

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSTGRADO**



**MAESTRIA EN CIENCIAS
MENCIÓN: RECURSOS NAURALES
LÍNEA: RECURSO VEGETAL**

TESIS

**Evaluación del Modelo Negromayo en la Recuperación de
la Diversidad Vegetal en las Laderas Erosionadas del
Valle de Cajamarca**

Para Optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presentado por:
Gustavo Iberico Vela

Asesores: Eduardo Torres Carranza
Pablo Sánchez Zevallos

Cajamarca, Perú
-2015-

COPYRIGHT © 2015 by
GUSTAVO IBERICO VELA
Todos los derechos reservados

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSTGRADO**



**MAESTRIA EN CIENCIAS
MENCIÓN: RECURSOS NAURALES
LÍNEA: RECURSO VEGETAL**

TESIS APROBADA

EVALUACIÓN DEL MODELO NEGROMAYO EN LA RECUPERACIÓN DE LA
DIVERSIDAD VEGETAL EN LAS LADERAS EROSIONADAS DEL VALLE DE
CAJAMARCA

Para Optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presentado por:
Gustavo Iberico Vela

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Eduardo Torres Carranza
Asesor

Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
Presidente del Comité

Dr. JuanFrancisco Seminario Cunya
Primer Miembro Titular

Ing. M.Sc. Wilfredo Poma Rojas
Segundo Miembro Titular

CAJAMARCA – PERU

2015

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres, José Gustavo y Amelia, quienes con su ejemplo y con inmenso cariño, me inculcaron el amor al trabajo y al estudio.

A mi maestro y amigo Pablo E. Sánchez Zevallos, quien desinteresadamente, además de regalarme sabias e importantes lecciones de vida, me brindó todas las facilidades y me animó para realizar el presente estudio en su chacra ecológica .

A mi esposa, hijos y hermanos; por su constante estímulo y apoyo moral y material, para hacer realidad este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo G. Torres Carranza,
asesor de la presente investigación,
por sus importantes y oportunas orientaciones
y consejos que me permitieron culminar con éxito
el presente trabajo de tesis.

Al colega y amigo Luis Dávila Estela por su invaluable
apoyo, tanto en los trabajos de campo como en los de
gabinete, suministrando las pinceladas de calidad, tan
necesarias, en el desarrollo de este trabajo de
investigación.

INDICE

Resumen.....	7
I. INTRODUCCIÓN	9
II. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.1. Planteamiento del Problema	11
2.2. Formulación del problema de investigación	9
2.3. Justificación e importancia del trabajo	10
III. OBJETIVOS	14
3.1. Objetivo general	14
3.2. Objetivos específicos.....	14
IV. HIPÓTESIS Y VARIABLES	15
4.1. Hipótesis.....	15
V. MARCO TEÓRICO	16
5.1. Antecedentes teóricos de la investigación	16
5.2. Bases teóricas.....	18
5.2.1. Gestión ambiental y desarrollo sostenible.....	18
5.2.2. Espacios alterados	19
5.2.3. La cosecha del agua	26
5.2.4. Cubierta vegetal y cuencas hidrográficas	28
5.2.5. Manejo y conservación de suelos.....	29
5.2.6. La reforestación y regeneración de pastizales.....	30

5.2.7. Agricultura sostenible.....	30
5.3. Definición de términos básicos.....	32
5.3.1. Diversidad vegetal.....	32
5.3.2. Prácticas de conservación de suelos.....	32
5.3.3. Erosión hídrica.....	33
5.3.4. Especies arvenses.....	33
5.3.5. Chacra sustentable.....	33
5.3.6. Cosecha de agua.....	34
5.3.7. Restauración ecológica.....	34
5.3.8. Degradación ecológica.....	34
VI. MATERIALES Y METODOLOGÍA	35
6.1. Localización del área de estudio.....	35
6.2. Características ecológicas.....	35
6.3. Materiales y equipos	36
6.4. Metodología.....	36
6.4.1. Tipo de estudio	36
6.4.2. Población muestra y unidades muestrales.....	36
6.4.3. Procedimiento de Campo	37
6.4.4. Procedimiento de gabinete	43
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
7.1. Componentes del Modelo Negromayo.....	34

7.2.	Caracterización de los componentes del Modelo Negromayo.....	46
7.2.1.	Caracterización de las técnicas de conservación y manejo de suelos empleadas en el proceso de recuperación de la diversidad vegetal.....	46
7.2.2.	Técnicas de conservación de suelos empleados en el proceso de recuperación de la diversidad vegetal.....	48
7.2.3.	Características de los suelos del Modelo.....	57
7.2.4.	Cosecha de agua para favorecer la recuperación de la cobertura vegetal.....	57
7.3.	Recuperación de la diversidad vegetal del Modelo Negromayo.....	66
7.3.1.	La vegetación del área de estudio.....	66
7.3.2.	Diversidad florística mediante índice de Shannon-Wiener y de Simpson.....	69
7.3.3.	Cobertura vegetal recuperada en el Modelo Negromayo.....	74
7.3.4.	Biomasa de la vegetación.....	80
7.4.	Costo económico que implicó el proceso de recuperación de las laderas erosionadas.....	80
VIII.	CONCLUSIONES	88
IX.	BIBLIOGRAFÍA	89
	ANEXOS.....	97

Resumen

En el predio Negromayo, al Suroeste de la ciudad de Cajamarca, sector Cruz Blanca, que forma parte de las laderas del valle de Cajamarca, ubicado entre los 2850 a 2890 msnm, se ha desarrollado un modelo de recuperación de la diversidad vegetal en laderas erosionadas a través de técnicas de conservación y manejo de suelos, aplicación de tecnologías de cosecha de agua y de plantaciones forestales en macizos. Se describieron las técnicas, se determinó la diversidad florística, la cobertura vegetal y la biomasa de la vegetación recuperada y se calcularon los costos que demandó la ejecución del Modelo durante 6 años. Se identificaron terrazas de formación lenta asociadas con especies leñosas, andenes, hilera de árboles con acequias de infiltración y plantaciones forestales. La abundancia de especies alcanzó los 237, distribuidos en 59 familias y 169 géneros. La diversidad vegetal según los índices de diversidad alcanzó hasta los 2.4462, con una riqueza específica de 20 especies y una abundancia de 237 individuos. La cobertura de las especies de mayor frecuencia fue menor del 5%; la biomasa alcanzó hasta los 11 500 kg ha⁻¹. El costo del modelo Negromayo fue de S/. 5 892.55 ha⁻¹ año⁻¹.

Abstract

In Negromayo place, Southwest of Cajamarca city, Cruz Blanca area, which is part of the slopes of the valley of Cajamarca, located between 2850-2890 meters, has developed a recovery model of plant diversity on eroded hillsides through conservation techniques and soil management, implementation of water harvesting technologies and massive forest plantations. The techniques described, the floristic diversity, vegetation cover, biomass of vegetation recovered and the costs demanded the execution of the model during six years. Slow formation terraces associated with woody species, platforms, line of trees with infiltration of ditches and forestry plantations were identified. The abundance of species reached 237, distributed in 59 families and 169 genres. Plant diversity as diversity indices reached up to 2.4462, with a specific richness of 20 species and an abundance of 237 individuals. Coverage of the species most often was less than 5%; biomass amounted to 11 500 kg ha⁻¹. The Negromayo model cost was of S / . 5 892.55 ha⁻¹ year⁻¹.

I. INTRODUCCIÓN

La sierra peruana ha sido y es un territorio donde las poblaciones ancestrales y actuales se han asentado por las prometedoras posibilidades de condiciones edáficas y climáticas, para el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, principalmente. Por lo que en el afán de satisfacer sus necesidades, por un lado ha sido capaz de realizar labores de conservación de suelos con una ingeniería incomparable, cuyos vestigios se conservan hasta hoy, como modelos insuperables; por otro lado, han hecho prácticas y manejo de suelos incipientes e inadecuadas, que paulatinamente han generado deterioros en los suelos de ladera y valles, como exponerlos suelos a la erosión hídrica y eólica, reducción de la capa arable, modificación de la cobertura, introducción de nuevos cultivos, especies arvenses y forestales (Vargas 2011).

Las laderas del valle de Cajamarca reflejan en parte esta realidad, lo que ha traído como consecuencia una disminución de la producción agrícola y pecuaria y con ello, pobreza y migración hacia las ciudades o a otros lugares en busca de mejores condiciones de vida. Las poblaciones que han quedado siguen desarrollando actividades agropecuarias con escasa tecnología para conservar suelos, lo que conlleva a una sobreexplotación de las pequeñas parcelas agrícolas y en otros casos, a expandir la frontera agrícola a espacios no aptos para tales fines, cambiando el uso potencial de los suelos inapropiadamente.

Las laderas adyacentes a la quebrada Negromayo, se caracterizan por presentar suelos erosionados, parcelas fraccionadas, con escasas áreas de suelos profundos, destinados a la actividad agrícola y escasa disponibilidad de agua, favorecida solo en la época lluviosa.

Existen tecnologías que permiten la recuperación de los suelos de laderas y con ello la restauración de la vegetación. Las prácticas combinadas de manejo y conservación de suelos, las tecnologías agroforestales y las prácticas agroecológicas, coadyuvan al

mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo y por ende a la recuperación de la diversidad vegetal. Para el Modelo Negromayo se han aplicado estas, de manera planificada, con el propósito de demostrar a la población rural que con una pequeña extensión de tierras (3.5 ha) es posible sostener a una familia de aproximadamente 5 miembros.

Se trata pues de hacer un tipo de ordenamiento territorial de un predio y desarrollar las tecnologías en cada unidad de uso para potenciar sus beneficios y rentabilidad. Posteriormente, seguir realizando un manejo sostenible, de manera que paulatinamente se mejore las condiciones socioeconómicas de las familias.

II. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Planteamiento del problema

Los recursos naturales existentes en el medio donde están asentadas las sociedades campesinas están sufriendo una degradación por la sobre-explotación de sus componentes: suelo, agua y vegetación. Esta situación ha conllevado a que muchas áreas de laderas se vean empobrecidas por las acciones antrópicas de aprovechamiento inadecuado para las condiciones ecológicas de los espacios ocupados.

La degradación de los recursos naturales de un espacio natural comienza por la ausencia de una cultura de eficiencia en el manejo racional y sostenible. Se impone la cultura extractiva, la concepción de que la naturaleza se recupera sola, aunque lentamente sin completar su proceso de recuperación total. Una serie de intervenciones antrópicas sucesivamente inmediatas hacen de los espacios naturales áreas de pobreza y de degradación ecológica, con consecuencias como reducción de la producción agrícola, incremento de la erosión hídrica y eólica del suelo, un sistema hídrico deficiente y, en suma, una baja calidad de vida de los actores sociales rurales.

Las laderas del valle de Cajamarca, especialmente las que se encuentran ubicadas en la dirección sur-oeste a oeste se encuentran bajo esta problemática, y el área donde se realizó el presente estudio se encuentra inmersa en ella.

Esta realidad es posible mejorarla con la aplicación de técnicas de recuperación y manejo integral de los recursos naturales. Se está promoviendo un modelo de recuperación y manejo de laderas degradadas por la actividad agropecuaria en un sector de la ladera media del valle de Cajamarca, predio Negromayo. Se instaló infraestructura de ingeniería hídrica, bosques y sistemas agroforestales. Se evaluó los efectos de la recuperación de la

ladera con la cobertura vegetal natural e introducida y con el manejo del agua cosechada. El **modelo** se denomina Chacra productiva y sustentable (Sánchez 2006).

2.2. Formulación del problema de investigación

Las laderas, principalmente, por las acciones antrópicas han perdido total o parcialmente la cobertura vegetal, trayendo consigo que éstas queden desprotegidas de la acción erosiva del viento y de la lluvia. Negromayo no es una excepción, muy al contrario las acciones negativas se han acentuado por la alta pendiente y pocas veces se han puesto en práctica labores de recuperación del agua ni del suelo. Por ello es que se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son los componentes que integran el Modelo Negromayo en la recuperación y manejo integral de los recursos naturales y de la diversidad vegetal en las laderas erosionadas del valle de Cajamarca?

2.3. Justificación e importancia del trabajo

En momentos en que se agudiza la crisis planetaria tanto por el calentamiento global y desbalance económico mundial, planteamos el presente estudio porque se considera de vital importancia la captación y buen uso del agua atmosférica, así como la recuperación del suelo, para que se valide el Modelo Negromayo y pueda ser replicado más adelante por los campesinos del valle y de otras zonas de la región y del país, con similares características.

Además, el presente estudio podrá ser tomado como base para investigaciones posteriores.

El modelo Negromayo se sustenta básicamente en aprovechar en forma óptima el agua proveniente de las lluvias (cosecha), para distribuirla racionalmente y producir luego

alimentos (convertir una gota de agua en un grano de semilla) que siempre son deficitarios en los espacios altoandinos rurales del Perú.

El modelo abarca todo un sistema cohesionado de actividades e infraestructuras para hacer de este espacio lo que su autor le denomina la chacra sustentable . El análisis del costo beneficio en el tiempo nos dará la posibilidad de sugerir que este sea replicado en el resto de las áreas de laderas o sus similares de la región y del Perú, que podría convertirse en alternativa para enfrentar algunos objetivos del milenio y el reto que nos viene planteando el cambio climático.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar y caracterizar los componentes del Modelo Negromayo en la recuperación de la diversidad vegetal en las laderas erosionadas del valle de Cajamarca.

3.2. Objetivos específicos

- 3.2.1. Identificar los componentes del Modelo Negromayo en la recuperación de la diversidad vegetal en las laderas erosionadas del valle de Cajamarca
- 3.2.2. Caracterizar los componentes del Modelo Negromayo en la recuperación de la diversidad vegetal en las laderas erosionadas del valle de Cajamarca.
- 3.2.3. Evaluar la diversidad vegetal recuperada de la ladera del Modelo Negromayo .
- 3.2.4. Determinar el costo económico que ha implicado el proceso de recuperación de la diversidad vegetal del Modelo Negromayo.

IV.HIPÓTESIS Y VARIABLES

4.1. Hipótesis

Los componentes que integran el Modelo Negromayo para la recuperación de la diversidad vegetal en las laderas erosionadas del valle de Cajamarca son técnicas de manejo y conservación de suelos, cosecha de agua y la forestación.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Antecedentes teóricos de la investigación

En Cajamarca se desarrolló una propuesta metodológica relacionada con el proceso de conservación de la biodiversidad, denominado Modelo Cajamarca , principalmente los recursos fitogenéticos en el distrito de la Encañada. Dentro de los componentes del modelo señalan a la conservación de suelos y al manejo del recurso agua, que son requisitos indispensables para crear el ambiente propicio para la conservación in situ de la diversidad agrícola (Tapia y Rosas 1998).

Según AGRORURAL (2011), señala que para la conservación de suelos en áreas agrícolas

en suelos de laderas de la sierra peruana se consideran las siguientes: rehabilitación de andenes, terrazas de absorción, terrazas de formación lenta, zanjas de desviación, como prácticas de tipo mecánico estructurales; cultivos en contorno, rotación de cultivos, asociación de cultivos, aplicación de enmiendas orgánicas y químicas, cultivos de cobertura, cobertura muerta, barreras vivas, labranza conservacionista, agroforestería, manejo del agua de riego en la parcela, como prácticas agronómicas-culturales; terrazas individuales, zanjas de infiltración, manejo de praderas, clausura de pastos, rehabilitación de praderas degradadas, silvopasturas, áreas de pastos y forestales; defensa ribereña y diques para control de cárcavas en áreas de protección.

En las laderas del distrito de la Encañada (Cajamarca), se han realizado 600 ha de terrazas de formación lenta con la finalidad de controlar la humedad y el grosor de los suelos y de crear condiciones favorables para los cultivos por un lapso m de 8 a 10 años (Tapia y Sánchez 1996).

Por otro lado, en base al conocimiento que se tiene en manejo de suelos en laderas en el Perú y específicamente en Cajamarca, se señala que el manejo del agua se hace mediante acequias de infiltración para captar agua de la escorrentía superficial y permitir su infiltración, controlando así la erosión de los suelos. Esta práctica ha resultado ser beneficiosa porque dispone de agua en la época de estiaje y principalmente ayuda a la regeneración de la cubierta vegetal (Vásquez *et al.* 2012).

Se ha aplicado el microrriego como una técnica de restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos, complementado con la selección adecuada de especies de *Pinus halepensis* y *Olea europea*, obteniendo tasas medias superiores de supervivencia del 94% en el sureste peninsular de España (Sánchez *et al.* 2004).

Se han utilizado 10 especies arbustivas para la restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos, que tuvieron mayores tasas de supervivencia, entre 90 y 80%, en Almería, España, pues permiten avanzar en las sucesiones (Padilla *et al.* 2004).

Un estudio en un área de ladera del valle de Cajamarca, relacionado con un modelo de desarrollo en un predio agrícola, donde incluye el manejo y rentabilidad de las pasturas, composición botánica y soportabilidad, manejo de suelos en ladera para un adecuado uso del agua de lluvia, comparando con bosque de eucaliptos y parcelas de sobrepastoreo, ha demostrado que el manejo de las pasturas, del agua en laderas y del suelo contribuyen a mejorar significativamente las condiciones ecológicas y económicas del predio (Tejada 1997).

Se ha demostrado para el valle y laderas de Cajamarca que llueve unos 700 mm al año, lo que significa recoger 700 litros por m² de agua del techo de una casa. Consiguientemente a esto, se señala que en un metro de montaña rocosa o en 1 m² de

suelo la cosecha del agua consiste en desarrollar diferentes estrategias y sistemas que permitan recoger y almacenar el agua para desarrollar cultivo permanentes, praderas mejoradas y madera de calidad en montes y bosques, en áreas más reducidas donde el suelo sea mejor dotado y facilite el aprovechamiento eficiente del agua mediante el establecimiento de cultivos altamente rentables, en un sistema de andenería o de espacios adecuadamente protegidos, que asegure pasar de los rendimientos actuales significativamente rentables (Sánchez y Chuquiruna 2006).

Según estos autores, se sabe que en Cajamarca, la chacra sostenible puede brindar sustento a una familia rural de cinco integrantes en promedio, que obtienen un ingreso mínimo líquido de S/. 500 a S/. 800 nuevos soles mensuales, mediante el establecimiento de pequeñas empresas múltiples productivas de transformación o conservación de productos agrícolas, pecuarios, forestales, artesanales y de alfarería, carpintería, cestería, fáciles de comercialización, con la posibilidad inclusive de generar actividad de agroturismo o turismo vivencial.

5.2. Bases teóricas

5.2.1. Gestión ambiental y desarrollo sostenible

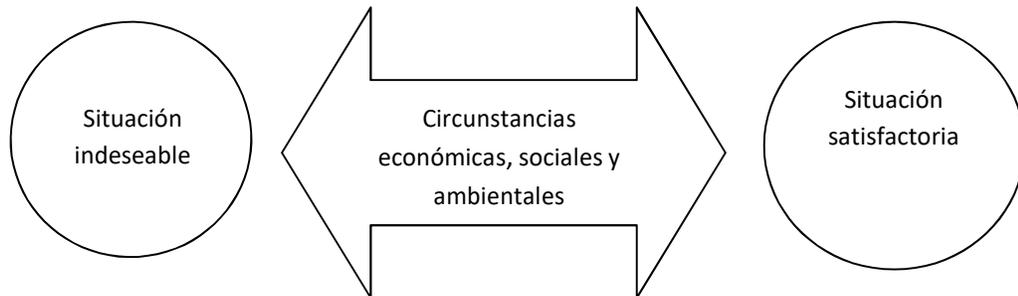
La gestión ambiental tiene por objetivo lograr un medio ambiente de calidad y que para ello debe operar en tres direcciones complementarias: prevención y curación de las degradaciones ambientales (Gómez 2004).

Para asegurar el desarrollo sostenible, es necesario mantener un nivel crítico de capital que pueda asegurar el crecimiento del bienestar de las generaciones presentes y futuras. La idea es asegurar la conservación de un patrimonio natural o artificial a objeto de transmitirlo a las futuras generaciones, tanto en cantidad como en calidad respecto a su función económica, ecológica y sociocultural (Glave y Pizarro 2001).

5.2.2. Espacios alterados

5.2.2.1. Espacios degradados

Gliessman (2002), señala ampliamente, que la degradación es una situación que se considera total o parcialmente indeseable, con respecto a otra que se considera satisfactoria, y ello en las circunstancias sociales, económicas y ambientales en que se inscribe.



En este sentido, el concepto de degradación tiene connotaciones diversas según el tipo de uso que brinde el espacio, o según la función productiva que cumpla. Calificar a un espacio como degradado implicará una doble condición:

- ✓ en relación con el valor: valor negativo del espacio para todas las dimensiones que conforman tal concepto: ecológica, paisajística, científico-cultural, funcional o productiva; y, valor inferior al que podría tener en una situación más o menos ideal.
- ✓ en relación que cumple para la sociedad: carencia de una función que justifique el estado parcialmente degradado; práctica negligente o insatisfactoria de dicha función, cuando existe o localización inadecuada de la actividad gestionada en el entorno en que se ubica.

Con respecto a la escasez de valor del espacio degradado podría venir indicada, por ejemplo, por la ausencia de vegetación, donde podría haberla o el mal estado de esta, por la evidencia de procesos erosivos activos con cárcavas, barrancos, deslizamientos, etc., por el envejecimiento del suelo, por la presencia de residuos, suciedad, elementos extraños y contaminaciones de diverso tipo, por la incoherencia paisajística e intrusión visual, por el uso inadecuado del suelo, por superposición y desorden de actividades, por colmatación del terreno, etc.

Las principales orientaciones de la edafología al iniciar el siglo XXI son las de proporcionarnos las bases para abordar los temas referentes a la protección del medio frente a los procesos de degradación del suelo (contaminación, eliminación de residuos, erosión, salinización, etc.), procesos de rehabilitación de terrenos, y a la asignación de usos al territorio en base a su actitud para distintos tipos de uso. Interdisciplinariedad. Enfoque holístico para lograr un desarrollo sostenible (Porta y López 2003).

La labranza intensiva tiende a degradar la calidad del suelo en diferentes formas. La materia orgánica se reduce debido a la ausencia de cobertura vegetal y el suelo se compacta por el paso frecuente de maquinaria pesada. La falta de materia orgánica reduce la fertilidad del suelo y degrada su estructura, incrementando su compactación. Esto implica adicionar nutrimentos y usar más y más maquinaria para romper la compactación. Constituyen también agravantes: el monocultivo, la aplicación de fertilizantes sintéticos, la irrigación, el control químico de plagas y arvenses, la manipulación del genoma vegetal, entre otros.

5.2.2.2. Espacios sobreexplotados

Gómez (2004) ha definido también a la situación extrema de los espacios denominados espacios sobre explotados como aquellos cuya degradación estriba en una utilización o

aprovechamiento demasiado intenso, ignorantes de un criterio ecológico de sostenibilidad tan importante como el respeto a las tasas de renovación de los recursos naturales renovables y hace inclusión de dos tipos:

- ✓ Espacios agrícolas marginales abandonados. ante el panorama de abandono de los cultivos, entra en escena el concepto de marginalidad del terreno, que viene determinado por el grado de dificultad para su explotación. De este modo, el grado de marginalidad de un terreno actualmente cultivado, representará la probabilidad de abandono de la actividad agraria sobre él.

5.2.2.3. Espacios erosionados

Los espacios erosionados se pueden reconocer por una serie de síntomas tales como barrancos, pedregosidad excesiva, descalce de raíces, acumulación de residuos orgánicos o sedimentos agua arriba de los troncos de los árboles, sedimentación en zanjas o en zonas de escasa pendiente, deslizamiento u ondulaciones características en laderas (FAO, citado por Gómez 2004).

Los terrenos de mayor erosión, al igual que las tierras agrícolas marginales, requieren tratamiento, si bien en este caso, éste queda más restringido que en aquellas, limitándose con exclusividad a un tratamiento de tipo forestal asociado a alguna sistematización del terreno.

Al referirse a la erosión del suelo en áreas de montaña, señala que las áreas de montaña están afectadas por intensos y rápidos cambios humanos y biofísicos, que se manifiestan en la densidad de población, en los modos de aprovechamiento del territorio, en las técnicas empleadas y en la diversidad de la cubierta vegetal, entre otros aspectos tiene consecuencias de gran entidad sobre el ciclo hidrológico y sobre la erosión del suelo, el

transporte de sedimento hacia los causes y la frecuencia y la intensidad de avenidas (Ayora y Prieto 2004).

Durante siglos la presión humana sobre el territorio ha sido muy fuerte, debido no solo a la densidad demográfica, sino también a la pobreza de los rendimientos agrícolas y a la necesidad de autoabastecimiento. En consecuencia, se cultivaron laderas muy pendientes y se pastoreo la totalidad del territorio, favoreciendo la deforestación y los incendios periódicos (Lasanta 1989).

Con la despoblación y los cambios de uso de territorio, se relajó mucho la presión sobre las laderas, que han visto desaparecer todos los cultivos y ha disminuido la presión ganadera. El resultado es la recolonización vegetal de las laderas, la disminución de la generación de escorrentía y la contracción de las fuentes de sedimento, que ahora están más ligadas a actuaciones puntuales y a los mismos causes .Estos últimos experimentan en general una incisión debido al reducción de los aportes sedimentarios, que a su vez favorece el alargamiento de la vida útil de los embalses.

De todas las formas de degradación severos, la erosión es el problema más extendido. En África, Sur y Norte América por ejemplo, la pérdida de suelo por erosión eólica o hídrica es de 5-10 t/ha/año, mientras que en Asia esto llega a 30 t ha⁻¹ año⁻¹. Si comparamos estos valores con la formación de suelo que es aproximadamente de 1 t/ha /año, es obvio que en un corto tiempo se ha perdido un recurso que llevó siglos en formarse (Gliessman 2002)

5.2.2.4. Degradación y restauración ecológica

Los sistemas degradados son los ecosistemas cuya diversidad, productividad y habitabilidad se ha reducido considerablemente; y que, los ecosistemas terrestres degradados se caracterizan por la pérdida de vegetación y suelo. En este sentido, se

puede decir que las tierras degradadas son aquellas cuya productividad y diversidad se ha reducido y con baja capacidad de recuperación a su condición original, salvo que se apliquen algunas medidas de restauración (Gálvez 2002, citando a UICN, PNUMA y WWF 1991).

Según Machlis (1999, citado por Gálvez (2011), existen tres formas de restaurar un área degradada:

- ✓ Recuperarla, volviendo a cubrir la tierra con especies apropiadas.
- ✓ Rehabilitarla, usando una mezcla de especies nativas y exóticas para recuperar el área.
- ✓ Restaurarla, restableciendo en el lugar el conjunto original de plantas y animales con exactamente la misma población que antes.

Recalca que para ello es necesario mecanismos adecuados en función de las características del sitio. Dichos mecanismos son: sucesiones secundarias, reforestaciones, introducción de especies, reintroducción de especies, traslocaciones y corredores biológicos.

La restauración de la cubierta vegetal difícilmente recupera la comunidad original de referencia, lo que es una manifestación de la irreversibilidad de la pérdida de biodiversidad debida a los cambios antrópicos. Las herramientas que contamos para la recuperación son producir especies para la obra, conectar el espacio a restaurar con otros menos degradados, y utilizar el banco de semillas existente en el suelo. La restauración no asegura la reproducción exacta del proceso histórico sucesional que generó las comunidades vegetales actuales (Balaguer 2002).

5.2.2.5. Recuperación de un espacio degradado

Con respecto al proceso de recuperación de un espacio degradado, Gómez (2007) explica que, este comienza con la generación de la idea de intervenir, sigue con una reflexión sobre la viabilidad técnica, económica, social y ambiental de la intervención y que comprende las siguientes fases típicas:

- ✓ Fase de planificación: diseño de la imagen objetivo o Plan Maestro de la intervención.
- ✓ Fase del Proyecto: elaboración de anteproyectos y proyectos.
- ✓ Fase de construcción: ejecución de las obras proyectadas.
- ✓ Fase de gestión: explotación o funcionamiento y conservación de lo ejecutado.

Considera también dentro del proceso de recuperación a la agricultura como una agente restaurador, creando paisajes y ecosistemas de alto valor. También ha ideado formas de aprovechamiento adaptadas al medio, sistemas silvopastoriles modelo de integración, rotaciones de cultivos, técnicas agronómicas, etc., así como maquinarias y utensilios de muy diverso uso.

Lo dicho anteriormente corresponde a la acción antrópica que ayuda a los ecosistemas a recuperarse. Sin embargo, existen procedimientos naturales de restauración de áreas degradadas que ocurren mediante la colonización por semillas provenientes de áreas aledañas por etapas en el tiempo, como es la dispersión, la fijación, la germinación, el establecimiento de las plantas y su supervivencia. Tras la colonización, las interacciones entre las plantas se dan de manera positiva y de manera negativa, por medio de la facilitación o la exclusión, implican cambios graduales en la composición florística de las comunidades. La colonización de una zona dada y la comunidad de plantas resultante

está en función de tres factores: la disponibilidad de semillas, las condiciones del medio y las interacciones planta-planta, que vienen a ser los tres grandes 'filtros ecológicos' que determinan el ensamblaje de las especies (Bochet *et al.* 2011).

La recuperación de un espacio degradado tiene que ver con los factores que condicionan el éxito de la restauración de la cubierta vegetal y ellos son: aportes y pérdida de agua, reciclado de nutrientes y fertilidad, condiciones físicas (García 2011).

La formación del suelo

El suelo es un sistema en constante y dinámico estado de evolución. En su proceso de formación, los diferentes tipos de rocas fueron alterados por la acción de los factores ambientales y dieron primero origen al material parental del suelo y luego al suelo mismo, por la acción del clima, el relieve el agua y los organismos vivos (Casas *et al.* 2008).

5.2.2.6. Pérdida de biodiversidad

Estrella *et al.* (2005) señala que en las últimas décadas el ritmo acelerado de extinción de especies y erosión genética se ha vuelto alarmante y es claro que las actividades humanas son las causantes de este fenómeno. Siendo las causas de esta pérdida, la más principal y dramática la destrucción de los hábitats naturales por la transformación de bosques a cultivos, pastizales o ciudades, o bien por los impactos que han dejado la extracción de madera, entre otros.

5.2.2.7. Degradación ambiental

CIUP (2006), dice que la desertificación está relacionada con la degradación de los suelos, es decir, la pérdida de la productividad biológica de la tierra generada por factores humanos y por el cambio climático.

La degradación de la tierra es un problema global y se estima que en promedio el 15% de las tierras áridas en el mundo ya están degradadas; los países menos desarrollados son los más afectados. Asimismo, alrededor de mil millones de personas en cien países están siendo afectadas directamente por la desertificación o corren peligro de estarlo.

Algunos investigadores calculan que el costo de la degradación es de aproximadamente de 4 mil millones de dólares por año. La seguridad alimentaria que provoca la pérdida de tierras productivas da origen a un espiral de pobreza, migración forzada y conflictos sociales y políticos.

5.2.3. La cosecha del agua

Vásquez *et al.* (2012), acotan que el agua es un recurso escaso en las laderas durante la época de estiaje (mayo-octubre), el ahorro, el buen manejo y la gestión del agua es fundamental para ayudar ante esta situación. Asimismo, señalan que diferentes técnicas pueden ayudar tales como el revestimiento de la infraestructura de riego, implementar sistemas de riego que permitan el mayor ahorro de agua posible y la organización de los usuarios y el fortalecimiento de sus instituciones.

Sánchez (2007) como uno de los autores de la expresión cosecha del agua y como una manera de expresar con autoridad lo que se ha experimentado y comprobado, demuestra las conclusiones de su trabajo.

Dentro de estos recursos principales es el agua, que constituye uno de los tres elementos más importantes de la vida.

5.2.3.1. La cosecha del agua de lluvia

El término cosecha debemos interpretar como COSECHA DEL AGUA DE LLUVIA, ligando las acciones de cosechar a las que el hombre del campo realiza, recogiendo todo lo que el medio ambiente le brinda para sustentar su vida (Enciclopedia Box 2015).

5.2.3.2. El manejo del agua

Kijne (2003) haciendo referencia a la FAO que en los debates del World Wildlife Fund for Nature (WWF-3) en Kyoto, señala los argumentos para colocar al agua en el sector rural en el lugar que le corresponde. Estos son:

- (1) El uso productivo del agua para la producción agrícola y el desarrollo rural deberá mejorar continuamente para satisfacer los objetivos de la producción de alimentos, el crecimiento económico y el ambiente. Esto requiere la progresiva modernización del manejo del agua en la agricultura de tal forma que ofrezca una mejor respuesta a la demanda y también que se adapte mejor a las condiciones locales de clima, del ambiente y socioeconómicas.

- (2) El manejo del agua en la agricultura será un elemento clave para mantener la seguridad alimentaria y la generación de ingresos entre los agricultores de menores recursos .Sin embargo, el manejo equitativo de los recursos locales de agua puede ser alcanzado solamente por medio de una mayor participación de las comunidades rurales y los agricultores.

La sostenibilidad de esos objetivos de equidad y productividad puede ser obtenida solamente por medio de una inversión de mayor calidad en el sector agrícola. Por lo tanto, las inversiones en el manejo del agua en la agricultura deberán ser más estratégicas para mejorar: i) el manejo de la infraestructura de aguas existente; ii) el compromiso de los usuarios del agua; y iii) el uso de prácticas agrícolas innovadoras.

Los mismos autores señalan que la FAO ha predicho que el desarrollo adicional del agua será necesario para poder ajustar las necesidades de otros 2000 millones de personas en el 2030. Los futuros requerimientos de agua sobre todo en el caso en el que se anticipa una población estabilizada alrededor de 8 000 millones de habitantes específicas para una producción agrícola sostenible son difícilmente conocidas y tiene indudablemente variabilidad temporal y espacial, peor aún si le agregamos los impactos del cambio climático, no son fáciles de predecir. Las cantidades precisas de agua que deben estar disponibles en localidades.

5.2.4. Cubierta vegetal y cuencas hidrográficas

Vásquez (1997) refiere que la vegetación juega un rol decisivo en el manejo de una cuenca hidrográfica, el buen estado mejora sustantivamente el régimen hidrológico, protege al suelo de la erosión y las condiciones medio ambientales en la cuenca. En forma general se puede decir que el manejo y buen estado de la cubierta vegetal incide significativamente en el manejo de una cuenca, pues la mayor cantidad de vegetación determina una protección de la superficie del suelo contra el impacto directo de las gotas de lluvia.

- ✓ un flujo superficial de agua retardado, debido a una mayor resistencia hidráulica al flujo del agua por parte de la vegetación existente de la superficie.

- ✓ Que las raíces de las plantas en el perfil del suelo amarran a las partículas de estos dándoles una mayor estabilidad. asimismo, hacen orificios por los cuales se producen movimientos de agua y aire y al mismo tiempo ayudan a mejorar la estructura del suelo y la capacidad de infiltración de éste, y actividad microbiana, una mejor estructura y una mayor capacidad de retención de humedad.

Asimismo, complementa esta relación de cobertura vegetal con manejo de cuencas, diciendo que los pastos, las plantaciones forestales y los cultivos alimenticios forman parte de dicha cobertura. En la realidad altoandina normalmente se asocia casi siempre las plantaciones forestales con los cultivos alimenticios, llamándose a esta asociación: Agroforestería. Por otro lado, también es muy utilizada la asociación de árboles con pastos y en contados casos incluso con cultivos alimenticios, llamándose sistema agrosilvopastoril.

5.2.5. Manejo y conservación de suelos

La conservación de suelos es un sistema que complementa y combina obras estructurales, prácticas agronómicas, de fertilidad y agroforestales. Esta debe aplicarse de la forma más completa posible, con la finalidad de lograr el control de la erosión, el mejor aprovechamiento del agua, favoreciendo la infiltración y disminuyendo la escorrentía superficial; y, mejorar la fertilidad de los suelos. Asimismo, se indica que se debe tener en cuenta cuatro principios para un adecuado manejo del suelo: Proteger la superficie del suelo, reducir el largo de la pendiente, reducir la inclinación de la pendiente e incorporar materia orgánica al suelo (AGRORURAL 2011).

Dentro de las técnicas de conservación de suelos se incluyen: la siembra de plantas de cobertura y abonos verdes, el uso del estiércol y aboneras orgánicas, la labranza mínima o la labranza conservacionista, los sistemas agroforestales, la siembra a cuervas de nivel

o siembra al contorno, las barreras vivas, las barreras o muros de piedra y las terrazas individuales, que implican un bajo costo y las de costo elevado se tiene a las terrazas angostas, terrazas de banco y zanjas de ladera (Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras 2011).

Las acequias de infiltración consiste en trazar las acequias en sentido transversal y perpendicular a la pendiente del terreno y se puede hacer de forma manual o mecanizada, cuyas distancias entre cada acequias va a depender de la pendiente, pues se ha probado el caso de acequias de infiltración espaciadas entre 10 y 15 m pueden infiltrar hasta 6000 a 9000 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en zonas donde la precipitación va entre 800 y 1400 mm año⁻¹ (Vásquez *et al.* 2012).

5.2.6. La reforestación y regeneración de pastizales

Vásquez *et al.* (2012) señalan que la reforestación es una actividad que además de madera, ayuda a controlar la erosión y aumenta la infiltración del agua de lluvia y aumentaría su efectividad al acompañarla con zanjas de infiltración para coadyuvar a la recuperación de la vegetación y otros servicios ambientales como bonos de carbono. Esto sumado a la recuperación de la cubierta vegetal ayudaría a disminuir la erosión, mejorando en conjunto, el paisaje, favoreciendo la vida silvestre y propiciando la ocurrencia del ciclo hidrológico.

5.2.7. Agricultura sostenible

El beneficio más importante que nos podría generar la agricultura sostenible, como sistema de producción de alimentos, es mejorar el uso de los recursos interiores, regenerándolos más rápidamente y reduciendo las aportaciones exteriores. Algunos de sus objetivos concretos serían: un mayor aprovechamiento de los procesos naturales

(ciclo de los nutrientes, fijación del nitrógeno, relación plaga depredador) a los procesos de producción industrial; reducir el uso de elementos externos no renovables que pueden afectar el medio ambiente o la salud de los agricultores y consumidores; permitir un acceso más equitativo a los recursos y oportunidades productivos y la transición de formas de agricultura más justas desde el punto de vista social; aumentar la autosuficiencia de los agricultores y pueblos rurales; mejorar el equilibrio entre la explotación agrícola y ganadera, la capacidad productiva y las limitaciones ambientales impuestas por el clima y el paisaje para garantizar que los niveles actuales de producción sean sostenibles a largo plazo; obtener una producción rentable y eficiente, con una gestión agrícola que conserve y aproveche mejor el suelo, el agua, la energía y los recursos biológicos (Kramer 2003).

Paradójicamente, las innovaciones tecnológicas, las prácticas, y las políticas que el incremento en la productividad, también están erosionando las bases de esa productividad. Por un lado han abusado y degradado los recursos naturales de los que depende la agricultura: Suelo, agua, y diversidad genética. Por otro lado han creado una dependencia en el uso de recursos no renovables como el petróleo y están fomentando un sistema que elimina la responsabilidad de los agricultores y trabajadores del campo del proceso de producir alimentos. En pocas palabras la agricultura moderna es insostenible, a largo plazo no tiene el potencial para producir suficiente alimento como demanda la población debida, precisamente, a que está erosionando las condiciones que la hacen posible (Gliessman 2002).

Los objetivos de la agricultura sostenible son: (1) mantener un mantillo productivo; (2) que los alimentos estén asegurados y sean saludables; (3) reducir el uso de pesticidas y fertilizantes químicos; y, al final pero de ningún modo lo último, (4) conservar la viabilidad

económica de los campos. ¿Cómo establecer políticas sostenibles a pesar de los intereses de los grupos de particulares? (Nobel y Wright 1999).

Los sistemas de producción ecológica nacieron como respuesta a la falta de calidad de los productos, sin consideraciones sobre los efectos de los sistemas convencionales en el medio. Esta idea, que además es minoritaria, contribuye a que la producción ecológica tenga serias dificultades para organizarse comercialmente y conquistar mercados. Asimismo, indica que existen modelos de explotaciones ecológicas considerando que las explotaciones actuales convencionales contaminan la biosfera porque emplean productos cuyos efectos primarios o secundarios son nocivos y que es el momento de pensar que este modelo agrícola camina por sendas equivocadas que, aunque muy anchas en la actualidad, necesita conducirse con cauces de sostenibilidad, abandonados hace tiempo en aras de los incrementos productivos y olvidando los efectos de los medios utilizados (Fuentes 2007).

5.3. Definición de términos básicos

5.3.1. Diversidad vegetal

Variedad de especies vegetales en su medio ambiente. Conjunto de especies de plantas que interactúan en los diferentes ecosistemas de la biósfera (Rimarachín 2003). Desde el punto de vista práctico es la infinidad de materias primas de origen vegetal, incluyendo bienes y servicios y funciones ecosistémicas y de soporte de la vida, del que se provee a la sociedad (Figueroa y Simonetti 2003).

5.3.2. Prácticas de conservación de los suelos

Son las usadas a fin de proporcionar condiciones adecuadas para el desarrollo de raíces, lograr una buena germinación de la semilla y un buen desarrollo de las plántulas, controlar las malas hierbas, manejar los residuos de los cultivos, reducir la erosión, nivelar la

superficie para el cultivo, riego, drenaje, trabajos culturales y operaciones de cosecha e incorporar fertilizantes y pesticidas. Conjunto de prácticas aplicadas para promover el uso sustentable del suelo (Proyecto UE – Cuencas 2004).

5.3.3. Erosión hídrica

Es aquella que se produce cuando las partículas del suelo son arrastradas por el agua de lluvia. En la naturaleza este es un fenómeno muy común que provoca el nivelamiento de las montañas y la formación de mesetas, llanuras, valles y deltas. Es claro que este caso la erosión es lenta. Pero cuando el hombre con el mal manejo del suelo acelera el proceso, este ya se hace destructivo. El desgaste de los suelos por erosión hídrica es uno de los procesos que afectan al medio ambiente. El 80% de la superficie del planeta se encuentra bajo la influencia de este fenómeno (Michelena 2011).

5.3.4. Especies arvenses

En el sentido agronómico, representan plantas sin valor económico o que crecen fuera de lugar interfiriendo en la actividad de los cultivos, afectando su capacidad de producción y desarrollo normal por la competencia de agua, luz, nutrientes y espacio físico, o por la producción de sustancias nocivas (Blanco y Leyva 2007).

5.3.5. Chacra sustentable

Es una unidad agrícola que puede brindar sustento a una familia rural, mediante el establecimiento de pequeñas empresas múltiples productivas de transformación o conservación de productos agrícolas, pecuarios, forestales, artesanales y de alfarería, carpintería, cestería, fáciles de comercializar, con la posibilidad inclusive de generar actividades de agroturismo o turismo vivencial (Chuquiruna 2006).

5.3.6. Cosecha de agua

Consiste en desarrollar diferentes estrategias y sistemas que permitan recoger y almacenar el agua para desarrollar cultivos permanentes, praderas mejoradas y madera de calidad en montes y bosques, en áreas más reducidas, donde el suelo sea mejor dotado y facilite el aprovechamiento eficiente del agua mediante el establecimiento de cultivos altamente rentables, en un sistema de andenería o de espacios adecuadamente protegidos, que asegure pasar de los rendimientos actuales de dos o tres veces el incremento de la semilla, a seis o diez veces de incremento, como lo estamos logrando en nuestras chacras sustentables (Sánchez y Chuquiruna 2006).

5.3.7. Restauración ecológica

Es la capacidad que tiene un ecosistema para recuperarse ya sea por medios naturales o asistidos. Se recuperan por si solos cuando no existen barreras que impidan el desarrollo sucesional, caso contrario, eliminar dichas barreras para garantizar los procesos de recuperación (Vargas 2011). Según Jackson (1992), la restauración ecológica es el proceso de alterar intencionalmente un sitio para establecer un ecosistema. La meta de este proceso es imitar la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema específico a restaurar.

5.3.8. Degradación ecológica

Proceso consistente en la sustitución de las comunidades vegetales que dominan un área por otras más distanciadas de la comunidad clímax correspondiente. Se trata de una sucesión regresiva, generalmente provocada por la acción destructiva del hombre y de los animales, por la explotación de la vegetación por parte del hombre y, en ocasiones, por causas geomorfológicas, como por ejemplo, elevación del nivel freático (Enciclonet 2015).

VI. MATERIALES Y METODOLOGÍA

6.1. Localización del área de estudio

El predio Negromayo se encuentra ubicado en la parte Sur Oeste de la ciudad de Cajamarca, en el sector de Cruz Blanca, carretera de salida a la costa, formando parte de una vertiente de la quebrada Negromayo, entre los 2850 a 2890 msnm, distrito, provincia y departamento de Cajamarca.

6.2. Características ecológicas

Éstas características están referidas a las que forman parte del conjunto de la ladera donde está inmerso el área de estudio en su conjunto, pues el Modelo no ha variado en absoluto la geomorfología y los aspectos climatológicos del predio.

Fisiografía del terreno

El relieve del predio se caracteriza por la presencia de laderas con pendientes entre 10 y 45%, con afloramientos rocosos en la parte media superior y con pendientes suaves en la parte media baja y superior derecha. Como límite inferior se encuentra la quebrada Negromayo, que presenta un talud o desnivel de hasta 3 m de alto con respecto a la plataforma del terreno.

Clima

El clima es similar al del valle de Cajamarca, presentándose dos épocas notorias del comportamiento climático: la lluviosa y la de sequía. La primera ocurre en los meses de noviembre a abril y la segunda ocurre entre mayo y octubre. La presencia de vientos en los meses de agosto y setiembre son notables, por su ubicación en un sector de la ladera del valle de Cajamarca. La precipitación promedio es de 700 mm, la temperatura

promedio es de 14.5°C y la humedad relativa 60%, caracterizándose por esto en un clima seco.

6.3. Materiales y equipos

Winchas de 5m, regla, cuadrante de madera de 1 m², libreta de campo, pico, barreta, palana, estacas, rafia, bolsas de polietileno, sacos, útiles de escritorio, lapicero tinta indeleble, materiales de laboratorio, prensas de colecciones botánicas, periódicos usados, tijera de podar, cuchilla, lupa, cartulina, goma, papel molde, cordel, literatura especializada, papel de protocolo, cámara fotográfica, GPS, estufa, balanza, calculadora, brújula, pH-metro digital, microscopio estereoscopio, entre otros.

6.4. Metodología

6.4.1. Tipo de estudio

La presente investigación es descriptiva y explicativa. Se hacen descripciones de las diferentes técnicas de conservación de suelos y manejo, de la vegetación y de los costos de inversión que ha significado la implementación del modelo y luego la explicación de esos aspectos relevantes en el estudio.

6.4.2. Población muestra y unidades muestrales

Dado que el área de estudio es pequeña, la población muestra está constituida por todo el espacio objeto de estudio (3.8 ha) y las muestras de trabajo serán el área agrícola, las pasturas en las zonas libres y en la asociación con especies forestales en macizos forestales o en líneas de curvas a nivel, clasificadas de acuerdo a su capacidad de uso.

6.4.3. Procedimiento de campo

Caracterización del predio Negromayo antes (*ex ante*) de la aplicación del Modelo

El predio denominado Negromayo, adquirido por el Ing. Pablo Sánchez Zevallos, cuya área fue de 3.8 ha. Al momento de su adquisición solamente contenía una plantación forestal de *Eucalyptus globulus* en el borde y en la parte distante a la quebrada Negromayo y la parte restante con escasa cobertura vegetal y fuertemente erosionada como consecuencia de inadecuadas prácticas agrícolas y de sobrepastoreo, principalmente. Las labores agrícolas se desarrollaban en la parte adyacente a la quebrada, por presentar suelos profundos. El recurso hídrico era aprovechado durante la época lluviosa y la agricultura era coincidente con este periodo. Además, lo que ayudaba a sostener el suelo de la acción erosiva del agua era la vegetación nativa dominada por gramíneas herbáceas perennes y algunos especies arbustivas, y acompañado de la infaltable *Agave americana* o penca azul .

Las labores de conservación y manejo, los suelos eran superficiales, con una ligera profundidad en la base del predio, en las proximidades del borde del talud de la quebrada Negromayo. El sobrepastoreo y laboreo constante del suelo con pendiente han sido las causas principales de su degradación por la erosión, debido a la eliminación de la cobertura vegetal y a la consecuente acción de las lluvias y de la escorrentía superficial.

La vegetación era generalmente herbáceas y algunas arbustivas, con escasas especies nativas y en los suelos erosionados algunas especies introducidas anuales, con una baja diversidad florística y en otras partes del predio desprovistos de cobertura vegetal.

La diversidad de plantas estuvo limitada en su mayoría a especies arvenses, creciendo en chacras en descanso, en bordes de cercos. La vegetación leñosa estuvo limitada a arbustos asociados o aislados.

Para realizar el registro de las especies en esta condición *ex ante*, se establecieron parcelas de 1 m², en las áreas con cobertura vegetal y luego complementada con un listado de las especies cultivadas así como las especies arvenses que crecían junto a los cultivos o en los bordes de las chacras. Por la ausencia de cubierta vegetal de la mayoría de áreas no se evaluó cobertura vegetal, diversidad florística y biomasa.

A continuación se presenta un cuadro con la relación de especies registradas en los diferentes hábitats: terreno en descanso, terreno sin cultivo, área cultivada, bosque de *Eucalyptus globulus* y afloramientos rocosos.

Cuadro 1. Especies vegetales registradas en el predio Negromayo, antes de la aplicación del Modelo (2010).

N°	Especie	Familia	Hábito	Hábitat
1	<i>Achyrocline candicans</i>	ASTERACEAE	Hierba	TD
2	<i>Aeschynomene scoparia</i>	FABACEAE	Sufrútice	BE, TC, AR
3	<i>Alternanthera elongata</i>	AMARANTHACEAE	Hierba	TC, AR
4	<i>Amaranthus caudatus</i>	AMARANTHACEAE	Hierba	TD
5	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	RUBIACEAE	Sufrútice	AR, AC, BE
6	<i>Asteraceae sp. 1</i>	ASTERACEAE	Hierba	TD, AC
7	<i>Avena fatua</i>	POACEAE	Hierba	TD
8	<i>Baccharis chilco</i>	ASTERACEAE	Arbusto	TC
9	<i>Baccharis grandicapitulata</i>	ASTERACEAE	Arbusto	BE, TC, AR
10	<i>Belloa plicatifolia</i>	ASTERACEAE	Sufrútice	AR, BE, TC
11	<i>Bidens pilosa</i>	ASTERACEAE	Hierba	TD, AC
12	<i>Brassica nigra</i>	BRASSICACEAE	Hierba	TD, AC
13	<i>Calceolaria cajabambae</i>	CALCEOLARIACEAE	Hierba	AR, BE, TC
14	<i>Cardionema ramosissima</i>	CARYOPHYLLACEAE	Hierba	TD, TC
15	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	ADIANTACEAE	Hierba	BE, TC, AR
16	<i>Cheilanthes pruinata</i>	ADIANTACEAE	Hierba	BE, TC, AR
17	<i>Chenopodium murale</i>	AMARANTHACEAE	Hierba	TD, AC
18	<i>Conyza bonariensis</i>	ASTERACEAE	Hierba	TD, AC
19	<i>Cuphea ciliata</i>	LYTHRACEAE	Sufrútice	BE, TC, AR
20	<i>Cyperus flavus</i>	CYPERACEAE	Hierba	AR, TD
21	<i>Desmodium adscendens</i>	FABACEAE	Hierba	TC
22	<i>Drymaria stellarioides</i>	CARYOPHYLLACEAE	Hierba	TD, AC

23	<i>Eragrostis nigricans</i>	POACEAE	Hierba	TD, TC
24	<i>Erodium cicutarium</i>	MALVACEAE	Hierba	TD, AC
25	<i>Evolvulus herrerae</i>	CONVOLVULACEAE	Hierba	BE, TC, AR
26	<i>Furcraea andina</i>	ASPARAGACEAE	Arbusto	TC
27	<i>Gamochaeta americana</i>	ASTERACEAE	Hierba	TD, AC
28	<i>Huperzia reflexa</i>	LYCOPODIACEAE	Hierba	TC
29	<i>Hypericum silenoides</i>	HYPERICACEAE	Hierba	BE, TC, AR
30	<i>Hypochaeris elata</i>	ASTERACEAE	Hierba	AC, TD
31	<i>Hypochaeris eriolaena</i>	ASTERACEAE	Hierba	BE, TC, AR
32	<i>Hyptis eeriocephala</i>	LAMIACEAE	Hierba	TC
33	<i>Jaegeria hirta</i>	ASTERACEAE	Hierba	TD, AC
34	<i>Juncus caespitosus</i>	JUNCACEAE	Hierba	TD, AC
35	<i>Linum chamissonis</i>	LINACEAE	Sufrútice	BE, TC, AR
36	<i>Ludwigia peruviana</i>	ONAGRACEAE	Hierba	TD, AC
37	<i>Lupinus microphyllus</i>	FABACEAE	Hierba	TD, AC, TC
38	<i>Matucana aureiflora</i>	CACTACEAE	Hierba	BE, TC, AR
39	<i>Melilotus indicus</i>	FABACEAE	Hierba	TD, AC
40	<i>Oenothera rosea</i>	ONAGRACEAE	Hierba	TD, AC, TC
41	<i>Oxalis corniculata</i>	OXALIDACEAE	Hierba	TD
42	<i>Pappobolus discolor</i>	ASTERACEAE	Sufrútice	TC, AR
43	<i>Paranephelium ferreyrii</i>	ASTERACEAE	Hierba	TC, AR, BE
44	<i>Paspalum tuberosum</i>	POACEAE	Hierba	TD, AC
45	<i>Pennisetum clandestinum</i>	POACEAE	Hierba	TD, AC, BE, TC, AR
46	<i>Pitcairnia pungens</i>	BROMELIACEAE	Hierba	AR, TC
47	<i>Puya ferruginea</i>	BROMELIACEAE	Hierba	TC, BE
48	<i>Richardia humistrata</i>	RUBIACEAE	Hierba	TD, AC
49	<i>Rumex acetosella</i>	POLYGONACEAE	Hierba	TD, AC
50	<i>Salpichroa ramosissima</i>	SOLANACEAE	Sufrútice	BE, TC
51	<i>Salvia sagittata</i>	LAMIACEAE	Sufrútice	BE, TC, AR
52	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	POACEAE	Hierba	TC, BE
53	<i>Schkuhria pinnata</i>	ASTERACEAE	Hierba	TD, AC
54	<i>Setaria parviflora</i>	POACEAE	Hierba	TD, TC
55	<i>Silene gallica</i>	CARYOPHYLLACEAE	Hierba	TD, AC
56	<i>Stevia macbridei</i>	ASTERACEAE	Hierba	AR, TC
57	<i>Tagetes filifolia</i>	ASTERACEAE	Hierba	TD, TC
58	<i>Tridax angustifolia</i>	ASTERACEAE	Sufrútice	TC
59	<i>Trifolium amabile</i>	FABACEAE	Hierba	TD, TC

TD: terreno en descanso; TC: terreno sin cultivo; AC: área cultivada; BE: bosque de *Eucalyptus globulus*; AR: afloramientos rocosos.

Zonificación del “Modelo Negromayo”

Habiendo transcurrido diez años, desde la instalación del Modelo Negromayo, se decidió realizar el presente estudio como un ejemplo de recuperación de la diversidad vegetal, para lo cual fue necesario zonificarlo en 3 áreas, según el uso mayor del suelo: zona forestal puro y asociado con pastos o silvopastoril, zona de pastos solamente, zona de vegetación de ribera y zona agrícola, distribuida secuencialmente de arriba hacia abajo.

En esta etapa, se hizo la georreferenciación del predio, que consistió en el levantamiento perimétrico del predio y de cada estrato o zona, tomando las coordenadas correspondientes con un GPS en UTM y WGS84, los mismos que se encuentran especificados en el plano del predio (Fig. 1).

Toma de datos:

El procedimiento para la realización del trabajo, de acuerdo a los objetivos, fue:

a. Descripción de los componentes y la implementación del Modelo Negromayo

La descripción de las obras civiles como: infraestructura de riego y tecnologías de conservación de suelos. Los aspectos descritos fueron: estructura de cada obra, dimensiones, ubicación en el terreno y uso. Se evaluó la obtención de agua de la quebrada Negromayo como la cosecha de agua de lluvia por medio de los techos de las viviendas a los tanques de almacenamiento, la distribución del agua, cantidad y calidad, a través de monitoreo en las diferentes grifos instalados desde el punto de inicio hasta los límites inferiores del predio y complementado con una entrevista al mismo responsable de la ejecución del trabajo.

Seguidamente, se muestrearon los suelos en diferentes puntos del predio distribuidos en la parte baja y media, en la zona agrícola y la pastoril, a fin de determinar las características físicas, químicas, profundidad efectiva, presencia de materia orgánica, pedregosidad, origen del material parental. Todo ello fue posible haciendo calicatas en los puntos más representativos del predio. Se tomaron muestras de suelo para posterior análisis en Laboratorio, según protocolos establecidos.

En las 5 calicatas establecidas se muestrearon los tipos de suelo y se registró información de las características de sus horizontes, grado de pedregosidad, textura, pH y fertilidad, en la zona agrícola principalmente, donde se encontraban las tecnologías de conservación de suelos.

b. Recuperación de la diversidad vegetal del Modelo Negromayo

Comprendió la realización de registros florísticos, el número de individuos por especie en cada unidad muestral y dentro de cada zona, excepto la zona agrícola; así como los porcentajes de cobertura y el peso fresco de la biomasa vegetal.

Registros florísticos. Se colectaron especímenes de plantas registradas en el predio para herborizarlas. Solamente incluyó pastos, arbustos y sufrútices, más no cultivos y árboles plantados, pues de ellos solo se registró por sus nombres por ser conocidos. Después de la colecta se colocaron en periódicos para su mejor conservación hasta su acondicionamiento en el Herbario.

Diversidad vegetal. Para la determinación de la diversidad florística se establecieron parcelas de 1 m² en el área con vegetación recuperada con el fin de registrar todas las especies presentes haciendo conteos del número de individuos por cada especie presente, utilizando un cuadrado de madera de 100 cm por 100 cm, y separados cada 10

cm por cuerdas para facilitar el conteo. No se consideraron parcelas agrícolas para esta evaluación. Los índices de diversidad nos permiten evaluar la diversidad y cuantificarla para luego gestionar el territorio (Ferriol y Muerle 2012).

Cobertura vegetal. Para estimar la cobertura se empleó un cuadrado de madera de 1 m², dividido en cuadrículas de 100 cm² cada una, a fin de poder estimar de manera rápida la cobertura en porcentaje de cada especie con respecto a la superficie total del cuadrado. Se hizo solo en las zonas con vegetación recuperada. Esta cobertura es estimada mediante el método de Braun-Blanquet y es la superficie o área ocupada por la parte aérea de los individuos de una especie en relación a una superficie total (Cámara y Díaz 2013).

Estimación de la biomasa. Para estimar la biomasa de la vegetación, se procedió en las mismas parcelas de 1 m², aplicadas para el caso anterior, Para ello, cada parcela se fraccionó en cuatro partes iguales y de una mitad se recogió toda la biomasa fresca incluido las raíces, extrayéndolo con una tijera de podar y un pico, luego fueron puestos en bolsas de polietileno, debidamente etiquetadas y selladas hasta su transporte al Laboratorio de Pastos de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde cada lote fueron pesados en fresco y secado en estufa, a 105°C por 24 horas, a fin de determinar el peso fresco y peso seco en kg y con estos datos estimar la biomasa o fitomasa total del predio.

c. Costo de la instalación del Modelo Negromayo

Para estimar el costo que ha implicado la implementación del Modelo Negromayo, se ha partido del inventario de obras civiles y se entrevistó al responsable de la ejecución a fin de obtener datos de tiempos que ha demorado su construcción, costo de materiales y mano de obra. Con esa información se hicieron los cálculos respectivos y se determinó el costo total, por hectárea y por año.

6.4.4. Procedimiento de gabinete

Los especímenes colectados se herborizaron en el Laboratorio de Botánica, que consistió en el prensado, secado y fijado de las muestras en cartulinas tipo Folcote N° 12, etiquetado, para su posterior identificación en el herbario CPUN, según la metodología propuesta por Marcelo *et al.* (2011) y Rodríguez y Rojas (2002). La identificación consistió en comparación con especímenes de Herbario ya identificados y la consulta al experto Dr. Isidoro Sánchez Vega y complementado con la revisión de catálogos, estudios florísticos locales, regionales, nacionales e internacionales, para aquellos especímenes dudosos o poco conocidos. Finalmente, se elaboró el listado de las especies, que sirvió como insumo indispensable para los diferentes resultados del estudio. El listado comprendió especies cultivadas, especies arvenses y especies nativas e introducidas.

Para la determinación de la diversidad florística de la vegetación recuperada, se utilizaron los índices de diversidad alfa (Moreno 2001): índices de Shannon-Wiener y Simpson para cada cuadrante, considerando para ello el número de individuos por especie. Los índices de diversidad miden el grado de homogeneidad o heterogeneidad de un área con vegetación. Para el índice de Shannon-Wiener, la fórmula aplicada fue: $H' = -\sum p_i \ln p_i$ y para el índice de Simpson: $\lambda = 1/\sum p_i^2$.

Dónde: H': índice de Shannon-Wiener.

p_i : proporción de individuos de la especie i .

ln: logaritmo natural.

λ : índice de Simpson.

Los resultados se expresan en una tabla para mejor visualización en conjunto y en tablas por cada parcela y por cada zona.

Para la estimación de la cobertura vegetal, se calcularon los porcentajes de cobertura por cada especie por cada cuadrante, para luego, inferir a toda el área, aplicando lo propuesto por Braun-Blanquet, distribuyendo las especies desde las especies más raras hasta las más abundantes. En el anexo 3, se indica los criterios de Cobertura de Braun-Blanquet.

Para la determinación de la biomasa, en el Laboratorio de Pastos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, se realizó el pesaje de la biomasa fresca, tanto parte aérea como radicular, para posteriormente secarla en una estufa por separado, manteniendo siempre su codificación de campo por parcela, a una temperatura de $\pm 105^{\circ}\text{C}$, hasta obtener un peso constante y se registró los datos en formatos previamente elaborados para tal fin. Para la estimación del total de biomasa del área de estudio, con los datos tomados en el laboratorio se hicieron los cálculos respectivos por unidad de superficie de suelo, y se expresaron los resultados en kg ha^{-1} .

Finalmente, considerando toda la infraestructura del predio se hizo un estimado de los costos que ha implicado el proceso de recuperación de las laderas erosionadas, considerando cada componente: plantación forestal, técnicas de conservación de suelos, redes de distribución de agua, incluida la apicultura. Además, se estimó el costo total por ha y por año, para precisar.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Componentes del Modelo Negromayo

Los componentes del Modelo fueron identificados de acuerdo a la funcionalidad, zonificación y obras civiles desarrolladas en el predio.

Cuadro 1. Componentes y aspectos del Modelo Negromayo.

Componentes	Funcionalidad	Zonificación	Obras civiles
Plantaciones Forestales	Producción de madera	Cabecera y borde inferior del predio, como defensa ribereña	Acequias de infiltración con plantaciones.
Pasturas	Producción de pastos	Parte media de la ladera	Ninguna
Silvopasturas	Producción de sombra para el ganado y madera	Parte media de la ladera, costado de las pasturas	Acequias de infiltración con árboles
Andenes	Cultivos agrícolas frutales	Parte baja del predio	Taludes de piedras
Terrazas de formación lenta	Cultivos agrícolas frutales	Debajo de los andenes	Taludes con tierra o piedra y plantas leñosas
Defensa ribereña	Protección del suelo	Ribera de la quebrada Negromayo	Ninguna
Apicultura	Producción de	Sección media de la ribera.	Plataforma

Se han identificado siete componentes del Modelo, que a su vez, pueden denominarse prácticas de conservación y manejo de suelos. Como se puede ver, no existe una desvinculación entre la recuperación del suelo y el consecuente desarrollo de la vegetación. Ambos son procesos simultáneos y complementarios, que en conjunto forman parte del proceso de restauración ecológica de áreas degradadas, donde las interrelaciones de los componentes de un ecosistema son dinámico y funcionales.

7.2. Caracterización de los componentes del Modelo Negromayo

7.2.1. Caracterización de las técnicas de conservación y manejo de suelos, cosecha de agua para la recuperación de la diversidad vegetal

Antes de hacer la caracterización de los suelos, de las técnicas y obras civiles para la recuperación de la diversidad vegetal, es necesario mostrar una mirada panorámica o paisajística al predio modelo : en su parte media y superior contiene plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus*, *Pinus patula* y *P. radiata*, con pasturas bajo el dosel de las mismas en medio de la fajas de árboles y en la zona baja área cultivos o suelos designados para tal fin, además de taludes con vegetación herbácea, arbustiva y árboles plantados en el límite inferior del predio.

Una mirada más cercana, se puede apreciar una distribución de las áreas del predio de acuerdo a la capacidad de uso del suelo: una zona forestal con un macizo forestal, una zona agroforestal, que comprende un área de pasturas, un área silvopastoril, un área silvoagrícola con sus técnicas de conservación de suelos como andenes, acequias de infiltración y terrazas de formación lenta asociadas con especies forestales nativas y

exóticas y la zona de protección de ribera de quebrada, con plantaciones forestales, relictos de vegetación nativa y apicultura.

El macizo forestal abarca toda una franja y está constituido por plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus*, en la parte alta del predio, en un sistema de tres bolillo; el suelo es altamente pedregoso. Además presenta acequias de infiltración para favorecer la filtración del agua de escorrentía y sea disponible para el crecimiento de los árboles. Es el área dedicada a la producción de madera y leña. En el momento del estudio, los individuos midieron entre 4.5 a 28.6 cm de DAP y sus alturas variaron de 5 a 18 m, respectivamente, plantados a una distancia de 2.5 a 3 m. Por mortalidad o por la pedregosidad del suelo, hay distancias mayores o menores a éstas. Los árboles son heterogéneos en alturas y en diámetros y ligeramente con los fustes sinuosos a irregulares, escasamente rectos.

La zona agroforestal está dedicada al crecimiento de pastos asociado con árboles y con cultivos de pan llevar. La vegetación recuperada es herbácea y escasamente leñosa. Dentro de esta zona se distingue el área silvopastoril que está compuesto por líneas de árboles siguiendo la dirección de las curvas a nivel, a un distanciamiento de 2 a 3 m, en número de 10 líneas localizado en un sector de la parte media del predio. Sobre las líneas de árboles existen acequias de infiltración. Entre las hileras de árboles se desarrolla una exuberante vegetación herbácea anual y perenne, especies sufruticasas y arbustivas. Está dedicada solamente a la producción de pastos y de madera, modificando significativamente la calidad del paisaje. Las especies son: *Pinus radiata*, *P. patula* (pino), *Cupressus macrocarpa* (ciprés), *Alnus acuminata* (aliso) y *Acacia sp.* (acacia).

En la parte inferior del predio y en algunas zonas de pendiente suave se encuentran las áreas silvoagrícolas, de suelos profundos, construidas a manera de andenes o terrazas

de formación lenta con fragmentos de rocas y con bordes de tierra y piedra, asociados con especies leñosas maderables y frutícolas contiguas a la vivienda familiar. Los suelos son más profundos y más productivos, destinados a la producción de cultivos de pan llevar.

La zona de protección de ribera está dedicada a la conservación del suelo, por encontrarse a orillas de la quebrada Negromayo. Se caracteriza por ser un fuerte talud entre la plataforma del terreno y el lecho de la quebrada. Es una franja paralela al curso de la quebrada, en esa área existen ejemplares de *Eucalyptus globulus* (eucalipto), *Cupressus macrocarpa* (ciprés), *Agave americana* (penca azul), *Furcraea andina* (penca blanca o cabuya) y abundante vegetación de gramíneas, arbustos y herbáceas de hoja ancha, que hacen una cobertura compacta, dándole al suelo una estabilidad permanente. Además se encuentran instalados cuatro colmenares para la producción melífera.

A continuación, se indica la superficie según uso actual del suelo del predio Negromayo

Tabla 1. Superficie del predio Negromayo según uso actual del suelo

CATEGORÍA DE USO	SUPERFICIE (ha)
Agricultura	0.559
Sistema silvopastoril	0.699
Bosques de <i>Eucalyptus globulus</i>	2.116
Vegetación natural	0.0898
Área de protección de ribera de quebrada	0.027

7.2.2. Técnicas de conservación de suelos empleadas en el proceso de recuperación de la diversidad vegetal

Dentro de las técnicas utilizadas se describen las terrazas de formación lenta asociadas con vegetales leñosos, andenes asociadas con vegetación leñosa, árboles en hileras y en

curvas a nivel, perpendiculares a la pendiente, la forestación con especies exóticas en macizos forestales, la apicultura y los senderos con los bordes estabilizados.



Fig. 2. Vista panorámica del predio Negromayo, donde se aprecian las zonas baja media y alta.

7.2.2.1. Terrazas de formación lenta asociados con especies leñosas

Las terrazas de formación lenta asociadas con vegetales leñosos, están constituidas por plataformas más o menos planas, niveladas con bordes elevados de suelo y roca, asociado con especies leñosas como *Alnus acuminata* (aliso) y *Prunus serotina* (capulí), con 30 % de pendiente, a 30 cm de profundidad efectiva; las dimensiones de las plataformas varían de acuerdo a la pendiente del terreno. En algunos casos, cuando las plataformas son ligeramente inclinadas, las terrazas se van formando lentamente conforme se hacen las labores agrícolas una y otra vez, sostenidas en la parte inferior con pequeñas pircas de piedras y que delimitan los caminos peatonales.

Las terrazas de formación lenta son utilizadas para el cultivo de trigo, cebada, maíz, frejol, chocho, caiguas, arveja, papa, Chiclayo y habas. Acompañadas a estos cultivos se

encontraron la gran variedad de malas hierbas o malezas, pero con mayor incidencia en los bordes de las parcelas.

Las terrazas se localizaron en la sección inferior del predio agroecológico.



Fig. 3. Terrazas de formación lenta con suelos cultivados, mediante la rotación de cultivos.



Fig. 4. Terraza con el borde inferior sostenida por una pirca y con cultivos de maíz y malezas.

7.2.2.2. Andenes asociadas con especies leñosas

Los andenes son de longitud variable según el área disponible, con el ancho de hasta 2 m, con las plataformas planas, formados con desniveles en la pendiente, ayudados con pircas de roca fragmentada y colocadas con las caras planas hacia la vista, de corte vertical, de alturas variables, dependiendo de la pendiente y se localizaron cerca de la vivienda familiar.

Las especies leñosas están instaladas en la base de las pircas y fueron de porte arbóreo y arbustivo: *Alnus acuminata* (aliso), *Prunus serótina* (capulí), *Ficus carica* (higo), *Agave acuminata* (penca), *Sambucus peruviana* (saúco), *Furcraea andina* (penca blanca), *Erythrina edulis* (pajuro), *Cydonia oblonga* (membrillo), *Pyrus malus* (manzana), *Prunus pérsica* (Durazno), *Opuntia ficus-indica* (tuna) y *Pinus patula* (pino).

Los cultivos fueron muy variados y de tipo anual o perennes. Tenemos alimenticios: habas (*Vicia faba*), papa (*Solanum tuberosum*), Chiclayo (*Cucurbita máxima*), zapallo (*Cucurbita pepo*), rocoto (*Capsicum anuum*), achira (*Canna edulis*), zarzamora (*Rubus sp.*), lechuga (*Lactuca sativa*), rabanito (*Raphanus sativus*), berenjena (*Cypomandra betacea*); aromáticos y condimentos: huacatay (*Tagetes minuta*), culantro (*Coriandrum sativum*), perejil (*Petroselinum crispum*), toronjil (*Melissa officinalis*), ajos (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa*); medicinales: hinojo (*Foeniculum vulgare*), llacón (*Smallanthus sonchifolius*), romero (*Salvia officinalis*), paico (*Chenopodium ambrosoides*); ornamentales: dalias (*Dahlia sp.*), rosas (*Rosa spp.*) y girasoles (*Helianthus sp.*).

Los andenes se han establecido en la parte media inferior del predio, aprovechando la heterogeneidad del terreno.



Fig. 5. Andenes y cultivos cerca de la vivienda, asociado con especies leñosas.

7.2.2.3. Árboles en hileras y en curvas a nivel

Los árboles en hileras corresponden a los denominados sistemas agroforestales, de tipo silvopastoril. Se han hecho plantaciones en curvas a nivel, en 10 hileras, separados por una distancia de 10 m de ancho aproximadamente, y a un espacio de 2 a 3 m entre árboles. Las especies fueron *Pinus patula*, *P. radiata* (pinos), *Alnus acuminata* (aliso), *Echinopsis pachanoi* (San Pedro), *Furcraea andina* (penca blanca), *Opuntia ficus-indica* (tuna) y *Cupressus macrocarpa* (ciprés) y adjunto una leguminosa introducida del género *Acacia*.

Entre las hileras se ha desarrollado pastos nativos y exóticos de alta densidad. Esto se ubicó en la ladera media del predio.



Fig. 6. Hileras de árboles en curvas a nivel y entre las franjas de cobertura vegetal herbácea.

7.2.2.4. Acequias de infiltración

Las acequias de infiltración están asociadas a los árboles en hileras, de acuerdo a las curvas a nivel, de manera que permitan la filtración del agua proveniente de lluvia y luego de la escorrentía superficial. Con esto se hace disponible el agua en los suelos de las parcelas silvopastoriles y para el crecimiento de los árboles. Están contruidos por encima de la hilera de árboles. También están presentes en los macizos forestales.



Fig. 7. Acequias de infiltración junto a las plantaciones forestales en hileras.

INIAF (s.f.) indica que a las acequias de infiltración también se le denomina Zanjias de infiltración, que se construyen perpendicularmente a las pendientes, cuya distancia depende del grado de pendiente que presente el terreno, de formas asimétricas, con la finalidad de ayudar al mejoramiento de la fertilidad de los suelos, combinándolo con otras

prácticas que ayuden al mismo fin; se utiliza en sitios con baja precipitación pluvial, escasa vegetación y en las laderas que presenten problemas de erosión. Sin embargo, las acequias de infiltración se pueden combinar con barreras vivas, que vienen hacer obstáculos de material vegetativo para retener el suelo y disminuir la velocidad de la corriente de agua (CATTIE, 2009).

7.2.2.5. Macizos forestales

Los macizos forestales vienen hacer las plantaciones realizadas en la parte superior del predio, con *Eucalyptus globulus* (eucalipto) principalmente. Estas han sido sembradas a tres bolillo para ayudar a controlar la erosión, apreciándose manchones de cobertura herbácea con dominancia de gramíneas y algunas leñosas pequeñas o sufruticasas de los géneros *Calceolaria*, *Baccharis*, *Byttneria*, *Linum* y *Ageratina*.

Los árboles han alcanzado entre 5 y 18 m de altura y entre 4.5 y 28.6 cm de DAP. Los fustes rectos y semicilíndricos, sin problemas fitosanitarios, mas o menos homogéneos, a pesar de presentar un suelo netamente pedregoso de origen arenisco-cuarcítica.

7.2.2.6. Apicultura

Uno de los aspectos rescatables de la parcela agroecológica de Negromayo es la introducción de la apicultura como una manera de aprovechar las plantas melíferas leñosas y herbáceas, garantizando a su vez, la polinización, la reproducción y la generación de semillas para la continuidad de la existencia de las especies. Estas han sido colocadas en un lugar estratégico en número de 4 colmenares.



Fig. 8. Parte superior del predio ocupado por plantaciones forestales.



Fig. 9. Apicultura en la zona intangible, que favorece ingresos a la economía familiar, la polinización y la sobrevivencia de la vegetación.

7.2.2.7. Los senderos con los bordes estabilizados

Para facilitar el desplazamiento de personas por el predio se han establecido senderos de hasta 80 cm de ancho, con una pendiente de 5 a 10 %, trazados en zigzag, con los bordes inferiores reforzados con plantas de *Cupressus macrocarpa* (ciprés), *Eucalyptus citriodora* (eucalipto de té), *Furcraea andina* (penca blanca) y *Pinus radiata* y *P. patula*

(pinos). Además, para estabilizar el suelo de la plataforma de los senderos se han construido escalones de piedra, dependiendo de la pendiente.

7.2.3. Características de los suelos del Modelo

Tabla 2. Características de la estructura del suelo del Predio Negromayo a partir de calicatas de 80 cm de ancho por 1.50 m de largo y de profundidad variable.

Calicata	Zona	Ubicación	Pendiente (%)	Capa arable (cm)	Color	Perfil	Horizonte
1	Agrícola (papa, maíz y frejol)	Terraza baja	20	30	10 YR, 3/6, oscuro amarillento	AC	A (suelo orgánico) 2 cm, sobre un material detrítico arenoso.
2			20	30	10 YR- 3/6	A AC C	Orgánico Transición Material detrítico y con mayor pedregosidad.
3	Terraza intermedia		35	25	10 YR- 3/6	AC	El C con mayor presencia de piedras
4	Intermedia Cultivo de papa.	Terraza joven recién incorporada.	25-30		7.5 YR – 4/4 (bioma)	A	Superficial de 10 cm mezclado con el sustrato.
5	De protección	Cobertura de pastos nativos con protección de <i>Cupressus</i> , <i>Pinus patula</i> y <i>P. radiata</i> .	45 - 50%		7.5 YR 5/6 (Strom Braw)		Orgánico muy superficial, con discontinuidades biológicas (acumulación de sustratos de diferentes épocas).

7.2.4. Cosecha de agua para favorecer la recuperación de la cobertura vegetal

La recuperación de la cobertura vegetal, hasta los máximos niveles alcanzados, ha sido favorecida por el sistema de riego implementado dentro del ámbito del predio, construido

haciendo uso de las tecnologías disponibles y accesibles para el hombre del campo. El agua disponible ha sido producto de las lluvias estacionales que ocurren en la ladera del valle de Cajamarca, durante los meses de noviembre a abril.

7.2.4.1. Tecnologías de cosecha de agua

El sistema de riego en el predio de Negromayo comprendió el uso de tres tecnologías para cosechar agua de lluvia, y luego ser utilizado en el riego de las áreas de cultivo y parcelas agroforestales. Para ello se ha considerado tres formas de obtener agua de lluvia: mediante la captación de la quebrada Negromayo, de la parte superior del predio, la construcción de un microreservorio para que con el primer caso, alimentar un tanque de almacenamiento y de ahí derivar el agua en tubos y grifos por toda el área. Una tercera forma viene a ser la cosecha de agua directamente de los techos de las viviendas colectadas mediante tubos y dirigidos a un colector construido adyacente a la vivienda.

7.2.4.2. Técnica de captación de quebrada estacional

Consiste en la colocación de una red tuberías con perforaciones en la sección superior y colocada en el lecho de la quebrada, cubierto con piedra y grava, de diferentes tamaños, a fin de que permita la filtración e ingreso del agua a la red de tuberías y se canalice hacia un tanque desarenador por un tubo principal. El tanque desarenador mantiene el agua en reposo por un pequeño lapso hasta que sedimenta los sólidos en suspenso y evita la colmatación del reservorio principal.

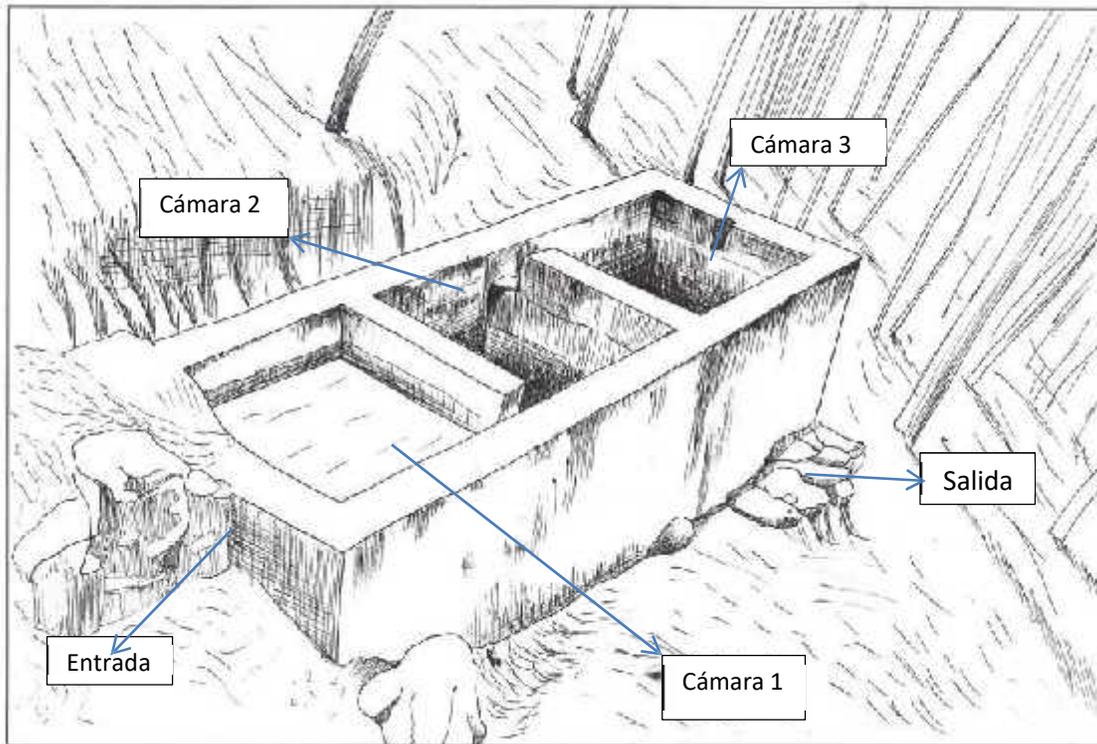


Fig. 11. Tanque desarenador de 3 cámaras para purificar el agua para riego dentro de la parcela agroecológica de Negromayo

7.2.4.3. Técnica de “cosecha de agua” mediante construcción de microreservorio

Otra fuente de disponibilidad de agua para alimentar el reservorio principal fue la construcción de un microreservorio, cuya agua es aprovechada de la escorrentía superficial y canalizada a través de acequias. Posteriormente, el agua es conducida por una tubería al reservorio principal. Fig 3.

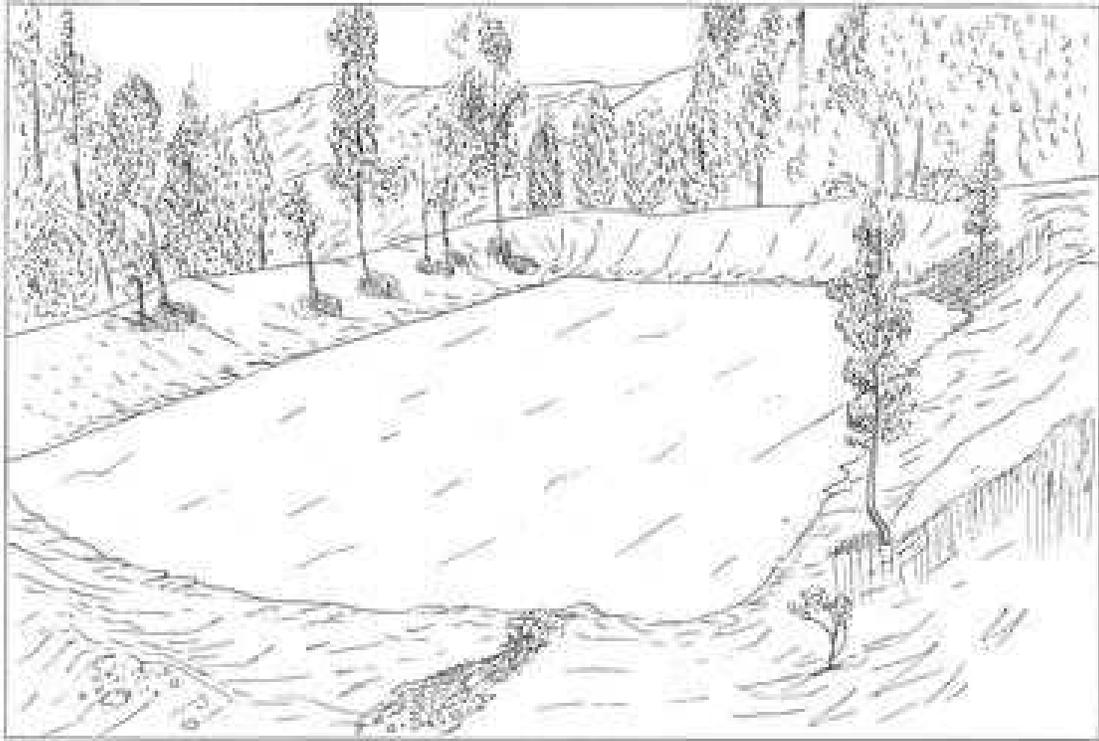


Fig. 12. Reservorio construido en la parte superior de la parcela agroecológica de Negromayo

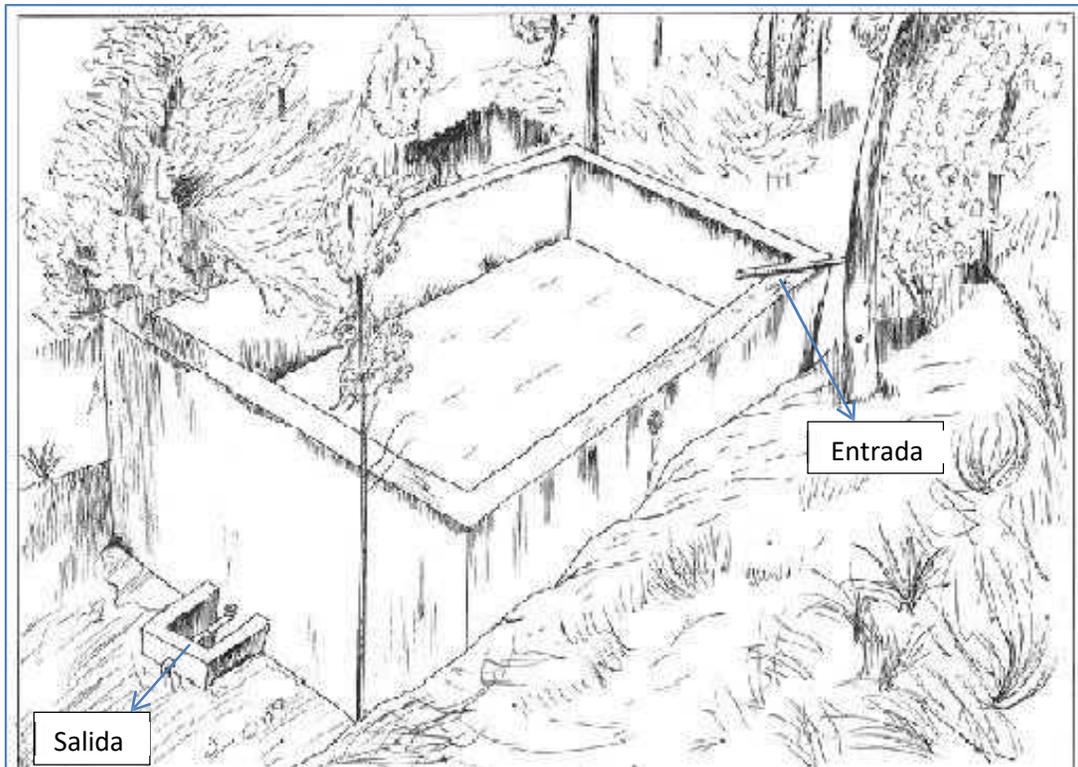


Fig. 13. Reservorio de agua para riego dentro de la parcela agroecológica de Negromayo

7.2.4.4. Técnica de cosecha de agua de los techos de las viviendas

Esta es una de las tecnologías innovadoras en la actualidad y de fácil implementación y manejo, pues consiste en colocar canaletas en el borde de la caída de los techos y coleccionar el agua que escurre por una tubería conducida a un colector común, ubicada junto a la vivienda. La cantidad de agua cosechada dependerá del tamaño de la superficie del techo, de la intensidad de las lluvias y del tamaño del tanque. De esta fuente se utilizará el agua para regar los huertos familiares, las plantas ornamentales y para consumo doméstico. Fig. 4.

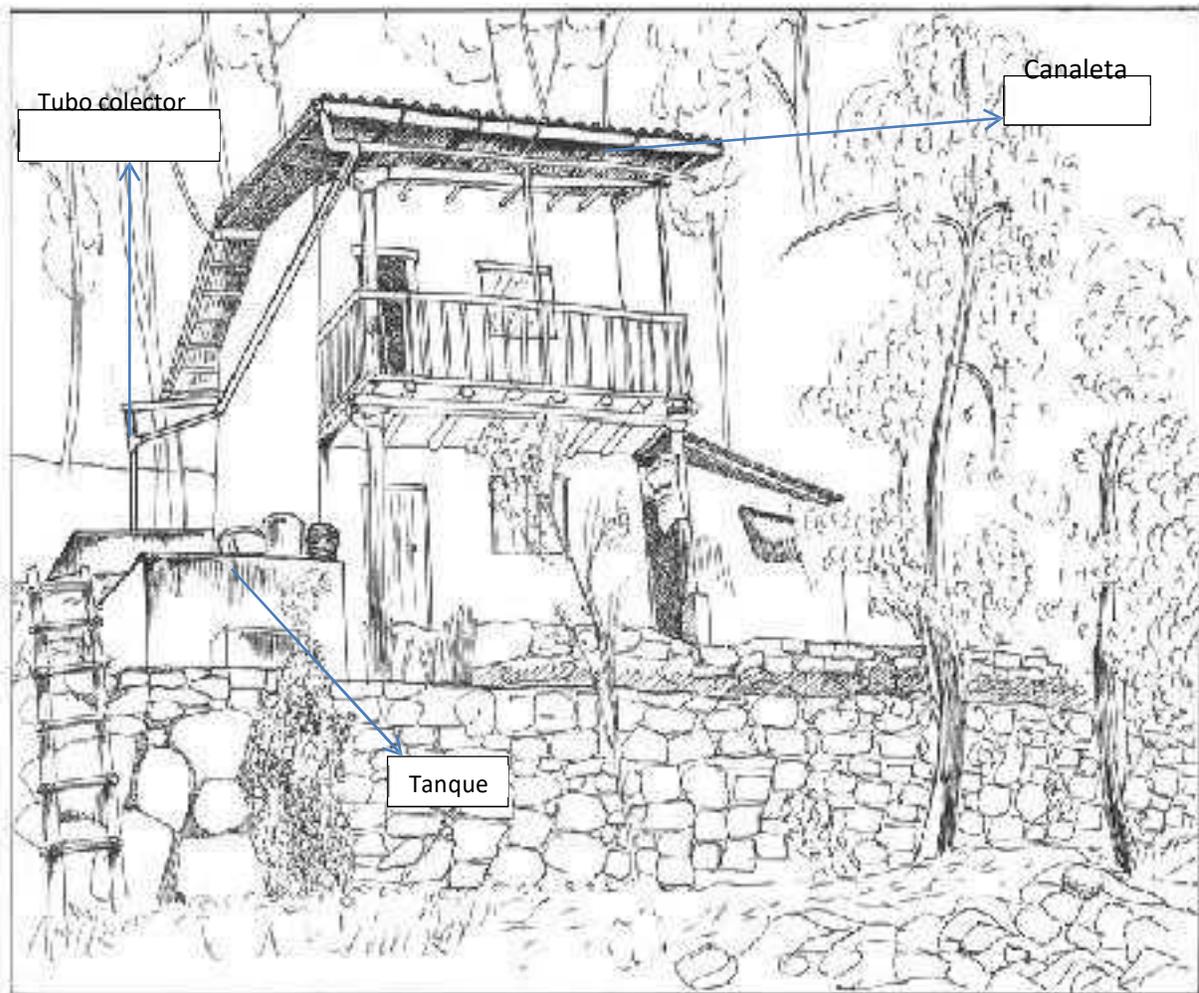


Fig. 14. Cosecha de agua del techo de la vivienda dentro de la parcela agroecológica de Negromayo

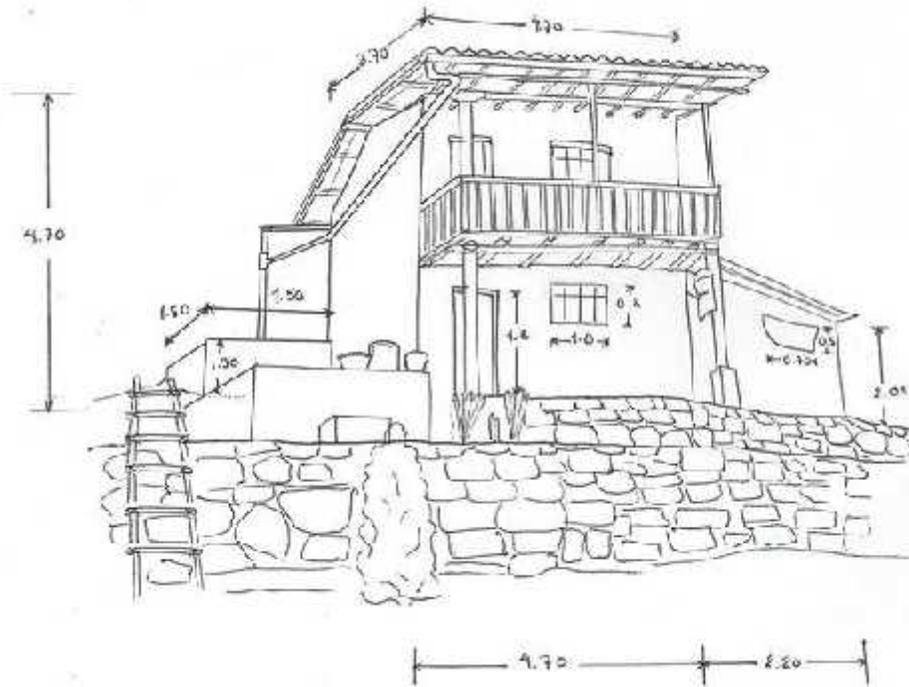


Fig. 15. Dimensiones de la vivienda modelo dentro de la parcela agroecológica de Negromayo

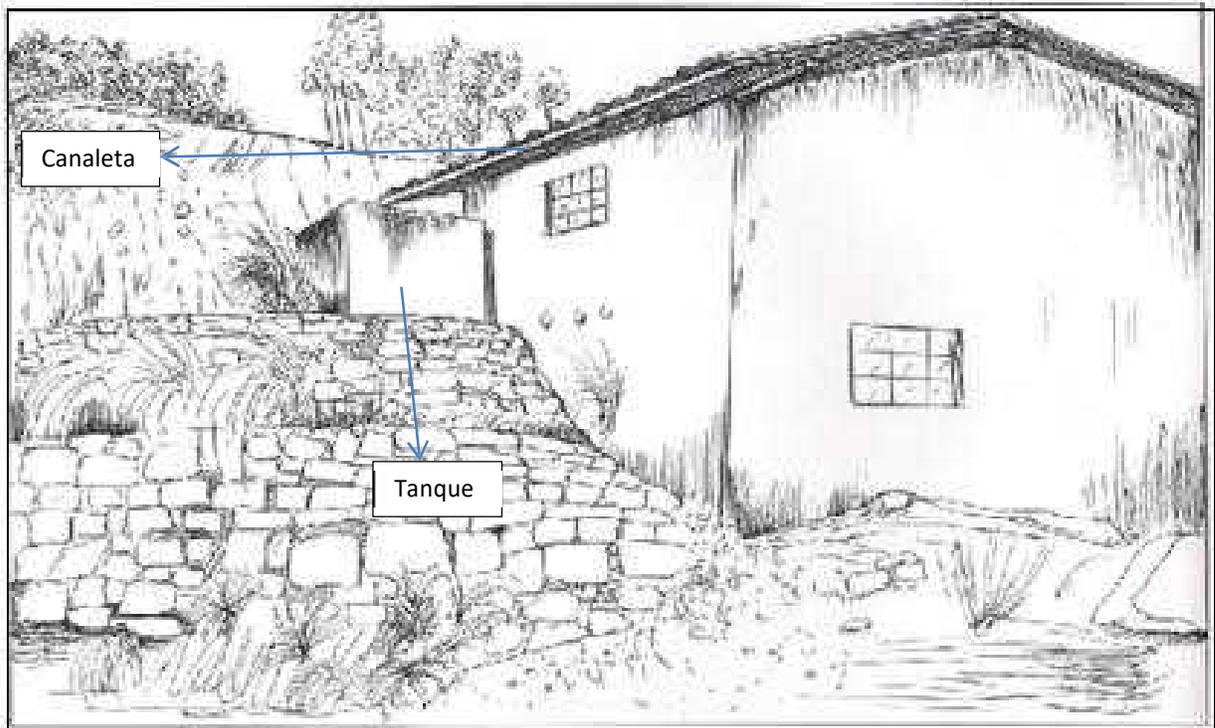


Fig. 16. Cosecha de agua de techo y almacenado en un tanque cerca de la vivienda dentro de la parcela agroecológica de Negromayo

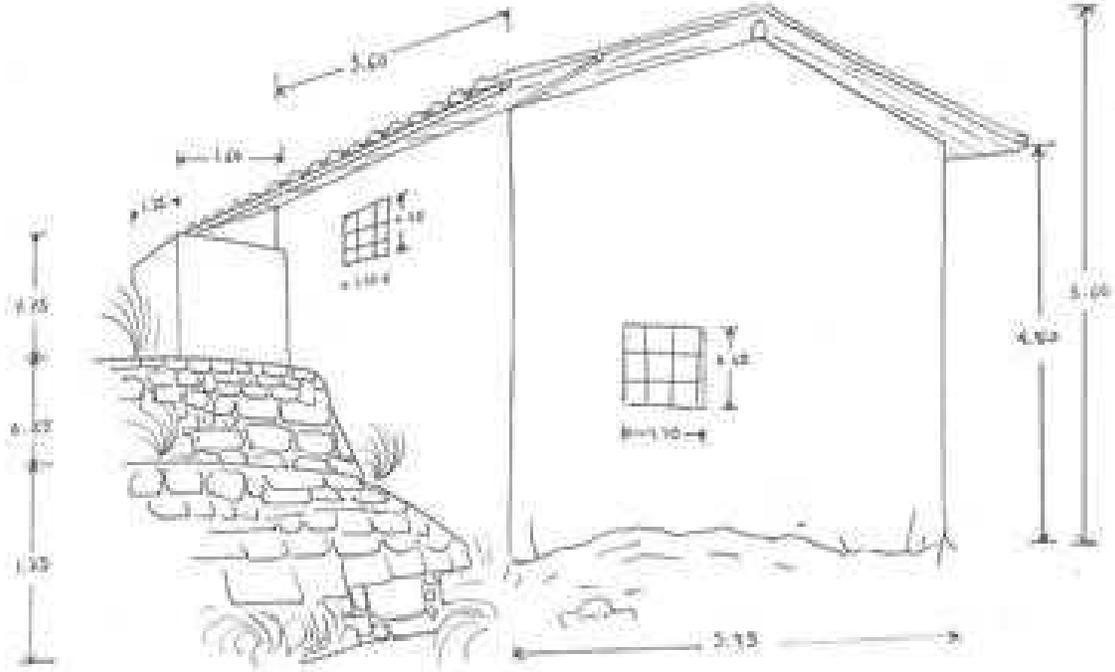


Fig. 17. Dimensiones de la vivienda, con techo adaptado para cosechar agua dentro de la parcela agroecológica de Negromayo.

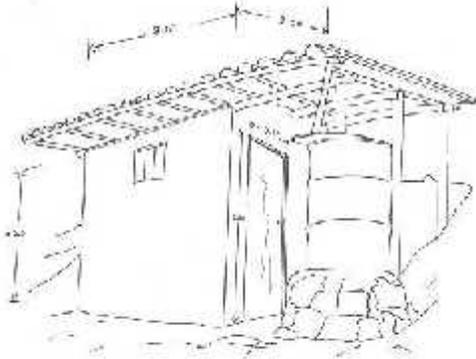
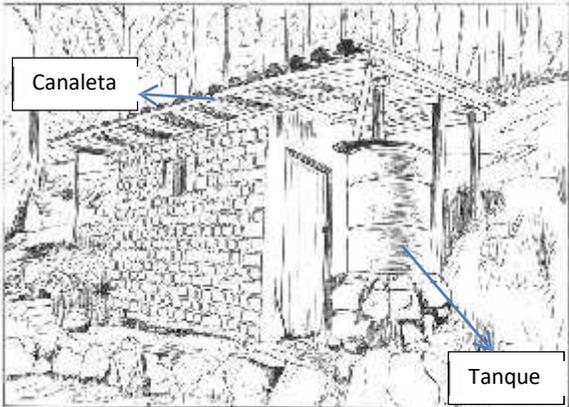


Fig. 18. Cosecha de agua del techo del baño, dentro de la parcela agroecológica de Negromayo.

La cosecha del agua en el predio Negromayo

Veamos el ejemplo del Modelo Negromayo-Cajamarca. La precipitación pluvial en esta región es de alrededor de 700 milímetros al año; lo que significa que por cada metro cuadrado de tierra o de una superficie cualquiera, como pueden ser los techos de las casas, podemos recoger teóricamente 700 litros en el año, lo que equivaldría a 7000 cubos por ha al año, lo que podría ser suficiente para asegurar cosecha de granos o tubérculos. Para ello, debemos recoger el agua para asegurar cualquier cosecha de granos o tubérculos. Para ello debemos recoger el agua en las formas o sistemas más convenientes, agua que no sólo servirá a la sierra sino también a la costa.

La cosecha o captación del agua, pasa por procesos físico-biológicos que tenemos que construir o reconstruir, los que debemos iniciar en el más breve plazo.

Indudablemente que existen muchas interrogantes o preguntas que debemos responder.

La primera está referida a la presencia estacional e irregular de las lluvias, pues en Cajamarca tenemos dos épocas de lluvia, una corta de setiembre a la primera quincena de noviembre, y otra larga, de fines de diciembre a marzo, y en pocas oportunidades abarcan hasta abril, de donde surge el dicho popular que afirma: Abril aguas mil o todas caben en un barril .

La otra interrogante se refiere a la enorme pérdida de agua que se produce por evaporación y evapotranspiración debido a nuestra atmósfera seca.

7.3. Recuperación de la diversidad vegetal del Modelo Negromayo

En este punto se va a considerar: el inventario de la vegetación registrada en el área de estudio, tanto en la zona forestal, zona agroforestal y la zona de protección de ribera; la diversidad vegetal mediante índices, que nos permita entender si hay o no diversidad vegetal, si es homogénea o heterogénea; la biomasa total del predio y la cobertura por especie. Para los dos últimos casos no se considera la parte que comprende el área silvoagrícola y agrícola.

7.3.1. La vegetación del área de estudio antes y después del Proyecto

Para demostrar la diversidad de especies del modelo Negromayo fue necesario comparar la cantidad de flora silvestre y cultivada del área en estudio relacionado con la composición florística del área antes de la aplicación del Modelo con los resultados después de la misma. Por lo que a continuación se presenta un registro de especies del área adyacente, con sus respectivas familias, hábitos y hábitats. Éste último es similar al de la zona intervenida.

Tabla 3. Comparación de la vegetación dentro y fuera del predio.

Nº	Familias	Dentro del Modelo		<i>Ex ante</i> al Modelo	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
1	Acanthaceae	1	1	0	0
2	Adiantaceae	2	4	2	2
3	Amaranthaceae	3	8	3	3
4	Amaryllidaceae	1	1	0	0
5	Apiaceae	2	2	0	0
6	Apocynaceae	1	1	0	0
7	Asparagaceae	3	3	1	1
8	Asteraceae	34	48	15	17
9	Betulaceae	1	1	0	0
10	Bignoniaceae	1	1	0	0

11	Brassicaceae	4	4	1	1
12	Bromeliaceae	3	3	2	2
13	Cactaceae	2	2	1	1
14	Calceolariaceae	1	2	1	1
15	Cannaceae	1	1	0	0
16	Caryophyllaceae	4	4	3	3
17	Commelinaceae	2	2	0	0
18	Convolvulaceae	2	2	1	1
19	Crassulaceae	1	1	0	0
20	Cucurbitaceae	1	1	0	0
21	Cupressaceae	1	1	0	0
22	Cyperaceae	4	8	1	1
23	Euphorbiaceae	1	1	0	0
24	Fabaceae	11	12	5	5
25	Geraniaceae	2	2	0	0
26	Hypericaceae	1	1	1	1
27	Juncaceae	2	5	1	1
28	Krameriaceae	1	1	0	0
29	Lamiaceae	4	6	2	2
30	Lauraceae	1	1	0	0
31	Linaceae	1	2	1	1
32	Lycopodiaceae	2	3	1	1
33	Lythraceae	1	1	1	1
34	Malvaceae	3	3	1	1
35	Moraceae	1	1	0	0
36	Myrtaceae	2	2	0	0
37	Onagraceae	2	2	2	2
38	Orchidaceae	3	3	0	0
39	Orobanchaceae	3	3	0	0
40	Oxalidaceae	1	4	1	1
41	Passifloraceae	1	1	0	0
42	Pinaceae	2	2	0	0
43	Piperaceae	1	2	0	0
44	Plantaginaceae	1	2	0	0
45	Poaceae	23	34	6	6
46	Polygalaceae	1	1	0	0
47	Polygonaceae	1	2	1	1
48	Primulaceae	1	1	0	0
49	Ranunculaceae	1	1	0	0
50	Rosaceae	5	6	0	0
51	Rubiaceae	3	3	2	2
52	Selaginellaceae	1	1	0	0
53	Solanaceae	9	9	1	1

54	Verbenaceae	2	2	0	0
	Total	169	221	57	59

Como se puede apreciar en la Tabla 2, existe una notoria diferencia entre grupos taxonómicos dentro y fuera del predio, influenciado por el manejo adecuado del territorio bajo un enfoque ecosistémico. Se indica 54 familias, distribuidos en 169 géneros y 221 especies para el predio manejado y 25 familias, 57 géneros y 59 especies para los predios adyacentes o no manejados adecuadamente. En cuanto a las familias más representadas se tiene en orden descendente: Asteraceae (34 géneros, 38 especies), Poaceae (23 géneros, 34 especies), Fabaceae (11 géneros, 12 especies), Solanaceae (9 géneros, 9 especies) y Rosaceae (5 géneros, 6 especies), para el predio manejado y del mismo modo: Asteraceae (15 géneros, 17 especies), Poaceae (6 géneros, 6 especies), Fabaceae (5 géneros, 5 especies), Solanaceae (1 género, 1 especie) y Rosaceae (0 géneros, 0 especies).

Las especies de hábito silvestre presentan portes arbustivos, sufrútices y hierbas, cuya presencia es más notoria en terrenos sin cultivo que se presentan a manera discontinua, alternado con afloramientos rocosos. El número de especies alcanza 27 para la época de lluvia, disminuyendo hacia la época de estiaje.

Una serie de situaciones comparadas entre el predio manejado y no manejado muestran diferencias en cuanto a la diversidad, composición florística y características del suelo. Por un lado, existe la fuerte presión agrícola al suelo mediante el uso constante o continuo (sin periodo de descanso), por lo que generalmente en un suelo de ladera tiende a sufrir pérdida de los horizontes superiores; y, en consecuencia, el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales cultivadas, invasoras o silvestres nativas se ven afectadas en su tamaño y cantidad. Contrariamente, en un suelo manejado, la fisonomía toma otro

aspecto característico, y aún más, si se ha incluido especies forestales arbóreas y arbustivas, acompañado de las herbáceas nativas y algunas introducidas (malezas).

En el siguiente gráfico se puede apreciar las notorias diferencias en la composición florística de ambas áreas.

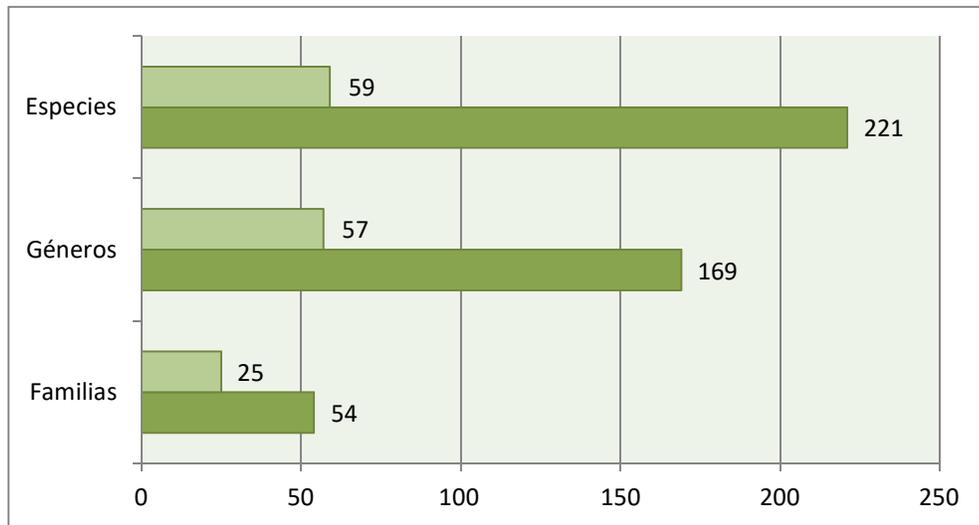


Fig. 19. Comparación de la vegetación del antes del proyecto con el Modelo.

7.3.2. Diversidad florística mediante índice de Shannon-Wiener y de Simpson

Para determinar la diversidad florística se ha tenido que tomar datos, a partir de parcelas de 1 m², como especie y número de individuos por especie. Las parcelas se ubicaron en diferentes áreas dentro del predio: bosque de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), sistema agroforestal (pastura con *Pinus patula*, *P. radiata*, *Alnus acuminata*, entre otros) y áreas de vegetación silvestre, mas no las especies arvenses ni las cultivadas.

La diversidad florística comprende los cálculos de los índices de diversidad en términos de homogeneidad y heterogeneidad de la vegetación. Las evaluaciones se realizaron

cuando las plantas estuvieron en su estado de madurez (floración y fructificación) y bajo las condiciones de ausencia de pastoreo.

7.3.2.1. Diversidad florística según uso del suelo en el predio Negromayo

7.3.2.1.1. Bosque de *Eucalyptus globulus*

Tabla 4. Índices de diversidad en la zona de bosques de *Eucalyptus globulus*, caso 1.

Parcela 1: Bosque de *Eucalyptus globulus* con suelos altamente pedregosos

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson	I. Shannon - Wiener
1	<i>Baccharis grandicapitulata</i>	6		
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	12		
3	<i>Aeschynomene scoparia</i>	1		
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	33		
5	<i>Koanophyllon sp.</i>	2		
6	<i>Desmodium adscendens</i>	8	0.7730	1.8591
7	<i>Stevia macbridei</i>	5		
8	<i>Pappobolus discolor</i>	1		
9	<i>Archyrocline alata</i>	1		
10	<i>Cuphea ciliata</i>	6		
11	<i>Setaria parviflora</i>	4		

Tabla 5. Índices de diversidad en la zona de bosques de *Eucalyptus globulus*, caso 2.

Parcela 2: Bosque de *Eucalyptus globulus* jóvenes

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson	I. Shannon - Wiener
1	<i>Pappobolus discolor</i>	21	13	<i>Stelis dialissa</i>
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6	1	
3	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	6		
4	<i>Setaria parviflora</i>	39		
5	<i>Stipa mucronata</i>	32		
6	<i>Paspalum tuberosum</i>	3		
7	<i>Pellaea ternifolia</i>	1		
8	<i>Bidens pilosa</i>	33		
9	<i>Baccharis caespitosa</i>	1		
10	<i>Stevia macbridei</i>	9		
11	<i>Eragostis pilgeriana</i>	7		
12	<i>Oxalis debilis var. corymbosa</i>	30		

0.8926

2.4462

14	<i>Tagetes filifolia</i>	26
15	<i>Pycneus lanceolatus</i>	2
16	<i>Selaginella peruviana</i>	12
17	<i>Bidens andicola</i>	1
18	<i>Bidens triplinervia</i>	2
19	<i>Ranunculus peruvianus</i>	1
20	<i>Eragrostis sp. 1</i>	4

7.3.2.2. Zona silvopastoril

Tabla 6. Índices de diversidad en la zona silvopastoril.

Parcela 3: Zona silvopastoril

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson	I. Shannon - Wiener
1	<i>Baccharis grandicapitulata</i>	64		
2	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	1		
3	<i>Cheilanthes pruinata</i>	3		
4	<i>Stevia macbridei</i>	23		
5	<i>Archyrocline alata</i>	96		
6	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	2		
7	<i>Puya ferruginea</i>	2		
8	<i>Peperomia sp.</i>	5		
9	<i>Peperomia parvifolia</i>	19		
10	<i>Cyperus flavus</i>	10	0.8202	2.1311
11	<i>Hieracium frigidum</i>	4		
12	<i>Oxalis debilis var. Corymbosa</i>	16		
13	<i>Selaginella peruviana</i>	12		
14	<i>Setaria parviflora</i>	17		
15	<i>Cuphea ciliata</i>	13		
16	<i>Hypericum silenoides</i>	1		
17	<i>Evolvulus herrerae</i>	1		
18	<i>Pappobolus discolor</i>	1		
19	<i>Dysphania multifida</i>	1		

7.3.2.3. Área de pasturas pastoril

Tabla 7. Índices de diversidad en la zona pastoril, caso 1.

Parcela 4: Zona pastoril

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson	I. Shannon - Wiener
1	<i>Baccharis chilco</i>	1	3	<i>Stipa ichu</i>
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	3	16	

0.8089

1.9263

4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	25
5	<i>Bothriochloa saccharoides</i>	2
6	<i>Setaria parviflora</i>	7
7	<i>Cuphea ciliata</i>	11
8	<i>Desmodium adscendens</i>	8
9	<i>Pycneus lanceolatus</i>	1
10	<i>Alternanthera elongata</i>	1
11	<i>Cheilanthes pruinata</i>	1
12	<i>Salvia sagitata</i>	1

Tabla 8. Índices de diversidad en el área de pasturas, caso 2.

Parcela 6: Zona pastoril

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson	I. Shannon - Wiener
1	<i>Stevia macbridei</i>	2		
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	8		
3	<i>Cuphea ciliata</i>	4	0.3300	0.5013
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	26		

Parcela 5: Zona intangible

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson	I. Shannon - Wiener
1	<i>Baccharis chilco</i>	1		
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6		
3	<i>Pennisetum clandestinum</i>	1		
4	<i>Paspalum tuberosum</i>	2		
5	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	16		
6	<i>Bothriochloa saccharoides</i>	2	0.7012	1.6568
7	<i>Hypericum silenoides</i>	1		
8	<i>Stevia macbridei</i>	1		
9	<i>Cuphea ciliata</i>	1		
10	<i>Puya ferruginea</i>	1		

7.3.2.4. Zona de protección de ribera de quebrada

Tabla 9. Índices de diversidad en el área de protección de ribera de quebrada, caso 1.

Parcela 5: Zona intangible

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson	I. Shannon - Wiener
----	---------	---------	-------------------	---------------------

1	<i>Baccharis chilco</i>	1	0.7012	1.6568
---	-------------------------	---	---------------	---------------

2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6
3	<i>Pennisetum clandestinum</i>	1
4	<i>Paspalum tuberosum</i>	2
5	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	16
6	<i>Bothriochloa saccharoides</i>	2
7	<i>Hypericum silenoides</i>	1
8	<i>Stevia macbridei</i>	1
9	<i>Cuphea ciliata</i>	1
10	<i>Puya ferruginea</i>	1

Tabla 10. Índices de diversidad en la zona de protección de ribera de quebrada, caso 2.

Parcela 7: Zona intangible, borde de quebrada

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson	I. Shannon - Wiener
1	<i>Cheilanthes myriophylla</i>	4		
2	<i>Salvia sagitata</i>	14		
3	<i>Cuphea ciliata</i>	9		
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	14		
5	<i>Aechynomene scoparia</i>	16		
6	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6	0.8585	2.0963
7	<i>Pappobolus discolor</i>	3		
8	<i>Setaria parviflora</i>	2		
9	<i>Commelina fasciculata</i>	6		
10	<i>Alternanthera elongata</i>	3		

La diversidad florística se analiza en su conjunto utilizando el índice de Shannon – Wiener, el índice de Simpson.

Tabla 11. Resumen de los Índices de diversidad

Zonificación del predio Negromayo	N° especies	N° de individuos	Índice de Simpson (D)	Índice de Shannon – Wiener (H')
Bosque de <i>Eucalyptus globulus</i> (caso 1)	11	79	0.7700	1.8591
Bosque de <i>Eucalyptus globulus</i> (caso 2)	20	237	0.8926	2.4462
Zona silvopastoril (caso 1)	19	291	0.8202	2.1311
Zona de pasturas (caso 1)	12	77	0.8089	1.9262
Zona de pasturas (caso 2)	4	40	0.5300	0.9819
Zona de protección de ribera de quebrada (caso 1)	10	32	0.7012	1.6568
Zona de protección de ribera de quebrada (caso 2)	10	77	0.8585	2.0963

7.3.3. Cobertura vegetal en el Modelo Negromayo

Para efectos de constatación de la cobertura vegetal recuperada se evaluó, mediante el método del metro cuadrado, el porcentaje de cobertura por cada especie, considerando tanto la edad juvenil como la adulta, y que consistió en medir la proyección ortogonal de su sección aérea de cada una de las especies y de los individuos por tamaños.

Se obtuvieron resultados de la cobertura de cada una de las áreas en que está ordenado el predio: zona forestal, zona agroforestal, zona pastoril y zona intangible o sin uso. Cabe indicar que las especies presentan diferentes alturas tanto entre especies como entre individuos, por lo que la suma de las áreas de cobertura por especie va a sobrepasar el área de la parcela evaluada y visto desde una estructura vertical se presentará el porcentaje de cobertura por especie. Los coeficientes de Braun-Blanquet se indican en el anexo 3.

7.3.3.1. Cobertura en la zona forestal

Comprendió la determinación de cobertura de la vegetación natural en la zona de plantación de *Eucalyptus globulus*, cuyas especies fueron generalmente herbáceas del tipo gramíneas o monocotiledóneas y algunas dicotiledóneas. La cobertura se muestra en la Tabla 2.

Tabla 12. Cobertura de la vegetación recuperada en el predio Negromayo, bosque de *Eucalyptus globulus*, con suelo altamente pedregoso.

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Coficiente Braun-Blanquet
1	<i>Baccharis grandicapitulata</i>	6	18.8496	0.19	r
2	<i>Arctophyllum thymifolium</i>	12	461.8152	4.62	+
3	<i>Aeschynomene scoparia</i>	1	28.2744	0.28	r
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	33	647.955	6.48	2
5	<i>koanophyllon sp.</i>	2	56.5488	0.57	r

6	<i>Desmodium adscendens</i>	8	56.5488	0.57	+
7	<i>Stevia macbridei</i>	5	15.708	0.16	+
8	<i>Pappobolus discolor</i>	1	12.5664	0.13	r
9	<i>Archyrocline alata</i>	1	50.2656	0.50	r
10	<i>Cuphea ciliata</i>	6	10.6029	0.11	+
11	<i>Setaria parviflora</i>	4	0.7854	0.01	+
Total		79	1359.92	13.60	
% de cobertura		13.60			

Tabla 13. Cobertura de la vegetación recuperada en el predio Negromayo, bosque de *Eucalyptus globulus* jóvenes.

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Coefficiente Braun-Blanquet
1	<i>Pappobolus discolor</i>	21	3196.19	31.96	3
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6	1453.78	14.54	2
3	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	6	570.20	5.70	2
4	<i>Setaria parviflora</i>	39	765.77	7.66	2
5	<i>Stipa mucronata</i>	32	3041.07	30.41	3
6	<i>Paspalum tuberosum</i>	3	37.70	0.38	r
7	<i>Pellaea ternifolia</i>	1	143.14	1.43	r
8	<i>Bidens pilosa</i>	33	3136.10	31.36	3
9	<i>Baccharis caespitosa</i>	1	12.57	0.13	r
10	<i>Stevia macbridei</i>	9	764.98	7.65	2
11	<i>Eragrostis pilgeriana</i>	7	49.48	0.49	+
12	<i>Oxalis debilis var. corymbosa</i>	30	23.56	0.24	1
13	<i>Stelis dialissa</i>	1	33.18	0.33	r
14	<i>Tagetes filifolia</i>	26	510.51	5.11	2
15	<i>Pycneus lanceolatus</i>	2	39.27	0.39	r
16	<i>Selaginella peruviana</i>	12	851.18	8.51	2
17	<i>Bidens andicola</i>	1	15.90	0.16	r
18	<i>Bidens triplinervia</i>	2	66.37	0.66	r
19	<i>Ranunculus peruvianus</i>	1	1.77	0.02	r
20	<i>Eragrostis sp. 1</i>	4	7.07	0.07	+
Total		237	14719.77	147.20	
% de cobertura		147.2			

7.3.3.2. Cobertura en la zona agroforestal

La zona agroforestal está constituida por la asociación pastos y árboles exóticos y nativos tales como *Pinus patula*, *P. radiata*, *Cupressus macrocarpa*, *Alnus acuminata* y *Acacia sp.*, establecido a un distanciamiento de 2.5 a 3 m entre plantas y en un sistema de líneas en curvas a nivel. La cobertura se determinó de la vegetación herbácea, a una edad de los árboles de 10 años. Hasta el año 2012, el componente forestal muestra un desarrollo irregular cuyos diámetros oscilan entre 28.6 cm y 4.4 cm y las alturas entre 18 y 5 m. Las copas voluminosas están influyendo en la vegetación del área de su cobertura, que más adelante sufrirá mayor modificación por labores silviculturales (poda). El tipo de vegetación presente está constituido por especies generalmente arbustivas y herbáceas tanto anuales como perennes, entre nativas e invasoras. Se ha esperado que la vegetación alcance su máximo desarrollo y su máximo nivel de cobertura para realizar la evaluación respectiva. En la tabla 5 y gráfico 4, se indica los resultados de la evaluación.

Tabla 14. Cobertura de la vegetación recuperada en el predio Negromayo, zona agroforestal.

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Coficiente Braun-Blanquet
1	<i>Baccharis grandicapitulata</i>	64	2211.20	22.11	2
2	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	1	38.48	0.38	r
3	<i>Cheilanthes pruinata</i>	3	7.22	0.07	r
4	<i>Stevia macbridei</i>	23	112.90	1.13	1
5	<i>Archyrocline alata</i>	96	1808.18	18.08	2
6	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	2	142.16	1.42	r
7	<i>Puya ferruginea</i>	2	110.94	1.11	r
8	<i>Peperomia sp.</i>	5	220.89	2.21	+
9	<i>Peperomia parvifolia</i>	19	45.70	0.46	1
10	<i>Cyperus flavus</i>	10	31.42	0.31	1
11	<i>Hieracium frigidum</i>	4	113.54	1.14	+
12	<i>Oxalis debilis var. corymbosa</i>	16	12.57	0.13	1

13	<i>Selaginella peruviana</i>	12	398.20	3.98	1
14	<i>Setaria parviflora</i>	17	13.35	0.13	1
15	<i>Cuphea ciliata</i>	13	107.85	1.08	1
16	<i>Hypericum silenoides</i>	1	0.79	0.01	r
17	<i>Evolvulus herrerae</i>	1	19.64	0.20	r
18	<i>Pappobolus discolor</i>	1	4.91	0.05	r
19	<i>Dysphania multifida</i>	1	0.79	0.01	r
	Total	291	5400.70	54.01	
	% de cobertura	54.01			

7.3.3.3. Cobertura en la zona pastoril

Se caracteriza esta área por la presencia de vegetación herbácea anual y perenne salpicada por algunas especies arbustivas. Se presenta demarcada en una franja horizontal y rodeada por el bosque de *Eucalyptus* y el área agroforestal y en uno de los extremos por la quebrada Negromayo. En el manejo del predio se ha evitado la introducción de ganado vacuno, ovino y equino, permitiendo el desarrollo de las especies en su máxima cobertura, en cuya circunstancia se ha realizado la evaluación, cuyos resultados se acotan en la tabla 6 y gráfico 5.

Tabla 15. Cobertura de la vegetación recuperada en el predio Negromayo, zona pastoril.

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Coficiente Braun -Blanquet
1	<i>Baccharis chilco</i>	1	346.36	3.46	+
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	3	115.45	1.15	r
3	<i>Stipa ichu</i>	16	3.14	0.03	1
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	25	490.88	4.91	1
5	<i>Bothriochloa saccharoides</i>	2	66.37	0.66	r
6	<i>Setaria parviflora</i>	7	17.28	0.17	+
7	<i>Cuphea ciliata</i>	11	311.02	3.11	+
8	<i>Desmodium adscendens</i>	8	157.08	1.57	+
9	<i>Pycneus lanceolatus</i>	1	19.64	0.20	r
10	<i>Alternanthera elongata</i>	1	28.27	0.28	r
11	<i>Cheilanthes pruinata</i>	1	28.27	0.28	r
12	<i>Salvia sagitata</i>	1	50.27	0.50	r
	Total	77	1634.02	16.34	
	% de cobertura	16.34			

7.3.3.4. Cobertura en la zona de protección de ribera de quebrada

Esta área comprende toda la franja de vegetación del borde de la quebrada Negromayo en un ancho de 5 m y la vegetación está representada por arbustos y herbáceas perennes y anuales, conformando conjuntamente un barrera protectora contra los efectos erosivos en la época de lluvia. La vegetación alcanza a niveles de densidad altos y una amplia gama de diversidad de especies y de numerosos individuos por especie. Los resultados de la evaluación se muestran a continuación en la tabla 7 y gráfico 6.

Tabla 16. Cobertura de la vegetación recuperada en la zona intangible.

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Coefficiente Braun-Blanquet
1	<i>Baccharis chilco</i>	1	2375.84	23.76	2
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6	29.45	0.29	+
3	<i>Pennisetum clandestinum</i>	1	113.10	1.13	r
4	<i>Paspalum tuberosum</i>	2	76.97	0.77	r
5	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	16	452.39	4.52	1
6	<i>Bothriochloa saccharaoides</i>	2	6.28	0.06	r
7	<i>Hypericum silenoides</i>	1	7.07	0.07	r
8	<i>Stevia macbridei</i>	1	3.14	0.03	r
9	<i>Cuphea ciliata</i>	1	1.77	0.02	r
10	<i>Puya ferruginea</i>	1	397.61	3.98	r
Total		32	3463.61	34.64	
% de cobertura		34.64			

Tabla 17. Cobertura de la vegetación por especie y parcela según coeficientes de Braun – Blanquet.

Especies	Parcelas/Coefficientes				
	1	2	3	4	5
<i>Aeschynomene scoparia</i>	r		2		
<i>Alternanthera elongata</i>				r	
<i>Archyrocline alata</i>	r				
<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	1	2		1	r
<i>Baccharis caespitosa</i>		r			
<i>Baccharis chilco</i>				1	2

<i>Baccharis grandicapitulata</i>	r	2			
<i>Bidens andicola</i>		r			
<i>Bidens pilosa</i>		3			
<i>Bidens triplinervia</i>		r			
<i>Bothriochloa saccharoides</i>				r	r
<i>Cheilanthes pruinata</i>			r	r	
<i>Cuphea ciliata</i>	r	1	1		r
<i>Cyperus flavus</i>			r		
<i>Desmodium adscendens</i>	r			1	
<i>Dysphania multifida</i>			r		
<i>Eragostis pilgeriana</i>		r			
<i>Eragrostis sp. 1</i>		r			
<i>Evolvulus herrerae</i>			r		
<i>Hieracium frigidum</i>			1		
<i>Hypericum silenoides</i>			r		r
<i>Hypochaeris taraxacoides</i>			1		
<i>koanophyllon sp.</i>	r				
<i>Oxalis debilis var. corymbosa</i>		r	r		
<i>Pappobolus discolor</i>	r	3	r		
<i>Paspalum tuberosum</i>		r			r
<i>Pellaea ternifolia</i>		1			
<i>Pennisetum clandestinum</i>					1
<i>Peperomia parvifolia</i>			r		
<i>Peperomia sp.</i>			1		
<i>Puya ferruginea</i>			1		1
<i>Pycreus lanceolatus</i>				r	
<i>Pycreus polystachyos subsp. polystachyos</i>		r			
<i>Ranunculus peruvianus</i>		r			
<i>Salvia sagitata</i>				r	
<i>Schizachyrium sanguineum</i>	2	2	r	1	1
<i>Selaginella peruviana</i>		2	1		
<i>Setaria parviflora</i>	r	2	r	r	
<i>Stelis dialissa</i>		r			
<i>Stevia macbridei</i>	r	2	1		r
<i>Stipa ichu</i>				r	
<i>Stipa mucronata</i>		3			
<i>Tagetes filifolia</i>		2			

7.3.4. Biomasa de la vegetación

Tabla 18. Estimación de la biomasa por parcela en el predio Negromayo

Parcela	Kg	Kg ha ⁻¹
1	1.10	11000
2	1.50	15000
3	0.70	7000
4	0.90	9000
5	1.15	11500

La biomasa estimada varió entre 0.70 y 1.50 kg, proyectado a kg ha⁻¹ varió entre 7000 y 15000, valores que incluyen la parte radicular y la parte aérea de las plantas. No se tiene información para señalar si los niveles son altos, medios o bajos.

7.4. Costo económico que implicó el proceso de recuperación de las laderas erosionadas

El pequeño fundo de Negromayo, fue adquirido por el Ing. Pablo Sánchez Zevallos con la única finalidad de llevar a la práctica sus teorías y afinar sus metodologías ya realizadas en campo en su primera zona experimental, de propiedad de la Universidad Nacional de Cajamarca: Aylambo.

En el año 1999, al momento de la compra, el terreno contaba con un pequeño arboreto de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sembrados empíricamente por el anterior propietario.

El nuevo dueño, ya reconocido como inventor del poncho verde y de haber contagiado a la población, sobre todo a la rural, la consigna: convirtamos a cada gota de agua en un grano de alimento ; hizo de su minifundio una pizarra ecológica, al efectuar la zonificación ecológica económica, designando la zona forestal, la zona agroforestal, la agrícola y la intangible.

Una vez zonificado el área se construyeron las siguientes infraestructuras:

- ✓ De captación, almacenamiento y distribución del agua (tanto del agua estacional de la quebrada, como el agua de lluvia de los techos).
- ✓ De vivienda y taller de cerámica.
- ✓ De viabilidad.
- ✓ De recuperación de suelos: andenes, terrazas de formación lenta y canales de infiltración.

Tabla 19. Costo para la recuperación de la cobertura vegetal en el Predio Negromayo.

Rubros	Costo total (s/.)
Obras civiles	33 860.00
Materiales utilizados	10 617.00
Total	44 477.00

Durante 6 años se han realizado diferentes obras civiles para que el Predio Negromayo sea considerado como modelo de recuperación de laderas según el uso del suelo. A partir de su establecimiento es que se comienza a notarse cambios paisajísticos con respecto a los predios adyacentes con las mismas características topográficas y con el mismo sistema de manejo agrícola.

Para evidenciar el costo del modelo, son necesarios los siguientes datos:

Costo total:	44 477.00
Años de establecimiento del modelo:	6
Superficie del predio intervenido:	3.8 ha
Área intervenida con el proyecto:	1.258 ha
Costo por ha año ⁻¹ :	5 892.55

Lo que se ha querido demostrar en lo posible es el modelo de la chacra sustentable mediante la construcción de diferentes infraestructuras. Don Pablo Sánchez Zevallos, para hacer posible la validación de dicho predio agroecológico, el año 2000 contrató como guardián a Cruz Ramos Durán, de 39 años, casado con 4 hijos y natural de Magdalena, con quien construye todas las infraestructuras, debido a que era una especie de mil oficios .

En la pequeña área agrícola dentro del predio, se llegó a obtener una significativa producción de: maíz; hasta 5 arrobas por campaña, frijol (blanco y rojo), 2 arrobas cada uno, papa (perricholi y amarilis), hasta 5 sacos de 80kg c/u. y algunas plantas de llacón con buenos resultados. Sólo en el año 2011 so hubo cosecha debido a una gran sequía que afectó la zona. En el año 2012 se probó la siembra de cebada habiéndose obtenido una cosecha de 4 arrobas.

Para reforzar la sostenibilidad de la chacra, también en el mismo año se instalaron, en el área intangible del borde de la quebrada, 4 cajones con colmenas de abeja (*Apis mellifera*), habiéndose producido en el año 2010 cuatro baldes que hacían un aproximado de 18 kg. Contrariamente, la sequía del 2011 sólo permitió obtener medio kg.

Para construir el área agroforestal, en el año 2002 se sembraron pino, aliso, ciprés y algunas plantas de eucalipto.

DISCUSIÓN

La recuperación de un área agrícola degradada por efecto de la erosión en las laderas de Cajamarca, solo es posible cuando se avizora el enfoque de sostenibilidad, de manera que sustente en el tiempo a los recursos fitogenéticos. El Modelo Negromayo constituye una muestra de esta tendencia, como se ha realizado en la década de los noventa en otras zonas de Cajamarca, como modelos replicables, que además pueden ser centros de capacitación y puntos de partida para iniciativas de recuperar laderas con suelos degradados. Lo que se ha destacado en el Modelo Negromayo es el uso de técnicas de conservación de suelos y el manejo del agua, como indispensables para propiciar la productividad de los suelos (Tapia y Rosas 1998).

De acuerdo a lo señalado por AGRORURAL (2011), el área agrícola del predio Negromayo coincide con algunas prácticas o tecnologías que propician la recuperación de la diversidad vegetal, especialmente en dar un manejo a los suelos de ladera para incrementar la producción agrícola. Se ha hecho una caracterización, considerando todos los espacios según el uso del suelo, resultando los siguientes: zona agrícola, zona agroforestal y zona intangible; de tal manera que, se ha maximizado el uso del suelo y con ello, se ha favorecido el máximo aprovechamiento de todos los espacios y en consecuencia, una recuperación de la cobertura vegetal, excepto en la zona forestal, por la calidad del suelo y el efecto nocivo de la hojarasca de *Eucalyptus globulus*.

Esta demostrado que para las laderas erosionadas, las terrazas de formación lenta son una de las principales prácticas conservacionistas de suelos, pues ayuda paulatinamente a restituir el suelo. En el predio Negromayo, desde su implementación, han pasado 8 años, se encuentran suelos profundos, donde se practica una agricultura permanente en

la zona agrícola, pues las terrazas propician el control de la humedad y el grosor de los suelos, condiciones idóneas para cultivar (Tapia y Sánchez 1996).

La cosecha de agua es una reciente innovación aplicable para las familias campesinas a fin de que puedan aprovechar el agua de lluvia mediante el recojo de los techos de las viviendas y almacenados en tanques construidos para tal fin y mediante colectores colocados en lechos de ríos y canalizados en tuberías hacia colectores que hacen las veces de desarenadores, sedimentadores y almacenadores de agua. Cuando el agua está ya apta para su uso se distribuye por cañerías hasta los puntos de interés, para el uso doméstico, riegos de cultivos y bebederos. La única limitante es la disponibilidad de agua durante la época de sequía, en los meses de mayo a octubre, puesto que una parte de este tiempo es cubierta por el agua almacenada en los pequeños reservorios. Esta técnica recientemente incorporada en la zona rural implica otra manera de manejar el agua de lluvia y usarla de manera más efectiva en suelos conservados mediante andenería, terrazas de formación lenta, pues no sería aplicable las acequias de infiltración, pero si en las zonas de pasturas o forestales, para ayudar a la infiltración y evitar la escorrentía superficial (Vásquez *et al.* 2012).

El agua cosechada y almacenada tendría otros usos por medio del microrriego, maximizando el aprovechamiento, especialmente para las plantas leñosas asociadas a las terrazas de formación, lenta, a los andenes, hileras de árboles y macizos forestales, para favorecer un desarrollo más permanente y cumplir con los propósitos para la cual han sido establecidos así como el riego por aspersión pero en pequeñas áreas. Se ha señalado que en terrenos con escasa presencia de agua se recomienda una adecuada selección de las especies y aplicar el microrriego para obtener mejores niveles de supervivencia (Sánchez *et al.* 2004).

Un aspecto importante que se puede resaltar es la gran diferencia entre la abundancia de especies o riqueza específica entre la registrada en el predio antes de la implementación del Modelo y lo que se aprecia en las áreas adyacentes, entre una un área manejada adecuadamente y otra no manejada. Es importante indicar la predominancia de las especies nativas que probablemente fueron las que dominaron las laderas del valle de Cajamarca antes que se produzcan los impactos antrópicos de una agricultura y una ganadería inadecuadamente manejada. Esta es la diferencia con otra visión de mejorar una ladera de Cajamarca, en la dirección noreste, en de incrementar la producción de pastos, donde la diversidad vegetal está representada por los pastos cultivados (Tejada 1997). Es interesante mencionar que AGROURAL señala como una práctica para recuperar la diversidad vegetal sea no pastorear un área al menos durante un año para recuperar la diversidad vegetal, aislándolo mediante cercos provisionales, pues da resultados favorables (AGROURAL 2011). Esto es lo aplicado en el predio Negromayo, no por un año sino por más de un año. Esto está demostrado con la evaluación realizada, 221 especies, mientras que en sin recuperación se ha tenido solo 59 especies.

La recuperación de las laderas y de la cobertura vegetal no hubiese sido posible si es que la construcción de una infraestructura compatible con los suelos y la cobertura de la ladera del predio de Negromayo se hubieran hecho inadecuadamente. Los sistemas de riego, la cosecha de agua, la construcción de andenes y terrazas de formación lenta, los sistemas agroforestales y las plantaciones forestales son tecnologías apropiadas para tal fin, pues está demostrado que en cualquier lugar, que favorecen la disminución de la erosión del suelo, la disminución de la escorrentía superficial y el aumento de la infiltración, la formación del suelos acompañado del mejoramiento de sus características, físicas, químicas y biológicas. En conjunto, esto ha conllevado al aumento de la cobertura vegetal y a la diversidad florística y de la biomasa por unidad de área, al aumento de la

producción agrícola y al aumento del ingreso económico del propietario del predio (AGRORURAL 2011).

En las terrazas de formación lenta asociados con especies se consiguen obtener beneficios de doble propósito: los cultivos que en ella se siembran y cosechan de manera temporal y los productos de las especies leñosas como frutos, hojas, leña y madera. Igual suerte corren los andenes asociados con especies leñosas. Dentro de los cultivos se ha visto que la rotación de ellos es una práctica muy frecuente tanto por la diversidad de productos que se obtiene como por la calidad orgánica y la salud del ambiente, por el no uso de pesticidas y fertilizantes (Tapia y Sánchez 1998; AGRORURAL 2011).

El crecimiento de los árboles en los sistemas agroforestales, principalmente silvopastoril, se ha incrementado en menos de 10 años, desde su instalación, debido al distanciamiento entre árboles y a la presencia de acequias de infiltración. En el macizo forestal de *Eucalyptus globulus*, la competencia entre árboles es mayor tanto a nivel radicular como aérea.

Las especies vegetales melíferas han creado una oportunidad para la apicultura en la zona de protección de ribera, y a su vez, éstas especies se ven favorecidas por la acción de la polinización, que propician la fertilización de los óvulos de las flores, dando lugar a la formación de los frutos y la generación de las semillas, y en consecuencia, éstas van a favorecer la aparición de más plantas y con ello dar lugar al incremento de la cobertura vegetal con su alta riqueza específica. Esta cobertura es posible medirla mediante coeficientes de cobertura propuesto por Braun-Blanquet, lo que nos indica que las zonas o espacios presentan riqueza florística alta, esto está demostrado por el porcentaje de cobertura alcanzado por cada especie en una unidad de área determinada. El coeficiente

más común es r que corresponden a un número escaso de individuos y al área de cobertura de cada especie, es decir menores que 5%, tal como se muestra en la Tabla 23.

Finalmente, el modelo Negromayo ha significado un costo al propietario, que no ha sido un proyecto establecido en un corto plazo si no en un tiempo de mediano plazo, mediante la autogeneración de recursos económicos de la actividad agrícola a manera de autofinanciamiento, partiendo por supuesto de un capital inicial. Tampoco se ha requerido obreros debidamente capacitados sino un solo obrero empírico, complementado con el conocimiento del propietario. Cada cosecha ha sido registrado kg por unidad de área por cada cultivo u otro producto como la miel de abeja, cifras que han servido para tomarlo como referencia a fin de evaluar el rendimiento y establecer mejoras en el manejo en los años posteriores y demostrar, finalmente, que es posible para una familia de 6 miembros la extensión de 3 has aproximadamente, bien manejada, adecuadamente zonificada y diversificada en beneficios.

VIII. CONCLUSIONES

Se identificaron como componentes del Modelo Negromayo a: macizos forestales, área pastoril, silvopastoril, área de protección de ribera de quebrada, andenes asociadas con especies leñosas, terrazas de formación lenta con plantas leñosas, especies leñosas en hileras a curvas a nivel con acequias de infiltración, senderos estabilizados y la apicultura; complementado con la cosecha de agua de techo y de lluvia estacional.

Los componentes se caracterizaron considerando especies forestales establecidas según tipo de diseño, distancia entre árboles, capacidad de uso, ubicación en el predio, funcionalidad y las obras civiles que incluyeron en su implementación.

La diversidad vegetal total registrada en el Modelo fue de 221 especies, distribuida en 169 géneros y 54 familias, entre especies herbáceas y leñosas, nativas, exóticas y cultivadas. La diversidad de la vegetación recuperada varió, según el índice de Simpson, entre 0.5300 y 0.8926 y según el índice de Shannon – Wiener, entre 0.9819 y 2.4462.

La mayoría de especies presentan una cobertura menor del 5%, de frecuencia r o 1, seguido de 5 y 25 % de cobertura o regular frecuencia de coeficiente 2, y muy raras veces una cobertura entre 5 al 50% o de coeficiente 3. La producción de biomasa alcanzó hasta los 11 500 kg ha⁻¹.

El costo económico que ha implicado el proceso de recuperación de la diversidad vegetal del Modelo Negromayo fue de S/. 5 892.55 ha⁻¹ año⁻¹.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Ayora, C; Prieto M. 2004. Los sistemas terrestres y sus implicaciones medioambientales. Universidad de Oviedo, España. 313 p.

Balaguer, L. 2002. Las limitaciones de la restauración de la cubierta vegetal. Ecosistemas 11 (1): 1-11.

Bochet, E; García-Palacios, P; Jaume Tormo, BP; García-Fayos, P. 2011. Procesos ecológicos y restauración de la cubierta vegetal. En: Valladares, F., Balaguer, L., Mola, I., Escudero, A., & Alfaya, V. (Eds.). (2011). Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Madrid, Spain: Fundación Biodiversidad. (En línea). Disponible en: http://www.uv.es/patricio/docs/Restauracion_ecologica_cap_5.pdf

Blanco, Y y Leyva, A. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Cultivos tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de La Habana, Cuba. 28 (2): 21-28. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193217731003.pdf>

Cámara Artigas, R; Díaz del Olmo, F. 2013. Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (I): fundamentos metodológicos. Rev. Estudios geográficos 74: 67-88.

Casas R; Gil, RC; Iruña, CB; Michelena, RO; Mon, R; Noailles Bosch, EE; Da Veiga, A; Di
Giacomon RM. 2008. El suelo y su conservación. Instituto de Suelos, edics. INTA. 40 p.

CIGREN (Centro de Investigación Geográfica y de Recursos Naturales, PE), 2007.
Restauración Ecológica y Gestión de Espacios Degradados en Operaciones Mineras.
Lima – Perú. 75 p.

CATTIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza, CR). 2009. Manual
técnico de conservación de suelo y agua. Managua, Nicaragua. (En línea). Consultado el
29 de mayo del 2012. Disponible en:
https://www.google.es/search?sourceid=navclient&aq=&oq=catie&hl=es&ie=UTF-8&rlz=2T4PRFB_esPE0537PE0538&q=catie&gs_l=hp...0i10j0i10l2j0.0.0.1.92469.....0.86u5Dq3uRc8.

CIUP (Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, PE). 2006. Los Desiertos y
la desertificación. Economía y Ambiente 8 (44).

ENCICLONET. 2015. Degradación ecológica. Disponible en:
[\(http://www.enciclonet.com/articulo/degradacion-ecologica/\)](http://www.enciclonet.com/articulo/degradacion-ecologica/).

Estrella, J; Manosalvas, R; Mariaca, J; Ribadeneira, M. 2005. Biodiversidad y recursos
Genéticos: una guía para su uso y acceso en el Ecuador. Quito, Abya Yala. 116 p.

Ferriol Molina, M; Merle Farinós, H. 2012. Los componentes alfa, beta y gama de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales. Universidad Politécnica de Valencia. 10 p. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/16285>

Figuroa, E y Samonetti, J. 2003. Globalización y Biodiversidad: Oportunidades y desafíos para la sociedad chilena. Editorial Universitaria S.A. Santiago de Chile. 327p.

Fuentes, C. 2007. Agrosistemas sostenibles y ecológicos. Universidad de Compostela. España. 250 p.

Gálvez, J. 2011. La restauración ecológica: concepto y aplicaciones. Serie de Documentos Técnicos N° 8. Universidad Rafael Landívar e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. IARNA-URL. Guatemala. 23 p.

García-Palacios, P. 2011. Importancia del suelo para la restauración de la cubierta vegetal. En: Valladares, F, Balaguer, L., Mola, I., Escudero, A., & Alfaya, V. (Eds.). (2011). Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Madrid, Spain: Fundación Biodiversidad. Consultado el 10 de enero del 2015. Disponible en: http://www.uv.es/patricio/docs/Restauracion_ecologica_cap_5.pdf

Glave, M; Pizarro, R. 2001. Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú. Lima, EDIGRAFASA S.R.L. 397 p.

Gliessman, S. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en la agricultura sostenible. Turrialba, CATIE, LITOCAT. Costa Rica. 359 p.

Gómez, D. 2004. Recuperación de espacios degradados. Madrid, Mundo Prensa. 583 p.

INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, BO). S.f. Zanjias de infiltración para el manejo de praderas. Fichas de Sistematización de Tecnologías. Bolivia. Consultado el 20 de diciembre del 2014. Disponible en: <http://www.iniaf.gob.bo/IMAGES/bajarINIAF/3-ZANJAS-DE-INFILTRACION.pdf>.

Jackson, L. 1992. The role of ecological restoration in conservation biology. In: Fielder and Jain (eds). Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/IARNA/SERIETECNINCA/8.pdf>

Kijne, W. 2003. Descubrir el potencial del agua para la agricultura. Roma, FAO, 70 p.

Kramer, F. 2003. Educación ambiental para el desarrollo sostenible. Madrid, Catarata. 237 p.

Marcelo Peña, JL; Reynel, C; Zevallos, P. 2011. Manual de Dendrología. CONCYTEC. Lima. 140 p.

Merino, L; Robson, J. 2006. El Manejo de los recursos de uso común: pago por servicios ambientales. México. S.e. 76 p.

Michelena, R. 2011. Erosión hídrica. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/erosion-hidrica>.

Moreno, A; Renner, I. 2007. Gestión integral de cuencas. La Experiencia del Proyecto Regional Cuencas Andinas. Lima, Centro Internacional de la papa (CIP). 233 p.

Moreno, CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol1. Zaragoza, España. 84p.

Nebel, B; Wright, R. 1999. Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible. S.I. s.e 698 p.

Padilla Ruiz, FM; Pugnaire de Iraola, FI; Marín, R; Hervás Muñoz, M; Ortega Oller, R. 2004.

El uso de especies arbustivas para la restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17: 103-107. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2979576>

Porta, J; López, M. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ra Edición. Barcelona, MundiPrensa. 299 p.

Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL Pe). 2011. Prácticas de conservación de suelos en laderas. Lima. 247 p.

Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras. 2011. Guía sobre prácticas de conservación de suelos / Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras. 2a ed. — La Lima, Cortés: FHIA, 2011 22 p.

Proyecto UE-Cuencas. 2005. Guía sobre prácticas de conservación de suelos. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola/Union Europea. Honduras. 18 p.

Raudes, M; Sagastume, N. 2009. Manual de conservación de suelos: programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p.

Rimarachin Cabrera, I. 2003. Formación del Ingeniero Agrónomo de Hoy. Enrique Bracamonte Vera S.A. Lima, Perú. 112 p.

Rodríguez, E y Rojas, R. 2002. El Herbario: Administración y manejo de colecciones botánicas. Editado por R. Vásquez M. Jardín Botánico de Missouri – Perú. 62 pp.

Sánchez Sánchez, J; Ortega Oller, R; Hervás Muñoz, J; Padilla Ruiz FM; Pugnaire de Idoala, FI. 2004). El microrriego, una técnica de restauración de la cubierta vegetal para ambientes semiáridos. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17: 109-112. Disponible en: http://seeforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/viewFile/9407/932

5

Sánchez Zevallos, P; Chuquiruna, L. 2006. Acondicionamiento de la chacra productiva sustentable en las cuencas del cajamarquino y del Jequetepeque: Sistematizando las experiencias del Proyecto Regional Cuencas Andinas. Lima, Centro Internacional de la papa. 20p.

Tapia, M. y Sánchez Zevallos, P. 1996. Experiencias de Manejo de Cuencas. Experiencias en el manejo de la microcuenca de la Encañada; considerando como sitio piloto. En: Centro Internacional de la Papa (CIP), Asociación civil para la investigación y el desarrollo forestal y CONDESAN 1996. Manejo Integral de microcuencas Jequetepeque – Cajamarca. Pag. 171-184.

Tapia, M y Rosas, A. 1998. Agrobiodiversidad en la Encañada. Sistematización de las experiencias en conservación in situ de los recursos fitogenéticos, Cajamarca. CONDESAN-GTZ-ASPADERUC-CIP. 26 p.

Tejada Campos, TN. 1997. Evaluación de un predio agrícola integral de bajos insumos externos. Tesis. EPG-UNC. Cajamarca. 118 p.

Vargas Ríos, O. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Act. Biol. Colomb., 16 (2): 221-246.

Vásquez Villanueva, A. 2000. Manejo de cuencas altoandinas. Tomo 1 y 2. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. 516 p.

Vásquez, A; Vásquez, I; Vásquez, C. 2012. Cosecha de agua de lluvia en las laderas semiáridas de la sierra y su impacto en el proceso de desertificación y cambio climático. UNALM. Lima. 186 p.

ANEXOS

Anexo 1. Lista de especies del predio Negromayo.

N°	Especie	Familia
1	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC. (ishpingo)	Asteraceae
2	<i>Achyrocline candicans</i> (Kunth) DC.	Asteraceae
3	<i>Aegopogon cenchroides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Poaceae
4	<i>Aeschynomene scoparia</i> Kunth	Fabaceae
5	<i>Agave americana</i> L. (penca azul)	Asparagaceae
6	<i>Ageratina azangaroensis</i> (Sch.Bip. ex Wedd.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
7	<i>Ageratina sternbergiana</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
8	<i>Agrostis boliviana</i> Mez	Poaceae
9	<i>Agrostis brevifolia</i> Nutt.	Poaceae
10	<i>Agrostis toluensis</i> Kunth	Poaceae
11	<i>Alnus acuminata</i> Kunth (aliso)	Betulaceae
12	<i>Alternanthera elongata</i> (Willd.) Schinz	Amaranthaceae
13	<i>Alternanthera macbridei</i> Standl.	Amaranthaceae
14	<i>Belloa plicatifolia</i> Sagást. & M.O.Dillon	Amaranthaceae
15	<i>Amaranthus caudatus</i> L. (atago)	Amaranthaceae
16	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Primulaceae
17	<i>Andropogon lateralis</i> Nees	Poaceae
18	<i>Anthericum eccremorrhizum</i> Ruiz & Pav.	Asparagaceae
19	<i>Aphanactis villosa</i> S.F. Blake	Asteraceae
20	<i>Arcytophyllum thymifolium</i> (Ruiz & Pav.) Standl. (escoba)	Rubiaceae
21	<i>Aristida adscensionis</i> L.	Poaceae
22	<i>Asteraceae</i> sp.1	Asteraceae
23	<i>Avena fatua</i> L. (cebadilla)	Poaceae
24	<i>Azorella multifida</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Apiaceae
25	<i>Baccharis caespitosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers. (pachachilca)	Asteraceae
26	<i>Baccharis chilco</i> Kunth (lloctara)	Asteraceae
27	<i>Baccharis grandicapitulata</i> Hieron. (chilca)	Asteraceae
28	<i>Bartsia patens</i> Benth.	Orobanchaceae
29	<i>Belloa turneri</i> Sagást. & M.O.Dillon	Asteraceae
30	<i>Bidens andicola</i> Kunth	Asteraceae
31	<i>Bidens pilosa</i> L. (cadillo)	Asteraceae
32	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth	Asteraceae
33	<i>Bothriochloa saccharoides</i> (Sw.) Rydb.	Poaceae
34	<i>Brassica rapa</i> L. (rabano silvestre)	Brassicaceae
35	<i>Briza monandra</i> (Hack.) Pilg.	Poaceae
36	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Poaceae
37	<i>Bromus lanatus</i> Kunth	Poaceae
38	<i>Bulbostylis fimbriata</i> (Nees) C.B.Clarke	Cyperaceae

39	<i>Bulbostylis juncooides</i> (Vahl) Kük. ex Herter	Cyperaceae
40	<i>Bulbostylis</i> sp.1	Cyperaceae
41	<i>Bulbostylis</i> sp.2	Cyperaceae
42	<i>Byttneria ovata</i> Lam.	Malvaceae
43	<i>Calamagrostis rigesens</i> (J. Presl) Scribn. (ichu)	Poaceae
44	<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg. (ichu)	Poaceae
45	<i>Calceolaria argentea</i> Kunth (zapatito)	Calceolariaceae
46	<i>Calceolaria cajabambae</i> Kraenzl. (zapatito)	Calceolariaceae
47	<i>Calea jelskii</i> Hieron.	Asteraceae
48	<i>Canna indica</i> L. (achira)	Cannaceae
49	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. (bolsa de pastor)	Brassicaceae
50	<i>Capsicum annuum</i> L. (ají)	Solanaceae
51	<i>Cardionema ramosissima</i> (Weinm.) A. Nelson & J.F. Macbr.	Caryophyllaceae
52	<i>Carex mandoniana</i> Boeckeler	Cyperaceae
53	<i>Castilleja scorzonerifolia</i> Kunth	Orobanchaceae
54	<i>Cestrum tomentosum</i> L.f. (yerbasanta hedionda)	Solanaceae
55	<i>Chamaesyce</i> sp. (lecherito)	Euphorbiaceae
56	<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Polák	Asteraceae
57	<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd.) Proctor (helecho)	Adiantaceae
58	<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv. (helecho)	Adiantaceae
59	<i>Cheilanthes pruinata</i> Kaulf. (helecho)	Adiantaceae
60	<i>Cheilanthes</i> sp. (helecho)	
61	<i>Chenopodium album</i> L. (quinua blanca)	Amaranthaceae
62	<i>Chenopodium murale</i> L. (quinua cimarrona)	Amaranthaceae
63	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd. (quinua)	Amaranthaceae
64	<i>Chrysactinium hieracioides</i> (Kunth) H.Rob. & Brettell	Asteraceae
65	<i>Commelina fasciculata</i> Ruiz & Pav.	Commelinaceae
66	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Asteraceae
67	<i>Conyza gnaphalioides</i> Kunth	Asteraceae
68	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult.) Asch. & Graebn. (tulula)	Poaceae
69	<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson (eucalipto limón)	Myrtaceae
70	<i>Cotula australis</i> (Sieber ex Spreng.) Hook.f.	Asteraceae
71	<i>Cronquistianthus desmophyllus</i> (B. L. Rob.) R. M. King & H. Rob.	Asteraceae
72	<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne (zapallo)	Cucurbitaceae
73	<i>Cuphea ciliata</i> Ruiz & Pav. (hierba del toro)	Lythraceae
74	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw. (ciprés)	Cupressaceae
75	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae
76	<i>Cyperus difformis</i> L.	Cyperaceae
77	<i>Cyphomandra betacea</i> (Cav.) Miers (berenjena)	Solanaceae
78	<i>Dahlia</i> sp.1 (dalia)	Asteraceae
79	<i>Dalea weberbaueri</i> Ulbr. (rudilla)	Fabaceae
80	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC. (pie de perro)	Fabaceae

81	<i>Dicliptera sp.1</i>	Acanthaceae
82	<i>Ditassa endoleuca</i> Schltr. (bejuco de leche)	Apocynaceae
83	<i>Drymaria stellarioides</i> Willd. ex Schult.	Caryophyllaceae
84	<i>Dunalia obovata</i> (Ruiz & Pav.) Dammer (campanilla)	Solanaceae
85	<i>Duranta triacantha</i> Juss. (tandal)	Verbenaceae
86	<i>Dysphania multifida</i> (L.) Mosyakin & Clemants	Amaranthaceae
87	<i>Epidendrum sp.</i> (orquídea)	Orchidaceae
88	<i>Eragrostis lugens</i> Nees	Poaceae
89	<i>Eragrostis pilgeriana</i> Dinter ex Pilg.	Poaceae
90	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. (cicuta)	Geraniaceae
91	<i>Eryngium humile</i> Cav.	Apiaceae
92	<i>Erythrina edulis</i> Micheli (pajuro)	Fabaceae
93	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill. (eucalipto)	Myrtaceae
94	<i>Evolvulus herrerae</i> Ooststr.	Convolvulaceae
95	<i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl	Poaceae
96	<i>Festuca huamachusensis</i> Infantes	Poaceae
97	<i>Ficus carica</i> L. (higo)	Moraceae
98	<i>Furcraea andina</i> Trel. (penca blanca)	Asparagaceae
99	<i>Galinsoga mandonii</i> Sch. Bip.	Asteraceae
100	<i>Galium corymbosum</i> Ruiz & Pav.	Rubiaceae
101	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	Asteraceae
102	<i>Gamochaeta coarctata</i> (Willd.) Kerguelén	Asteraceae
103	<i>Gaya peruviana</i> Ulbr. (malva)	Malvaceae
104	<i>Geranium sp.</i> (geranio)	Geraniaceae
105	<i>Hieracium frigidum</i> Wedd. (amargo)	Asteraceae
106	<i>Hordeum bulbosum</i> L. (centeno)	Poaceae
107	<i>Hordeum vulgare</i> L. (cebada)	Poaceae
108	<i>Huperzia reflexa</i> (Lam.) Trevis. (trencilla)	Lycopodiaceae
109	<i>Hypericum silenoides</i> Juss.	Hypericaceae
110	<i>Hypochaeris elata</i> (Wedd.) Benth. & Hook. f. ex Griseb.	Asteraceae
111	<i>Hypochaeris eriolaena</i> (Sch.Bip.) Reiche	Asteraceae
112	<i>Hyptis eriocephala</i> Benth. (botoncillo)	Lamiaceae
113	<i>Indigofera humilis</i> Kunth	Fabaceae
114	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Convolvulaceae
115	<i>Jaltomata cajamarca</i> Mione	Solanaceae
116	<i>Juncus bufonius</i> L.	Juncaceae
117	<i>Juncus cf. ecuadoriensis</i> Balslev.	Juncaceae
118	<i>Juncus pallescens</i> Lam.	Juncaceae
119	<i>Juncus sp.</i>	Juncaceae
120	<i>koanophyllon sp.</i>	Asteraceae
121	<i>Krameria lappacea</i> (Dombey) Burdet & B.B. Simpson	Krameriaceae
122	<i>Lachemilla vulcanica</i> (Schltdl. & Cham.) Rydb. (chirifrutilla)	Rosaceae
123	<i>Lamourouxia sylvatica</i> Kunth	Orobanchaceae

124	<i>Lantana reptans</i> Hayek	Verbenaceae
125	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Brassicaceae
126	<i>Linum chamissonis</i> Schiede	Linaceae
127	<i>Linum usitatissimum</i> L. (linaza)	Linaceae
128	<i>Ludwigia peruviana</i> (L.) H.Hara	Onagraceae
129	<i>Lupinus microphyllus</i> Desr. (chocho silvestre)	Fabaceae
130	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet (chocho)	Fabaceae
131	<i>Luzula racemosa</i> Desv.	Juncaceae
132	<i>Lycopodium reflexum</i> (P. Beauv.) Sw.	Lycopodiaceae
133	<i>Lycopodium</i> sp.	Lycopodiaceae
134	<i>Malus pumila</i> Mill. (manzana)	Rosaceae
135	<i>Malva parviflora</i> L. (malva)	Malvaceae
136	<i>Matucana aureiflora</i> F. Ritter	Cactaceae
137	<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	Fabaceae
138	<i>Minthostachys mollis</i> (Benth.) Griseb. (muña)	Lamiaceae
139	<i>Monnina conferta</i> Ruiz & Pav. (mal mal)	Polygalaceae
140	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P.Beauv.) Steud.	Poaceae
141	<i>Nicandra physalodes</i> (L.) Gaertn.	Solanaceae
142	<i>Novenia acaulis</i> (Benth. & Hook.f. ex B.D.Jacks.) S.E.Freire & F.H.Hellw.	Asteraceae
143	<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Aiton (tiglacho)	Onagraceae
144	<i>Ophryosporus chilca</i> (Kunth) Hieron.	Asteraceae
145	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill. (tuna)	Cactaceae
146	<i>Oxalis corniculata</i> L. (chulco)	Oxalidaceae
147	<i>Oxalis debilis</i> var. <i>corymbosa</i> (DC.) Lourteig	Oxalidaceae
148	<i>Oxalis dombeyi</i> A. St.-Hil. (chulco)	Oxalidaceae
149	<i>Oxalis ptychoclada</i> Diels	Oxalidaceae
150	<i>Pappobolus discolor</i> (S.F.Blake) Panero	Asteraceae
151	<i>Paranephelium ferreyrii</i> H.Rob.	Asteraceae
152	<i>Paranephelium uniflorus</i> Poepp. & Endl.	Asteraceae
153	<i>Paspalum candidum</i> (Flüggé) Kunth (nudillo)	Poaceae
154	<i>Paspalum tuberosum</i> Mez (nudillo)	Poaceae
155	<i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir. (poroporo)	Passifloraceae
156	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link (helecho)	Adiantaceae
157	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov. (kikuyo)	Poaceae
158	<i>Pennisetum weberbaueri</i> Mez	Poaceae
159	<i>Peperomia parvifolia</i> C. DC.	Piperaceae
160	<i>Peperomia</i> sp.	Piperaceae
161	<i>Persea americana</i> Mill. (palto)	Lauraceae
162	<i>Perymenium bishopii</i> H. Rob.	Asteraceae
163	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (frejol)	Fabaceae
164	<i>Physalis peruviana</i> L. (tomatillo)	Solanaceae
165	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schldl. & Cham. (pino)	Pinaceae

166	<i>Pinus radiata</i> D.Don (pino)	Pinaceae
167	<i>Pitcairnia pungens</i> Kunth	Bromeliaceae
168	<i>Plantago australis</i> Lam. (llantén)	Plantaginaceae
169	<i>Plantago lanceolata</i> L. (llantén)	Plantaginaceae
170	<i>Poa pauciflora</i> Roem. & Schult.	Poaceae
171	<i>Podranea ricasoliana</i> (Tanfani) Sprague	Bignoniaceae
172	<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.) L.	Caryophyllaceae
173	<i>Prunus serotina</i> Ehrh. (capulí)	Rosaceae
174	<i>Puya ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) L.B.Sm. (sugar)	Bromeliaceae
175	<i>Pycnus lanceolatus</i> (Poir.) C. B. Clarke	Cyperaceae
176	<i>Ranunculus peruvianus</i> Pers.	Ranunculaceae
177	<i>Raphanus raphanistrum</i> L. (rabano silvestre)	Brassicaceae
178	<i>Richardia humistrata</i> (Cham. & Schldl.) Steud.	Rubiaceae
179	<i>Rosa canina</i> L. (rosa)	Rosaceae
180	<i>Rubus roseus</i> Poir. (zarzamora)	Rosaceae
181	<i>Rubus sp.</i> (zarzamora)	Rosaceae
182	<i>Rumex acetosella</i> L. (malahierba)	Polygonaceae
183	<i>Rumex crispus</i> L. (lengua de vaca)	Polygonaceae
184	<i>Salpichroa ramosissima</i> Miers	Solanaceae
185	<i>Salvia oppositiflora</i> Ruiz & Pav. (salvia)	Lamiaceae
186	<i>Salvia sagittata</i> Ruiz & Pav. (salvia azul)	Lamiaceae
187	<i>Salvia sp.</i>	Lamiaceae
188	<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	Poaceae
189	<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze ex Thell. (canchalagua)	Asteraceae
190	<i>Selaginella peruviana</i> (Milde) Hieron.	Selaginellaceae
191	<i>Senecio chiquianensis</i> Cabrera	Asteraceae
192	<i>Senecio kingbishopii</i> Cuatrec.	Asteraceae
193	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) M.Kerguelen	Poaceae
194	<i>Silene gallica</i> L.	Caryophyllaceae
195	<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp.) H.Rob. (llacón)	Asteraceae
196	<i>Solanum americanum</i> Mill. (morera)	Solanaceae
197	<i>Sonchus oleraceus</i> (L.) L. (cerraja)	Asteraceae
198	<i>Spartium junceum</i> L. (retama)	Fabaceae
199	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R.Br.	Poaceae
200	<i>Stachys arvensis</i> (L.) L. (supiquehua)	Lamiaceae
201	<i>Stelis dialissa</i> Rchb.f. (orquídea)	Orchidaceae
202	<i>Stenomesson campanulatum</i> Meerow (mocomoco)	Amarylidaceae
203	<i>Stevia macbridei</i> B.L.Rob. (estevia cimarrona)	Asteraceae
204	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth (pajahualte)	Poaceae
205	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) M.Kerguelen	Poaceae
206	<i>Stylosanthes nervosa</i> J.F.Macbr.	Fabaceae
207	<i>Symphotrichum squamatum</i> (Spreng.) G.L.Nesom	Asteraceae
208	<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	Asteraceae

209	<i>Tagetes minuta</i> L. (huacatay)	Asteraceae
210	<i>Taraxacum officinale</i> Webb (achicoria)	Asteraceae
211	<i>Tillandsia capillaris</i> Ruiz & Pav. (salvajina)	Bromeliaceae
212	<i>Trichoceros platyceros</i> Rchb.f. (orquidea)	Orchidaceae
213	<i>Tridax angustifolia</i> Spruce ex Benth. & Hook.f.	Asteraceae
214	<i>Trifolium amabile</i> Kunth (trébol)	Fabaceae
215	<i>Tripogandra encolea</i> (Diels) J.F.Macbr.	Commelinaceae
216	<i>Triticum aestivum</i> L. (trigo)	Poaceae
217	<i>Villadia dielsii</i> Baehni & J.F. Macbr.	Crassulaceae
218	<i>Wedelia helianthoides</i> Kunth	Asteraceae
219	<i>Werneria caespitosa</i> Wedd. (lirio)	Asteraceae
220	<i>Werneria nubigena</i> Kunth (lirio)	Asteraceae
221	<i>Zea mays</i> L. (maíz)	Poaceae

Anexo 2. Cobertura e índices de diversidad de la vegetación del predio Negromayo, por parcelas y según zonificación del predio.

Parcela 1: Bosque de *Eucalyptus globulus* con suelos altamente pedregosos

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Índice de Simpson		I. Shannon - Wiener	
					pi	pi ²	ln pi	Pi*lnpi
1	<i>Baccharis grandicapitulata</i>	6	18.8496	0.19	0.0759	0.0058	-2.5777	-0.1958
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	12	461.8152	4.62	0.1519	0.0231	-1.8845	-0.2863
3	<i>Aeschynomene scoparia</i>	1	28.2744	0.28	0.0127	0.0002	-4.3694	-0.0553
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	33	647.955	6.48	0.4177	0.1745	-0.8729	-0.3646
5	<i>koanophyllon sp.</i>	2	56.5488	0.57	0.0253	0.0006	-3.6763	-0.0931
6	<i>Desmodium adscendens</i>	8	56.5488	0.57	0.1013	0.0103	-2.2900	-0.2319
7	<i>Stevia macbridei</i>	5	15.708	0.16	0.0633	0.0040	-2.7600	-0.1747
8	<i>Pappobolus discolor</i>	1	12.5664	0.13	0.0127	0.0002	-4.3694	-0.0553
9	<i>Archyrocline alata</i>	1	50.2656	0.50	0.0127	0.0002	-4.3694	-0.0553
10	<i>Cuphea ciliata</i>	6	10.6029	0.11	0.0759	0.0058	-2.5777	-0.1958
11	<i>Setaria parviflora</i>	4	0.7854	0.01	0.0506	0.0026	-2.9832	-0.1510
	Total	79	1359.92	13.60		0.2270		-1.8591
	% de cobertura	13.60			I. Simpson	0.7730	I. Shannon - Wiener	1.8591

Parcela 2: Bosque de *Eucalyptus globulus* jóvenes

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Índice de Simpson		I. Shannon - Wiener	
					pi	pi ²	ln pi	pi*lnpi
1	<i>Pappobolus discolor</i>	21	3196.19	31.96	0.0886	0.0079	-2.4235	-0.2147
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6	1453.78	14.54	0.0253	0.0006	-3.6763	-0.0931
3	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	6	570.20	5.70	0.0253	0.0006	-3.6763	-0.0931

4	<i>Setaria parviflora</i>	39	765.77	7.66	0.1646	0.0271	-1.8045	-0.2969
5	<i>Stipa mucronata</i>	32	3041.07	30.41	0.1350	0.0182	-2.0023	-0.2704
6	<i>Paspalum tuberosum</i>	3	37.70	0.38	0.0127	0.0002	-4.3694	-0.0553
7	<i>Pellaea ternifolia</i>	1	143.14	1.43	0.0042	0.0000	-5.4681	-0.0231
8	<i>Bidens pilosa</i>	33	3136.10	31.36	0.1392	0.0194	-1.9716	-0.2745
9	<i>Baccharis caespitosa</i>	1	12.57	0.13	0.0042	0.0000	-5.4681	-0.0231
10	<i>Stevia macbridei</i>	9	764.98	7.65	0.0380	0.0014	-3.2708	-0.1242
11	<i>Eragrostis pilgeriana</i>	7	49.48	0.49	0.0295	0.0009	-3.5221	-0.1040
12	<i>Oxalis debilis var. corymbosa</i>	30	23.56	0.24	0.1266	0.0160	-2.0669	-0.2616
13	<i>Stelis dialissa</i>	1	33.18	0.33	0.0042	0.0000	-5.4681	-0.0231
14	<i>Tagetes filifolia</i>	26	510.51	5.11	0.1097	0.0120	-2.2100	-0.2424
15	<i>Pycneus lanceolatus</i>	2	39.27	0.39	0.0084	0.0001	-4.7749	-0.0403
16	<i>Selaginella peruviana</i>	12	851.18	8.51	0.0506	0.0026	-2.9832	-0.1510
17	<i>Bidens andicola</i>	1	15.90	0.16	0.0042	0.0000	-5.4681	-0.0231
18	<i>Bidens triplinervia</i>	2	66.37	0.66	0.0084	0.0001	-4.7749	-0.0403
19	<i>Ranunculus peruvianus</i>	1	1.77	0.02	0.0042	0.0000	-5.4681	-0.0231
20	<i>Eragrostis sp.1</i>	4	7.07	0.07	0.0169	0.0003	-4.0818	-0.0689
	Total	237	14719.77	147.20		0.1074		-2.4462
	% de cobertura	147.2			I. Simpson	0.8926	I. Shannon - Wiener	2.4462

Parcela 3: Zona silvopastoril

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Índice de Simpson		I. Shannon - Wiener	
					pi	pi ²	ln pi	pi*lnpi
1	<i>Baccharis grandicapitulata</i>	64	2211.20	22.11	0.2199	0.0484	-1.5144	-0.3331
2	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	1	38.48	0.38	0.0034	0.0000	-5.6733	-0.0195
3	<i>Cheilanthes pruinata</i>	3	7.22	0.07	0.0103	0.0001	-4.5747	-0.0472

4	<i>Stevia macbridei</i>	23	112.90	1.13	0.0790	0.0062	-2.5378	-0.2006
5	<i>Archyrocline alata</i>	96	1808.18	18.08	0.3299	0.1088	-1.1090	-0.3658
6	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	2	142.16	1.42	0.0069	0.0000	-4.9802	-0.0342
7	<i>Puya ferruginea</i>	2	110.94	1.11	0.0069	0.0000	-4.9802	-0.0342
8	<i>Peperomia sp.</i>	5	220.89	2.21	0.0172	0.0003	-4.0639	-0.0698
9	<i>Peperomia parvifolia</i>	19	45.70	0.46	0.0653	0.0043	-2.7289	-0.1782
10	<i>Cyperus flavus</i>	10	31.42	0.31	0.0344	0.0012	-3.3707	-0.1158
11	<i>Hieracium frigidum</i>	4	113.54	1.14	0.0137	0.0002	-4.2870	-0.0589
12	<i>Oxalis debilis var. corymbosa</i>	16	12.57	0.13	0.0550	0.0030	-2.9007	-0.1595
13	<i>Selaginella peruviana</i>	12	398.20	3.98	0.0412	0.0017	-3.1884	-0.1315
14	<i>Setaria parviflora</i>	17	13.35	0.13	0.0584	0.0034	-2.8401	-0.1659
15	<i>Cuphea ciliata</i>	13	107.85	1.08	0.0447	0.0020	-3.1084	-0.1389
16	<i>Hypericum silenoides</i>	1	0.79	0.01	0.0034	0.0000	-5.6733	-0.0195
17	<i>Evolvulus herrerae</i>	1	19.64	0.20	0.0034	0.0000	-5.6733	-0.0195
18	<i>Pappobolus discolor</i>	1	4.91	0.05	0.0034	0.0000	-5.6733	-0.0195
19	<i>Dysphania multifida</i>	1	0.79	0.01	0.0034	0.0000	-5.6733	-0.0195
Total		291	5400.70	54.01	0.1798		-2.1311	
% de cobertura		54.01			I. Simpson	0.8202	I. Shannon - Wiener	2.1311

Parcela 4: Zona pastoril

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Índice de Simpson		I. Shannon - Wiener	
					pi	pi ²	ln pi	pi*lnpi
1	<i>Baccharis chilco</i>	1	346.36	3.46	0.0130	0.0002	-4.3438	-0.0564
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	3	115.45	1.15	0.0390	0.0015	-3.2452	-0.1264
3	<i>Stipa ichu</i>	16	3.14	0.03	0.2078	0.0432	-1.5712	-0.3265
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	25	490.88	4.91	0.3247	0.1054	-1.1249	-0.3652
5	<i>Bothriochloa saccharoides</i>	2	66.37	0.66	0.0260	0.0007	-3.6507	-0.0948

6	<i>Setaria parviflora</i>	7	17.28	0.17	0.0909	0.0083	-2.3979	-0.2180	
7	<i>Cuphea ciliata</i>	11	311.02	3.11	0.1429	0.0204	-1.9459	-0.2780	
8	<i>Desmodium adscendens</i>	8	157.08	1.57	0.1039	0.0108	-2.2644	-0.2353	
9	<i>Pycneus lanceolatus</i>	1	19.64	0.20	0.0130	0.0002	-4.3438	-0.0564	
10	<i>Alternanthera elongata</i>	1	28.27	0.28	0.0130	0.0002	-4.3438	-0.0564	
11	<i>Cheilanthes pruinata</i>	1	28.27	0.28	0.0130	0.0002	-4.3438	-0.0564	
12	<i>Salvia sagitata</i>	1	50.27	0.50	0.0130	0.0002	-4.3438	-0.0564	
Total		77	1634.02	16.34	0.1911		-1.9263		
% de cobertura		16.34				I. Simpson	0.8089	I. Shannon - Wiener	1.9263

Parcela 5: Zona intangible

N°	Especie	N° ind.	Área (cm ²)	% cobertura	Índice de Simpson		I. Shannon - Wiener		
					pi	pi ²	ln pi	pi*lnpi	
1	<i>Baccharis chilco</i>	1	2375.84	23.76	0.0313	0.0010	-3.4657	-0.1083	
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6	29.45	0.29	0.1875	0.0352	-1.6740	-0.3139	
3	<i>Pennisetum clandestinum</i>	1	113.10	1.13	0.0313	0.0010	-3.4657	-0.1083	
4	<i>Paspalum tuberosum</i>	2	76.97	0.77	0.0625	0.0039	-2.7726	-0.1733	
5	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	16	452.39	4.52	0.5000	0.2500	-0.6931	-0.3466	
6	<i>Bothriochloa saccharoides</i>	2	6.28	0.06	0.0625	0.0039	-2.7726	-0.1733	
7	<i>Hypericum silenoides</i>	1	7.07	0.07	0.0313	0.0010	-3.4657	-0.1083	
8	<i>Stevia macbridei</i>	1	3.14	0.03	0.0313	0.0010	-3.4657	-0.1083	
9	<i>Cuphea ciliata</i>	1	1.77	0.02	0.0313	0.0010	-3.4657	-0.1083	
10	<i>Puya ferruginea</i>	1	397.61	3.98	0.0313	0.0010	-3.4657	-0.1083	
Total		32	3463.61	34.64	0.2988		-1.6568		
% de cobertura		34.64				I. Simpson	0.7012	I. Shannon - Wiener	1.6568

Parcela 6: Zona pastoril

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson		I. Shannon - Wiener	
			pi	pi ²	ln pi	pi*lnpi
1	<i>Stevia macbridei</i>	2	0.0500	0.0025	-2.9957	-
2	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	8	0.2000	0.0400	-1.6094	-
3	<i>Cuphea ciliata</i>	4	0.1000	0.0100	-2.3026	-
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	26	0.6500	0.4225	-0.4308	-
	Total	40		0.4750		-
			I. Simpson	0.5250	I. Shannon - Wiener	0.9819

Parcela 7: Zona intangible, borde de quebrada

N°	Especie	N° ind.	Índice de Simpson		I. Shannon - Wiener	
			pi	pi ²	ln pi	pi*lnpi
1	<i>Cheilanthes myriophylla</i>	4	0.05195	0.00270	-2.95751	-0.15364
2	<i>Salvia sagitata</i>	14	0.18182	0.03306	-1.70475	-0.30995
3	<i>Cuphea ciliata</i>	9	0.11688	0.01366	-2.14658	-0.25090
4	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	14	0.18182	0.03306	-1.70475	-0.30995
5	<i>Aechynomene scoparia</i>	16	0.20779	0.04318	-1.57122	-0.32649
6	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>	6	0.07792	0.00607	-2.55205	-0.19886
7	<i>Pappobolus discolor</i>	3	0.03896	0.00152	-3.24519	-0.12644
8	<i>Setaria parviflora</i>	2	0.02597	0.00067	-3.65066	-0.09482
9	<i>Commelina fasciculata</i>	6	0.07792	0.00607	-2.55205	-0.19886
10	<i>Alternanthera purrigena</i>	3	0.03896	0.00152	-3.24519	-0.12644

Total	77	0.1415	-2.0963
	I. Simpson	0.8585	I. Shannon - Wiener 2.0963

Anexo 3. Escala de cobertura de Braun-Blanquet

- 5 Los individuos no son numerosos, pero que cubren más del 75% del área
- 4 Los individuos no numerosos, pero que cubren entre el área de cobertura del 51 al 75%.
- 3 Los individuos numerosos o no, que cubren el área entre el 26% al 50%.
- 2 Los individuos abundantes o que cubran al menos 5% de la superficie.
- 1 Los individuos son muy abundantes pero con una débil cobertura de valor menor al 5%
- + Los individuos son raros con una cobertura muy rala y muy pobre en un 1%.

Anexo 4. Costos de la construcción del Modelo Negromayo

4.1. Costos de obras civiles requeridos para la recuperación de la cobertura vegetal de mOdelo Negromayo.

Año	Obras civiles	Jornales	Tiempo	Costo parcial (S./)	Costo total (S./)
2000	Construcción de 800 m de cerco perimétrico	4	1 año	40.00	12200.00
2002	Sistema de agua potable	4	15 días	40.00	600.00
2003	Plantaciones forestales	2	60 días	20.00	1200.00
2003	Caminos peatonales	4	40 días	40.00	1600.00
2003 - 2006	Andenes, terrazas, acequias de infiltración	2	3 años	20.00	16000.00
	Viviendas	3	21 días	30	630.00
	Tanque reservorio (2*2*2m)	3	3 semanas	30	630.00
	Columnas y paredes	3	30 días	30	900.00
	Baño de 12 m ²	1	10 días	10.00	100.00
Total					33860.00

Fuente: entrevista con Cruz Ramos Durán (obrero y guardián responsable de la construcción)

4.2. Costos de los materiales requeridos para las obras civiles en la recuperación de la cobertura vegetal en el Predio Negromayo.

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubos de ½ pulgada	267	6.00	1602
Plantas de pino y ciprés	Donación	---	---
Adobes (casa familiar)	1 millar + 400 unid.	300.00	450.00
Adobes (casa taller)	1 millar	300.00	3000.00
Puertas (casa familiar y taller)	4	150.00	600.00
Tejas (casa familiar)	600	1.00	600.00
Tejas (casa taller)	1000	Donación	--
Canaletas (casa familiar)	2 (7 m cada uno)	200.00	400.00
Tubo colector (casa familiar)	1 (1m de long. y 2)	40.00	40.00

Cemento	50 bolsas	11.00	550.00
Canaletas de plástico (casa taller)	2 unidades	50.00	100.00
Tubo colector 5 m y 3	1	30.00	30.00
Tanque reservorio (1 m ³)	1	200.00	200.00
caja captadora de agua de río	1	200.00	200.00
Tubos pvc de 2 y ½ , 30 m + desarenadores, tanques pequeños contiguos, ladrillo y cemento.	Varios	150.00	150.00
Fierro (1/2)	20	15.00	300.00
Alambre de amarre	10 kg	5.00	50.00
Alambrón	10 kg	7.00	70.00
Tubos de media pulgada de luz	5 unidades	5.00	25.00
Ladrillos + cemento	400	200.00	200.00
Calamina	3 planchas	30.00	90.00
Lavatorio	1	60.00	60.00
Piletas	6	150.00	900.00
Colmenares	5	200.00	1000.00
Total			10,617.00

Fuente: entrevista con Cruz Ramos Durán (obrero y guardián responsable de la construcción)