada uno de estos arreglos tiene sus propias características:

En el caso del Aliso es una especie que en su sistema radicular cuenta con colonias de *Rhizobium sp* que fijan el nitrógeno del aire en el suelo, aparte de ser una especie caducifolia que, con la caída de las hojas en ciertas épocas del año y el proceso de putrefacción de las mismas, proporcionan materia orgánica al suelo.

En caso del Eucalipto por tener un sistema radicular bastante desarrollado, penetra fácilmente a las capas interiores del suelo, descomponiendola rocamadre mejorando las características fisicoquímicas del suelo, sin competir con las especies forrajeras en

cuanto al requerimiento de agua para su desarrollo, aparte de que el follaje de ésta especie en cantidad considerable cae sobre la superficie del suelo en determinados meses del año descomponiéndose y produciendo materia orgánica.

En el caso de la Tara cabe indicar que la importancia económica está dada bajo este sistema silvopastoril por la fijación de nitrógeno, a través del sistema radicular mediante la asociación de microorganismos (*Rhizobium*), y como es sabido, todas las especies de la Familia Leguminosae presentan ésta característica; por lo tanto, mejoran la fertilidad el suelo.

Las especies forestales indicadas anteriormente, proporcionan madera para usos diversos, como para la fabricación de mangos de herramientas, construcción de viviendas rústicas, madera rolliza, madera aserrada, leña, además en el caso de la Tara produce frutos o vainas que, por sus concentraciones de taninos y goma de múltiples usos, aportan ingresos económicos al poblador rural.

Con relación a la mejora de la calidad de los pastos en estas asociaciones, se han realizado análisis de laboratorio, para determinar el porcentaje de materia seca, mediante el secado de forraje verde en estufa a 72 °C durante 24 horas.

Según los resultados del análisis bromatológico (Tabla N°6) se reportó que estos son adecuados para la alimentación de animales de alta producción como bovinos, ovinos y cuyes, pero que también es necesario el uso de suplementos alimenticios debido al bajo contenido de proteínas y minerales.



TABLA N° 6. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS, EMITIDO POR EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA BAÑOS DEL INCA.

SISTEMA SILVOPASTORIL	HUMEDAD %	MAT. SECA %	CENIZAS %	PROTEÍNA %	EXT. ETÉREO %	FIBRA %	EXT. LIB. DE N. %	FÓSFORO %
ALISO + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	82,27	27,73	10,50	15,78	5,71	22,80	42,21	0,39
EUCALIPTO + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	78,39	31,61	11,00	15,95	5,28	28,05	37,22	0,42
TARA + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	78,50	31,50	9,50	15,41	5,07	25,90	43,12	0,38

5.2. Valoración ambiental

La valoración ambiental de los sistemas silvopastoril es está dada por los servicios que proporciona al ecosistema por la captura de carbono en mayor o menor grado, según la especie, la edad de las plantas y la época del año, así como, la mitigación en los efectos que ocasiona el calentamiento global.

En un estudio anterior sobre captura de carbono en un sistema silvopastoril, con asociación de *especies forrajeras* y la especie forestal Eucalipto, la misma que a la fecha se viene trabajando y se ha determinado que la captura de carbono total en una plantación de 9 años es de 58,84 tC/ha. Las especies forestales instaladas en los campos experimentales son latifoliadas, por lo tanto son de hoja ancha y absorben en mayor cantidad el CO₂, transformando el carbono en su estructura física y devolviéndonos el oxígeno para nuestra respiración.

También se crea un microclima benigno o saludable para las especies que

prosperan en el sotobosque (asociación de pastos); además, de la belleza escénica que nos proporciona, lo cual propicia el turismo ecológico y la recuperación de la fauna silvestre.

Para la presente evaluación se utilizó una metodología matricial denominada; “Método de Consideración Ambiental”, que consiste en técnicas bidimensionales como son la magnitud e importancia que relacionan acciones con factores ambientales que podrían ser afectadas por el proyecto. Son básicamente de identificación de la relación causa – efecto, empleado para la valoración de impactos ambientales, se basa en la definición de un enunciado básico que describe en palabras el impacto generado.

Este método se caracteriza porque en la evaluación se utilizan los mismos valores de la Matriz de Leopold y el Índice Global del Impacto Ambiental IGIA es el resultado de la ponderación de la Magnitud con la Importancia.



TABLA N° 7. EVALUACION MATRICIAL DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS AGROSILVOPASTURAS

CONSIDERACION AMBIENTAL	SI	NO	DIRECCION	MAGNITUD	IMPORTANCIA	EVALUACION
Afectará el valor paisajístico del entorno	x		x	+3	3	+9
Afectará las poblaciones de vida silvestre		x		-1	1	-1
Afectará la macro fauna del suelo	x		x	+2	2	+4
Afectará la microbiología del suelo	x		x	+1	1	+1
Afectará la fijación de Nitrógeno atmosférico	x		x	+3	3	+9
Afectará el incremento de la materia orgánica	x		x	+3	3	+9
Afectará el control de la erosión del suelo	x		x	+3	2	+6
Afectará el microclima	x		x	+2	1	+2
Afectará el control de las heladas	x		x	+2	2	+4
Afectará el Incremento de la biodiversidad	x		x	+1	2	+2
Afectará sobre el crecimiento de malezas	x		x	+2	2	+4
Afectará en la captura de carbono	x		x	+2	3	+6
Afectará en la Pureza del agua		x		-1	3	-3
Afectará en la conservación del agua		x	x	-1	3	-3
Efecto total						+49

El Índice Global del Impacto Ambiental IGIA nos da como resultado +49, lo cual significa que el proyecto tiene un resultado muy positivo para el ambiente.



5.3. Valoración económica

Se realizó un balance económico para las tres parcelas experimentales y para cada asociación forrajera, la relación costo – beneficio (C/B) siendo el indicador de la rentabilidad para cada sistema.

Los costos que se deben asumir para la instalación de estos sistemas por los agricultores, corresponden a los jornales empleados para el manejo silvicultural, agronómico y los insumos empleados en este manejo e instalación de las especies forrajeras. En algunos casos sólo se está tomando los costos de acondicionamiento de la plantación por tratarse de árboles instalados anteriormente.

Los ingresos económicos corresponden a la evaluación neta de la producción de forrajes y rendimientos establecidos por instituciones del sector agrario. Para este balance económico, se correlacionan los ingresos y costos netos, que permiten evaluar la rentabilidad de cada sistema; sin embargo se resalta que la mayor parte de la producción es destinada al consumo en crianza de animales, en el caso de los forrajes, y al uso de las unidades de producción forestal para materiales para construcción, postes y leña; también se consideran en los costos el valor de la mano de obra empleada.

TABLA N° 8. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA SILVOPASTORIL: ALISO Y ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS.

COSTOS VARIABLES

A. MANO DE OBRA				
ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	N° DE JORNALES	VALOR UNITARIO S/.	TOTAL S/
TRAZO Y MARCACIÓN	JORNAL	2	25,00	50,00
APERTURA DE HOYOS	JORNAL*	3	25,00	75,00
PLANTACIÓN	JORNAL	1	25,00	25,00
SIEMBRA DE PASTOS	JORNAL	0,5	25,00	12,50
ABONAMIENTO	JORNAL	0,5	25,00	12,50
TOTAL				175,00

*solo se considera la labor de mantenimiento de plantación.

B. MAQUINARIA Y/O TRACCIÓN ANIMAL				
OPERACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD DE HORAS	VALOR UNITARIO S/.	TOTAL S/.
RASTRILLADO	HORA/MÁQUINA	1	80,00	80,00
TOTAL				80,00



C. INSUMOS					
RUBROS		UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO S/.	IMPORTE TOTAL S/.
SEMILLAS	PLANTONES	UNIDAD	180	0,35	63,00
	RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO	KILOGRAMO	30	12,00	360,00
	TRÉBOL ROJO	KILOGRAMO	5	20,00	100,00
ABONOS Y FERTILIZANTES	ESTIÉRCOL DE GANADO	SACO	20	8,00	160,00
	GALLINAZA	SACO	20	18,00	360,00
PESTICIDAS	BETA BAYTROIDE	LITRO	1	70,00	70,00
OTROS	ANÁLISIS DE SUELOS	MUESTRA	1	25,00	25,00
	GASOLINA	GALÓN	24	14,50	348,00
TOTAL					1 486,00

Resumen

- MANO DE OBRA : S/. 175,00
- MAQUINARIA Y/O TRACCIÓN ANIMAL: S/. 80,00
- INSUMOS: S/. 1 486,00

TOTAL S/. 1 741,00

D. BALANCE ECONÓMICO			
SISTEMA SILVOPASTORIL	INGRESOS S/.	EGRESOS S/.	SALDO S/.
ALISO + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	9 432,80	1 741,00	7 691,80
TOTAL			7 691,80

E. VALOR BRUTO					
SISTEMA SILVOPASTORIL	RENDIMIENTO/AÑO		RDTO. TOTAL	PRECIO UNITARIO S/.	IMPORTE TOTAL S/.
	1er. AÑO	2do. AÑO			
ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS (k/ha)	44 720,00	68 690,00	113 410,00	0,08	9 072,80
TARA (Nº DE PLANTAS)	180		180	2,00	360,00
TOTAL					9 432,80



**TABLA N° 9. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA SILVOPASTORIL:
EUCALIPTO Y ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS.**

COSTOS VARIABLES

A. MANO DE OBRA				
ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE JORNALES	VALOR UNITARIO S/.	TOTAL S/.
PREPARACIÓN DE TERRENO	JORNAL	80	25,00	2 000,00
MANEJO DE REBROTES	JORNAL	12	25,00	300,00
SIEMBRA DE PASTOS	JORNAL	0,5	25,00	12,50
ABONAMIENTO	JORNAL	0,5	25,00	12,50
CONTROL FITOSANITARIO	JORNAL	0,5	25,00	12,50
TOTAL				2 337,50

B. INSUMOS					
RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO S/.	TOTAL S/.	
SEMILLAS	<i>RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO</i>	KILOGRAMO	30	12,00	360,00
	<i>PASTO OVILLO</i>	KILOGRAMO	10	15,00	150,00
	<i>FALARIS (ESQUEJES)</i>	KILOGRAMO	5	30,00	150,00
	<i>TRÉBOL ROJO</i>	KILOGRAMO	5	20,00	100,00
ABONOS Y FERTILIZANTES	ESTIÉRCOL DE GANADO	SACO	20	8,00	160,00
	GALLINAZA (SACOS)	SACO	20	18,00	360,00
TOTAL				2 884,00	

Resumen

• MANO DE OBRA :	S/. 2 337,50
• INSUMOS:	S/. 1 280,00
TOTAL	S/. 3 617,50



D. VALOR BRUTO					
SISTEMA SILVOPASTORIL	RENDIMIENTO/AÑO		RDTO. TOTAL	PRECIO UNITARIO S/.	IMPORTE TOTAL S/.
	1er. AÑO	2do. AÑO			
ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS (Kg/Ha)	39 500,00	74 500,00	114 000,00	0,08	9 120,00
EUCALIPTO (Nº DE PLANTAS)	950 *		950	9,00	8850,00
TOTAL					17 970,00

* Hay que tener en cuenta que de cada planta talada, el tocón cuenta con 3 rebrotes en promedio, a razón de S/ 3.00 cada uno.

E. BALANCE ECONÓMICO			
SISTEMA SILVOPASTORIL	INGRESOS S/.	EGRESOS S/.	SALDO S/.
EUCALIPTO + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	17 970,00	3 617,50	14 352,50
TOTAL			14 352,50

TABLA N° 10. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA SILVOPASTORIL: TARA Y ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS (2.00 HÁ.)

COSTOS VARIABLES

A. MANO DE OBRA				
ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE JORNALES	VALOR UNITARIO S/.	TOTAL S/
TRAZO Y MARCACIÓN	JORNAL	2	25,00	50,00
APERTURA DE HOYOS	JORNAL	40	25,00	1000,00
PLANTACIÓN	JORNAL	3	25,00	75,00
SIEMBRA DE PASTOS	JORNAL	1	25,00	25,00
ABONAMIENTO	JORNAL	1	25,00	25,00
TOTAL				1 175,00



B. MAQUINARIA Y/O TRACCIÓN ANIMAL				
OPERACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD DE HORAS	VALOR UNITARIO S/.	TOTAL S/.
RASTRILLADO	HORA	2	80,00	160,00
TOTAL				160,00

C. INSUMOS					
RUBROS		UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO S/.	TOTAL S/.
SEMILLAS	PLANTONES	UNIDAD	720	0,70	504,00
	<i>RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO</i>	KILOGRAMO	80	12,00	720,00
	<i>PASO OVILLO</i>	KILOGRAMO	20	15,00	300
	<i>TRÉBOL ROJO</i>	KILOGRAMO	10	20,00	200,00
	<i>TRÉBOL BLANCO</i>	KILOGRAMO	6	20,00	120,00
ABONOS Y FERTILIZANTES	ESTIÉRCOL DE GANADO	SACO	40	8,00	320,00
	GALLINAZA (SACOS)	SACO	40	18,00	720,00
TOTAL					2 884,00

Resumen

• MANO DE OBRA :	S/. 1 175,00
• MAQUINARIA Y/O TRACCIÓN ANIMAL:	S/. 160,00
• INSUMOS:	S/. 2 884,00
TOTAL	S/. 4 219,00

D. VALOR BRUTO					
SISTEMA SILVOPASTORIL	RENDIMIENTO/AÑO		RDTO. TOTAL	PRECIO UNITARIO S/.	IMPORTE TOTAL S/.
	1ER. AÑO	2DO. AÑO			
ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS (k/Ha)	29 150,00	55 770,00	84 920,00	0,08	6 793,60
TARA (Nº DE PLANTAS)	720		720	6,00	4 320,00
TOTAL					11 113,60



E. BALANCE ECONÓMICO			
SISTEMA SILVOPASTORIL	INGRESOS S/.	EGRESOS S/.	SALDO S/.
<i>CAESALPINIA SPINOSA</i> + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	11 113,60	4 219,00	6 894,60
TOTAL			6894,60

TABLA N° 11. BALANCE ECONÓMICO DE LOS TRES SISTEMAS SILVOPASTORILES.

SISTEMA SILVOPASTORIL	INGRESOS S/.	EGRESOS S/.	SALDO S/.
<i>ALNUS ACUMINATA</i> + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	9 432,80	1741,00	7 691,80
<i>EUCALYPTUS VIMINALIS</i> + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	17 970,00	3 617,50	14 352,5
<i>CAESALPINIA SPINOSA</i> + ASOCIACIÓN DE PASTOS CULTIVADOS	11 113,60	4 219,00	6894,60
TOTAL	38 516,40	9 577,50	28 938,90

6. CONCLUSIONES

Las asociaciones de pastos cultivados, instalados bajo sistemas silvopastoriles con las especies forestales Aliso, Eucalipto y Tara, optimizan el uso del recurso suelo, pues se tiene mayor densidad de vegetación por unidad de superficie, incrementando la biomasa que servirá para la sostenibilidad del Sistema Ecológico.

La asociación de especies forrajeras de la familia Leguminosae con las de la familia Gramineae, proporcionan rendimiento de forraje por unidad de superficie, mucho más altos que cuando están en forma individual, como se ha determinado en los tres sistemas instalados.

Los tres sistemas silvopastoriles proporcionan beneficios económicos significativos a los productores agrarios hasta alcanzar la edad de aprovechamiento de los árboles. Siendo el sistema silvopastoril con Eucalipto el que genera mejores beneficios económicos.

Para el caso del Aliso y la Tara tienen otras ventajas como, por ser especies vegetales superiores, poseen una alta capacidad de fijación de nitrógeno en el suelo, mejorando la fertilidad y creando condiciones favorables para el desarrollo de las especies forrajeras.

Según el análisis bromatológico de los pastos, estos pueden ser utilizados en la alimentación de animales de alta producción, como bovinos, ovinos y cuyes principalmente, siendo necesario el uso de suplementos alimenticios para cubrir los requerimientos de cada especie animal, debido al bajo contenido de proteína y minerales.

La implementación de los sistemas silvopastoriles no presenta mayores dificultades, siendo importante la elección y manejo de las especies arbóreas y pastos. Sin embargo, el esfuerzo que implica éste tipo de manejo, se ve reflejado y ampliamente compensado por una serie de ventajas.

El sistema silvopastoril demuestra ser rentable, incluso más que un sistema forestal puro. Asimismo, el aumento del capital circulante por la diversificación de la oferta determina una mayor flexibilidad para los productores que lo implementan.



7. RECOMENDACIONES

- Realizar la difusión de la tecnología, mediante eventos de capacitación, visitas guiadas, hacia los productores agrarios de la Sierra.
- Continuar investigando el comportamiento de otras especies forrajeras perennes cultivadas, de importancia económica que pueden asociarse a especies forestales, conformando un sistema silvopastoril.
- Realizar estudios sobre la densidad de plantación de las especies forestales que permitan el paso de los rayos solares a la superficie del suelo para aprovechamiento de las especies que crecen en el sotobosque.
- Por los múltiples beneficios que ofrecen los sistemas silvopastoriles, deben ser considerados como una práctica de vital importancia para el aprovechamiento racional y permanente del recurso suelo.
- Sería recomendable considerar una evaluación con transplante tardío de plántones forestales porque reduciría el daño a la especie forestal por efecto del ramoneo.

BIBLIOGRAFÍA

- ADEFOR. 1993. Boletín Meteorológico Observación de 17 Estaciones - Cajamarca
- Alegre, J. 2005. Manual Técnico: Uso de Fertilizantes para Sistemas Agroforestales en los Trópicos - ICRAF. Shihuahuaco. Comunicación Tecnológica - Pucallpa, 25 pp.
- Alegre, J. 2008. Manual de Manejo de Suelos con Agroforestería. VLIR.UOS - Pucallpa. 20 pp.
- Aguirre, A. 1986. Técnicas de Propagación de Especies Forestales Nativas en Cusco. CIID/CONCYTEC. Lima, 56 pp.
- Aguirre, A. 1988. Propagación de Especies Forestales Nativas de la Región Andina del Perú. Primera Edición CONCYTEC. Lima, 127 pp.
- Borgo, G. y Galloway G. 1984. Guía para el Establecimiento de Plantaciones Forestales en la Sierra Peruana. Proyecto FAO-Holanda/INFOR: Lima 192 pp.
- Botero R. Russo R. 2005. El componente arbóreo como recurso forrajero en los sistemas silvopastoriles. Escuela de agricultura de la región tropical húmeda. EARTH. San José, Costa Rica.
- Budowski G. 1979. Sistemas Agroforestales Principios y Aplicaciones en los Trópicos. Turrialba, Costa Rica.
- Casanova, J. 1981. Resultados de Experimentos sobre Propagación de algunas Especies Forestales Nativas de la Sierra Peruana. PSICA-IICA- UNSAAC, Cusco. 46 pp.
- Carlson, P. 1985. El Aliso (*Alnus acuminata*) para Sistemas Agroforestales en la Sierra del Perú. Jornadas Agroforestales en la Sierra Peruana. Proyecto FAO-Holanda/INFOR. Tarma, Perú. 12 pp.
- CATIE.1986. Sistemas Agroforestales: Principios y Aplicaciones en los Trópicos. San José, Costa Rica. 659 pp.
- Cuéllar J. 2014. Efecto del cambio de uso del bosque tropical en la biomasa y el carbono almacenado, cuenca de Aguaytía, Perú. Tesis para optar el grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima. 148p.
- Flores, A.. Bryant, F. 1990. Manual de Pastos y Forrajes - Texas Tech University. 206 pp.



Frey, E.; Fassola, H.; Pachas N.; Colcombet L.; Lacorte S.; Cabbage F.; Pérez O. 2008. Perceptions of silvopasture systems in northeastern Argentina. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UnaM – EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.

Galloway, G. y Borgo, G. 1984. Guía para el Establecimiento de Plantaciones Forestales en la Sierra Peruana. 144 pp.

Guevara Torres, J. 1943. Los Agroecosistemas Andinos del Perú: la Oferta Ambiental de los Andes y Algunas Sugerencias para Optimizar su Utilización. En el Agroecosistema Andino. Problemas, Limitaciones y Perspectivas. CIP. Lima.

Koepcke Hans-W. & M. Koepcke. 1958. Los Restos de Bosques en las Vertientes Occidentales de los Andes Peruanos. Bol. del Comité Nacional de Protección a la Naturaleza, 1958.

Lojan, L. 1992. Los árboles y Arbustos Nativos para el Desarrollo Forestal Altoandino. Proyecto de Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Quito - Ecuador.

Mahecha 2002. “El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina”. En Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria Vol. 15: 2, 2002. p 226 – 231.

Ocaña, D. 1990. El Calendario Forestal para la Sierra Peruana. Proyecto FAO-Holanda/DGFF. Lima-Perú. Documento de trabajo N°13.

Otárola, A. 1987. Memoria del Seminario Nacional Sobre Agroforestería y Conservación de Suelos. Proyecto FAO-Holanda/INFOR. Cusco-Perú.

Padilla Saúl. 1995. Manejo Agroforestal Andino. Proyecto FAO-Holanda. Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Quito.

Pretell, J. ; Ocaña, D. y Jonjap, R. 1985. Apuntes Sobre Algunas Especies Forestales Nativas de la Sierra Peruana. Proyecto FAO Holanda INFOR. 120 pp.

Reynel, Carlos y Carmen Felipe Morales, 1987. Agroforestería Tradicional en los Andes del Perú. FAO - Ministerio de Agricultura.

Reynel, C., León, J. 1990. árboles y Arbustos Andinos para Agroforestería y Conservación de Suelos. Proyecto FAO-Holanda/INFOR. Lima-Perú. 382 pp.

Sánchez, I. 1996. Bases para el Manejo Silvopastoril en Zonas Altoandinas del Norte del Perú. Proyecto Silvopastoril en Cajamarca ADE- FOR - AID. 98 pp.

Sánchez, P. 1988. Manual Silvoagropecuario. JUNAC/UNC/ E.E.E. Cajamarca - Perú.

Sánchez Vega, I., U. Pajares y G. Bazán. 1994. Manejo Silvopastoril en Cajamarca - Fase I. ADEFOR Inf. de Investigación N°6, Cajamarca.

Suárez, R.O. y E. Borodowski. 1999. Sistemas silvopastoriles para la Región Pampeana y Delta del Paraná. SAGPyA Forestal N° 13, diciembre 1999, págs. 2-10.



Venero, J. et al. 1986. Practicas Agroforestales en la Serranía del Cusco. Boletín de Lima N°43. Año 8.

Venero, L. & Macedo, H. 1983. Relictos de Bosques en la Puna del Perú. Boletín de Lima 20: 19 – 26.

Zanabria R. 2013 Determinación del Carbono total en diferentes sistemas de uso de tierra en el valla del Mantaro, Junín. Tesis (Ingeniero Forestal y Ambiental). Huancayo, Junín, Universidad Nacional del Centro del Perú,. 143p.

ANEXOS



Figura N° 22. Anexo experimental Cochamarca - Mulching en plantación de Aliso con asociación de pastos cultivados.



Figura N° 23. Anexo Experimental Cochamarca - Plantación de Aliso y asociación de pastos cultivados.



Figura N° 24. Anexo Experimental Cochamarca - Plantación de Eucalipto y asociación de pastos cultivados en época lluviosa.



Figura N° 25. Anexo Experimental Cochamarca - Plantación de Eucalipto y asociación de pastos cultivados en época seca.



Figura N° 26. Anexo Experimental Cochamarca - Pastoreo de ganado vacuno en plantación de Eucalipto con asociación de pastos cultivados.



Figura N° 27. Anexo Experimental Cochamarca - Plantación de Tara y asociación de pastos cultivados.



Figura N° 28. Anexo Experimental Cochamarca - Plantación de Tara y asociación de pastos cultivados en época seca.



Figura N° 29. Anexo Experimental Cochamarca - Plantación de Tara y asociación de pastos cultivados en época lluviosa.

