



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

Valoración económica del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca, Huancavelica, Perú-2017

Ibzhén Amadheuz Miranda Ramos

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental y a sus docentes por la formación profesional brindada.

A los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental que respaldaron el desarrollo de la investigación de principio a fin, particularmente a la Ing. Fiorela Bendezú por el apoyo inicial en la estructuración y a mi asesora Mg. Verónica Canales Guerra por su soporte total y paciencia.

A las personas encargadas del laboratorio de la Universidad Continental por facilitar sus instalaciones y equipos para el fin requerido.

A la par, quiero reconocer el gran apoyo que recibí por parte de mis hermanas, en las mediciones de campo, y mis amigos, por brindar información significativa. Por último, pero tan importante como los demás, quiero agradecer a mis padres y familia en general, por darme ánimos durante este periodo de actividad.

DEDICATORIA

El presente va dedicado a mi familia, maestros, amigos y a todas las personas alrededor del mundo que batallan día a día por el bien colectivo.

ÍNDICE

PORTADA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 PROBLEMA GENERAL.....	5
1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	5
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES.....	5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	6
1.3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA-CIENTÍFICA	6
1.3.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	7
1.3.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	7
1.3.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES	9
1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	9
1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	9
1.4.3 VARIABLES	9
1.4.4 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	14
CAPÍTULO II	15
MARCO TEÓRICO	15

2.1	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	15
2.1.1	ANTECEDENTES ENCONTRADOS EN TESIS.....	15
2.1.2	ANTECEDENTES ENCONTRADOS EN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	18
2.2	BASES TEÓRICAS	24
2.2.1	CAMBIO CLIMÁTICO Y MERCADOS DE CARBONO	26
2.2.2	CARBONO Y SU CICLO.....	46
2.2.3	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y VALORACIÓN ECONÓMICA .	55
2.2.4	ECOSISTEMAS FORESTALES	67
2.2.5	BRIÓFITAS.....	73
2.2.6	PASTIZALES	77
2.2.7	ARBUSTOS.....	80
2.3	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	82
2.3.1	LOCALIZACIÓN.....	83
2.3.2	LÍMITES.....	83
2.3.3	SUPERFÍCIE	83
2.3.4	VÍAS DE ACCESO	83
2.3.5	CARACTERIZACIÓN FÍSICA	84
2.3.6	CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA.....	88
2.3.7	PAISAJE.....	90
2.3.8	UBICACIÓN DE PARCELAS	90
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	91
	CAPÍTULO III.....	95
	METODOLOGÍA	95
3.1	MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	95
3.1.1	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	95
3.1.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	95
3.1.3	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	96
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	96
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	97
3.3.1	POBLACIÓN.....	97
3.3.2	UNIDAD DE ANÁLISIS	97

3.3.3	MUESTRA	97
3.4	FUNDAMENTO METODOLÓGICO	102
3.5	PROCESO METODOLÓGICO	102
3.5.1	ÁRBOLES	103
3.5.2	BRIÓFITAS	107
3.5.3	PASTIZALES	113
3.5.4	ARBUSTOS.....	116
3.5.5	BROZA.....	120
3.5.6	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	123
3.5.7	VALORACIÓN ECONÓMICA SEGÚN ESTRATO Y TOTAL	126
3.6	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	128
3.7	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	128
CAPÍTULO IV	129
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	129
4.1	RESULTADOS	129
4.1.1	VEGETACIÓN ENCONTRADA	129
4.1.2	RESUMEN DE MEDICIONES	130
4.1.3	ESTIMACIÓN DE DENSIDAD POBLACIONAL.....	135
4.1.4	ESTIMACIÓN DE BIOMASA	136
4.1.5	ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO	140
4.1.6	ESTIMACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO ALMACENADO.	142
4.1.7	ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO	144
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	148
4.2.1	HIPÓTESIS	148
4.2.2	VALOR ECONÓMICO, DENSIDAD POBLACIONAL Y BIOMASA	149
4.2.3	COMPARACIÓN CON INVESTIGACIONES SIMILARES.....	151
4.2.4	MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA	151
4.2.5	PRECIO DE CARBONO	153
4.2.6	VEGETACIÓN Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	154
4.2.7	OPINIÓN DE EXPERTOS SOBRE LA UTILIDAD DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	155

CONCLUSIONES	157
RECOMENDACIONES.....	158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables	14
Tabla 2. Flora perteneciente de la provincia de Huancavelica y que puede ser encontrado en el complejo ecoturístico de Seccsachaca.....	89
Tabla 3. Ubicación de las parcelas dentro de la zona de estudio.....	90
Tabla 4. Estratificación de la zona de estudio y número de parcelas	101
Tabla 5. Resumen de las mediciones realizadas en parcelas	131
Tabla 6. Resumen de las mediciones realizadas en estratos	132
Tabla 7. Resumen de las mediciones realizadas en el Centro Ecoturístico de Seccsachaca	134
Tabla 8. Número de individuos de vegetación según estrato (# individuos).....	135
Tabla 9. Número de individuos de vegetación según estrato (# Individuos ha ⁻¹)...	135
Tabla 10. Biomasa de vegetación según parcela	136
Tabla 11. Biomasa de vegetación según estrato	138
Tabla 12. Biomasa de la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca	139
Tabla 13. Carbono almacenado por la vegetación según estrato.....	140
Tabla 14. Carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca.....	141
Tabla 15. Carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca.....	142
Tabla 16. Dióxido de carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca	144
Tabla 17. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación según estrato	145
Tabla 18. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca.....	146

Tabla 19. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de árboles.....	ANEXO C.2
Tabla 20. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de briófitas.....	ANEXO C.3
Tabla 21. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de pastizales.....	ANEXO C.4
Tabla 22. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de arbustos.....	ANEXO C.5
Tabla 23. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de broza.	ANEXO C.6
Tabla 24. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de hierbas y cubierta vegetal.	ANEXO C.7

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo teórico de la investigación.	25
Figura 2. El ciclo de carbono global para el año 1990 mostrando los flujos principales anuales en PgC año ⁻¹ . Los flujos preindustriales están graficados en negro y los antropogénicos en gris.....	49
Figura 3. Representaciones simplificadas del ciclo de C natural a corto plazo entre la atmósfera y biósfera y entre la atmósfera y el océano.	51
Figura 4. Procesos ecosistémicos, servicios y bienes.	59
Figura 5. Estimaciones para el C en biomasa de plantas y reservas de C orgánico en el suelo (PgC) a 1m de profundidad para biomasa de bosques boreales, templados y tropicales.....	69
Figura 6. Diagrama conceptual ilustrando como los pasados manejos de suelos pueden conducir al agotamiento de los almacenes de C debido a las prácticas que conducen a las pérdidas de C.....	79
Figura 7. Diseño Muestral. (a) Parcelas con la ubicación de los puntos de muestreo (b) Subparcela de 50 x 50 cm y (c) Subparcela de 20 x 50 cm	100
Figura 8. Biomasa de vegetación según parcela.....	137

Figura 9. Biomasa de vegetación según parcela (acercamiento a las parcelas 1, 2 ,3, y 5 con fines de diferenciación).....	137
Figura 10. Biomasa de vegetación según estrato.....	138
Figura 11. Biomasa de vegetación según estrato (acercamiento a los estratos 1 y 3 con fines de diferenciación).....	139
Figura 12. Biomasa de la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca	139
Figura 13. Carbono almacenado por la vegetación según estrato	141
Figura 14. Carbono almacenado por la vegetación según estrato (acercamiento a los estratos 1 y 3 con fines de diferenciación).....	141
Figura 15. Carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca.....	142
Figura 16. Dióxido de carbono almacenado por la vegetación según estrato	143
Figura 17. Dióxido de carbono almacenado por la vegetación según estrato (acercamiento a los estratos 1 y 3 con fines de diferenciación).....	143
Figura 18. Dióxido de carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca.	144
Figura 19. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación según estrato.	145
Figura 20. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación según estrato (acercamiento a los estratos 1 y 3 con fines de diferenciación).	146
Figura 21. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca.....	147
Figura 22. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca (en %).....	147
Figura 23. Medición correcta de diámetro de árboles.	ANEXO D.2

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AAU	Assigned amount unit (Unidad de cantidad atribuída).
ACC	Abrupt Climate Change (Cambio Climático Abrupto).
BVOC	Biogenic Volatile Organic Compounds (Compuestos orgánicos volátiles biogénicos).
C	Carbono.
C2ES	Center for Climate and Energy Solutions
C10	Longitud de Circunferencia a la altura de 10 cm.
CAP	Longitud de Circunferencia a la altura del pecho.
CB	Longitud de Circunferencia en la base.
CBD	Convention on Biological Diversity (Convención sobre Diversidad Biológica).
CC	Longitud de Circunferencia en la copa.
CCX	Chicago Climate Exchange (Sistema de Comercio y Reducción de Gases de Efecto Invernadero de los Estados Unidos).
CDR	Carbon dioxide removal (Remoción de dióxido de carbono).
CERs	Certified Emission Reductions (Certificado de Reducción de emisiones).
CFC	Clorofluorocarbonos.
CFIs	Carbon Financial Instruments (Instrumentos Financieros de Carbono).
CH₄	Metano.
CID	Carbono inorgánico disuelto.
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas frente al Cambio Climático.
CO	Monóxido de carbono.
CO₂	Dióxido de carbono.
COP	Conferencia de las Partes (de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).
DAP	Diámetro a la altura del pecho.
DB	Diámetro en la base.
DC	Diámetro en la copa.

DIC	Dissolved inorganic carbón (Carbono inorgánico disuelto).
DOC	Dissolved organic carbón (Carbono orgánico disuelto).
ERUs	Emission Reduction Units (Unidades de reducción de emisiones).
EU ETS	European Union Emissions Trading System (Sistema de Intercambio de Emisiones de la Unión Europea).
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).
FC	Fracción de Carbono.
FIA	Forest Inventory and Analysis Program of the U.S. Forest Service (Inventario forestal y Programa de Análisis del Servicio Forestal de los Estados Unidos)
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
GPP	Gross Primary Production (Producción Primaria Bruta).
IAB	International Association of Bryologists (Asociación internacional de Briologistas).
ICRAF	World Agroforestry Centre / International Centre for Research in Agroforestry (Centro Internacional de Investigación Agroforestal)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático) .
MDL	Mecanismos de Desarrollo limpio.
MEA	Millennium Ecosystem Assessment (Evaluación de Ecosistemas del Milenio).
MINAM	Ministerio del Ambiente.
N	Nitrógeno.
N₂O	Óxido nitroso.
NO_x	Dióxidos de Nitrógeno.
NPP	Net Primary Production (Producción Primaria Neta).
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
P	Fósforo.
ppm	Partes por millón
PCG	Potencial De Calentamiento Global.

Pg	Petagramo (10^{15} g).
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (Emisiones Reducidas de la Deforestación y Degradación).
RGGI	Regional Greenhouse Gas Initiative (Iniciativa Regional de Gases de Efecto Invernadero).
Sendeco2	Sistema Europeo de Negociación de CO ₂ .
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SIC	Soil Inorganic Carbon (Carbono Inorgánico Disuelto).
SO₂	Dióxido de Azufre.
SOC	Soil Organic Carbon (Carbono Orgánico del Suelo).
SOM	Soil Organic Matter (Materia Orgánica del Suelo).
tCO₂e	Toneladas de dióxido de carbono equivalente.
NEA	UK National Ecosystem Assessment (Evaluación de Ecosistema Nacional del Reino Unido).
UNEP	United Nations Environment Programme (Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente).
VE	Valor Económico.
VERs	Verified Emission Reductions (Reducción de emisiones verificadas).
VET	Valor Económico Total.

RESUMEN

Objetivos: Estimar el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el Centro Ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.

Métodos: Para el muestreo general se usaron los métodos “Forest Inventory and Analysis Program (FIA)” y el método “Ground Layer Indicator” los cuáles son resumidos en 5 parcelas circulares de 20 m de diámetro, 160 subparcelas rectangulares de 20 x 50 cm y 5 subparcelas de 50 x 50 cm distribuidos en 3 estratos. Para la determinación de biomasa y carbono en árboles, pastizales, arbustos y briófitas se usaron ecuaciones alométricas; mientras que, para la broza, hierbas y cubierta vegetal se utilizó el método de secado en horno-estufa. Finalmente, para la determinación del valor económico se usó el “método basado en precios de mercado” cuyos valores fueron obtenidos del Sistema europeo de negociación de CO₂ (Sendeco2). **Resultados:** El valor económico total fue 391.853 \$ ha⁻¹. Los valores respectivos para los árboles, pastizales, arbustos, briófitas, broza, y hierbas más cubierta vegetal fueron: 202.130 \$ ha⁻¹ (52 %), 10.973 \$ ha⁻¹ (3 %), 20.916 \$ ha⁻¹ (5 %), 31.408 \$ ha⁻¹ (8 %), 42.082 \$ ha⁻¹ (11 %) y 84.345 \$ ha⁻¹ (21 %). **Conclusiones:** El valor económico estimado es útil para el análisis costo-beneficio de la formulación de un futuro proyecto de conservación de la vegetación del centro ecoturístico. Asimismo, el lugar comprende una amplia vegetación, flujos de manantiales, microhábitats y formaciones geológicas atípicas que ofrecen otros servicios ecosistémicos que incrementan aún más su valor.

Palabras clave: valoración económica, secuestro de carbono, bosques, pastizales, arbustos, briófitas.

ABSTRACT

Objectives: To estimate the total economic value of carbon sequestration service provided by the existent vegetation in the Seccsachaca's ecotouristic center in the year 2017. **Methods:** For general sampling was used the methods “Forest Inventory and Analysis Program (FIA)” and “Ground Layer Indicator”, which are summarized in 5 circular plots with 20 m of diameter, 160 right-angled sub-plots with 20 x 50 cm and 5 sub-plots with 50 x 50 cm distributed in 3 strata (grasslands domain, trees's domain and shrublands' domain). For biomass and carbon determination in trees, grasses, shrubs, and bryophytes were utilized allometric equations (non-destructive); meanwhile, for brushwood, herbs and vegetal cover the method of dry weight in drying oven based on gravimetric analysis of mass loss (destructive) was employed. Finally, for economic value determination was employed the method “market-based valuation” whose values were obtained from “Sistema Europeo de negociación de CO₂ (Sendeco2)”. **Results:** The total economic value estimated was 391.853 \$ ha⁻¹. The respective values for trees, grasses, shrubs, bryophytes, brushwood, herbs plus vegetal cover were 202.130 \$ ha⁻¹ (52 %), 10.973 \$ ha⁻¹ (3 %), 20.916 \$ ha⁻¹ (5 %), 31.408 \$ ha⁻¹ (8 %), 42.082 \$ ha⁻¹ (11 %) y 84.345 \$ ha⁻¹ (21 %). **Conclusions:** The estimated economic value is useful for the cost-benefit analysis of the formulation of a conservation project of the vegetation of ecotouristic center. This place comprises an ample vegetation, fluxes of springs, microhabitats and atypical geologic forms that offer other ecosystem services that increase even more its value.

Key words: economic valuation, carbon sequestration, forests, grasslands, shrublands, bryophytes.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tres siglos, desde la revolución industrial, las actividades humanas han perturbado considerablemente el entorno, acelerando el natural desarrollo del sistema climático mundial, y, favoreciendo la ocurrencia de fenómenos con mayor intensidad (inundaciones, huracanes, ciclones, incendios, tormentas, olas de calor y de frío, entre otros), lo cual genera gran preocupación en la población mundial. El cambio climático es la variación natural del clima observado en grandes períodos de tiempo cuyos efectos se manifiestan con lentitud y progresivamente y está relacionado con otro fenómeno, el calentamiento global. Entre los principales gases de efecto invernadero, se encuentra el CO₂, caracterizado por re-irradiar la energía infrarroja absorbida por la superficie terrestre, si bien es importante para el funcionamiento óptimo del planeta (efecto invernadero), su concentración actual ha sobrepasado el límite permisible a causa de las actividades antropogénicas.

En el año 1997, ante la preocupación por los efectos del cambio climático, se firmó el Protocolo de Kioto cuyas bases permiten a los países desarrollados realizar proyectos de inversión en países en vías de desarrollo, con la finalidad de atenuar la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente CO₂, en la atmósfera, estas medidas son Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). El carbono es comercializado a través de los “mercados de carbono” que negocia los derechos de emisión, reducción y captura de GEI. El mercado de carbono más conocido es el “mercado de Kioto”, pero sus limitaciones y alta flexibilidad ha generado otros mercados, denominados, “mercados voluntarios de carbono” que facilitan a las entidades y a las personas que no están dentro de los sectores regulados asumir el compromiso con el cuidado del clima “compensando” sus emisiones en proyectos limpios en países en desarrollo. El objetivo de estas medidas es atrapar el CO₂ excedente que se encuentra en la atmósfera y fomentar su introducción al ciclo de carbono simulando una fotosíntesis artificial o usando vegetación con propiedades

particulares de absorción. La primera, tiene elevado costo y la segunda, es más práctica al poder ser aplicada en cualquier parte del mundo.

En la actualidad se están desarrollando proyectos con fines de conservación de grandes áreas de vegetación con el objetivo de atrapar grandes cantidades de CO₂ y generar ganancias a través de su transacción en los mercados de carbono. Sin embargo, la capacidad de secuestro es variable en cada ecosistema y en cada especie, por esta razón, se realizan investigaciones de cada ser vivo del reino vegetal. Los ecosistemas tropicales captan mayor cantidad de CO₂, pero la mayoría de estudios están enfocados en ecosistemas templados y boreales cuya extensión sobre el planeta comprenden un mayor porcentaje.

El centro ecoturístico de Seccsachaca, localizado en la ciudad de Huancavelica, está conformado principalmente por pastizales, arbustos, líquenes, briófitas y hierbas. Por esta razón, se convierte en un buen modelo para estudiar ecosistemas con diversos microhábitats y evaluar la contribución de éstos. El objetivo de la investigación es: estimar el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017. La hipótesis establece que este valor se encuentra en el intervalo de 1001 a 5000 \$ ha⁻¹ de terreno, y promovería más estudios en mayores extensiones de terreno para proyectos de conservación de ecosistemas con el propósito de capturar carbono.

Así, el capítulo 1 delinea el rumbo de la investigación a través del planteamiento del estudio, que incluye: el planteamiento del problema, objetivos, hipótesis, justificación e importancia, y las variables respectivas. El capítulo 2 muestra el marco teórico pertinente a la investigación y abarca: los antecedentes, las bases teóricas, la caracterización del área de estudio y la definición de los términos básicos. El capítulo 3 describe la metodología usada e incluye: el método, tipo y nivel de investigación, el diseño de la investigación, la población y el proceso de obtención del tamaño de muestra requerido, el proceso metodológico que involucra los cálculos correspondientes de los valores recolectados de árboles, arbustos, pastizales, briófitas, broza, hierbas y cubierta vegetal para la obtención del valor económico; y finalmente

las técnicas de recolección y análisis de datos. El capítulo 4 muestra, en primer lugar, los resultados obtenidos respecto a las mediciones, densidad poblacional, biomasa, carbono, dióxido de carbono y valor económico con el apoyo de figuras y tablas; en segundo lugar, la discusión sobre la hipótesis y los resultados obtenidos, la comparación con los resultados de otras investigaciones, la discusión sobre métodos de valoración económica, sobre el precio de carbono y sobre los servicios ecosistémicos. Finalmente, se ofrecen las conclusiones del estudio y recomendaciones para estudios similares.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El balance energético de entradas y salidas de radiación en nuestro planeta, conocido como efecto invernadero, permite mantener la temperatura adecuada para el desenvolvimiento óptimo de los seres vivos. Los agentes intermitentes para mantener este equilibrio llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorocarbonos (CFCs), ozono (O_3) y vapor de agua (H_2O). Bajo condiciones equilibradas, los cambios del clima son producidos en largos periodos de tiempo y con lentitud, sin embargo, el efecto invernadero ha elevado su acción debido a que los GEI excedentes, aquellos que han sido añadidos por los humanos, evitan la liberación de la radiación hacia el espacio y las entradas son mayores a las salidas, produciéndose un desequilibrio que genera disturbios en el clima.

El Cambio Climático está ocurriendo, cada día se evidencian eventos extremos que afectan en gran medida a los seres vivos en cada rincón del planeta. Según el quinto reporte del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) del 2014, las concentraciones atmosféricas de los GEI se han incrementado a niveles sin precedentes en los

últimos 800 000 años y las actividades humanas son una de las principales causas. Lamentablemente, estos cambios continuarán en el tiempo, aún si las emisiones de gases son detenidas (1).

El dióxido de carbono (CO₂), principal GEI, posee propiedades diferenciadas, el movimiento de sus moléculas y vibraciones absorben la energía de la radiación infrarroja, sin embargo, la energía atrapada es re-irradiada a la superficie, lo cual incrementa la cantidad de radiación almacenada induciendo aún más un desbalance energético. En condiciones normales el CO₂ está presente en la atmósfera en pequeñas cantidades, sin embargo, juega un rol vital en el ambiente como un ingrediente necesario para el ciclo de vida de plantas y animales.

Las actividades antropogénicas que causan la emisión de CO₂ son la oxidación de combustibles fósiles, la fermentación de componentes orgánicos y la respiración de seres vivos. No obstante, actualmente su concentración ha sobrepasado los 400 ppm, 13 % más de lo establecido como límite (1). Esta sobredosis perturba el ciclo biogeoquímico del carbono, al no poder las plantas absorberlo por completo y fijarlos en el suelo, el exceso fluye de la atmósfera a los océanos acidificándolos y alterando la biocenosis. Además, las reservas de carbono en los fondos marinos y suelos permafrost están viéndose afectados por la desglaciación y exposición, respectivamente. Todo esto incrementaría aún más su concentración en la atmósfera. Ahora el planeta se encuentra en estado de alerta.

Ante el problema del cambio climático y sus evidencias, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) creó el Protocolo de Kioto en el año 1997, dónde los países desarrollados y en vías de desarrollo acordaron aplicar políticas y medidas que conllevarán a una reducción efectiva de los GEI. Como los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) que permiten a los países desarrollados o sus empresas, realizar proyectos de inversión en países en vías de desarrollo con la finalidad de

mitigar la emisión o secuestrar GEI. El MDL es el único medio por el cual Perú puede participar y beneficiarse de la inversión, nueva tecnología y de la obtención de ingresos económicos (2). El MDL se realiza a través de los conocidos mercados de carbono donde se negocian los derechos de emisión, reducción y captura de GEI.

Frente a esta oportunidad se diseñan proyectos dedicados al almacenamiento de carbono mediante fijación al suelo en parques de carbono (artificial) o a través de conglomeraciones de especies vegetales (natural). Siendo de preferencia el modo natural de secuestro de carbono, muchos estudios fueron realizados para medir la cantidad de carbono almacenado en bosques, principalmente tropicales y templados (3), (4), (5), (6), (7). Investigaciones recientes se enfocan en especies menores como arbustos, pastizales, y plantas no vasculares como los líquenes y briófitas (8), (9), (10), (11), (12), (13).

Los bosques juegan un rol principal en el ciclo terrestre de carbono, siendo la silvicultura, un importante elemento para el mercado voluntario de carbono. Actualmente, los bosques son los mayores almacenes de carbono en el mundo, seguidos en menor medida por los pastizales, tierras de cultivo y turberas. Así, el secuestro de carbono por los bosques es un servicio ecosistémico que recibe considerable atención. Los bosques absorben cerca del 27 % de las emisiones anuales de combustibles fósiles, los tropicales poseen una densidad de 242 tC ha⁻¹, los boreales 239 tC ha⁻¹ y los templados 155 tC ha⁻¹. Sin estos almacenes naturales, el incremento de CO₂ en la atmósfera sería considerablemente más alto (6). En los bosques, los arbustos constituyen el 2 % del carbono total (14). Éstos a menudo dominan los estadios sucesionales tempranos de muchos tipos de bosques, además, su crecimiento con otros tipos de vegetación puede ser comparable con los de los árboles y así constituyen una mayor fuente de C para la superficie forestal y del suelo (14). Si bien pueden no secuestrar mucho carbono son importantes para la adición del C al suelo.

Los pastizales naturales templados y tropicales, ocupan un lugar significativo en el ciclo global de carbono, pero no son tan reconocidos. Los pastizales son el tipo de vegetación más extenso en el mundo, cubriendo cerca de 15 millones de km² en los trópicos (así como los bosques tropicales) y 9 millones de km² en regiones templadas, juntos abarcan un quinto de la superficie de tierra. La cantidad almacenada de carbono en los suelos de pastizales es al menos el 10 % del total global y representan un depósito de carbono significativo con cantidades entre 200 – 300 Pg (15).

Entre las plantas no vasculares, se encuentran las briófitas que tienen funciones ecosistémicas muy importantes como: alta producción y acumulación de biomasa, fijación de carbono y nitrógeno en el suelo, formación de microclimas y retención de agua (16). TUBA et al. (17) mencionan que las turberas—ecosistemas donde abundan las especies de musgo *Sphagnum*—contienen cerca del 20 % del almacén global de carbono en ecosistemas terrestres. Asimismo, WOLFGANG et al. (13) afirman que globalmente las coberturas criptogámicas—briófitas, líquenes, hongos, algas y cianobacterias— almacenan cerca de 3.9 Pg de carbono al año.

Seccsachaca es un centro ecoturístico de la ciudad de Huancavelica y se encuentra en la zona de vida, estepa montano tropical y bosque húmedo montano tropical, de acuerdo con el sistema de zonas de vida de Holdridge (18). Posee diferentes tipos de microhábitats y genera gran diversidad de servicios ecosistémicos, entre los que se incluye el secuestro de carbono. Sin embargo, el centro ecoturístico no está resguardado y por su cercanía a la ciudad es de fácil acceso y podría ser alterado por las actividades humanas. Además, la existencia de terrenos de cultivo de propietarios colindantes dentro de la zona ha generado cambio de uso de suelos. Por estas razones, es necesario calcular el valor económico de la vegetación existente (árboles, briófitas, pastizales y arbustos) del centro ecoturístico con el fin de fomentar su protección.

1.1.1 PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuánto es el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017?

1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuánta biomasa producen los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017?
- ¿Cuánto carbono almacenan los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017?
- ¿Cuánto es el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES

- Estimar el valor económico total del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la biomasa de los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.

- Cuantificar el carbono almacenado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.
- Estimar el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA-CIENTÍFICA

La presente investigación revisa, describe y analiza los estudios de valoración económica del servicio ecosistémico de secuestro de carbono, el cual es utilizado como mecanismo eficiente de mitigación del cambio climático y generador de ingresos económicos.

Brinda información cuantitativa y cualitativa acerca de los ingresos económicos obtenidos por el servicio de secuestro de carbono de la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca, a fin de promover futuros proyectos de conservación a nivel local o de ecosistemas montanos andinos a nivel nacional. Ejemplo del aporte económico de los servicios ecosistémicos correctamente utilizados es mostrado por AARON (19) que menciona que los recursos naturales de Virginia (Estados Unidos) proveen aproximadamente \$ 21.8 billones.año⁻¹ en servicios ecosistémicos, los beneficios son derivados de la protección del suministro (\$ 5.2 billones) y calidad de agua (\$ 0.98 billones), polinización de cosechas (\$ 27 millones), recreación (\$ 8 billones), productos forestales (\$ 1.8 billones), productos de granjas (\$ 2.3 billones), prevención de desastres (\$ 1.9 billones), conservación de hábitats marinos (\$ 450 millones) y el secuestro de carbono (\$ 1.1 billones).

1.3.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La presente investigación promueve la protección del centro ecoturístico de Seccsachaca. Y contribuye a aumentar el interés de su presencia en áreas naturales protegidas en general.

Forma parte del desafío de “La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio” (EM) que tiene como fin “revertir la degradación de los ecosistemas y al mismo tiempo satisfacer las mayores demandas de sus servicios” a través de “la introducción de cambios significativos en las políticas, instituciones y prácticas” (20).

Cumple con la Agenda de Investigación Ambiental (2013 - 2021) del Ministerio del Ambiente (MINAM) al “cubrir la demanda de generación de conocimiento ambiental que el país requiere”. Esta investigación se encuentra dentro del eje temático: “conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica”; componente: “aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; área temática: valoración económica del patrimonio natural”; y la línea de investigación: “estimación del valor económico de los ecosistemas por tipo y categoría de servicios ecosistémicos priorizados” (21).

Fomenta el incremento de estudios de las briófitas y otras plantas no vasculares en bosques montanos andinos y ecosistemas altoandinos como actores secundarios en el almacenamiento de carbono.

1.3.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La presente investigación usa ecuaciones pertenecientes a la alometría - estudio del crecimiento de las partes individuales de un organismo en relación con el crecimiento íntegro del mismo- para varios grupos de vegetación: árboles, briófitas, arbustos, pastizales, broza, hierbas y cubierta vegetal, a fin de obtener la biomasa y por consiguiente la cantidad de

carbono almacenado y valor económico, a partir de la medición de alturas y diámetros.

Así mismo, evalúa la eficacia de utilizar métodos diferenciables por su sencillez, rapidez, efectividad, bajo costo y en su mayoría no-destructivos, es decir, no es necesario la alteración del ser vivo estudiado.

1.3.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es importante porque estima un valor económico de un servicio ecosistémico con el fin de generar interés en la población local y nacional para proteger los ecosistemas montanos andinos y altoandinos, pues actualmente no son tomados en cuenta. Además, genera información para entender el gran valor que tienen los bienes y servicios de la naturaleza en nuestra vida cotidiana, así como las consecuencias de la pérdida de estos por decisiones equivocadas. ROLANDO et al. (22), mencionan que los ‘ecosistemas andinos’ aportan múltiples servicios ecosistémicos, concretamente: (a) provisión de fibra, lana y alimento, (b) secuestro de carbono, (c) provisión y regulación de agua, (d) fertilidad del suelo, (e) ciclo de nutrientes, (f) control de enfermedades y plagas, (g) recursos genéticos, (h) regulación de la polinización y (i) regulación de microclimas, pero son alterados por la invasión de cultivos, sobrepastoreo, actividades mineras y el cambio climático.

Además, brinda información para promover la conservación de la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca y otros ecosistemas andinos que de ser ajustado a la ley N°30215-MINAM “Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos” que pretende animar y garantizar la conservación, recuperación y uso sostenible de los servicios ecosistémicos (23), generarían ingresos y puestos de trabajo en la población local.

1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

- El valor económico total del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca se estima entre 1001 y 5000 \$ ha⁻¹ en el año 2017.

1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La biomasa de los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017 se cuantifica entre (a) 110.39 y 515.38, (b) 110.39 y 515.38, (c) 11.13 y 110.38, (d) 11.13 y 110.38, (e) 1.21 y 11.12; y (f) 0 y 1.20 t ha⁻¹ respectivamente.
- La cantidad de carbono almacenado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017 se cuantifica entre (a) 55.20 y 275.69, (b) 55.20 y 275.69, (c) 5.57 y 55.19, (d) 5.57 y 55.19, (e) 0.61 y 5.56; y (f) 0 y 0.60 t ha⁻¹ respectivamente.
- El valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017 se estima entre (a) 1001 y 5000, (b) 1001 y 5000, (c) 101 y 1000, (d) 101 y 1000, (e) 11 y 100; y (f) 0 y 10 \$ ha⁻¹ respectivamente.

1.4.3 VARIABLES

Al tratarse de un estudio descriptivo, la investigación se centra en la estimación de la variable “valor económico” del servicio de secuestro de carbono, para este proceso, es necesario la estimación de otras variables: ‘biomasa’ y ‘cantidad de carbono’ que por ser secuenciales forman una relación de dependencia.

El presente estudio no tiene como objetivo medir el grado de relación entre éstas, sino sólo estimarlas. Por esta razón, se designó, como variables independientes a la biomasa y cantidad de carbono y como variable dependiente al ‘valor económico’.

1.4.3.1 VARIABLE

Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación.

1.4.3.1.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE

Valor monetario asignado al uso indirecto del servicio ecosistémico que otorga la vegetación al absorber dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera y almacenarlo, a través de la fotosíntesis, en forma de carbono (C) dentro de sus tejidos; cumpliendo así una función de equilibrio en la interacción atmósfera-biosfera terrestre del ciclo global de C.

1.4.3.1.2 DIMENSIONES

- Valor económico del servicio secuestro de carbono aportado por los árboles.
- Valor económico del servicio secuestro de carbono aportado por las briófitas.
- Valor económico del servicio secuestro de carbono aportado por los pastizales.
- Valor económico del servicio secuestro de carbono aportado por los arbustos.
- Valor económico del servicio secuestro de carbono aportado por la broza.

- Valor económico del servicio secuestro de carbono aportado por las hierbas y cubierta vegetal.

1.4.3.1.3 INDICADORES

Los indicadores son las unidades de medición de las dimensiones y por tanto de la variable. Para el estudio sólo hay un indicador y es: cantidad monetaria por hectárea ($\$ \text{ha}^{-1}$).

1.4.3.2 VARIABLE INDEPENDIENTE 1

- Cantidad de carbono almacenado por la vegetación.

1.4.3.2.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE

Cuantía de carbono acopiado en un ser vivo en un momento determinado.

1.4.3.2.2 DIMENSIONES

Las dimensiones son seis y corresponden a la vegetación principal encontrada en el centro ecoturístico de Seccsachaca, estos son:

- Cantidad de carbono almacenado por los árboles.
- Cantidad de carbono almacenado por las briófitas.
- Cantidad de carbono almacenado por los pastizales.
- Cantidad de carbono almacenado por los arbustos.
- Cantidad de carbono almacenado por la broza.
- Cantidad de carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal.

1.4.3.2.3 INDICADORES

Toneladas por hectárea (t ha^{-1})

1.4.3.3 VARIABLE INDEPENDIENTE 2

- Biomasa de la vegetación.

1.4.3.3.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE

Cantidad de materia acumulada en un ser vivo en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.

1.4.3.3.2 DIMENSIONES

- Biomasa de los árboles.
- Biomasa de las briófitas.
- Biomasa de los pastizales.
- Biomasa de los arbustos.
- Biomasa de la broza.
- Biomasa de las hierbas y cubierta vegetal.

1.4.3.3.3 INDICADORES

Toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$)

1.4.3.4 ESCALA VALORATIVA E ÍNDICES

1.4.3.4.1 ESCALA VALORATIVA PARA EL VALOR ECONÓMICO

Las escalas valorativas, tanto para la variable como para las dimensiones, son designadas, según criterio y revisión de las fuentes bibliográficas. El fin de éstas es brindar un valor cualitativo a un intervalo cuantitativo, con el fin de ser comparados con otros ecosistemas o zonas de vida.

Para su construcción es necesario tener puntos de referencia. Para ello se toman los bosques tropicales, que almacenan cerca de 242 tC ha⁻¹ y son calificados como los ecosistemas con mayor potencial de secuestro de carbono en el mundo (24). Así, a partir de esta cantidad y realizando los cálculos correspondientes se obtiene aproximadamente un valor económico de 4389 \$ ha⁻¹. De forma similar, teniendo en consideración las cantidades de carbono almacenados por los bosques boreales y templados y sus respectivos valores económicos estimados (239 y 155 tC ha⁻¹ con valores de 4334 y 2811 \$ ha⁻¹, respectivamente) se derivan los puntos de referencia para los valores altos.

Para los valores medios y bajos se toma como referencia a los arbustos que poseen cerca del 2% del carbono total de los bosques (14) lo que resulta en valores 87.72, 86.68, y 56.22 \$ ha⁻¹ según los tipos de bosques en el orden descrito anteriormente. También se toma en consideración a las briófitas que según SMITH et al. (25) almacenan en promedio 7.969, 1.019 y 0.144 tC ha⁻¹ en bosques de tierras altas (*upland forest*), tundras alpinas y bosques montanos (*montane forest*), respectivamente, lo que resulta en valores económicos de 144.18, 36.87 y 7.81 \$ ha⁻¹.

De esta manera, se construye la siguiente escala: (a) Muy bajo (0-10 \$ ha⁻¹), (b) Bajo (11-100 \$ ha⁻¹), (c) Medio (101-1000 \$ ha⁻¹), (d) Alto (1001-5000 \$ ha⁻¹) y (e) Muy Alto (>5001 \$ ha⁻¹), que usada en el planteamiento de las hipótesis.

1.4.3.4.2 ESCALA VALORATIVA PARA EL CARBONO ALMACENADO

Las escalas valorativas correspondientes al carbono almacenado fueron obtenidas a partir de las escalas de valor económico, dividiendo los valores entre el factor de conversión de unidades monetarias, precio del CO₂ en el mercado, conversión de unidades de \$ ha⁻¹ a t ha⁻¹

¹, potencial de calentamiento global y la relación de pesos moleculares de CO₂ y C, un proceso inverso a los cálculos efectuados en el procedimiento explicado en la metodología de la investigación. De esta manera, se construyó la siguiente escala y sus respectivos índices: (a) Muy bajo (0 - 0.60 t ha⁻¹), (b) Bajo (0.61 - 5.56 t ha⁻¹), (c) Medio (5.57 - 55.19 t ha⁻¹), (d) Alto (55.20 - 275.69 t ha⁻¹) y (e) Muy Alto (> 275.70 t ha⁻¹).

1.4.3.4.3 ESCALA VALORATIVA PARA LA BIOMASA

Las escalas valorativas correspondientes a la biomasa fueron obtenidas a partir de las escalas de cantidad de carbono, dividiendo los valores entre la fracción de carbono estándar. De esta manera, se construyó la siguiente escala y sus respectivos índices: (a) Muy bajo (0 - 1.20 t ha⁻¹), (b) Bajo (1.21 - 11.12 t ha⁻¹), (c) Medio (11.13 - 110.38 t ha⁻¹), (d) Alto (110.39 - 515.38 t ha⁻¹) y (e) Muy Alto (> 515.39 t ha⁻¹).

1.4.4 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables

“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO APORTADO POR LA VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA, HUANCVELICA, PERÚ – 2017”					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA VALORATIVA	INSTRUMENTO
VARIABLE: Valor económico del secuestro de carbono aportado por la vegetación	Valor monetario asignado al uso indirecto del servicio ecosistémico que otorga la vegetación al absorber dióxido de carbono (CO ₂) de la atmósfera y almacenarlo, a través de la fotosíntesis, en forma de carbono (C) dentro de sus tejidos; cumpliendo así una función de equilibrio en la interacción atmósfera-biosfera terrestre del ciclo global de C.	Valor económico del secuestro de carbono aportado por los árboles	Cantidad monetaria por hectárea (\$ ha ⁻¹)	<ul style="list-style-type: none"> - Muy bajo (0 - 10 \$ ha⁻¹) - Bajo (11 - 100 \$ ha⁻¹) - Medio (101 - 1000 \$ ha⁻¹) - Alto (1001 - 5000 \$ ha⁻¹) - Muy Alto (> 5001 \$ ha⁻¹). 	
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por las briófitas			
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por los pastizales			
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por los arbustos			
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por la broza			
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por las hierbas y cubierta vegetal			
VARIABLE INDEPENDIENTE 1: Carbono almacenado por la vegetación	Cuantía de carbono acopiado en un ser vivo en un momento determinado.	Carbono almacenado por los árboles	Toneladas por hectárea (t ha ⁻¹)	<ul style="list-style-type: none"> - Muy bajo (0 - 0.60 t ha⁻¹) - Bajo (0.61 - 5.56 t ha⁻¹) - Medio (5.57 - 55.19 t ha⁻¹) - Alto (55.20 - 275.69 t ha⁻¹) - Muy Alto (> 275.70 t ha⁻¹). 	Ficha de observación
		Carbono almacenado por las briófitas			
		Carbono almacenado por los pastizales			
		Carbono almacenado por los arbustos			
		Carbono almacenado por la broza			
		Carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal			
VARIABLE INDEPENDIENTE 2: Biomasa de la vegetación	Cantidad de materia acumulada en un ser vivo en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.	Biomasa de los árboles	Toneladas por hectárea (t ha ⁻¹)	<ul style="list-style-type: none"> - Muy bajo (0 - 0.30 t ha⁻¹) - Bajo (0.31 - 2.78 t ha⁻¹) - Medio (2.79 - 27.60 t ha⁻¹) - Alto (27.61 - 137.85 t ha⁻¹) - Muy Alto (> 137.86 t ha⁻¹). 	Ficha de observación
		Biomasa de las briófitas			
		Biomasa de los pastizales			
		Biomasa de los arbustos			
		Biomasa de la broza			
		Biomasa de las hierbas y cubierta vegetal			

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los antecedentes de la investigación están divididos en internacionales, nacionales y locales. Éstos están relacionados a los componentes de la investigación (valoración económica, bosques, árboles, briófitas, pastizales, arbustos, secuestro de carbono).

2.1.1 ANTECEDENTES ENCONTRADOS EN TESIS

DÁVILA et al. (4) en su tesis titulada: “*Almacenamiento de carbono y flujo de CO₂ en los suelos con plantaciones de tres especies forestales en el Valle del Mantaro*” presentada para optar el grado académico de Ingeniero Forestal de la Universidad Nacional del Centro del Perú en Huancayo - Perú. La investigación tuvo como objetivo cuantificar el almacenamiento de carbono y obtener la cantidad de CO₂ capturado por la biomasa total de las especies forestales: *Eucalyptus globulus* Labill, *Pinus radiata* D.Don y *Polylepis incana* H&B. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

Mediante un inventario forestal, la biomasa fue recolectada en una subparcela de 1m² dentro de cada parcela, así se obtuvieron para el bosque de *Eucalyptus globulus* Labill un almacenamiento de carbono de 234.22 tC/ha; para el bosque de *Pinus radiata* D.Don, 141.50 tC/ha y para el bosque de *Polylepis incana* H&B, 156.45 tC/ha. Se capturó CO₂ de la atmósfera y se incorporó a la biomasa total (madera, ramas principales y secundarias, hojas, raíces y suelos), 63.88 tCO₂ /ha en el bosque de *Eucalyptus globulus* Labill, 38.59 tCO₂ /ha en el bosque de *Pinus radiata* D.Don y 42.67 tCO₂ /ha en el bosque de *Polylepis incana* H&B.

Las mediciones de flujo de CO₂ de los suelos se realizaron utilizando el equipo EGM4 analizador de gas infrarrojo (IRGA); la temperatura y la humedad se midieron de manera independiente. Los valores de la mediana del flujo de CO₂ en el suelo fueron medidos en los meses de la época seca (mayo, junio, julio, agosto y septiembre). Para el bosque de *Eucalyptus globulus* Labill se reportó un flujo de CO₂ de 170.00 mg/m²/h, en el bosque de *Pinus radiata* D.Don se obtuvo un flujo de 165.00 mg/m²/h y en el bosque de *Polylepis incana* H&B, un flujo de 530.00 mg/m/h.

LÓPEZ (5) en su tesis titulada: “*Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el Fundo Violeta - Distrito de Tahuamanu - Madre de Dios*” presentada para optar el grado académico de Licenciado en Geografía y Medio Ambiente de la Pontificia Universidad Católica del Perú en Lima - Perú. La investigación tuvo como objetivo establecer una comparación de la valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono entre un bosque primario y un bosque con actividad agrícola. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

Un bosque primario en el distrito de Tahuamanu posee mayor capacidad de almacenamiento de carbono en comparación a un bosque convertido al sistema agroforestal. Esto se debe principalmente a la presencia de los

depósitos de vegetación arbórea, los cuales representan a los mayores sumideros de carbono. La deforestación impacta negativamente en la captura de carbono total de un área determinada, reduciendo los depósitos naturales.

La valoración económica de un bosque primario (US\$ 9 280.94/ha) es mucho mayor que la de un bosque convertido a actividad agroforestal (US\$ 730.09/ha).

LUZA (6) en su tesis titulada: “*Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú, 2013*” presentada para optar el grado académico de Ingeniera Ambiental de la Universidad Continental en Huancayo - Perú. La investigación tuvo como objetivo comparar el stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo entre los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos de la ciudad de Huancayo, estimar dicho stock en los componentes principales de los ecosistemas forestales e identificar la relación con los factores ambientales de la zona. Entre las conclusiones, los que interesan al presente estudio se encuentran:

El bosque de Viques tiene mayor stock de carbono almacenado en sus componentes (33291 tC/19ha y 122065 tCO₂/19ha) a diferencia del bosque de Chorrillos (2934 tC/10ha y 10758 tCO₂/10ha); esta variación se ve influenciado por la edad, hectáreas y factores ambientales (climáticos, topográficos, hidrográficos y tipo de ecorregión) comprobada estadísticamente con la prueba de hipótesis paramétrica t-student y no paramétrica de Wilcoxon para muestras independientes. La valoración económica de Viques fue de 332 905 US\$/tC/19ha y para Chorrillos fue de 29 339 US\$/tC/10ha.

2.1.2 ANTECEDENTES ENCONTRADOS EN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

CHAMBI (3) en su artículo titulado: “*Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios*” publicado por el Instituto de Investigación y Capacitación para el Fomento de Oportunidades Económicas con base en la conservación de Recursos Naturales (IICFOE) Lima - Perú. La investigación tuvo como objetivo desarrollar un modelo de valoración económica de la captura de CO₂ mediante un software de simulación aplicada a la zona boscosa de la cuenca del río Inambari y Madre de Dios. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

El valor económico del servicio de secuestro de carbono estimado para el décimo año de 2 258 000 hectáreas asciende a la suma de US\$ 2 474 000 000 beneficio económico que permite la generación de divisas por la venta de certificados de reducción de emisiones, beneficios sociales asociados y beneficios ambientales.

Existen cada vez más proyectos de plantaciones y manejo de bosques en países en desarrollo de cara a las expectativas generadas por el protocolo de Kioto, tendientes a captar carbono con el fin de compensar emisiones de países desarrollados. Dada la potencialidad de los bosques de la cuenca del río Inambari y Madre de Dios en la captura de carbono y su importancia económica, es perfectamente viable contemplar futuras evaluaciones de factibilidad con perspectiva de ingresar al mercado de carbono.

El cambio climático es hoy un tema de importancia global, en el cual, los bosques juegan un rol muy importante. Los cambios en la superficie, uso y manejo de los bosques producen liberación y captura de CO₂. Teniendo en cuenta esta importancia es preocupante constatar en la zona de estudio la depredación y el desmanejo de los bosques.

CHEN et al. (9) en su artículo titulado: “*Grassland Carbon Sequestration Ability in China: A New Perspective from Terrestrial Aridity Zones. (Capacidad de secuestro de Carbono de pastizales en China: una nueva perspectiva de las zonas áridas terrestres)*” publicado en el volumen 69 de la revista *Rangeland Ecology & Management*, páginas 84-94. La investigación tuvo como objetivo medir la capacidad de los pastizales chinos como sumideros en carbono. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

Los pastizales son sensibles al cambio climático, y la capacidad de secuestro de carbono está cercanamente relacionada a la disponibilidad de agua. Sin embargo, cómo la provisión de agua terrestre influencia al secuestro de carbono regional por los ecosistemas de pastizales no está aún claro. En este estudio, nosotros modificamos el modelo biogeoquímico terrestre para investigar la productividad neta del ecosistema (NEP) de los pastizales chinos bajo diferentes niveles de índices de aridez (AI) de 1982-2008. Los resultados mostraron que los pastizales chinos actúan como sumideros de carbono de $33.7 \text{ TgC año}^{-1}$, con un decrecimiento claro en la distribución espacial del final de humedad (cerca de bosque) y del final de aridez (cerca de desierto). Durante estos 27 años la productividad primaria bruta (GPP) y la productividad primaria neta (GPP) incrementaron significativamente con el calentamiento regional sobre el rango entero del AI, pero ninguna tendencia significativa fue encontrada para el NEP.

Estos resultados demuestran que los pastizales con diferentes niveles de AI mantienen diferentes patrones de respuesta a las variaciones de precipitación y humedad. Nosotros predecimos que la brecha de la capacidad de secuestro de carbono entre los pastizales áridos y húmedos se expandirá. La absorción total de carbono en pastizales chinos continuará fluctuando, pero hay un peligro que ello podría encogerse en el futuro

debido a la combinación de factores humanos y climáticos, aunque la fertilización y deposición de N podría parcialmente mitigar esta reducción.

HUNGATE et al. (10) en su artículo titulado: “*The economic value of grassland species for carbon storage (El valor económico de especies de pastizales para el almacenamiento de carbono)*” publicado en el volumen 3 de la revista Science Advances, páginas 1-8. La investigación tuvo como objetivo demostrar que la diversidad o riqueza de especies de pastizales realza el valor económico. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

El almacenamiento de carbono por ecosistemas es valioso para la protección del clima y la conservación de la biodiversidad es de gran utilidad a pesar de que el valor de su influencia es difícil de evaluar. Para la investigación se hizo uso de información de almacenamiento de carbono de plantas, suelos y ecosistemas de una base de datos de 2 experimentos de biodiversidad de pastizales, con el fin de mostrar que el acrecentamiento de riqueza de especies aumenta el valor económico.

Los resultados demostraron que un incremento de 1 a 10 especies tiene el doble de valor económico que el incremento de 1 a 2. La demostración el valor económico de biodiversidad por enriquecer el almacenamiento de carbono provee un fundamento para evaluar el valor de la biodiversidad en la toma de decisiones sobre el manejo de tierras. Combinar almacenamiento de carbono con otros servicios ecosistémicos provistos por la biodiversidad puede realzar los argumentos económicos para una mayor conservación de pastizales.

DELUCIA et al. (11) en su artículo titulado: “*The contribution of bryophytes to the carbon exchange for a temperate rainforest (la contribución de briófitas al intercambio de carbono para una selva tropical temperada)*” publicado en el volumen 9 de la revista Global Change

Biology, páginas 1158-1170. La investigación tuvo como objetivo estimar los componentes del intercambio anual de carbono para la superficie de un bosque podocarpio siempre-vivo, enfatizando el rol de las briófitas vivientes. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

Las briófitas cubren la superficie de las selvas tropicales templadas en Nueva Zelanda y pueden influenciar en un número importante de procesos ecosistémicos, incluyendo el ciclo de carbono. Ocho especies de musgos y 13 especies de hepáticas contribuyen al 62 % de la cobertura de la diversa comunidad superficial. La comunidad de briófitas desarrolla relativamente una delgada (< 30 mm), pero densa, copa que experimenta presiones parciales (una media de 46.6 Pa) de CO₂ elevado relativos al aire circundante. El intercambio de CO₂ fue fuertemente dependiente del contenido de agua. El promedio de contenido de agua está en el rango de 1375 % cuando está completamente saturada. La reducción en el contenido de agua a través de este rango decrece en promedio 85 % la absorción neta de CO₂ por unidad de superficie de área.

Estos resultados fueron usados en un modelo para estimar el intercambio de carbono anual para la superficie del bosque. Este modelo incorporó variabilidad cada hora en irradiación promedio alcanzando la superficie forestal, contenido de agua de las capas de briófitas, y temperatura de suelo y aire. La absorción neta anual de carbono por briófitas de superficies forestales fue de 103 g m⁻², comparado al efluvo anual de carbono de la superficie forestal (briófitas y respiración de suelo) de 1010 g m⁻².

Poner esto en perspectiva de la magnitud de los componentes del intercambio de CO₂ para la superficie forestal, las capas de briófitas recuperan una cantidad de CO₂ equivalente a solo cerca del 10 % de la respiración de la superficie forestal (briófitas más suelo) o aproximadamente 11 % de la respiración del suelo. La contribución de las

briófitas de la superficie forestal a la productividad en la selva tropical temperada fue mucho más pequeña que en bosques boreales, posiblemente debido a las diferencias en la composición de especies y limitaciones ambientales para la fotosíntesis. A causa de su dependencia cercana a la profundidad del nivel del agua, la contribución de la comunidad de briófitas al intercambio ecosistémico de CO₂ puede ser altamente sensible a cambios rápidos del clima.

PORADA et al. (12) en su artículo titulado: “*Estimating global carbon uptake by lichens and bryophytes with a process-based model (Estimación de la absorción de carbono global por líquenes y briófitas con un modelo basado en procesos)*” publicado en el volumen 10 de la revista Biogeoscience, páginas 6989-7033. La investigación tuvo como objetivo estimar la absorción neta de carbono por líquenes y briófitas a escala global con un modelo basado en procesos y por tanto evaluar su significancia para los ciclos biogeoquímicos. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

Los líquenes y briófitas son abundantes a escala global y pueden formar autótrofas dominantes en ecosistemas polares, desiertos y en altitudes superiores a los 4000 m. Sin embargo, ellos pueden ser encontrados en grandes cantidades como epífitos en bosques maduros. El modelo usó información climática cuadrículada y propiedades claves del hábitat para predecir los procesos que controlan la absorción neta de carbono, es decir la fotosíntesis, respiración, absorción de agua y evaporación. Esto depende de ecuaciones usadas en muchos modelos de vegetación dinámicos, los cuáles son combinados con conceptos específicos a los líquenes y briófitas, tales como “poikilohydry” o el efecto del contenido de agua sobre la difusividad de CO₂. Para incorporar la gran variación funcional de líquenes y briófitas a escala global, los parámetros del modelo fueron caracterizados por amplios rangos de valores posibles en lugar de un valor simple y uniforme globalmente.

La absorción neta terrestre predicha de 0.34 a 3.3 Gtyr⁻¹ de carbono y patrones globales de productividad son concordantes con las estimaciones derivadas empíricamente. Considerando que el carbono asimilado puede ser invertido en procesos tales como la aclimatación o fijación de nitrógeno, líquenes y briófitas juegan un rol importante en los ciclos biogeoquímicos.

RAMÍREZ et al. (7) en su artículo titulado: “*Economic value of the carbon sink services of tropical secondary forests and its management implications (Valor económico de los servicios de sumideros de carbono de bosques tropicales secundarios y sus implicaciones de manejo)*” publicado en el volumen 21 de la revista *Environmental and Resource Economics*, páginas 23-46. La investigación tuvo como objetivo ilustrar un método para predecir el valor económico de los servicios de los sumideros de carbono a lo largo del tiempo bajo una variedad de escenarios y explorar la practicidad de la regeneración de bosques secundarios y conservación como una alternativa en la campaña de direccionamiento del calentamiento global. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

Los bosques tropicales secundarios húmedos tienen un potencial considerable para el secuestro y almacenamiento de carbono. La mayoría toma lugar durante los primeros 20 años de crecimiento. El secuestro de carbono es sólo atractivo para los propietarios si ellos pueden obtener los grandes pagos anuales obtenidos durante los primeros años del crecimiento acelerado de bosques secundarios.

Dado los diferentes radios de crecimiento de los árboles, la regeneración de bosques secundarios implica una remoción permanente de la atmósfera de entre 40 y 80 mtC/ha, y la conservación de evitar emisiones futuras en estas cantidades. Los costos actualizados son entre US\$ 15 y US\$ 25 por mtC colocado bajo el almacenamiento a largo plazo y dependiendo del escenario.

WOLFGANG et al. (13) en su artículo titulado “*Contribution of cryptogamic covers to the global cycles of carbon and nitrogen (Contribución de coberturas criptogámicas a los ciclos de carbono y nitrógeno)*” publicado en el volumen 5 de la revista Nature Geoscience, páginas 459 - 462. La investigación tuvo como objetivo estimar la cantidad de carbono y nitrógeno almacenados por coberturas criptogámicas y su distribución en la transmisión a los respectivos ciclos. Entre las conclusiones, que interesan al presente estudio se menciona:

Muchas superficies terrestres, incluyendo suelos, rocas y plantas, están cubiertos por comunidades foto-autotróficas, capaces de sintetizar su propio alimento de sustancias inorgánicas usando los rayos de sol como una fuente de energía. Estas comunidades, conocidas como cuberturas criptogámicas engloban proporciones variables de cianobacterias, algas, hongos, líquenes y briófitas y son capaces de fijar dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera. Sin embargo, su influencia sobre el ciclo biogeoquímico regional de carbono y nitrógeno no ha sido muy evaluado.

Globalmente, las coberturas criptogámicas ocupan alrededor de 3.9 Pg de carbono por año, correspondiendo alrededor del 7 % de la producción primaria neta por la vegetación terrestre. Mientras que, el almacenamiento de nitrógeno por coberturas criptogámicas es de 49 Tg por año, sugiriendo que coberturas criptogámicas justifican cerca de la mitad de la fijación biológica de nitrógeno en el suelo. La fijación de nitrógeno por coberturas criptogámicas puede ser crucial para el secuestro de carbono por plantas.

2.2 BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas de la investigación “Valoración económica del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca” contiene conceptos que se interrelacionan según el modelo teórico presentado en la figura 1. Los temas base son cuatro: (a) ‘cambio

climático’, (b) ‘carbono’, (c) ‘ecosistemas’ y (d) ‘centro ecoturístico de Seccsachaca’. El tema ‘cambio climático’ (a) involucra los conceptos de ‘Convención Marco de las Naciones Unidas frente al Cambio Climático (CMNUCC)’, ‘Protocolo de Kioto’, ‘Mecanismos de Desarrollo limpio (MDL)’, ‘Mercados de Carbono’, ‘Mercados Voluntarios’, el mercado voluntario de la Unión europea: ‘EU Emissions Trading System (EU ETS)’ y los respectivos ‘precios de carbono’. El tema ‘carbono’ (b) involucra los conceptos de ‘ciclo de carbono’, ‘secuestro de carbono’ y ‘servicio de secuestro de carbono’. El tema ‘ecosistemas’ (c) involucra los conceptos de ‘servicios ecosistémicos’ y ‘valor económico de los servicios ecosistémicos’.

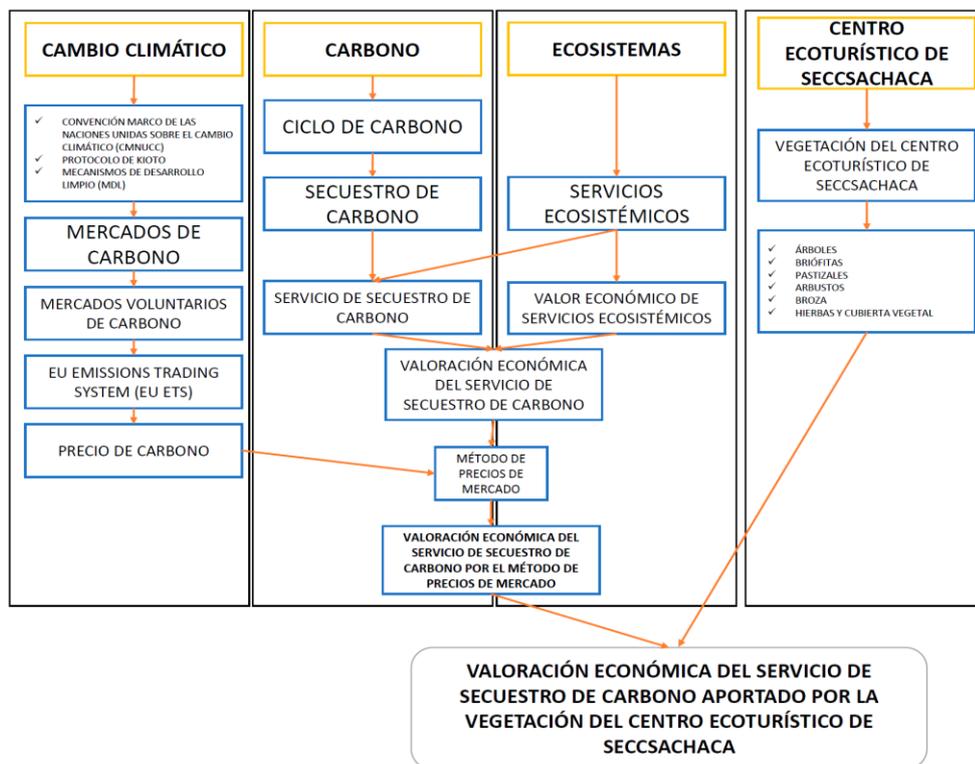


Figura 1. Modelo teórico de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

De los conceptos ‘servicio de secuestro de carbono’ y ‘valor económico de servicios ecosistémicos’ surgen los conceptos de ‘valoración económica del servicio de secuestro de carbono’ y ‘método de precios de mercado’ que juntamente con el concepto de ‘precios de mercado’ se deriva ‘valoración económica del servicio de secuestro de carbono por el método de precios de

mercado’. De otro lado el tema de ‘centro ecoturístico de Seccsachaca’ (d) involucra el concepto ‘vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca’ y por tanto los conceptos ‘árboles, briófitas, pastizales, arbustos, broza, hierbas y cubierta vegetal’. Finalmente, con los conceptos ‘valoración económica del servicio de secuestro de carbono por el método de precios de mercado’ y ‘vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca’ se forma el título de la investigación, es decir ‘valoración económica del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca’.

Los siguientes subcapítulos desarrollan cada uno de los temas y conceptos descritos.

2.2.1 CAMBIO CLIMÁTICO Y MERCADOS DE CARBONO

2.2.1.1 CAMBIO CLIMÁTICO

Existe una vital diferencia entre los cambios climáticos del tiempo geológico y el de hoy: la velocidad. Como la humanidad emergió de la última era de hielo, el promedio anual de la temperatura global alcanzó un promedio de 1 °C cada 1000 años, entonces comenzó nuevamente a enfriarse bastante lento. En aproximadamente dos décimos de un grado cada 1000 años. Actualmente el cambio es 25 veces más rápido, pero en la dirección opuesta (26).

La definición del término “Cambio Climático” no es certeramente nuevo, pero por el último siglo 20 ha cambiado de ser interés sólo de historiadores y paleontólogos a ser un tópico del día a día. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) en su artículo 1, inciso 2 define al Cambio Climático como *“un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”*. Este fenómeno es

ampliamente conocido por ser el problema ambiental actual más importante que la humanidad ha enfrentado. Debido a que la atmósfera no posee límites y las economías del mundo están vinculadas a través de flujos de capital y comercio.

La ciencia del Cambio Climático depende de un conocimiento exacto y extensivo sobre el tiempo en todas sus variaciones, de promedios locales y del fenómeno del tiempo a lo largo del mundo y sus causas. Pues por su gran definición, nosotros no podemos reconocer el cambio climático si nosotros no tenemos conocimiento de la historia del clima en corto (100 años), medio (1000 años) y largo plazo (100 000 años) (26).

El cambio climático producido por el hombre se debe al calentamiento constante de la atmósfera de la Tierra, debido al desbalance energético de entradas y salidas de radiación conocida como Efecto Invernadero. Este efecto permite mantener la temperatura adecuada para el desenvolvimiento óptimo de los seres vivos. Los agentes intermitentes para mantener este equilibrio son llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) cuyas propiedades permiten ser atravesados por la radiación ultravioleta (UV) pero reteniendo la infrarroja (IR), así mediante vibraciones moleculares liberan calor hacia todas direcciones incluyendo en dirección opuesta, es decir, el espacio.

Bajo condiciones equilibradas los cambios del clima son producidos en largos periodos de tiempo y con lentitud, sin embargo, el efecto invernadero ha elevado su acción debido a que los GEI excedentes, aquellos que han sido añadidos por los humanos, evitan la liberación de la radiación hacia el espacio haciendo que las entradas sean mayores a las salidas.

Seis son los gases principales que producen el efecto invernadero, llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), en nuestro planeta: (i)

dióxido de carbono (CO₂), (ii) metano (CH₄), (iii) óxido nitroso (N₂O), (iv) clorofluorocarbonos (CFCs), (v) ozono (O₃) y (vi) vapor de agua (H₂O). Siendo los dos últimos los menos nocivos del grupo.

Algunos científicos se atreven a afirmar que no existe una solución para el Cambio Climático, pues el impacto de los GEI sobre nuestro planeta es tan fuerte que el calentamiento es irreversible. Incluso si los niveles de éstos son reducidos.

De los gases mencionados es destacable el CO₂, a pesar de ser uno de los menores constituyentes de la atmósfera terrestre, correspondiendo tan sólo el 0.0400 % (1), posee propiedades diferenciadas. El movimiento de las moléculas de CO₂ y sus vibraciones absorben la energía de la radiación infrarroja, sin embargo, la energía atrapada es re-irradiada a la superficie, lo cual incrementa la cantidad de radiación almacenada y así induciendo aún más un desbalance energético. La concentración de CO₂ en la atmósfera ha estado incrementándose al menos desde la revolución industrial, o inclusive mucho antes, cuando los humanos comenzaron a despejar espacios forestales para obtener madera y usar fuego, y más específicamente, quemar carbón para generar electricidad.

En consecuencia, habiéndose generado este desbalance de energía y observando sus efectos en el pasado cercano y en la actualidad, hubo la necesidad de creación de mecanismos internacionales que permitiesen frenar la liberación de las emisiones de GEI así como su remoción de la atmósfera.

2.2.1.2 LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC)

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) surgió en Nueva York, el 9 de mayo de 1992 y entró en vigencia el 21 de marzo de 1994. Tiene como objetivo principal

estabilizar los niveles de GEI y evitar los efectos perjudiciales estimados en caso de no tomar medidas de mitigación.

La CMNUCC proporciona respuestas adecuadas para ralentizar en lo posible el avance del Cambio Climático. Este Convenio estimula la implementación de políticas nacionales y la creación de un Mercado Internacional de Carbono como principal atractivo para el cumplimiento de las obligaciones de mitigación de los miembros participantes. La CMNUCC está conformada por los siguientes órganos:

1. Conferencia de las partes (COP). Como órgano supremo, se encargada de fiscalizar y evaluar el cumplimiento de los acuerdos y compromisos adoptados por los países miembros. También encargada de orientar las acciones correspondientes a los Mecanismos de Desarrollo Limpio, efectuando recomendaciones y tomando decisiones sobre aquellas que pudiesen ser emitidas por los órganos encargados. La primera COP fue realizada en Berlín en el año 1995, siendo llevada a partir de entonces cada año hasta la actualidad.
2. Secretaría. Encargada de la parte administrativa y protocolar.
3. Órgano Subsidiario de Asesoramiento Tecnológico y Científico. Ofrece asesoramiento a la COP en temas tecnológicos y científicos.
4. Órgano Subsidiario de Ejecución. Apoya a la COP a efectuar la evaluación y examinación del cumplimiento de los miembros sobre sus obligaciones.

En el año 1995 se determinó que los lineamientos establecidos por la CMNUCC eran inadecuados para lograr los resultados esperados, por consiguiente, en el año 1997, se adoptó el Protocolo de Kioto, acuerdo mediante el cual se establecieron obligaciones y responsabilidades vinculadas a la mitigación de los GEI, ahora, exigibles para las partes suscritas.

2.2.1.3 PROTOCOLO DE KIOTO

El Protocolo de Kioto es un acuerdo internacional conformado, actualmente, por 192 países miembros, surgida como producto de la tercera reunión de la COP, el 11 de diciembre del año 1997 en Kioto, Japón. Es uno de los tratados más complejos jamás negociados, en dónde los países desarrollados y en vías de desarrollo acordaron aplicar políticas y medidas que conllevaran a una reducción efectiva de los GEI. Dichas reducciones fueron propuestas inicialmente para el período 2008 - 2012, sin embargo, se estableció en la COP 17 (2013) un segundo periodo, 2013 – 2015.

Uno de los principales logros del Protocolo de Kioto frente a la CMNUCC es que, ha establecido compromisos cuantificables para la reducción de los GEI, en lugar de tan sólo fomentar su reducción.

LA CMNUCC divide a los países miembros en tres grupos principales de acuerdo a sus compromisos:

1. Anexo I: Conformado por los países industrializados que formaron parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE), además de los países en economías de transición.
2. Anexo II: Conformado por los países de la OCDE que tienen economías desarrolladas.
3. Partes No-Anexo I: Conformado por la mayoría de países en desarrollo.

Es necesario resaltar que los principales emisores de GEI a nivel mundial. China y EE. UU., no han asumido compromisos sólidos que los obliguen a efectuar reducciones determinadas de GEI. Los objetivos del Protocolo pueden ser conseguidos a través de eventos internos, sin

embargo, las partes pueden reducir también los GEI en otros países, a menor costo, a través del uso de tres flexibles mecanismos:

1. Implementación conjunta. Mecanismo que permite a los países desarrollados invertir, conjuntamente, en proyectos que reduzcan las emisiones de GEI con el fin de que puedan cumplir con los compromisos adoptados.
2. Mecanismos de Desarrollo Limpio. Mecanismo que permite a los países desarrollados o sus empresas, realicen proyectos de inversión en países en vías de desarrollo con la finalidad de mitigar la emisión o secuestrar GEI.
3. Comercio Internacional de emisiones. Mecanismo a través del cual se puede negociar la transferencia de las reducciones de carbono entre los países desarrollados, que están basados en la compra de derechos de emisión, a aquellos países que se encuentran por debajo de las cuotas de emisión.

Aunque el Protocolo de Kioto ha sido duramente criticado por comprender mecanismos de flexibilización que permiten a los países desarrollados continuar con su tendencia de desarrollo a través de la compra de cuotas de contaminación, resulta una oportunidad de desarrollo para el Perú que comprende una vasta cantidad de recursos naturales.

2.2.1.4 MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO (MDL)

Los MDL ya han sido implementados en más de 50 países en desarrollo bajo la autoridad legal de la COP el cual está actuando como cuerpo institucional intermediario del Protocolo.

Es el único mecanismo que permite la interacción y participación de los países en vías de desarrollo, como el Perú, con los países del Anexo I. A través de este mecanismo, los países en vías de desarrollo se

benefician de la inversión, nueva tecnología y de la obtención de beneficios económicos.

Los países miembros del no-anexo que contribuyan al desarrollo sostenible pueden obtener certificados de reducción de emisiones (CERs, por sus siglas en inglés). El artículo 12 del Protocolo crea un esquema de comercio internacional “Línea base y crédito” con grandes niveles de cobertura en término de actividades y tipos de miembros. Al crear activos con valor de mercado los MDL tienen la intención de canalizar la inversión del sector privado hacia proyectos amigables con el clima que no podrían, de otro modo, haber tomado lugar. Por consiguiente, la participación de los países en desarrollo en los MDL se convierte en una importante contribución a la mitigación climática (2).

2.2.1.5 MERCADO INTERNACIONAL DE CARBONO

El Mercado Internacional de Carbono es el conjunto de operaciones a través de las cuales se negocian los derechos de emisión, reducción y captura de GEI. En este mercado se recogen las operaciones de compra y venta de derechos de emisiones (los cuáles pueden surgir de distintos sistemas) entre países en vía de desarrollo y/o industrializados, con fin de poder cumplir los compromisos adoptados en el Protocolo de Kioto (2).

Dicho Mercado tiene como objetivos ayudar a países del Anexo I a cumplir sus obligaciones de reducción de emisiones de GEI y en consecuencia mitigar sus efectos perjudiciales en el ambiente de una manera rentable. Todo ello se debe a que los países del Anexo I pueden comprar y vender derechos de emisión y, por tanto, reducir sus emisiones al costo mínimo (2)

El funcionamiento de este mercado es de la forma siguiente: Los estados miembros del Anexo I suelen elaborar Planes Nacionales de Asignación (PNA) de acuerdo con los cuales se establecen límites de emisiones a sus empresas. Dentro de este límite, las empresas pueden comprar y vender derechos de acuerdo con sus necesidades para, a fin de año, entregar una cantidad de derechos equivalentes a sus emisiones. De esta forma, las emisiones quedan reducidas donde es más rentable.

En consideración a lo anteriormente expresado, resulta evidente que este mercado sea altamente atractivo para los países en vías de desarrollo. En efecto, los países industrializados en general cuentan con tecnologías más eficientes, razón por la cual el costo de oportunidad de reducir las emisiones de GEI en esos países resulta mayor al costo de realizar dichas inversiones en países en vías de desarrollo.

Por tanto, este mercado ha creado una serie de oportunidades para los países en vías de desarrollo, como el Perú, ya que permite desarrollar proyectos MDL a partir de los cuales es posible originar CERs y a la par, generar ingresos adicionales a los que podrían derivarse de un determinado proyecto de inversión o negocio, así como acceder a tecnología amistosa con el ambiente (2).

2.2.1.6 MERCADO DE KIOTO

2.2.1.6.1 PRODUCTOS NEGOCIADOS EN EL MERCADO DE KIOTO

Como consecuencia del Protocolo de Kioto existe la necesidad de reducir las concentraciones de GEI de los países del Anexo I, que podrían ser alcanzados de las siguientes maneras:

1. Efectuando una reducción de las emisiones de GEI que se producen actualmente.

2. Realizando la captura de los GEI actuales en el ambiente.

Cada uno de los GEI contribuye en mayor o menor medida al calentamiento global, por ello el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático creó un indicador llamado Potencial de Calentamiento Global (PCG) que es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con un gas de referencia, el CO₂, siendo su valor la unidad. Este indicador permite establecer una equivalencia entre dichos gases, conllevando a la simplificación y potenciación del mercado de carbono (2).

Por ejemplo, el PCG del CH₄ durante 100 años es 25 y del N₂O es 298, lo que significa que las emisiones de una tonelada métrica de CH₄ o de N₂O son equivalentes a las emisiones de 25 y 298 toneladas métricas de dióxido de carbono respectivamente. Uno de los gases fluorados, el HFC23, es 12 000 veces más potente que el CO₂ considerando un periodo de 20 años, convirtiéndose incluso en más potente (y por tanto “peligroso” para el clima) si contemplamos un periodo de 100 años, tiempo en el cual su PCG llega a 14.800 (2).

De lo descrito con anterioridad es derivable el concepto de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) que es una medida internacionalmente aceptada que expresa la cantidad de GEI en términos equivalentes de la cantidad de CO₂, Esta equivalencia lleva en cuenta el PCG de los gases envueltos y calcula cuanto de CO₂ sería emitido si todos los GEI fuesen emitidos con ese gas. Esta medida es usada para comparar emisiones de diversos GEI medido en un período de tiempo especificado (generalmente 100 años). Por ejemplo. El PCG del CH₄ y del N₂O son 21 y 310 respectivamente, eso significa que la emisión de 1 millón de toneladas métricas de estos gases es equivalente a las

emisiones de 21 y 310 millones de toneladas métricas de CO₂, respectivamente (2).

A pesar de ser el CO₂ el gas con menor PCG, su característica de re-irradiación a la superficie y sus concentraciones actuales en la atmósfera, lo convierten en el más significativo de los GEI y así pasar a ser el elemento de transacción, entonces, es evidente que para generar transacciones dentro del mercado de Kioto fue necesario un documento que representara las toneladas de CO₂ y que contara con los elementos necesarios de seguridad que permitiesen su transferencia dentro del referido mercado (2).

A raíz de la equivalencia del PCG de los GEI se inventaron dos productos diferentes para la transferencia de las toneladas de dióxido de carbono reducidas o capturadas del ambiente vía AAUs (excedentes en el límite de emisiones en los países del Anexo I), CERs (generados a través de los Proyectos MDL) y ERUs (adquiridos por el mecanismo de aplicación conjunta). Estos derechos pueden negociarse en operaciones bilaterales (empresa-empresa), intermediarios de mercado o, a través de bolsas de derechos de emisiones de CO₂ (2).

2.2.1.6.2 CERTIFICADOS

Los Certificados, también conocidos como bonos de carbono, son emitidos de manera exclusiva por la Junta Directiva de la Organización de las Naciones Unidas, son documentos a través de los cuáles se acredita la reducción de emisiones de GEI por medio de la mitigación o captura de CO₂. La unidad base es 1 CER equivalente a 1 tonelada de CO₂ (2).

2.2.1.6.3 PRE CERTIFICADOS

Los Pre certificados son documentos que representan una promesa de mitigación de 1 tonelada de dióxido de carbono. Estos permiten efectuar la transferencia de futuras mitigaciones de carbono por lo que su precio es mucho menor al de los certificados pues los riesgos involucrados son aún mayores al no ser aprobado por la Junta Directiva de la Organización de las Naciones Unidas (2).

2.2.1.6.4 PRECIOS DE LOS DERECHOS DE EMISIÓN

El precio de los certificados dentro del Mercado tiene una variabilidad constante formada por la oferta y la demanda del mismo de acuerdo con las operaciones entre compradores y vendedores. Su valor es sumamente volátil a razón de que se ve afectado por factores como el clima, situaciones político-económicas y el volumen de asignaciones (2).

El valor aumenta también si está autorizado por la Junta Directiva de la ONU ya que puede ser usado instantáneamente para certificar emisiones, caso contrario, se genera un riesgo mayor al no ser certero y por tanto disminuye su valor (2).

2.2.1.6.5 OFERTA Y DEMANDA DEL MERCADO DE CARBONO

El tamaño potencial del Mercado de Kioto se encuentra directamente relacionado a los compromisos vinculantes referentes a la mitigación de GEI que efectuaron los países del anexo I del Protocolo de Kioto, toda vez que sobre estos últimos recaen todos los compromisos vinculantes de reducción de GEI (2).

2.2.1.6.6 DEMANDA

La demanda de los CERs se encuentra determinada por las obligaciones de reducción de emisiones que poseen los países del anexo I del Protocolo de Kioto. El universo de compradores está compuesto por fondos privados, fondos mixtos, fondos gubernamentales y fondos multilaterales que tienen como objetivo financiar proyectos MDL para luego adquirir los derechos de reducción de GEI con la finalidad de cumplir con las obligaciones que sus instituciones o gobiernos tienen de conformidad con el Protocolo de Kioto (2).

2.2.1.6.7 OFERTA

Actualmente el Mercado de Kioto se compone principalmente de transacciones de ERUs y CERs, sin embargo, no son los únicos productos transferidos en el mercado de carbono, pues dentro del Protocolo se establecieron otros mecanismos con la finalidad de mitigar o capturar los GEI. Las transacciones de CERs se producen, por lo general, entre los desarrolladores de Proyectos MDL en países que se encuentran en vías de desarrollo y los compradores, que por lo general son entidades y gobiernos de países desarrollados que se encuentran dentro del Anexo I del Protocolo de Kioto (2).

2.2.1.6.8 INTERMEDIARIOS

Existen otros actores dentro del mercado que apoyan al desarrollo del mismo, es así como se forman los corredores, comerciantes, entidades financieras, consultores e instituciones financieras. Estos contribuyen a la generación de liquidez dentro del mercado debido a que buscan oportunidades de desarrollo de Proyectos MDL, así reúnen

la oferta y la demanda de dichos proyectos, facilitando su implementación y desarrollo (2).

2.2.1.7 MERCADOS VOLUNTARIOS DE CARBONO

Los mercados voluntarios de carbono incluyen todas las transacciones de créditos de carbono que no están bajo el reglamento referente al cumplimiento de metas de reducción de emisiones, incluyendo tanto las transacciones de créditos creados especialmente para los mercados voluntarios (VERs – Verified Emission Reductions) como las operaciones en las que se venden créditos de los mercados regulados (como los CERs del MDL) a compradores voluntarios. Los mercados voluntarios de bonos de carbono aún no se han expandido como los mercados regulados bajo el protocolo de Kioto, no obstante, está propagándose con rapidez, especialmente en Norteamérica (2).

Hasta el año 2010, las transacciones realizadas en los mercados voluntarios de Carbono podían ser divididas principalmente en dos segmentos: las efectuadas en el marco del Chicago Climate Exchange (CCX), el principal programa norteamericano de reducción de emisiones, y las transacciones realizadas “Over the Counter” (OTC), que incluye las operaciones directas efectuadas entre dos partes mediante un intermediario financiero. En el año 2011, un 80% de todas transacciones en los mercados de carbono fue negociado por compradores voluntarios (2).

2.2.1.7.1 EL CHICAGO CLIMATE EXCHANGE (CCX) Y SUS SUCESORES

Richard Sandor, un economista del “Chicago Board of Trade” lanzó en el 2003 un sistema de comercio de reducción de emisiones de GEI basados en reglamentos legalmente vinculados sólo para

voluntarios de Norteamérica, él lo llamó la plataforma de comercio del Chicago Climate Exchange (CCX).

El intercambio se refiere a los créditos de carbono comerciados como instrumentos financieros de carbono (CFIs, por sus siglas en inglés) medido en tCO_{2e} y restringido al comercio de miembros que voluntariamente se registraron dentro de una política de reducciones obligatorias. Durante la fase piloto (fase I) (2003-2006) los miembros acordaron reducir las emisiones de GEI en 1 por ciento por cada año de una línea base determinada por sus emisiones promedios durante el periodo 1998-2001. La segunda meta (fase II) fue reducir el total de emisiones al 6 por ciento al 2010.

Como los mercados de carbono en general, el CCX comerció 6 diferentes tipos de GEI medidos en términos de tCO_{2e}. La mayoría del comercio en el CCX está basado en compensaciones, en lugar de estar basados en proyectos, en otras palabras, el CCX opera como un sistema de comercio de “cap-and-trade” (límite de emisiones y comercio de derechos, derivándose la reducción de emisiones al coste mínimo) en los cuáles los miembros acuerdan limitar las emisiones a un nivel determinado para comerciar compensaciones con otros participantes, cuando estos estén por debajo o sobre su objetivo. Cuando el CCX permite a los miembros comprar compensaciones como una forma de reunir objetivos de emisiones, las compensaciones inscritas en el Intercambio son contadas como el 10 por ciento del total de emisiones verificadas. En el tiempo y lugar que los proyectos sean usados, el CCX requiere que una tercera parte de la organización aprobada verifique que los proyectos de reducción de emisiones y reúnan los estándares requeridos por el Intercambio (27).

Desde su lanzamiento en el 2003, el CCX ha crecido en socios de 19 instituciones a más de 350, principalmente pertenecientes al sector

filantrópico, gubernamental y de negocios. En el 2007 el CCX comerció 23 millones de tCO₂e por un total de US\$ 2.7 millones (encima de los 1.45 millones de tCO₂e comercializada en el 2005 a un valor de US\$ 2.7 millones). Valor del mercado total a través del primer cuarto del 2008 fue en US\$ 81 millones.

En el 2005, el CCX creó el European Carbon Exchange (ECX), una subsidiaria integral, y se convirtió en la plataforma comercial más grande de intercambio de créditos de carbono de la Unión Europea. El CCX también anunció la creación de 3 nuevos intercambios en el 2006: El Montreal Climate Exchange (MCeX), el Northeastern Climate Exchange (NECX) y el New York Climate Exchange (NYCX). Estas iniciativas fueron designadas para interactuar con los esquemas de créditos de carbono en Canadá y con el Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) en el noreste de los Estados Unidos. El primer comercio realizado en el MCeX tomó lugar en mayo del 2008, lanzando el primer mercado de comercio en Canadá (27).

En noviembre del 2010, el CCX afirmó que cesaría el comercio de créditos de carbono a finales del 2010, aunque el intercambio de carbono aún estaría posibilitado. Tras este cierre, a finales del mismo año el mercado registró transacciones de carbono en un monto de 131 millones de tCO₂e, la mayor parte a través de la OTC (2).

Tras el cese de su actividad comercial, el CCX fue adquirido por el Intercontinental Exchange (ICE) por aproximadamente US\$600 millones. En el 2012 ICE cerró el Chicago Climate Futures Exchange, citando bajos volúmenes de comercio debido a una incapacidad de los Estados Unidos para promulgar la legislación del sistema “cap-and-trade”. ICE entonces, sustituyó sus contratos climáticos basados en las leyes estadounidenses a su plataforma OTC en Europa.

Aunque el futuro de este mercado no es predecible, hay una certeza de que su tendencia es de crecimiento y no de desaparición (2). Por tanto, las transacciones de créditos de carbono en mercados voluntarios es una opción atractiva para el Perú, ya que las empresas nacionales que no puedan acceder o cumplir con los requisitos exigidos por el Protocolo de Kioto tendrán la opción de realizar proyectos generando VERs. En adición, resulta importante tener en cuenta que los CERs generados por empresas que cumplen con los requisitos del Protocolo de Kioto, pueden optar por vender los CERs en la plataforma comercial del CCX, lo que amplía sus posibilidades de demanda.

2.2.1.7.2 EL EU EMISSIONS TRADING SYSTEM (EU ETS)

El EU Emissions Trading Systems (EU ETS) es una parte fundamental de la política de la Unión Europea para combatir el cambio climático y la herramienta clave para reducir el costo-efectividad de las emisiones de GEI industriales. El primer -y por mucho el más grande- sistema internacional para el comercio de concesiones de emisiones de GEI, el EU ETS cubre más de 11000 estaciones eléctricas y plantas industriales en 31 países, así como aerolíneas (28).

La EU ETS trabaja bajo el principio “cap and trade” o “limitar y negociar”. Un “cap” o límite es el conjunto de la cantidad total de GEI certeros que pueden ser emitidos por las fábricas, plantas de energía y otras instalaciones en el sistema. El “cap” es reducido a lo largo del tiempo hasta que el total de emisiones caigan.

En el 2020, las emisiones de los sectores cubiertas por el EU ETS serán 21% más bajo que en el 2005. Al 2030, la Comisión propone que ellos serían 43% más bajo (28).

Dentro del “cap”, las compañías reciben o compran permisos de emisiones que ellos puedan comerciar con aquellos que también lo necesiten. Ellos pueden también comprar cantidades limitadas de créditos internacionales de proyectos de ahorro de emisiones alrededor del mundo. El límite en el número total de permisos disponibles asegura que ellos tengan un valor.

Para cada año una compañía debe entregar suficientes permisos para cubrir todas sus emisiones, de otro modo, son impuestas penalidades severas. Si una compañía reduce sus emisiones, puede mantener los permisos de reserva para cubrir sus necesidades futuras o de otra forma venderlos a otra compañía que está carente de permisos. La flexibilidad que el comercio trae asegura que las emisiones son cortadas donde tienen un valor mínimo para hacerlo así.

Para poner un precio al carbono y por medio de eso brindar un valor financiero a cada tonelada de emisiones ahorradas, el EU ETS ha colocado al cambio climático sobre la agenda de la junta de la compañía y sus departamentos financieros a través de Europa. Un precio alto de carbono suficiente también promueve inversiones en tecnologías limpias y de baja liberación de carbono.

Al permitir a las compañías comprar créditos internacionales, en EU ETS también actúa como un mayor conductor de inversiones en tecnologías limpias y soluciones bajas de carbono, particularmente en países en desarrollo. Lanzado en el 2005, el EU ETS está ahora en su tercera fase, funcionando del 2013 al 2020 (28).

2.2.1.8 ESTADO ACTUAL DE LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Muchas investigaciones sobre el Cambio Climático han sido publicadas hasta el presente año. Así, el Panel Intergubernamental

sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), como autoridad más importante sobre el Cambio Climático en existencia debido a la inclusión de cientos de expertos voluntarios de todo el mundo, ha reportado informes sobre el estado del clima terrestre desde el año 1990. El quinto reporte de evaluación ha sido lanzado en el intervalo de tiempo de setiembre del 2013 a octubre del 2014. De él se pueden obtener 13 hitos explicados a continuación:

1. El Cambio Climático está ocurriendo en este momento y continuará por muchos años, pues el futuro es predecible.
2. Los cambios climáticos que nosotros testimoniamos ahora son críticos. Las concentraciones atmosféricas de CO₂, CH₄ y N₂O se han incrementado a niveles sin precedentes en los últimos 800 000 años (basados en registros en capas de hielo). Las concentraciones de CO₂ se han incrementado en un 40% desde la época preindustrial, principalmente por emisiones de combustibles fósiles y secundariamente por las emisiones de cambio de uso de tierra.
3. Las actividades humanas son la causa y las huellas dactilares en la atmósfera, las pruebas.
4. El cambio climático del planeta continuará por un tiempo indefinido debido a la inercia del sistema climático y aún más debido a los gases de efecto invernadero que ya se encuentran dentro del sistema.
5. Habrá más olas de calor en número y proporción.
6. Habrá tormentas de gran magnitud y frecuencia.
7. Tanto el hielo como la nieve perderán volumen, habrá del calor terrestre y estaciones, el verano será más largo y el invierno más corto.
8. El nivel del mar se incrementará dado que las capas de hielo colapsarán.

9. La acidificación de los océanos proseguirá pues absorberán cerca del 30 % del CO₂ antropogénico.
10. Los cambios climáticos estarán con nosotros por un largo período, la mayoría de sus aspectos persistirán por muchos siglos aún si las emisiones de CO₂ son detenidas.
11. Los seres humanos tienen que tomar, ahora, decisiones para el futuro.
12. El calentamiento global es irreversible. Una gran fracción del cambio climático antropogénico resultante de las emisiones de CO₂ continuará en un intervalo de tiempo de siglos a milenios, excepto en el caso de una remoción total y a gran escala del CO₂ de la atmósfera.
13. La humanidad debe concentrarse en tendencias de largo plazo, no en periodos cortos de tiempo. Debido a la variabilidad natural, tendencias basadas en registros de corto plazo son mucho más sensibles a los datos iniciales y finales por lo que no reflejan, en general, cursos definidos en tiempos futuros.

Separadamente de las investigaciones del IPCC, otras instituciones e investigadores independientes de gran renombre, han informado sobre el estado de la ciencia del cambio climático a finales del 2014. Para liberar los resultados se utilizó un gran número de experimentos de modelación. Estos investigadores advirtieron los peligros del calentamiento global especialmente desde 1988, pero lamentablemente siguen siendo ignorados hasta el día de hoy. En el 2015, THOMAS (1) describió un resumen de los resultados de estas investigaciones, algunos de ellos relacionados a los GEI son descritos a continuación:

1. Un reporte de la revista “Global and Planetary Change” en abril del 2013, demuestra que cada molécula de CO₂ añadido desde 1980 han sido liberados por emisiones humanas. Unas pocas moléculas provienen de erupciones volcánicas.

2. La concentración de CO₂ en la atmósfera ha sobrepasado los 400 ppm, según mediciones de la estación “Mauna Loa” en Hawai, lugar de medición más antigua del mundo. Muchos científicos estimaron una cantidad de 350 ppm como límite máximo permisible, el planeta se encuentra en estado de alerta.
3. Según la revista Science en el 2013, hidratos de metano (moléculas de metano cubiertos de agua bajo condiciones de alta presión y bajas temperaturas), que yacen en los fondos marinos están siendo liberados del Océano Ártico, cercanamente a Siberia del Este, alcanzando niveles de 2 600 ppb (partes por billón), algunos autores de dicha publicación señalan que esto podría producir “explosiones” y de ser así cada 50 billones de toneladas métricas de metano calentaría el planeta en 1.3 °C. El 15 de diciembre del 2013, el burbujeo de metano en el fondo del mar tuvo tanta fuerza que pudo sobrepasar barreras de hielo marino.
4. Según investigaciones de la revista Nature en el año 2012, también está siendo liberado metano en la Antártida, provocando tasas de derretimiento de 150 kilómetros cúbicos por año.
5. Sequías en el Amazonas activan la liberación de más carbono que los Estados Unidos en el 2010, revista Science, febrero del 2011.
6. Según publicación del 1 de agosto del 2013 en un apartado de la revista Science, en tiempos cercanos, el clima cambiará las secuencias de intensidades más rápido que en cualquier otro tiempo, sólo comparado 65 millones de años atrás, desde la extinción de los dinosaurios.
7. En un artículo de la revista “Proceedings of the National Academy of Sciences” publicado el 22 de julio del 2013 se afirma que los bosques boreales sufren incendios con una tasa superior al de los últimos 10 000 años.
8. La exposición a rayos solares en suelos permafrost expuestos, incrementa la actividad microbiana de liberación de carbono,

acelerando así el descongelamiento y por tanto liberación de metano.

9. La acidificación del océano conduce a la liberación de menos dimetil sulfito (DMS) por plancton. Los DMS protegen a la Tierra de la radiación, según revista Nature Climate Change, 25 de agosto del 201. El plancton es la base de la cadena alimenticia marina y está al borde de la extinción.
10. La elevación de la temperatura de los océanos desordenará el ciclo natural del dióxido de carbono, nitrógeno y del fósforo, consecuentemente reducirá el plancton en los lechos marinos.
11. El hielo ártico se está volviendo más oscuro, reflejando menos luz y aumentando el calentamiento en el Ártico.
12. Según la revista Geology reportado en setiembre del 2013, la elevación del nivel de mar causará el colapso de laderas, tsunamis y la liberación de metano.
13. Según modelos de Simulación del IPCC del año 2007 se estima que la Tierra se calentará de 2 a 6 °C a finales de este siglo, dependiendo de cuán rápido sean el crecimiento de las emisiones de CO₂. Estos escenarios son predichos asumiendo niveles constantes de liberación del referido gas.

2.2.2 CARBONO Y SU CICLO

2.2.2.1 CARBONO

Hay más de un millón de componentes de carbono (C) de los cuales muchos miles son necesarios para la vida. El C en forma elemental es conocido como carbono amorfo (grafito y diamante). Los átomos de C pueden cambiar su estado de oxidación de +4 a -6, ocurriendo mayormente el estado +4 bajo la forma de CO₂ y en forma de carbonatos. Entre los siete isótopos del carbono (¹⁰C, ¹¹C, ¹²C, ¹³C, ¹⁴C, ¹⁵C, ¹⁶C), dos de ellos (¹²C y ¹³C) son estables y los demás son radiactivos con un

promedio de vida entre 0.74 segundos (^{16}C) a 5726 años (^{14}C). ^{12}C es el isótopo más abundante constituyendo el 99% del C en los ecosistemas. Las variaciones isotópicas son importantes para calcular los flujos en reservorios de C (29).

El C es uno de los bloques constructores de la vida en la Tierra. Brinda la estructura para los carbohidratos, grasas y proteínas tanto en materiales orgánicos vivos y muertos de plantas, animales y de los seres humanos. Además, es componente importante de la materia orgánica del suelo. El C existe también bajo formas inorgánicas y está presente en todos los ecosistemas. En la atmósfera, está presente como dióxido de carbono (CO_2). Cantidades menores de C gaseoso ocurren como metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) y otros gases contenedores más grandes. En la litósfera el C es el mayor constituyente de piedra caliza, existiendo como carbonatos de calcio y magnesio (CaCO_3 y $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). En el océano y agua clara, está presente en forma de carbonatos disueltos. El flujo de C ocurre entre diferentes esferas, conduciendo a lo que es generalmente llamado como ciclo de carbono. Los flujos dominantes del C global son aquellos que vinculan el CO_2 atmosférico a la biósfera terrestre y océanos. La Tierra contiene aproximadamente 10^5 Pg de C (1 Pg = petagramo = 10^{15} g = 1 billón de toneladas) (29).

2.2.2.2 DIÓXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono (CO_2) es un componente químico de dos elementos carbono y oxígeno en la proporción de uno a dos. Bajo condiciones normales, está presente en la atmósfera en pequeñas cantidades y juega un rol vital en el ambiente de la Tierra como un ingrediente necesario en el ciclo de vida de plantas y animales. Las actividades antropogénicas que causan la emisión de CO_2 son la combustión de combustibles fósiles y otros materiales contenedores, la fermentación de componentes orgánicos como el azúcar y la respiración

de seres vivos. Fuentes naturales de CO₂, incluyendo actividad volcánica, dominan el ciclo de carbono de la tierra.

El gas de CO₂ tiene un olor ligeramente irritante, es incoloro y menos denso que el aire. Si bien es un menor constituyente del aire, altas concentraciones de CO₂ pueden ser peligrosos para los seres vivos (30).

2.2.2.3 CICLO DE CARBONO

El ciclo de carbono es de interés superior para la biogeoquímica y vida en la Tierra. En la atmósfera el C está presente principalmente bajo la forma de CO₂. Menores cantidades de C gaseoso ocurren como CH₄, CO y otras moléculas más grandes contenedoras de C. Los organismos fotosintéticos capturan la energía solar, convierten el CO₂ atmosférico a componentes orgánicos y liberan O₂. El cambio climático global trajo un incremento del efecto invernadero del CO₂ proveniente de combustibles fósiles en la atmósfera, durante las últimas décadas ha inducido a investigaciones relacionadas al C.

2.2.2.3.1 INTERCAMBIO BIÓSFERA-ATMÓSFERA DE DIÓXIDO DE CARBONO

Grandes cantidades y flujos de intercambio de C son encontrados en la atmósfera, biota terrestre y suelos. Los flujos dominantes del ciclo global de C son aquellos que depositan el CO₂ atmosférico a la biomasa primaria y los océanos (figura 2). La producción primaria neta en el suelo está estimada en 60Pg CO₂-C año⁻¹, y corresponde con el índice de respiración anual. Teniendo en cuenta estos flujos y los reservorios de CO₂-C en la atmósfera de aproximadamente 765Pg, el tiempo de residencia promedio de CO₂ en la atmósfera es cerca de 5.3 años. La concentración atmosférica tiene un incremento anual de 0.4 % causado principalmente, por la liberación a partir de combustibles fósiles (29). El almacenamiento anual de absorción de

los océanos ($92.2 \text{ PgC año}^{-1}$) es levemente más grande que el retorno hacia la atmósfera ($90.6 \text{ PgC año}^{-1}$). Esta asimilación de los océanos de $1.6 \text{ PgC años}^{-1}$ es relativamente pequeña comparada con los otros flujos (29).

Las concentraciones de CO_2 atmosférico varían de acuerdo a los patrones estacionales. Durante el verano, en ambos hemisferios, hay una fijación total de C pues la fotosíntesis excede a la respiración, mientras que, durante el resto del año, la respiración total excede a la fotosíntesis neta, esto es, hay una liberación de CO_2 .

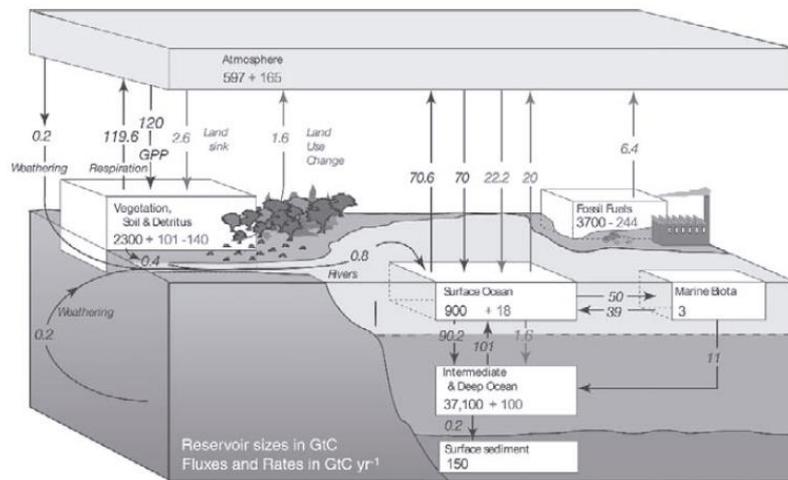


Figura 2. El ciclo de carbono global para el año 1990 mostrando los flujos principales anuales en PgC año^{-1} . Los flujos preindustriales están graficados en negro y los antropogénicos en gris (29).

La mayoría del C almacenado en la biota de la Tierra y suelos está asociada con los bosques. Hasta cerca de los años 1960, el CO_2 liberado por remoción de suelos ha excedido a la liberación de combustión de combustibles fósiles. En 1990, el CO_2 estimado liberado por la deforestación en los trópicos (1.6 PgC año^{-1}) fue parcialmente compensado por el CO_2 acumulado a través del recrecimiento de bosques en regiones templadas (0.7 PgC año^{-1}) (29).

2.2.2.3.2 INTERCAMBIO OCÉANO-ATMÓSFERA DEL DIÓXIDO DE CARBONO

El CO₂ se mueve entre la atmósfera y el océano por difusión molecular cuando existe una gradiente de presión de CO₂ (pCO₂) entre ambos. El flujo neto total de la atmósfera al océano es de 91.9 PgC año⁻¹ y del océano a la atmósfera es 90.6 PgC año⁻¹, incluyendo una contribución antropogénica de 21.9 y 20 Pg C año⁻¹, respectivamente.

Durante los últimos años, avances significantes han sido hechos vía separación del CO₂ disuelto en el océano. Un inventario global de CO₂ en los océanos produce un monto de 112 +/- 17 Pg CO₂-C con las concentraciones más altas de CO₂ en latitudes medias y las más bajas cercanas al ecuador, así como en océano sureños de alta latitud. Aproximadamente el 25 % del inventario total de CO₂ antropogénico es del Atlántico Norte, una importante región para la formación de aguas más profundas, otro ~56 % está almacenado en el hemisferio sureño. Los océanos pueden, por tanto, tener un potencial a largo plazo de tomar la mayor parte de CO₂ antropogénico (29).

2.2.2.3.3 TRANSPORTE DE CARBONO HACIA LOS OCÉANOS VÍA SISTEMAS FLUVIALES

El transporte de carbono por ríos y aguas subterráneas de los continentes hacia los océanos es un importante flujo en el ciclo de C global (figura 2). Los ríos también mueven productos de C inorgánico hacia los océanos, tales como carbonatos los cuales resultan de la erosión de las rocas. Estimaciones sobre la transferencia de C hacia los océanos son complicados, debido a las dinámicas diversas de sus componentes y por la escasez de información. Los seres humanos han incrementado significativamente las concentraciones de C y otros nutrientes en los ríos. A través de un uso de tierras intensificado. Hasta 100 veces más sedimento y C asociado es transportado hacia los océanos en comparación a condiciones de pre-cultivación (31).

2.2.2.3.4 EL CICLO GLOBAL DE CARBONO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

El C es un elemento fundamental para la vida en la Tierra. La vida contribuye a la regulación del contenido de C en la atmósfera, considerando que las fuerzas geológicas predominan en grandes períodos de tiempo. Más importante, la temperatura de la Tierra y el contenido de C de la atmósfera están correlacionadas en periodos geológicos. El ciclo de C describe el ciclo biogeoquímico de C entre la atmósfera, biósfera, hidrosfera, pedósfera y geósfera. Los procesos del ciclo de carbono toman lugar de horas a millones de años y tanto en corto como en largo plazo son distinguidos. El ciclo de C a largo plazo, en particular, describe el intercambio de C entre las rocas y el sistema superficial (océano, atmósfera, biósfera y suelo). Este ciclo es el principal controlador de las concentraciones del CO₂ atmosférico sobre períodos geológicos (>100 000 años) (32).

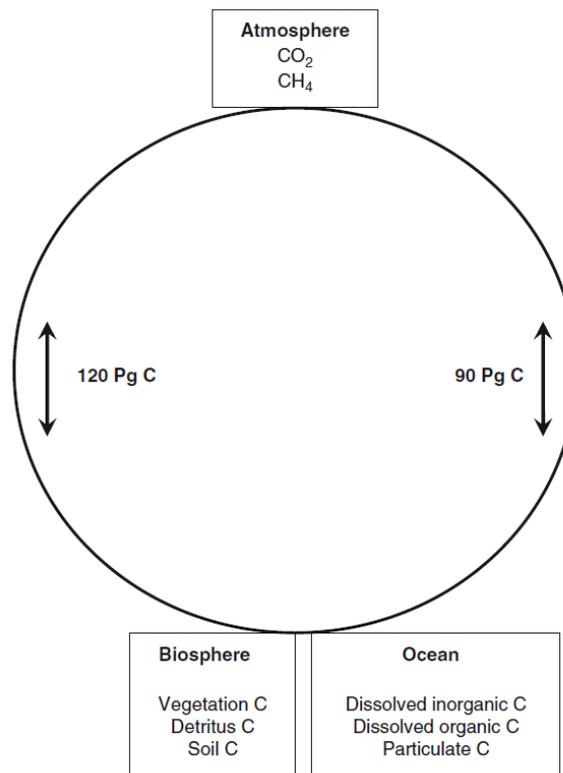


Figura 3. Representaciones simplificadas del ciclo de C natural a corto plazo entre la atmósfera y biósfera y entre la atmósfera y el océano.

Fuente: (32).

Los mayores gases carboníferos en la atmósfera son el CO₂, CH₄, monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no—metano, sin embargo, sólo el CO₂ es relevante bajo la perspectiva del ciclo de C. Cualquier proceso, actividad o mecanismo que remueva GEI, aerosoles o sus precursores de la atmósfera es considerado como sumidero de C (33).

El ciclo de C a corto plazo es de importancia todavía mayor con respecto al secuestro de carbono en ecosistemas terrestres (figura 3). Este ciclo controla la concentración atmosférica de CO₂ y CH₄ a través de flujos continuos de grandes cantidades de C a los océanos y biosfera terrestre. El C atmosférico fijado durante la fotosíntesis es retornado por respiración animal y microbial de las plantas, para ser luego liberado a la atmósfera como CO₂ en condiciones aeróbicas y CH₄ en anaeróbicas. En períodos anuales, los incendios incontrolados pueden ser fuentes significativas de CO₂ y CH₄, no obstante, el recrecimiento de vegetación subsiguiente contrarresta esta acción a través de la captura de CO₂ en intervalos temporales de 10 años a más.

Similar a los procesos de intercambio entre la superficie terrestre y su vegetación, el CO₂ es continuamente intercambiado entre la atmósfera y el océano. HCO₃⁻ y CO₃²⁻ (carbono inorgánico disuelto (CID)) son formados por la reacción del CO₂ y las capas superficiales de los océanos (figura 3). En invierno y altas latitudes, el CID es depositado en las profundidades de los fríos océanos. El crecimiento de fitoplancton en los océanos también absorbe CO₂ a través de la fotosíntesis, parte de este C se deposita como partículas y organismos muertos o es transformado en C orgánico disuelto. Durante el depósito, la mayoría de C particulado es respirado y eventualmente recirculado a la superficie como CID, sin embargo, algunas partículas alcanzan profundidades abisales y sedimentos oceánicos profundos,

algunos de los cuales son re-suspendidos y otros enterrados y conectados al ciclo de carbono a largo plazo. Así, el intercambio de CO₂ entre la atmósfera y el océano es regulado por la solubilidad y bombas biológicas que mantienen el gradiente vertical entre las capas de océano profundo y superficial (32).

2.2.2.3.5 AUTORREGULACIÓN DEL CICLO DE CARBONO

Según RAUPACH M.R (34) el crecimiento de CO₂ atmosférico es una respuesta directa a las emisiones de sus fuentes antropogénicas, sin embargo, no todo el CO₂ emitido permanece en la atmosfera. La cantidad de acumulación de CO₂ es determinada por el balance entre las entradas y salidas que puede ser representado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \left[\begin{array}{l} \text{Acumulación} \\ \text{de CO}_2 \\ \text{atmosférico} \end{array} \right] &= \left[\begin{array}{l} \text{Emisiones vía} \\ \text{procesos de combustión fósil} \\ \text{y otros procedimientos industriales} \end{array} \right] \\ &+ \left[\begin{array}{l} \text{Emisiones vía} \\ \text{Cambio de uso de Tierra} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Absorción de CO}_2 \\ \text{en el suelo} \end{array} \right] \\ &- \left[\begin{array}{l} \text{Absorción de CO}_2 \\ \text{en los océanos} \end{array} \right] \end{aligned}$$

Hay un intercambio bidireccional entre el C almacenado en la atmósfera como CO₂ y aquel almacenado en la biósfera de la Tierra y los océanos. Durante la época del Holoceno anterior a la era industrial (8000 – 200 años atrás), estos intercambios condujeron a un equilibrio en el cual la concentración de CO₂ atmosférico fue cercanamente estable a 278+/-5 ppm. Desde 1800 en adelante, fue acrecentado como el resultado de emisiones antropogénicas, conduciendo a una respuesta del ciclo de C en los cuales los depósitos de CO₂ redistribuyen el C excedente de la atmósfera dentro de los almacenes oceánicos y terrestres.

Depósitos de CO₂ oceánicos y terrestres existen debido al desequilibrio del ciclo de C global causado por emisiones de CO₂

antropogénicos y representan la tendencia del ciclo de C para restaurar un equilibrio o partición flujo-total-cero de C entre los almacenes oceánicos, terrestres y atmosféricos. Esta es una forma de autorregulación por el ciclo de carbono, en donde los depósitos de CO₂ manifiestan una respuesta equilibradora.

Sin embargo, existe un factor que indicaría una debilidad o pérdida de eficiencia en los depósitos oceánicos y terrestres: un decrecimiento a partir de respuestas no lineales de CO₂ elevado, disponibilidad de nutrientes, manejo de tierras, calentamiento, precipitación y cambios ecosistémicos. En este sentido, mientras ellos continúan creciendo con la elevación de CO₂ atmosférico, progresivamente están “perdiendo la carrera” contra los crecimientos exponenciales.

Una cuestión de crítica importancia es si la fuerte autorregulación del ciclo de C se debilitará significativamente en el aspecto de cambios climáticos ulteriores. Respuestas iniciales a esta cuestión han emergido de modelos de inter-comparaciones carbono-clima que indican un re-alzamiento del cambio climático futuro por efectos inducidos sobre depósitos de CO₂ oceánicos y terrestres, bajo fuertes escenarios de calentamiento. Por ejemplo, FRIEDLINGSTEIN et al. (35) encuentran que respuestas carbono-climáticas engendrados por acoplamiento del clima y modelos de ciclo de C causan un incremento de 0.1-1.5 °C en un escenario de calentamiento alrededor de 4 °C por encima de las temperaturas preindustriales al año 2100, con el rango (abarcando 11 modelos) debido principalmente a las predicciones diferentes para el depósito de CO₂ terrestre.

2.2.2.4 SECUESTRO DE CARBONO

La tasa de incremento de las concentraciones de CO₂ puede ser reducido a través del proceso de secuestro de carbono. El término

“secuestro de carbono” es definido como “la absorción de sustancias que contienen C, en particular CO₂, dentro de reservorios de larga vida” (33). Así, el flujo neto de C de la atmósfera a la vegetación, detritos y suelo, así como el flujo de la atmósfera al océano es secuestro de carbono. De forma específica “secuestro de carbono” puede ser definido como la transferencia y almacenamiento seguro de CO₂ atmosférico dentro de otros reservorios de larga vida que serían, de otro modo, emitidos o permanentes en la atmósfera (36). Estos reservorios están localizados en los océanos, biósfera, pedósfera y geósfera. Las entradas de C presentes en la vegetación y detritos dentro de la superficie terrestre son las principales fuentes orgánicas en reservorios terrestres (32).

2.2.3 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y VALORACIÓN ECONÓMICA

2.2.3.1 DIVERSIDAD BIOLÓGICA O BIODIVERSIDAD

De acuerdo con la Convention on Biological Diversity (CBD) (37), el término “diversidad biológica” o “biodiversidad” se refiere a “la variabilidad entre organismo vivientes de todas las fuentes incluyendo, entre otros, ecosistemas marinos, terrestres y los complejos ecológicos de los cuales ellos son parte, esto incluye diversidad dentro de especies, entre especies y de ecosistemas”. De acuerdo con esta definición, el cual está respaldado bajo leyes internacionales, biodiversidad comprende diversidad de especies, de ecosistemas y de genes.

2.2.3.2 ECOSISTEMA

El concepto de ecosistema no es nuevo, muchos aproximamientos han sido elaborados desde el siglo pasado, sin embargo fue el biólogo y botánico británico Arthur George Tansley quien lo introdujo por primera vez en 1935 como un principio fundamental en la ecología, según su publicación un ecosistema es “Un sistema completo, que incluye no sólo organismos complejos, sino también un gran conjunto de factores físicos

formando lo que nosotros llamamos ambiente”, este concepto es reconocido y sigue en vigencia hasta el día de hoy.

Un ecosistema contiene la estructura de las interrelaciones de seres vivientes y su ambiente inorgánico, es decir, está caracterizado por comprender un conjunto organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Los ecosistemas suelen formar serie de cadenas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema. Desde Tansley, una comunidad interdisciplinaria e internacional de investigación sobre ecosistemas ha emergido y ha alcanzado a desarrollar y aplicar conceptos sistémicos y holísticos.

2.2.3.3 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos son definidos como los beneficios que los humanos obtienen de los ecosistemas. Empleando el concepto de servicios de ecosistemas se pretende sostener el desarrollo de políticas e instrumentos que integren perspectivas ecológicas, económicas y sociales. En los años recientes, este concepto se ha convertido en el paradigma del manejo de ecosistemas. El uso prolífico del término "servicios ecosistémicos" por estudios científicos ha originado preocupación sobre su aplicación arbitraria. Una revisión cuantitativa de la reciente literatura muestra la diversidad de aproximamientos y revela una carencia de metodologías consistentes (38).

La significancia del concepto de “servicio ecosistémico” es derivada de la correspondiente a los servicios ecológicos, que son: aquellos provistos por la naturaleza, libre de cargos en procesos de fabricación para asegurar el uso sustentable de la tierra a fin de oponerse al sobreconsumo y la degradación de las condiciones naturales de la vida. El atractivo del concepto de servicio ecosistémico está basado en su

carácter integrador, interdisciplinario, transdisciplinario, además de su vinculación con elementos ambientales y socioeconómicos (39)

Seguidamente, de acuerdo con el Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (40) los servicios ecosistémicos son “aquellos prestados por la naturaleza y usados por los humanos”. Estos servicios directos e indirectos que engloban beneficios económicos, sociales y ambientales son vitalmente necesarios para el desenvolvimiento efectivo de la humanidad. La misma institución los clasifica de la forma siguiente:

1. Servicios de Provisión: Aquellos que se obtienen de los bienes y servicios que las personas reciben directamente de los ecosistemas. Aquí se incluye: alimento, fibra, recursos genéticos, combustibles, productos bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos y agua.
2. Servicios de Regulación: Beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas. Esta clasificación contiene: regulación de la calidad del aire, regulación del clima, del agua, de la erosión, purificación del agua, tratamiento de aguas de desecho, regulación de enfermedades, de pestes, polinización y regulación de riesgos naturales.
3. Servicios Culturales: Aquellos servicios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas. Aquí se encuentran: valores espirituales, religiosos, estéticos, recreación y ecoturismo.
4. Servicios de Soporte: Agrupa los servicios necesarios para producir otros servicios ecosistémicos. Esta clasificación contiene: ciclo de nutrientes, formación de suelos y producción primaria como la fotosíntesis.

Según BOYD (41) los servicios ecosistémicos finales son “componentes de la naturaleza, directamente empleados, consumidos o usados para generar el bienestar humano”. Esta definición emplea dos

criterios fundamentales. Primero, que los servicios ecosistémicos deberían ser aislados de las contribuciones no-ecológicas a los bienes y servicios finales. Una vez que los servicios ecosistémicos son combinados con otras entradas, tales como el labor y capital, ellos cesan de ser identificablemente "ecológicos". Por ejemplo, los beneficios recreacionales y cosechas comerciales no son servicios ecosistémicos debido a que se originan de la combinación de servicios ecosistémicos con otras entradas. Segundo, que la contabilidad económica es afectada por productos ecológicos finales, no el conjunto más grande distante de procesos intermedios y elementos que constituyen la naturaleza. Por tanto, el concepto de servicio ecosistémico puede ofrecer un aproximamiento valioso para vincular al ser humano y la naturaleza, así como los argumentos para la conservación y restauración de ecosistemas naturales (42).

La UK National Ecosystem Assessment (39) incorporó avances posteriores al MEA, para la valoración económica de los servicios ecosistémicos, centrándose en los servicios ecosistémicos finales que se traducen en bienes, con la finalidad de evitar la doble contabilidad de servicios, los cuales forman parte de un conjunto de procesos ecosistémicos intermedios. Según éstos, se debe tener en cuenta que el término "bien(es)" incluye todos los usos y no usos, producción material y no material que proviene de los ecosistemas que tienen valor para las personas (43). Así la figura 4 establece una conexión entre los diferentes bienes y servicios ecosistémicos además de los derivables a partir de éstos. En base a lo descrito y mostrado en la figura, el servicio de secuestro de carbono se encuentra en la categoría de: servicios ecosistémicos finales y servicios de regulación, específicamente dentro de los servicios de regulación climática.

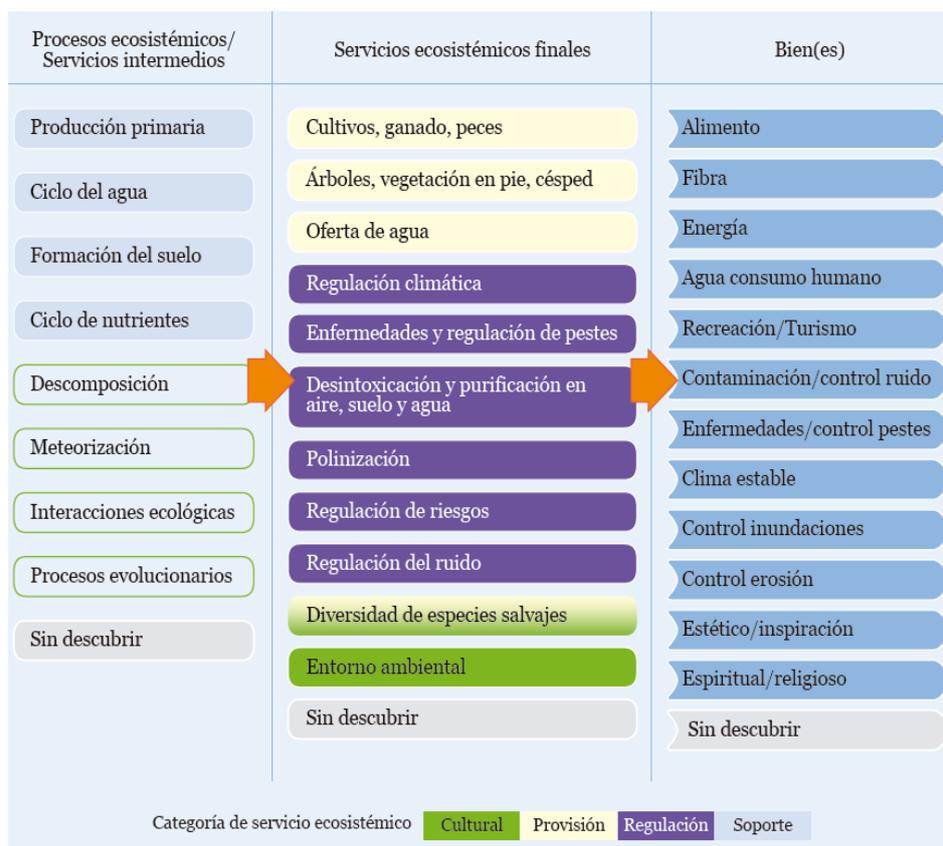


Figura 4. Procesos ecosistémicos, servicios y bienes.

Elaboración: Guía nacional de valoración económica del patrimonio natural (43)

Fuente: (44)

El 29 de junio del 2014 y el 21 de julio del 2016 el MINAM promulgó la ley N°30215 “Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos” y su reglamento, el Decreto Supremo N°009-2016-MINAM, respectivamente. Según la nota publicada en su página oficial (23): *“Los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos son instrumentos e incentivos para generar, canalizar, transferir e invertir recursos económicos, financieros y no financieros, a través de un acuerdo voluntario entre los contribuyentes y retribuyentes al servicio ecosistémico. Con ello, se anima y garantiza la conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos, los cuales son beneficios económicos, sociales y ambientales que se obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas”*

El reglamento afirma que los servicios ecosistémicos que pueden ser parte de un mecanismo de Retribución son: *la regulación hídrica; el mantenimiento de la biodiversidad; el secuestro y almacenamiento de carbono; la belleza paisajística; el control de la erosión de suelos; la provisión de recursos genéticos; la regulación de la calidad del aire; la regulación del clima; la polinización; la regulación de riesgos naturales; la recreación y ecoturismo; el ciclo de nutrientes; y la formación de suelos* (23).

2.2.3.4 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y EL CICLO DE CARBONO GLOBAL

Según RAUPACH (34) el ciclo de C global soporta dos tipos de servicios ecosistémicos: (1) servicios que protegen al Sistema Terrestre contra las vulnerabilidades o respuestas que acelerarían el cambio climático; y (2) servicios que proveen el secuestro de C en la biósfera terrestre a fin de contribuir a la mitigación del cambio climático. Todos los servicios ecosistémicos asociados con el ciclo de C global tienen implicaciones para resguardar los “comunes del ciclo de carbono”, que son las funciones autorreguladoras compartidas globalmente del ciclo de C. Los servicios proporcionados por los comunes del ciclo de carbono a la humanidad son sólo parte de los beneficios directos. Ellos también están bajo la forma de protección contra vulnerabilidades o riesgos que cambios potenciales en el Sistema Terrestre que sería perjudicial para el bienestar humano.

2.2.3.5 SECUESTRO DE CARBONO EN LA BIÓSFERA TERRESTRE

El secuestro de carbono en la biósfera terrestre (el proceso de incrementar el contenido de C en la biomasa y/o almacenes en el suelo por manejo humano) es uno de un conjunto de estrategias para mitigar el cambio climático antropogénico que es colectivamente llamado remoción de dióxido de carbono (CDR, por sus siglas en inglés), CDR

involucra remoción de CO₂ de la atmósfera a través de la absorción biológica mejorada y el almacenamiento en sistemas terrestres u oceánicos, o vía combinación artificial de remoción de CO₂ con almacenamiento geológico.

Los almacenes terrestres naturales de CO₂ son grandes, estimados en proximidad a 650 PgC en la biomasa y 2300 PgC en suelos orgánicos de ecosistemas boreales, templados y tropicales (31). Un almacén de carbono inorgánico en el suelo está largamente inactivo en el presente contexto y cerca de 1700 PgC está presente en suelos permafrost o suelos congelados. Para ser realista sobre el potencial de secuestro de carbono de la biósfera terrestre como una opción de mitigación es necesario distinguir entre potencial técnico (secuestro máximo posible biofísicamente) y potencial alcanzable (el secuestro realizable bajo otros inevitables impedimentos que incluyen requerimientos biofísicos como agua, nutrientes, competición por tierra, factores económicos como el precio y elecciones sociales). El potencial alcanzable depende fuertemente de aquellos impedimentos y que de ser correctamente manejados hacen de este servicio ecosistémico una gran opción de mitigación (34):

- Longevidad: Almacenes de carbono terrestre y oceánico están intercambiando continuamente con la atmósfera, aunque no son permanentemente secuestrados, ya que, al ocurrir disturbios, como por ejemplo incendios, el C puede retornar a la atmósfera.
- Adicionalidad: Gran cantidad de absorción de C dentro de la biósfera terrestre está sucediendo naturalmente a través de depósitos de C en el suelo. Este servicio ecosistémico masivo no evaluado ya es implícitamente contado como un beneficio hacia la mitigación del cambio climático.
- Requerimiento de nutrientes: La cuestión de entrada de nutrientes (N y P) es crítico. El C en la biósfera terrestre, cada uno como carbono

orgánico y carbono en biomasa, existe en una variedad de formas químicas con tasas de rotación desde altamente inestable (rápido) a inerte (lento), cada uno teniendo una característica proporcional de C.N.P. La limitación de nutrientes puede ser un impedimento global en el manejo de secuestro de carbono terrestre.

- Medición y verificación: Mediciones confiables de C secuestrado en la biósfera terrestre es muy desafiante, especialmente en la presencia de grandes fluctuaciones en depósitos de C terrestre debido a la variabilidad climática.
- Pérdidas y doble-conteo: Hay una presión sobre los países para usar la contabilidad de C como una ventaja en las negociaciones del cambio climático, en modo que resulta ser un doble conteo a escala global (contabilidad de pérdidas y entradas).

2.2.3.6 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

2.2.3.6.1 VALORACIÓN MONETARIA Y SUS CRÍTICAS

Entender el valor económico de la naturaleza y los servicios que provee para la sociedad es importante para las políticas locales, nacionales y globales, así como para la toma de decisiones. Sin embargo, los métodos económicos y herramientas tienden a ser acompañados por otras provenientes de disciplinas de ciencias naturales y sociales. La completa comodificación de todos los servicios ecosistémicos a través de la asignación de valores monetarios a todos los aspectos de la complejidad de ecosistemas no es significativo y no provee una base moral o científica, certera para el manejo sustentable (45).

Críticos del aproximamiento de los servicios ecosistémicos han advertido contra el uso de éste como un marco dominante para la política si es aplicado sin el reconocimiento de la complejidad de los

ecosistemas, de la incerteza científica y de la existencia de límites ambientales y sus efectos umbrales (46). Algunos van más allá y argumentan que la historia de los problemas conceptuales y metodológicos con la evaluación monetaria del ambiente retorna a los años 60 en los que se indicó que: los problemas fundamentales son improbables a ser resueltos y que los pensamientos de los servicios ecosistémicos deberían ser abandonados.

Sin embargo, la asignación de valores monetarios es de urgencia, pues muchos proyectos realizados a lo largo del mundo no incluyen un valor de los servicios ecosistémicos ya que valoraciones morales, científicas, artísticas e incluso espirituales no brindan un contrapeso en la toma de decisiones, conllevando así al consumo de recursos, obstrucción y destrucción de servicios involucrados y finalmente pérdida de ecosistemas. Por tanto, brindar un valor numérico monetario a los servicios ecosistémicos e implicarlos en la toma de decisiones podría acrecentar la probabilidad de su inclusión.

2.2.3.6.2 VALOR ECONÓMICO TOTAL (VET)

El aproximamiento más ampliamente aceptado para la valoración económica de los servicios ecosistémicos es el concepto de valor económico total (VET). Los beneficios de los ecosistemas son clasificados como “valor de uso” o “valor de no uso”. “Valores de uso” son divididos, además, en valores de uso directo, indirecto y de opción. “Valores de no uso” son fragmentados en valores de existencia y valores de herencia. La suma de estos diferentes tipos de valores, descritos anteriormente da el valor de un ecosistema. Sin embargo, en estudios de campo, frecuentemente no es posible separar con claridad estos valores unos de otros (39).

2.2.3.6.3 VALORES DE USO DIRECTO

Los valores de uso directo provienen del uso directo de los servicios ecosistémicos para el consumo y producción, por ejemplo: alimentos, madera, medicina, agua potable, agua de refrigeración, etc. El uso de un paisaje para recreación, actividades de ocio, propósitos educacionales o científicos o turísticos son considerados también en esta clasificación. El uso directo puede ser de consumo, por ejemplo, leña, o de no consumo, como la recreación. Valores de uso directo están vinculadas para provisionar bienes y servicios, así como algunos servicios ecosistémicos socioculturales como recreación, identidad cultural, estética paisajística y servicios de conocimiento.

2.2.3.6.4 VALORES DE USO INDIRECTO

Los valores de uso indirecto aparecen cuando los servicios ecosistémicos actúan directamente o indirectamente con las actividades humanas. Ejemplos de ello son el control de inundaciones por medio de medidas de retención de agua en planicies aluviales. Los tan llamados “servicios de regulación”, como el secuestro de carbono, generalmente encajan en esta categoría. El valor económico de estos servicios es medido como el cambio en los costos y beneficios del uso que es afectado por ellos, por ejemplo, la reducción de los daños de inundaciones, beneficios de uso adicional como una locación de natación o los costos decrecientes del suministro de agua potable.

2.2.3.6.5 VALORES DE OPCIÓN

Los valores de opción expresan el hecho que hay una disposición de preservar la posibilidad de uso futuro de los servicios ecosistémicos, sin preocuparse de si esto realmente tomará lugar o no. Este tipo de valor también puede ser interpretado como un pago por

un seguro que las personas están dispuestas a pagar por mantener la posibilidad de un uso futuro.

2.2.3.6.6 VALORES DE HERENCIA

Los valores de herencia expresan la voluntad de las personas de renunciar partes de sus ingresos actuales a fin de preservar cosas para las futuras generaciones. Este valor puede ser referido como un servicio ecosistémico sociocultural, aunque también pueden ser servicios de provisión.

2.2.3.6.7 VALORES DE EXISTENCIA

Los valores de existencia reflejan la disponibilidad para pagar por la preservación de las cosas a pesar de si hay alguna probabilidad de su uso futuro o no, sólo con el propósito de mantener su existencia. Tales valores son a menudo designados como recursos al tener un valor intrínseco, como especies vivientes, por ejemplo, en el concepto de derechos de animales.

2.2.3.7 EL MÉTODO DE PRECIOS DE MERCADO PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Si los activos provistos directamente por la naturaleza pueden ser encontrados en mercados en la misma o similar calidad - por ejemplo: champiñones, pescado, juegos- el mercado también puede ser usado como un representante para su valor. Una importante precondition para la aplicabilidad de este método es que la calidad de productos, la demanda de los productos comercializados y no comercializados sean similares, no obstante, este no es siempre el caso. Por ejemplo, experiencias muestran que arándanos los cuales son seleccionados en los bosques teniendo en cuenta su sabor, este tipo de aspecto de apropiación parece darles una extraordinaria calidad, así ellos podrían ser clasificados

considerablemente más altos que otros arándanos comprados. De otro lado, la selección es una actividad que es accidentalmente llevada a cabo, sin esfuerzo adicional significativo, uno podría también seleccionar las uvas cuando la demanda es baja y por tanto tener que evaluarlos en un precio muy por debajo del precio del mercado.

El método precio de mercado podría ser apropiado para la evaluación del efecto de una alteración en el manejo de bosques sobre todos los frutos silvestres encontrados allí, o podrían ser acomodables para la evaluación de la calidad de agua mejorada en un lago sobre la composición de su población de peces (menos biomasa, pero una proporción más alta de peces). En ambos casos, los cambios sobre el suministro son solamente un lado de la moneda, por la extensión a la cual el suministro adicional será realmente usado, deben también ser evaluados (39).

Por consiguiente, la “Guía nacional de valoración económica del patrimonio natural” (43) describe el método de precios de mercado como: “el método más sencillo para asignar valor a muchos bienes y servicios provistos por los ecosistemas que utiliza los precios de un mercado nacional o internacional ya existentes”. Los precios son definidos por la interacción entre productores y consumidores a través de la oferta y la demanda. El valor de uso de los bienes y servicios comercializados en el mercado es una estimación del excedente del consumidor y del excedente del productor usando datos de precios de mercado y cantidades. Para valorar correctamente este tipo de bienes debe elegirse el mercado apropiado, que funcione de manera eficiente; es decir, un mercado competitivo que no muestre distorsiones evidentes.

2.2.4 ECOSISTEMAS FORESTALES

Un ecosistema es definido como una “unidad de organización biológica conformada por todos los organismos en un área dada interactuando con el ambiente físico de modo que un flujo de energía conduzca a la estructura trófica característica y ciclos de materiales dentro del sistema”. En estudios de ecosistemas terrestres, los límites de un ecosistema pueden ser determinados por una línea divisoria de aguas o por un grupo de árboles o plantas. La clave de la función ecosistémica es la transferencia de energía o carbono de los productores (ej. árboles) a los consumidores (ej. animales) y los descomponedores (ej. microorganismos). El flujo de energía interactúa fuertemente con el flujo de nutrientes y agua (32).

Definición para el término “bosques” pueden ser agrupados dentro de unidades administrativas o legales, de características de cobertura o de uso de tierra. Una definición en funcionamiento fue usada por el Global Forest Resource Assessment 2005 (47) que define a un “bosque” como un tramo de terreno de más de 0.5 hectáreas con árboles más altos que 5 m y una cubierta de copas (dosel forestal) mayor al 10%, o árboles capaces de alcanzar estos umbrales in situ. Un bosque es determinado tanto por la presencia de árboles y la ausencia de otros usos de tierra. Esta definición incluye áreas con bambú y palmeras que proveen la altura y cubierta de copas referidas, estradas de bosques, cortafuegos, bosques en parques naturales, reservas naturales y otras áreas protegidas tales como aquellas de interés científico, histórico, cultural y espiritual; cortavientos y corredores de árboles con un área mayor a 0.5 ha y un espesor mayor a 20 m; plantaciones primariamente usadas para la silvicultura o propósitos de protección (32).

Como los bosques están compuestos de “árboles”, también existen muchas definiciones para este término. Por ejemplo, “árboles” puede ser definido como plantas leñosas grandes y de larga vida que alcanzan una altura de al menos 6 m en la madurez en una localidad dada y tienen un

tronco principal autosoporte el cual desprende ramas y follaje para formar una copa. Más comprensivamente, “árboles” son perpetuos leñosos con un tronco principal simple o, en el caso de bosquecillos, con muchos troncos, teniendo una copa aproximadamente definida (48).

Así, los árboles se componen de raíces, tronco(s), ramas, copas y hojas. Las ramas de los árboles contienen principalmente tejidos de soporte y transporte (xilema y floema). La madera engloba células de xilema y la corteza está hecha de floema y otros tejidos externos al cambium vascular (sustancia viscosa entre la albura y la corteza de los árboles). Los árboles pueden ser clasificados de muchas maneras, por ejemplo “árboles siempre-vivos” que permanecen verdes en otoño, las hojas no caen simultáneamente y éstos nunca se quedan sin hojas. De otro lado, “árboles caedizos” arrojan todas sus hojas en el fin de la sesión de crecimiento. Los “árboles cone-bearing” son llamados “árboles coníferos o coníferas”, y todos los “no cone-bearing” excepto “árboles flower-bearing” son llamados “árboles florecientes” o “árboles de hojas largas”. Coníferas tienen hojas puntiagudas mientras que los árboles florecientes tienen hojas anchas y aplastadas. Los árboles en los que las semillas nacen desnudas son llamados gimnospermas y aquellos en los cuáles las semillas están encapsuladas dentro de una pared de ovario/fruto son llamados angiospermas. Las angiospermas son clasificadas en dicotiledóneas si ellos tienen dos cotiledóneas (p.e. hojas iniciales embriónicas de un semillero) en sus semillas, o monocotiledóneas si ellos tienen sólo una cotiledón en sus semillas (32).

En resumen, los “ecosistemas forestales” son aquellos que incluyen todos los componentes vivientes de un bosque, y se extienden verticalmente hacia arriba hasta las capas atmosféricas que envuelven las copas de los árboles, y hacia abajo hasta las capas más bajas del suelo afectados por raíces y procesos bióticos.

2.2.4.1 SECUESTRO DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES

El secuestro de carbono en ecosistemas forestales ocurre primariamente por la absorción de CO₂ atmosférico durante la fotosíntesis de los árboles y su subsecuente transferencia del C fijado dentro de la vegetación, detritos y almacenes terrestres. Las entradas de C sobre la superficie (aérea) [pero más importante bajo la superficie (subterránea)] de la vegetación y detritos son las principales fuentes de C para el secuestro de estanques de carbono orgánico (SOC, por sus siglas en inglés) en el perfil del suelo. El radio promedio de estanques de C en suelos es relativo a los rangos de vegetación de aproximadamente 5:1 en bosques boreales, 2:1 en bosques templados, 1:1 en bosques tropicales. La eficiencia del secuestro de carbono difiere entre las 100 000 especies de árboles que varían ampliamente en propiedades que conducen el secuestro tales como el crecimiento, mortalidad, descomposición y su dependencia sobre el clima.

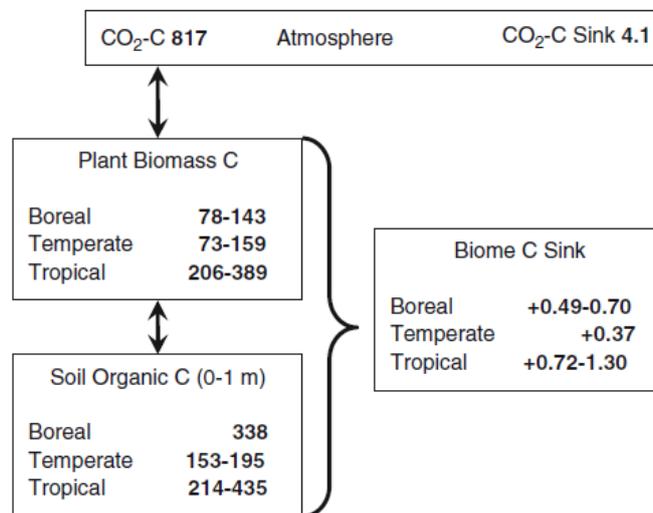


Figura 5. Estimaciones para el C en biomasa de plantas y reservas de C orgánico en el suelo (PgC) a 1m de profundidad para biomasa de bosques boreales, templados y tropicales en relación a las reservas de CO₂ atmosférico (PgC), y los cambios netos anuales (PgC año⁻¹) (reservas atmosféricas en el año 2008 basadas en el cálculo de C atmosférico promedio global de 805 Pg en el año 2005, incrementando por 4.1 Pg.año⁻¹) (32).

Las estimaciones del almacenamiento de C varían de entre 0.49 y 0.7 PgC año⁻¹ para los bosques boreales, 0.37 PgC año⁻¹ para los bosques templados y entre 0.72 y 1.3 PgC año⁻¹ para los bosques tropicales (figura 5). Sin embargo, la información sobre los biomas es carente, específicamente, respecto a las posiciones de los bosques de todas las especies en todos los estadios del ciclo de vida desde la regeneración hasta la cosecha; así como los impactos, disturbios y efectos del cambio climático. Entonces, las estimaciones del secuestro de C en biomas de bosques a nivel global y su presupuesto son inciertos (49).

El carbono atmosférico puede ser almacenado a través de ligaduras de componentes orgánicos e inorgánicos. El C secuestrado en bosques está primariamente vinculado con los componentes orgánicos en la vegetación, detritos y suelo. Sin embargo, el C puede ser también secuestrado en suelos como carbonatos. Los componentes orgánicos en la vegetación y, particularmente, en plantas herbáceas y árboles, pueden ser también secuestrados por oclusión dentro de los fitolitos, los cuales son rasgos silicificados resultantes de la biomineralización dentro de las plantas.

El secuestro de C implica que el intercambio neto en la vegetación, detritos y el suelo de un área forestal en un intervalo de tiempo específico sea positivo. Así, aparte de los procesos de absorción de C, procesos de eflujos tales como la pérdida de C a través de la respiración, percolación y erosión deberían ser considerados. La respiración del suelo, en particular, juega un mayor rol en determinar el potencial de secuestro de C en los bosques (32).

Además, los disturbios naturales tales como incendios, el desencadenamiento de pestes, y disturbios humanos como el cambio de uso de tierra y cosechas pueden también contribuir a la pérdida de C en un ecosistema forestal. El intercambio neto en las reservas de C en

ecosistemas forestales es también afectado por el incremento de las concentraciones de CO₂ y temperatura, además de ser alterados por los regímenes de precipitación. Así, para una comparación cuantitativa del secuestro de C entre los diferentes bosques forestales y por las incertidumbres de reducción en la contabilidad de C en los acuerdos internacionales futuros, es necesario medir, estimar o modelar las reservas netas de C, sus flujos y su dirección para cada reservorio.

En resumen, el secuestro de C en un ecosistema forestal ocurre principalmente cuando: (1) Las reservas totales de C orgánico en la vegetación forestal, detritos y suelo de un área específica incrementa en un intervalo de tiempo a través de la absorción del CO₂ atmosférico, y, en particular; (2) las reservas de los componentes orgánicos juntamente con los largos tiempos de alojamiento de C en la vegetación forestal, detritos y suelo incrementa a lo largo del tiempo (32).

2.2.4.2 IMPORTANCIA DEL SECUESTRO DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES

Los bosques son importantes componentes del ciclo de C terrestre, y almacenan grandes cantidades de C en la vegetación, detritos y suelo. Así, el secuestro de C en bosques manejados sustentablemente puede contribuir a la reducción de CO₂ atmosférico. La sustitución de productos basados en combustibles fósiles con la biomasa forestal para la generación de energía y calor, y combustibles de transporte líquido pueden contribuir a la mitigación del “cambio climático abrupto” (ACC, por sus siglas en inglés) a través del manejo sustentable de los bosques. La biomasa de bosques para la bioenergía puede ser derivado de los residuos de los bosques y plantaciones de energía dedicados al rápido crecimiento de especies de árboles de alto rendimiento. Sin embargo, las cosechas de residuos de bosques deberían no resultar en el agotamiento del almacén del carbono orgánico del suelo (SOC, por sus siglas en inglés) debido al decrecimiento en la entrada de C y de la producción

primaria neta (NPP) asociados con la exploración de nutrientes. El manejo de suelo considerado es esencial para la productividad sostenible en plantaciones leñosas de corta rotación dedicadas a la producción de bioenergía. Además, los impactos negativos de plantaciones a larga escala sobre el ciclo hidrológico deben ser minimizados a través de la conservación de recursos de agua. La mejora de árboles por técnicas de reproducción tradicionales y biotecnología puede contribuir a encontrar la demanda creciente para la producción de energía renovable de la biomasa leñosa (32).

Acuerdos internacionales sobre el ACC tales como aquellos desarrollados bajo el UNFCCC bajo los auspicios del IPCC incluyen a los bosques como un componente significativo debido a su gran almacén de C. Sin embargo, el protocolo de Kioto ha sido inefectivo en realzar el secuestro de C en bosques, específicamente, la contabilidad de C por actividades de silvicultura en los países industrializados del anexo I es limitado a los cambios asociados con la forestación, reforestación y deforestación que son provocados por los seres humanos, pero es ambiguo que los cambios específicos sean incluidos. Además, los proyectos potencialmente beneficiosos que incluyen aquellos que podrían evitar la deforestación son excluidos de las actividades de manejo de los bosques en los países del no-anexo I.

Así, los proyectos sobre mecanismos de desarrollo limpio (MDL) respecto a silvicultura han sido certificados globalmente a finales del año 2008. Más importante, los aproximamientos bajo el protocolo de Kioto pueden incrementar las emisiones de CO₂ de los bosques por la aceleración de la deforestación. A pesar de eso, las Emisiones Reducidas de la Deforestación y Degradación (REDD, por sus siglas en inglés) y reducciones compensadas (CR, por sus siglas en inglés) en deforestación son mecanismos mejorados para evitar deforestación de bosques tropicales bajo el protocolo de Kioto o sus sucesores. También, el

acercamiento del inventario nacional (NI, por sus siglas en inglés) puede ser un atractivo alternativo al acercamiento del Protocolo de Kioto (32). Tanto los acuerdos internacionales establecidos y futuros que depende particularmente de la contabilidad de C en bosques y sistemas de monitoreo.

La importancia del secuestro de C en ecosistemas forestales depende indirectamente de los efectos provocados por los seres humanos sobre las funciones de ecosistema a través del ACC. Las prácticas de los manejos forestales deberían ser ajustadas para adaptar los bosques al ACC. Sin embargo, la importancia del secuestro de carbono en los bosques depende de los efectos directos de las actividades humanas sobre los almacenes más grandes y vulnerables de los bosques. Además, la explotación de los bosques-humedales deben ser reducidos como disturbio de aquellos de estos ecosistemas tiene el potencial de liberar grandes cantidades de C almacenado como turbas. Los bosques viejos continuamente acumulan grandes cantidades de C en la biomasa y suelos por siglos, y, por tanto, deberían ser excluidos de perturbaciones por actividades humanas (32).

2.2.5 BRIÓFITAS

2.2.5.1 BRIÓFITAS Y BIOLOGÍA

2.2.5.1.1 FUNCIONES ECOSISTÉMICAS DE LAS BRIÓFITAS

Las briófitas tienen funciones ecosistémicas importantes que deberían ser consideradas, entre las que se incluyen: alta productividad y acumulación de biomasa en ecosistemas, fijación de nitrógeno, ciclo de nutrientes, cadenas alimenticias e interacciones entre animales, colonización, facilitación de plantas vasculares, relación micorrizal (hepáticas) y otros. Aunque en la mayoría de los ambientes, incluyendo árboles forestales, las plantas vasculares son la vegetación dominante, en otros, especialmente en el Ártico, el

Antártico, en hábitats alpinos, pantanos, ciénagas y en turberas de gran amplitud, las briófitas son a menudo las plantas dominantes en términos de biomasa y productividad (16).

Muchas de las zonas árticas y boreales del planeta están cubiertas por turberas, estas son muy importantes como sumideros de carbono y actualmente están siendo impactados por el cambio climático. En adición al secuestro de carbono, las briófitas de los bosques y en cualquier otro lugar son importantes por la retención de agua y ciclo de nutrientes, así como por su relación a la fauna vertebrada e invertebrada. El ciclo de nutrientes es importante en una variedad de ecosistemas probablemente a ser afectados por el cambio climático, no solamente cambios proyectados en temperatura y precipitación, sino también por el incremento de CO₂ atmosférico y radiación UVB. Las briófitas frecuentemente acumulan sustancias químicas en una concentración mucha más alta que el ambiente circundante, una importante razón para el uso de musgos como biomonitores de contaminación de aire.

En el 2007 la Asociación internacionales de briologistas (IAB, por sus siglas en inglés) reunidos en Kuala Lumpur, Malaysia, establecieron protocolos a ser usados internacionalmente para el monitoreo de briófitas. Las respuestas de las briófitas son apropiadas para interactuar con los modos bastante complejos de los factores climáticos, a menudo más rápido y de modo diferentes al de las plantas vasculares. Las briófitas son sensibles no sólo al incremento de temperatura global, sino también al incremento del contenido CO₂ en la atmósfera, al incremento de radiación UVB, a la disminución de la precipitación en algunas regiones, y a muchos factores que afectan el almacenamiento de carbono, especialmente en turberas (16).

2.2.5.2 ROL DE LAS BRIÓFITAS EN EL CICLO DE CARBONO

2.2.5.2.1 FIJACIÓN DE CARBONO POR BRIÓFITAS

Uno de los flujos más largos en el ciclo de C global es entre el CO₂ atmosférico y la vegetación terrestre. El carbono derivado de la fijación autotrófica a través de la fotosíntesis comprende aproximadamente la mitad de toda la materia orgánica. La producción primaria neta (NPP, por sus siglas en inglés) representa la diferencia entre la producción primaria bruta (cantidad total de materia orgánica producida por unidad de tiempo) y las pérdidas de respiración de agua. Las briófitas tienen influencia directa sobre el flujo de C dentro de los ecosistemas a través de su metabolismo e índices de crecimiento. Las ganancias de C a través del NPP pueden ser estimados vía el intercambio neto de CO₂ o la producción anual de biomasa (50).

Los índices de producción de briofitas de ambientes templados, boreales y polares han sido relativamente estudiados en comparación con especies tropicales. Por ejemplo, el NPP de “musgos plumas” en los bosques boreales varía de 24-80 gC m⁻² y r⁻¹. Los índices de crecimiento de las especies *Sphagnum* varían ampliamente, pero pueden ser más productivos. Por ejemplo, el crecimiento de las especies *Sphagnum* en turberas es de aproximadamente 19-1656 Gc m⁻² yr⁻¹. Sorprendentemente, las estimaciones de NPP de briofitas en regiones polares pueden ser comparables al crecimiento en regiones boreales o templadas. La estimación promedio de los rangos de la especie *Polytrichum* alpestre antártico es de 213-350 Gc m⁻² yr⁻¹, mientras que la de *Chorisodontium aciphyllum* promedia 162 Gc m⁻² yr⁻¹ (50).

Las briófitas acuáticas a menudo dominan la vegetación en lagos y su NPP puede exceder al de las algas epilíticas o perifíticas. La producción de estas briofitas puede ser comparable al crecimiento en

sistemas terrestres, pero varía ampliamente con el microhábitat y entre el tipo de especie. La difusión lenta en agua minimiza el acceso de CO₂ en plantas acuáticas y muchas no logran fijar este gas.

2.2.5.3 BRIÓFITAS COMO PREDICTORAS DEL ENRIQUECIMIENTO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La concentración de CO₂ atmosférico es uno de los principales factores que tiene influencia sobre la fotosíntesis y productividad de las plantas, donde se incluye las briófitas, por tanto, uno podría esperar que las concentraciones acrecentadas de CO₂ tendrían un efecto de fertilización sobre el crecimiento y productividad, sin embargo, los resultados de muchos estudios han demostrado que la respuesta es específica por cada especie. En algunas de ellas, la morfología del talo cambia y la distancia entre las ramas incrementa, a pesar de que en otras especies el número de capitulas incrementadas por unidad de área disminuyen (51).

En ecosistemas, árticos, alpinos y muchas turberas, la producción de plantas es limitada en nutrientes, usualmente en N y P. La disponibilidad de N se ha incrementado recientemente en muchos de aquellos debido a la deposición atmosférica, y a causa del aumento de mineralización producida por suelos más calientes y mayores índices de evapotranspiración. Experimentos han mostrado que deposiciones altas de N y sobrecargas producen un efecto tóxico sobre la mayoría de las especies de *Sphagnum* y como resultado, el N se convierte en disponible para la absorción de plantas vasculares. La absorción incrementa el crecimiento de plantas y la introducción de especies vasculares demandantes de N, dando lugar a condiciones de sombra y producción de residuos que también reducen el crecimiento de las *Sphagnum*. Altas sobrecargas de N pueden además afectar las formas

de crecimiento de las briófitas. Generalmente, en sitios árticos altos, las briófitas responden positivamente a la adición de nutrientes (51).

2.2.6 PASTIZALES

Los pastizales, que incluye: pastos, campos de pastoreo, campos de cultivo, forraje y algunos arbustos, cubren aproximadamente 3.5 billones de hectáreas a nivel mundial (52). Esto representa el 26 % del área de superficie global no-helada y el 70 % del área de agricultura; comprende cerca del 20 % de los almacenes de C orgánico del suelo en el mundo. Las personas dependen en grandes cantidades de los pastizales para comida y producción de forraje.

Alrededor del 20 % de los pastizales nativos del mundo han sido convertidos a zonas de cultivo y porciones significantes de leche y producción de carne ocurre en los pastizales manejados exclusivamente por aquellos propósitos. La industria de ganado, ampliamente basado en pastizales, provee sustento para cerca de 1 billón de las personas más pobres del mundo y brinda un tercio de la entrada de proteína a nivel global. Mucho de los pastizales del mundo están bajo presión para producir más ganado por pastoreo intensivo, particularmente en los campos de África, los cuáles son vulnerables al cambio climático y esperan satisfacer la mayor parte de la carne y leche demandada en África (52).

Como el resultado de prácticas pasadas, entre el 5 % y 10 % de los pastizales del mundo han sido degradados por sobrepastoreo. Aproximadamente el 7.5 % de los pastizales en cada continente han sido degradados debido a las actividades humanas. Más recientemente, la Evaluación de Degradación de Tierras en desiertos concluyó que cerca del 16 % de los campos de pastura están actualmente soportando la degradación y que éstos comprenden entre 20 y 25 % del área terrestre total que actualmente está siendo degradado, afectando así el sustento para más de 1.5 billones de personas (52)

Los disturbios son un parte integral de los sistemas de manejo de pastizales tradicionales para sostener los campos de forraje. Sin embargo, los disturbios a través del sobrepastoreo, incendios e invasión de especies pueden también agotar los sistemas de pastizales de almacenamiento de carbono. Colectando una gran proporción de biomasa de plantas se mejora campos de material útil (por ejemplo, para forraje o combustible), pero decrece la entrada de carbono al suelo. Muchas de las técnicas de manejo intencionadas para incrementar la producción de forraje para ganado tienen el potencial de incrementar los almacenes de C por el secuestro de CO₂ atmosférico, tanto como 0.2-0.8 PgCO₂ año⁻¹. Los métodos de manejo mejorado incluyen la fertilización, irrigación, manejo de pastoreo intensivo, sembrío de forraje más favorable y de legumbres.

El manejo de pastizales para mejorar la producción (esto es, a través del sembrío mejorado de especies, irrigación o fertilización), para minimizar los impactos negativos del pastoreo, o rehabilitar tierras degradadas pueden conducir al secuestro de C. El manejo de pastoreo mejorado (vale decir, manejo que incrementa la producción) puede también conducir a un aumento de los almacenes de C en el suelo, así como la rehabilitación de tierras degradadas (9).

2.2.6.1 SECUESTRO DE CARBONO EN PASTIZALES

Los disturbios –definido como la remoción de biomasa, cambio de la vegetación, o alteración de la función del suelo– son una parte integral de los sistemas de manejo de pastizales que fomentan campos de forraje confiable. Sin embargo, los disturbios a través del sobrepastoreo, incendios e invasión de especies pueden agotar los sistemas de pastizales de almacén de C (52). La producción primaria en pastizales sobrepastoreados puede decrecer si los herbívoros disminuyen la capacidad de crecimiento de las plantas, la densidad de la vegetación, la biomasa o si la composición de la comunidad cambia. Si las entradas de C al suelo en

estos sistemas disminuyen por causa de la producción primaria neta decrecida (NPP, por sus siglas en inglés) o remueven carbono directo por el ganado, los almacenes de C en el suelo pueden declinar.

Como el secuestro de carbono en los bosques o tierras agrícolas, el secuestro de sistemas de pastizales – primariamente, pero no enteramente en los suelos – es traído alrededor por el incremento de las entradas de C en el suelo. Es ampliamente aceptado que los excesivos pastoreos continuos son perjudiciales para las comunidades de plantas y almacenes de C en el suelo. Cuando el manejo de las prácticas que agotan los almacenes de C es revertida, los almacenes pueden ser reedificados por el secuestro atmosférico de CO₂ (figura 6) (52).

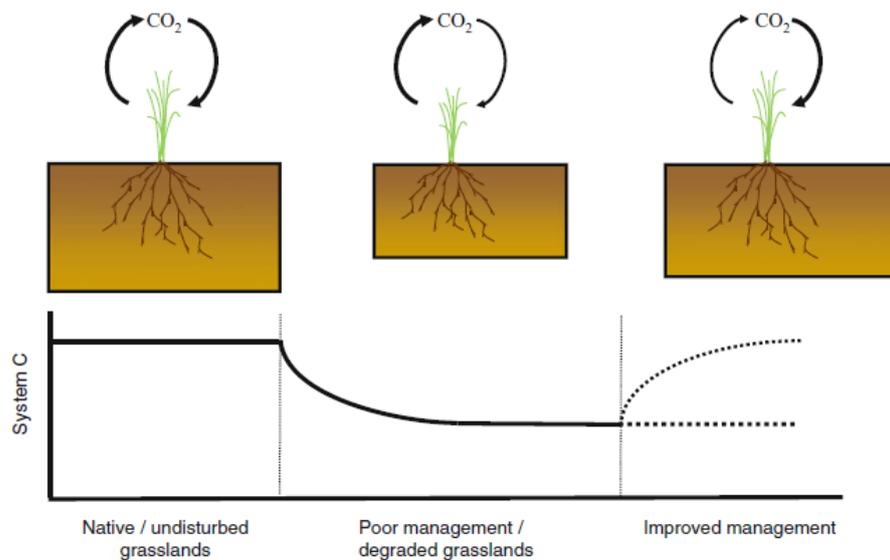


Figura 6. Diagrama conceptual ilustrando como los pasados manejos de suelos pueden conducir al agotamiento de los almacenes de C debido a las prácticas que conducen a las pérdidas de C (indicado por las flechas en la parte superior del diagrama). Las implementaciones de las prácticas de manejo mejorados pueden llevar al acrecentamiento de la absorción de C, restaurando los almacenes de C en el ecosistema (línea punteada) en comparación con la continuación de las mismas prácticas de manejo (línea punteada inferior), y secuestrar CO₂ atmosférico en los suelos de los pastizales (52).

La deforestación, degradación de pastizales nativos, y la conversión de pastizales a tierras de cultivo ha impulsado pérdidas de biomasa y C del suelo de 100 – 200 PgC (equivalente al 30 - 40 % de las emisiones de combustible fósil acumulativas) (52). Las emisiones de la conversión de bosques a tierras de cultivo u otro uso de tierra han originado pérdidas de C de los ecosistemas terrestres. La biomasa en los sistemas de pastizales, siendo predominantemente herbácea es un depósito de C transitorio y pequeño comparado con árboles y así el suelo constituye el mayor almacén de C.

Globalmente, un estimado de 0.2-0.8 PgCO₂ año⁻¹ puede ser secuestrado en los suelos de pastizales dando precios para el CO₂ de 20-50 \$US por tonelada métrica. Aunque la fertilización y el manejo de incendios podrían contribuir al secuestro de C, la mayor parte del secuestro potencial en pastizales no-degradados es a través de cambios en las prácticas de manejo de pastizales. Índices estimados del secuestro de carbono por unidad son más bajos que aquellos para el secuestro en tierras agrícolas, pero el potencial de secuestro es comparable al de los campos de cultivo debido a que los pastizales cubren grandes porciones de la superficie de la Tierra.

Cerca de 270 millones de ha de pastizales a lo largo del mundo han sido degradados al mismo grado por mala administración. Muchas de estas tierras pueden ser rehabilitadas por la mejora de la productividad de las plantas, capturando recursos de agua y usándolos más eficientemente, o mejorando la fertilidad del suelo, haciéndolo así, podría secuestrar tanto carbono como lo haría los pastizales naturales (0.15-0.7 PgCO₂ año⁻¹, dependiendo de los precios de C) (52).

2.2.7 ARBUSTOS

Un arbusto es una planta leñosa que generalmente tiene múltiples ramas basales provenientes del mismo sistema de raíces. La forma de crecimiento

leñoso distingue un arbusto de las plantas herbáceas no-leñosas. Sin embargo, es algunas veces difícil distinguir entre arbustos y árboles basados en la forma de crecimiento. Así es usualmente necesario consultar una lista formal de especies, tales como la lista comprensiva de los árboles de los Estados Unidos compilado por la FIA (14).

2.2.7.1 ARBUSTOS Y SECUESTRO DE CARBONO

El movimiento de carbono en sus muchas formas – entre las formas vivientes y no-vivientes de la biósfera, atmósfera, océanos y geósfera – es ampliamente reconocible como el ciclo de carbono. Con la cantidad de C en la atmósfera escalando hoy rápidamente, el objetivo del manejo es, cambiar con prontitud al secuestro de más C como sea posible. En los bosques, los arbustos son un pequeño componente de la cantidad de carbono en conjunto, estimado como el 2% del carbono total del bosque (14).

Sin embargo, los arbustos a menudo dominan los estadios sucesionales tempranos de muchos tipos de bosques, particularmente apareciendo tras los incendios, y en algunos casos las comunidades vigorosas de arbustos constituyen un objetivo de manejo de tierra primario para el forraje y cubierta silvestre. Además, los arbustos y el crecimiento de otras camadas de vegetación (producción primaria neta) pueden ser comparables a los de los árboles, constituyendo una mayor fuente de C para la superficie forestal y del suelo (14). Por tanto, a pesar de que los arbustos no pueden secuestrar mucho carbono, son mucho más importantes en su adición al suelo.

El almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y subterránea de los residuos y en el suelo mineral, es una de las muchas funciones importantes de comunidades de arbustos en agroforestería nativa o productiva. Estas comunidades acumulan carbono tanto en la biomasa como en la materia orgánica del suelo, excepto cuando los disturbios

ocurren. Estimar almacenes de carbono y su distribución en diferentes compartimentos de estos ecosistemas es esencial para entender la cantidad en el cual el carbono está distribuido para componentes estables e inestables. Actualmente el conocimiento de efectos de comunidades de arbustos sobre los almacenes de carbono es aún escaso alrededor del mundo. Sin embargo, la agroforestería de arbustos puede requerir más atención si la retirada de tierras (lo que significa conversión de uso de tierra a vegetación nativa) es incluida como sumidero de carbono bajo los actos principales de la política internacional (8).

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

“Seccsachaca” (también conocido como “Villa Cariño” o “Santuario del Amor”), es un centro ecoturístico ubicado en la ciudad de Huancavelica. Actualmente, está comprendida por dos áreas representativas: un centro de recreación denominado “Tres Boas” y un área exterior predominantemente natural.

“Tres Boas” cuenta con una infraestructura de materiales rústicos (principalmente rocas) de acuerdo con las características geomorfológicas del lugar. Comprende piscinas y baños de agua termal, una zona de escalamiento y zonas de caminata con puentes, bancos y puntos de descanso. En el área exterior se encuentran formaciones geológicas de origen volcánico (grutas, recintos y cuevas); recorrido de aguas manantiales; restos arqueológicos (huellas petrificadas de seres humanos y camélidos) y una amplia variedad de vegetación.

Actualmente, Seccsachaca no está completamente resguardada y por su cercanía a la ciudad es frecuente su visita. Esto ha ocasionado algunos perjuicios, como el pintado sobre las rocas o la acumulación de residuos sólidos que podrían incrementarse.

2.3.1 LOCALIZACIÓN

Seccsachaca está localizada en la entrada de la ciudad de Huancavelica. Se encuentra a una altitud de 3656 msnm y una latitud de 12° 40' 49" Sur y longitud de 74° 57'30" Oeste. Específicamente está ubicada en:

- Región: Huancavelica
- Provincia: Huancavelica
- Distrito: Huancavelica
- Comunidad: San Cristóbal - Huaylacucho

Para mayor detalle, véase ANEXOS A.1 y A.2.

2.3.2 LÍMITES

- ✓ Norte: Limita con las propiedades de la Asociación de Vivienda de los Trabajadores de la Ex – CORDE Hvca. y terrenos de la comunidad campesina de San Cristóbal.
- ✓ Este: Limita con la propiedad de la Dirección Regional de Transporte y Comunicaciones.
- ✓ Oeste: Limita con las propiedades de la Asociación de Vivienda de los Trabajadores de la Ex – CORDE Hvca.
- ✓ Sur: Limita con las riberas del Río Ichu.

2.3.3 SUPERFÍCIE

Área del Territorio: 149 627.90 m² ó 14.96 hectáreas.

Perímetro: 4 175.95 metros lineales o 4.17 km.

2.3.4 VÍAS DE ACCESO

Las principales vías de acceso a la provincia de Huancavelica son:

VÍA TERRESTRE:

- Vía Huancayo – Imperial – Izcuchaca – Huando – Palca – Huancavelica (~147 km).

- Vía Pisco – Castrovirreyna – Santa Inés – Huancavelica (~274 km).
- Vía Ayacucho – Rumichaca – Santa Inés – Huancavelica (~245 km).
- Vía Ayacucho – Julcamarca – Lircay – Huancavelica (~221 Km).
- Vía Ayacucho – Huanta – Marcas – Acobamba – Paucará – Yauli – Huancavelica (~234.7 km)
- Vía Chincha – Villa de Arma – Lachocc – Huancavelica ~ (230 km).
- Vía Pisco – Huaytará – Rumichaca – Huancavelica (~310 km).
- Vía Ayacucho – Anco - Izcuchaca – Huancavelica (~234 km).

VÍA FÉRREA:

- Ferrocarril Huancayo – Izcuchaca – Huancavelica (~128 km).

El recorrido Huancavelica – Secesachaca tiene aproximadamente 4 km y puede llegarse en auto en alrededor de 10 min.

2.3.5 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

2.3.5.1 CLIMA Y METEOROLOGÍA

El clima de la provincia de Huancavelica es variable, pasando de muy frío (Acobambilla, Manta, Huando) a cálido (Izcuchaca, Mariscal Cáceres) debido a la diversidad de altitudes del territorio. Se describe a continuación los principales parámetros climáticos:

PRECIPITACIÓN: La Provincia de Huancavelica presenta variaciones climáticas, la precipitación anual varía desde 350 mm a 1000 mm, de acuerdo con las zonas climáticas existentes. Las lluvias con mayor intensidad se producen en los meses de diciembre a marzo, sin embargo, debido al cambio climático, no es raro la existencia de precipitaciones en los meses de junio, julio o agosto (18).

TEMPERATURA: La temperatura promedio mensual máxima es de 13 °C, la temperatura promedio mensual mínima es de – 4 °C y la

temperatura promedio mensual es de 4 °C; manteniéndose durante las noches un grado estable de congelación (18).

HUMEDAD RELATIVA: Los indicadores climatológicos del departamento de Huancavelica, reportan que la humedad relativa anual varía de 56.7 % a 72.9 %, con variaciones anuales de 416.6 mm a 857 mm, existe una acentuada variabilidad climática caracterizándose por fases: temporada de lluvias que comprende de diciembre abril y temporada sequía de mayo – octubre (18).

2.3.5.2 SUELOS

En la provincia de Huancavelica la superficie total se encuentra distribuida con fines de uso ganadero, agrícola y otras tierras (montes y tierras eriazas). El 70.71 % de la superficie está cubierto de pastos naturales, desarrollándose la actividad pecuaria en toda su extensión, destacando los distritos de Huando, Nuevo Occoro y Acobambilla, como los de mayor producción; mientras que el 0.11% se encuentra con uso agrícola, teniendo a los distritos de Acoria, Huando y Yauli, como los de mayor superficie agrícola de la Provincia (18).

El suelo del centro ecoturístico de Seccsachaca no tiene un uso específico, pero por sus características es apto para fines ganaderos (zona con dominio de pastizales) y de cultivo (zonas irrigadas por el curso de los manantiales). No es apto para fines habitacionales por el discernimiento de rocas y la pendiente abrupta.

2.3.5.3 GEOLOGÍA

La ciudad de Huancavelica y su área de expansión urbana se ubican exclusivamente en material aluvial, producto de importantes aluviones en el curso de la quebrada, que se han depositado en forma de un inmenso abanico antes de llegar al río Ichu.

En las inmediaciones, particularmente al lado oriental, en el cerro San Juan, se encuentra el emplazamiento del "Volcánico", rocas características por su coloración blanquecina amarillenta por intemperismo. Son de resistencia mediana al estado fresco y muy débil cuando se encuentran meteorizadas, tanto que se desintegran con relativa facilidad hasta el estado de polvo, siendo arrastradas con facilidad ya sea por gravedad, o por intemperismo, depositándose inmediatamente al pie de las laderas, formando un tipo de material coluvial. En la parte inferior de la ciudad de Huancavelica, concretamente en el curso del río Ichu, hay acumulaciones de material aluvial, que ha sido transportado por las aguas del río.

2.3.5.4 GEOMORFOLOGÍA

Dentro del centro ecoturístico de Seccsachaca es observable grutas, abrigos rocosos y cuevas. Algunas formas rocosas conocidas son "El Mamut" o la gruta del amor verdadero y "El Elefante", ambos ubicados en el lado este.

2.3.5.5 TOPOGRAFÍA

El terreno del centro ecoturístico de Seccsachaca está ubicado entre altitudes de 3620 y 3710 msnm de forma irregular (véase ANEXO A.2), siendo mayor al norte y menor al sur (cerca al río Ichu).

2.3.5.6 HIDROGRAFÍA

La Provincia de Huancavelica está enmarcada en la cuenca del río Amazonas perteneciente a la vertiente del océano Atlántico. El centro ecoturístico de Seccsachaca se encuentra dentro de la cuenca del río Mantaro y subcuenca del río Ichu.

Cuenca del río Mantaro: Se constituye en una de las principales cuencas de la región, que tiene por origen el Río Mantaro. A nivel de la provincia sus aguas discurren bordeando los distritos de Moya, Pilchaca, Cuenca, Izcuchaca, Mariscal Cáceres y Acoria. En su recorrido tiene como principales tributarios a los ríos Ichu y Moya. Cabe señalar que a la fecha el río Mantaro se encuentra fuertemente contaminado, utilizándose sus aguas sólo para la producción de energía eléctrica, a través del Complejo Hidroenergético “Santiago Antunez de Mayolo” y “Restitución” (18).

Sub cuenca del río Ichu: Esta subcuenca tiene como río principal al río Ichu, tiene como inicios a los ríos Astobamba y Cachimayo, cuyo rumbo es de norte a sur, en su trayecto recibe las aguas de la laguna Islacocha donde confluye con las aguas provenientes de la quebrada Pumacocha, el cual se une aguas abajo con el río Astobamba formando el río Ichu. Este río es la unión del río Cachimayo y el río Astobamba, toma el rumbo hacia el noroeste desde sus inicios recorre el distrito de Huancavelica. Este río recibe las aguas de las quebradas Chumbispampa, Botica y Machocorral llegando a la hacienda Callqui, donde cambia de rumbo hacia el sur este, hasta confluir con el río Sacsamarca. Toma el rumbo oeste a este hasta llegar al distrito de Yauli, donde recibe las aguas de la quebrada Mashuaranra, cambiando de rumbo hacia el norte, llegando al distrito de Acoria, previo a desembocar en el río Mantaro recibe las aguas del río Pallca y Tinyacclla (18).

Dentro del centro ecoturístico de Seccsachaca se encuentra un riachuelo que cruza el área arbolada y dos brotes de agua manantial que irrigan el suelo continuamente (véase ANEXO A.3).

2.3.6 CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

2.3.6.1 ZONAS DE VIDA

De acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge, el centro ecoturístico de Seccsachaca se encuentra en las siguientes zonas de vida:

BOSQUE HÚMEDO MONTANO TROPICAL (bh-MT)

Ecosistemas de clima húmedo y semi frío, con un promedio de precipitación total anual variable entre 600 mm a 800 mm, y una biotemperatura media anual que oscila entre 10 °C y 6 °C, previéndose la ocurrencia casi frecuente de temperaturas críticas o de congelación, además que se intensifican las granizadas y nevadas. Altitudinalmente se encuentra entre los 3300 y 4000 msnm, presentando una topografía accidentada, además de áreas relativamente más suaves, de laderas de montaña; además se presentan zonas donde mejora el relieve y el clima razón por la cual las áreas agrícolas alcanzan mayor extensión. Asimismo, en las laderas de relieve suave se puede hacer plantaciones forestales. La vegetación natural arbórea está constituida por bosques residuales de quinal, chachacoma, tasta, etc., y arbustos como el tarhui, ayrampo, motoy, etc., y grandes extensiones de pastos naturales (18).

ESTEPA MONTANO TROPICAL

Ecosistema de clima subhúmedo y semi frío, con un promedio de precipitación total anual variable entre 350 mm y 500 mm, y una biotemperatura media anual que oscila entre 12 °C y 10 °C, previéndose la ocurrencia de temperaturas de congelación más intensas y frecuentes que en las zonas de vida de menores altitudes. Altitudinalmente, se encuentra ubicado entre los 3000 y 3400 msnm. Presenta una topografía accidentada, con áreas relativamente más suaves, de laderas de montaña, donde ha tenido lugar el asentamiento de poblaciones. Las condiciones que ofrece esta zona de vida para la actividad agropecuaria no son tan favorables. (18).

2.3.6.2 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Dentro del centro ecoturístico de Seccsachaca no se encuentran áreas naturales protegidas, sin embargo, existen algunos restos arqueológicos como huellas petrificadas de humanos y camélidos sudamericanos, que, por las evidencias halladas y los estudios realizados, fue escenario de uno de los primeros asentamientos humanos del horizonte temprano en Huancavelica; algunas de estas evidencias se exhiben en el museo del Instituto Nacional de Cultura de Huancavelica.

2.3.6.3 FLORA

La flora predominante en la provincia de Huancavelica y que puede ser encontrado en el centro ecoturístico de Seccsachaca es:

Tabla 2. Flora perteneciente de la provincia de Huancavelica y que puede ser encontrado en el complejo ecoturístico de Seccsachaca

Clasificación	Nombre de las plantas
Plantas Medicinales	Huamanripa, ancooyripa, lengua de perro, puya, anís de campo, chachacoma, amañacay, muña, tumbo, huacatay, paico, valeriana, marco, chinchilcoma, llantén, hinojo, ñuchco, cceraccera, manzanilla, etc.
Árboles	Quinual, colle, molle, tara, quishuar, guinda, aliso, sauco, eucalipto.
Arbustos	Tuna, melo, tancar quichca, ayrampo, motoy, chilco, retama, etc.
Pastos naturales	Ichu, auja auja, chilhuar, cebadilla, soclla, trébol.
Líquenes	Líquenes crustáceos y foliáceos.
Briófitas	Musgos, hepáticas, antocerotofitas
Pteridofitas	Helechos.

Fuente: (18)

Elaboración: Propia

2.3.6.4 FAUNA

En el centro ecoturístico de Seccsachaca sólo es visible algunas especies representativas de la provincia de Huancavelica: vizcacha, lagartija, zorrino, picaflor, gorrión, sapos, ranas; éstas se muestran con poca frecuencia.

Otros animales propios de la provincia de Huancavelica que podrían avistarse dentro de la zona de estudio son: vicuña, puma, zorro, perdiz, ratón, gavián, cernícalo, pito o acallo, jellopiscco, buho, oscco, ccacharti, lapihuja, chihuaco, gorrión, cuculí, jilguero, venado, etc. En ríos y lagunas se tiene al yanahuico, pato silvestre, trucha, pariona, ojojuy, francolina, huallata, gaviota, etc. (18)

2.3.7 PAISAJE

Durante el trabajo de campo de la investigación (efectuado entre el 2 y 9 de julio del 2017) el día se presentó soleado en la mañana y nublado en la tarde con una ligera corta llovizna. En el recorrido fue fácilmente visible la mixtura entre rocas y vegetación, zonas llanas y de pendiente abrupta (véase ANEXO E.1). En general la vegetación se encontró en buen estado, aunque es de esperar una mayor población en un área protegida. Sólo se observaron restos de residuos sólidos, manchas de aerosoles sobre rocas y pequeñas zonas agrícolas dentro, debido al libre tránsito que permite el lugar (véase apartado ‘3.5 Proceso metodológico’ y ANEXO E.4 para mayor detalle).

2.3.8 UBICACIÓN DE PARCELAS

Tabla 3. Ubicación de las parcelas dentro de la zona de estudio

ESTRATO	PARCELA	COORDENADAS UTM	
		E	N
1	1	504864.434	8587125.348
	2	505001.676	8587219.584
	3	505778.880	8586552.283
2	4	505116.046	8587250.536
3	5	505255.997	8587178.112

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 3 muestra las coordenadas UTM de la ubicación de las parcelas dentro del centro ecoturístico utilizadas para el desarrollo de la investigación. Éstas fueron determinadas según el procedimiento explicado en el apartado ‘3.5 Proceso metodológico’ sección ‘Instalación

de parcelas' (véase apartado 'diseño muestral', ANEXO A.4 y ANEXO E.2.1 para mayor detalle).

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

ÁRBOLES

Plantas leñosas grandes y de larga vida que alcanzan una altura de al menos 6 m en la madurez en una localidad dada y tienen un tronco principal auto-soporte el cual desprende ramas y follaje para formar una copa.

ARBUSTOS

Plantas perennes, de tallos leñosos y de múltiples ramas basales creciendo en el mismo sistema de raíces.

BIOMASA

Cantidad total de materia de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.

BOSQUE

Tramo de terreno de más de 0.5 hectáreas con árboles más altos que 5 m y una cubierta de copas (dosel forestal) mayor al 10 %, o árboles capaces de alcanzar estos umbrales in situ.

BRIÓFITAS

Plantas terrestres no vasculares descendientes de las algas verdes que, juntamente con los líquenes, fueron los primeros seres vivos en colonizar los espacios terrestres. Son caracterizadas por ciclos de vida alternantes de generaciones haploides y diploides con un gametofito dominante.

BROZA

Conjunto de hojas, ramas, cortezas y otros despojos de las plantas.

CAMBIO CLIMÁTICO

Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

CARBONO (C)

Elemento fundamental constructor de la vida en la Tierra que brinda la estructura para los carbohidratos, grasas y proteínas tanto en materiales orgánicos vivos y muertos de plantas, animales y de los seres humanos. Existe también bajo formas inorgánicas y está presente en todos los ecosistemas.

CICLO DE CARBONO GLOBAL

Movimiento cíclico y transformativo de compuestos contenedores de carbono entre la biósfera, atmósfera, hidrósfera y litósfera del planeta. Es fundamental por la producción de materia orgánica, componente de los alimentos de los seres vivos.

DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Componente químico de dos elementos, carbono y oxígeno, en la proporción de uno a dos. Bajo condiciones normales, está presente en la atmósfera en pequeñas cantidades y juega un rol vital en el ambiente de la Tierra como un ingrediente necesario en el ciclo de vida de plantas y animales.

ECOSISTEMA

Unidad de organización biológica conformada por todos los organismos en un área dada interactuando con el ambiente físico de modo que un flujo de energía conduzca a la estructura trófica característica y ciclos de materiales dentro del sistema.

ECOSISTEMAS FORESTALES

Ecosistemas que incluyen todos los componentes vivientes de un bosque, y se extienden verticalmente hacia arriba hasta las capas atmosféricas que envuelven las copas de los árboles, y hacia abajo hasta las capas más bajas del suelo afectados por raíces y procesos bióticos.

ECOSISTEMA MONTANO ANDINO

Tipo de ecosistema de los Andes caracterizado principalmente por pastizales y bosques que ocupan áreas donde el clima cambia significativamente de verano a invierno. Los veranos en los ecosistemas montañosos son cálidos pero los inviernos son fríos y, con frecuencia, severos. Estos ecosistemas se encuentran en su mayoría en las faldas de montañas, teniendo como límite en altura, a las zonas alpinas.

LECHOS DE BRIÓFITAS

Agrupación natural de briófitas en forma de alfombras que cubren grandes extensiones y proporcionan beneficios para el medio que los rodea.

PASTIZALES

Extensión de terreno que se caracteriza por la presencia de abundancia de pastos. Estos ecosistemas en los que también abundan hierbas crecen naturalmente como resultado de la ausencia de suficiente agua para formar bosques o por la intervención humana a fin de criar ganado.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Servicios prestados por la naturaleza y usados por los humanos que engloban beneficios económicos, sociales y ambientales vitalmente necesarios para el desenvolvimiento efectivo de la humanidad.

VALORACIÓN ECONÓMICA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Asignación de un valor monetario aproximado a los servicios prestados por la naturaleza a fin de permitir la comprensión y estimación de los beneficios que ofrecen.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método utilizado se describe a continuación:

Método general: Científico, porque involucró un conjunto de técnicas —observación, medición y análisis— para investigar un fenómeno (servicio de secuestro de carbono) a fin de adquirir nuevo conocimiento.

Método específico: Observacional, ya que registró —por medio de la observación— las variables alométricas (altura, longitud de circunferencia, profundidad, área) de la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca, a fin de obtener la biomasa, cantidad de carbono, cantidad de dióxido de carbono y valor económico respectivo.

3.1.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue del tipo “aplicada” porque se obtuvo información acerca del servicio ecosistémico de secuestro de carbono ofrecido por la

vegetación del Centro Ecoturístico de Seccsachaca con el fin de fomentar proyectos de conservación del mismo y de ecosistemas montanos andinos en general.

3.1.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Descriptivo, dado que describió las propiedades y características del ‘servicio de secuestro de carbono’—biomasa, cantidad de carbono, cantidad de dióxido de carbono, valor económico—aportado por los diferentes grupos de vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca en un intervalo de tiempo dado.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación fue no experimental transeccional descriptivo, es decir recolectaron datos de forma no experimental (sin alterar la variable) en un único punto temporal, como si se hubiera tomado fotografías del fenómeno (secuestro de carbono) (53). El procedimiento consistió en medir la variable y posteriormente brindar su descripción. El siguiente esquema explica lo descrito:

- Diseño General: No experimental transeccional.
- Diseño Específico: No experimental transeccional descriptivo.

GNE: $M \rightarrow O$

Dónde:

GNE: Grupo no Experimental.

M: Muestra de análisis.

O: Observación de la muestra de análisis.

(Fuente: (53))

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACIÓN

- ✓ Extensión total del terreno del centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017 (149 600 m²) (véase ANEXO F).

La población del estudio corresponde a la extensión del terreno estudiado según lo especificado por RÛGNITZ et al. (54).

3.3.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

- ✓ 1 parcela circular de 20 m de radio (1256.63 m²), del terreno del centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.

El sustento de la elección de este valor fue obtenido mediante el procedimiento explicado en la sección ‘3.3.3.2 Cálculo del tamaño de muestra y número de parcelas’

3.3.3 MUESTRA

3.3.3.1 TAMAÑO DE MUESTRA

- ✓ 5 parcelas circulares de 20m de radio (6283.18m²), del terreno del centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.

El sustento de la elección de estos valores fue obtenido mediante el procedimiento explicado en la sección ‘3.3.3.2 Cálculo del tamaño de muestra y número de parcelas’.

3.3.3.2 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA Y NÚMERO DE PARCELAS

3.3.3.2.1 TAMAÑO DE MUESTRA MÍNIMO REQUERIDO

El área del centro ecoturístico de Seccsachaca es de aproximadamente 14.96 ha o 149 600 m². Como el método implica medir porciones de terreno y no especies individualmente, el tamaño de la muestra fue determinada probabilísticamente mediante la siguiente fórmula general (53):

$$n = \frac{N\sigma^2 Z_\alpha^2}{e^2(N - 1) + \sigma^2 Z_\alpha^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra.

N = tamaño de la población.

σ = desviación estándar de la población.

e = margen de error máximo admitido.

Z_α : desviación del valor medio que aceptamos para lograr el nivel de confianza deseado. A mayor nivel de confianza menor nivel de error. En función del nivel de confianza que busquemos, usaremos un valor determinado que viene dado por la forma que tiene la distribución de Gauss. Los valores más frecuentes son:

- Nivel de confianza 95 % -> Z=1.96
- Nivel de confianza 97 % -> Z=2.17
- Nivel de confianza 98 % -> Z=2.38
- Nivel de confianza 99 % -> Z=2.575

Se admite un valor de 0.5 para la desviación estándar de la población “ σ ” ya que no se tienen datos de estudios previos a la

investigación, esto según HERNÁNDEZ et. al. (53). Se usó un nivel de confianza del 98 % (Z_{α} : 2.38) con el fin de aumentar la precisión y exactitud del estudio frente al 95% que es normalmente usado en las investigaciones (53). Un nivel de confianza por encima del 98% aumentaría aún más la precisión y exactitud, pero hubiese requerido mayor uso de recursos. Así con un nivel de confianza del 98%, el error máximo admitido fue 2 % (e : 0.02). Entonces:

$$n = \frac{149\,600 \times (0.5)^2 \times (2.38)^2}{(0.02)^2 \times (149\,600 - 1) + (0.5)^2 (2.38)^2}$$

$$n = 3458.43 \text{ m}^2$$

Por tanto, el tamaño de la muestra mínimo requerido fue igual a 3458.43 m².

3.3.3.2.2 DISEÑO DE MUESTRA

El diseño muestral usado fue un acoplamiento del método propuesto por el “FIA” (FOREST INVENTORY AND ANALYSIS PROGRAM) elaborado por el Servicio Forestal del departamento de Agricultura de Estados Unidos (55) (56) y el método “Ground Layer Indicator” elaborado por SMITH et al. (25). Se formaron parcelas de 20 m de radio y 4 transectos (diámetros) direccionados en azimuts de 0°, 45°, 90° y 135°. Cada transecto tuvo 8 subparcelas rectangulares de 20 x 50 cm donde se realizó exclusivamente la medición de briófitas. Los árboles, arbustos, pastizales, broza, hierbas y cubierta vegetal medidos fueron aquellas que se encontraron dentro de cada parcela (figura 7.1a, 7.1c). Para el muestreo de broza, hierbas y cubierta vegetal se usó una subparcela de 50 x 50 cm que fue lanzada aleatoriamente sobre cada parcela (figura 7.1b).

El método del “FIA” está destinado al muestreo de vegetación dentro de bosques y ha usado históricamente el agrupamiento de

parcelas a fin de reducir la varianza entre ellas y por tanto el número necesario para alcanzar un estándar de precisión dada. El modelo circular de las parcelas responde a la expansión de la vegetación en hábitats terrestres. SMITH et al. (25) modificaron este protocolo con el fin de incluir briófitas en su análisis y poder destinarlo al muestreo.

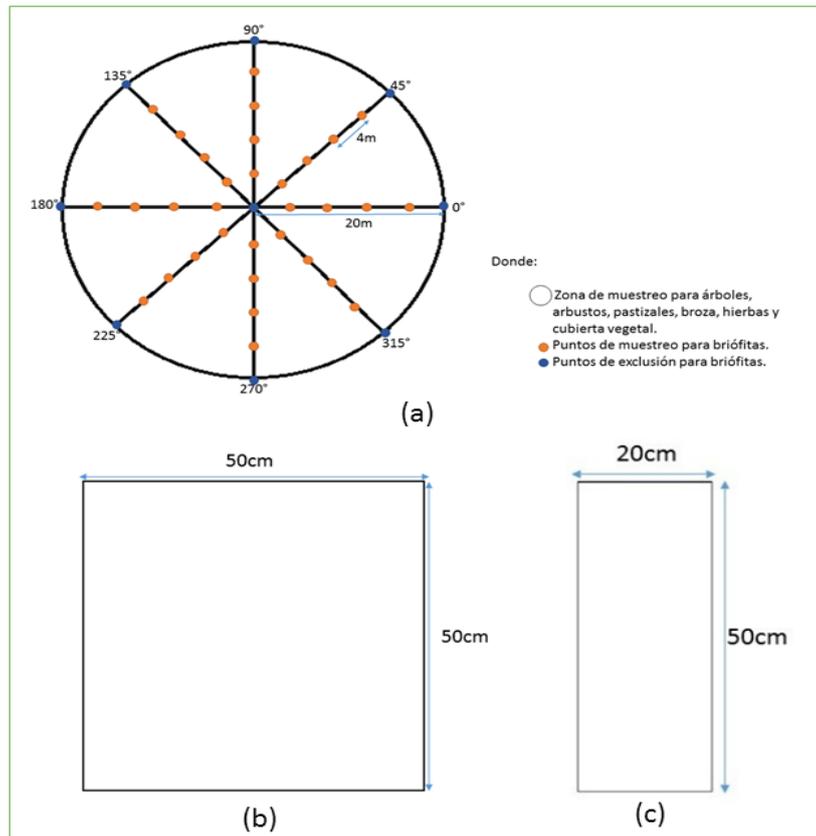


Figura 7. Diseño Muestral. (a) Parcelas con la ubicación de los puntos de muestreo (b) Subparcela de 50 x 50 cm y (c) Subparcela de 20 x 50 cm

Fuente: (25)

Elaboración: Propia

Ellos también agregaron azimuts y modificaron las direcciones con el fin de incrementar la exactitud y precisión de la muestra.

3.3.3.2.3 TIPO DE MUESTREO

Al ser observable vegetación aglomerada en lugares específicos, se fijaron estratos (muestreo estratificado). Para la ubicación de

parcelas, teniendo como base la información brindada por HERNÁNDEZ et al. (53) y el FIA (55), se realizó un muestreo semi-probabilístico: en primer lugar, de modo dirigido (no probabilístico), se descartaron las zonas de difícil acceso o con gran pendiente, reconocidas en visitas previas a la investigación, y luego, de modo aleatorio (probabilístico) se eligió un punto central de cada parcela teniendo en consideración que las áreas se encuentren dentro del área de estudio y el estrato.

3.3.3.2.4 ESTRATIFICACIÓN

Como el diseño muestral indicó usar unidades muestrales de 20 m de radio (por tanto 1256.63 m² de área) y un tamaño de muestra requerido de 3458.43 m² fue necesario hacer uso de 3 parcelas equivalente a un área de 3769.91 m². Sin embargo, debido al área aproximada de los estratos (Tabla 4), se agregaron 2 parcelas para aumentar la precisión y exactitud de la investigación, el área total de muestreo fue 6283.18 m². La siguiente tabla abrevia lo descrito:

Tabla 4. Estratificación de la zona de estudio y número de parcelas

ESTRATO	DESCRIPCIÓN	ÁREA	# DE PARCELAS
1	Zona con predominio de pastizales	75 % del total (11.220ha)	3
2	Zona con predominio de árboles	5 % del total (0.750ha)	1
3	Zona con predominio de arbustos	20 % del total (2.990ha)	1

Fuente y elaboración: propia

Así, el tamaño de muestra final fue igual a 6283.18 m² repartido en 5 parcelas de 20 m de radio.

3.3.3.2.5 TAMAÑO DE MUESTRA FINAL

En resumen, se midió 6283.18 m² repartido en 5 parcelas de 20 m de radio, conteniendo cada una de ellas 32 subparcelas de 20 x 50 cm y 2 subparcelas de 50 x 50 cm.

3.4 FUNDAMENTO METODOLÓGICO

El diseño muestral está basado en el método elaborado por el FIA (56) y en el método “Ground Layer Indicator” elaborado por SMITH et al. (25). El procedimiento para la estimación del valor económico (proceso metodológico) está basado en la “Guía para la determinación de carbono de pequeñas propiedades rurales” elaborado por el World Agroforestry Center (ICRAF) y editado por RÜGNITZ et al. (54). Para los árboles, pastizales, arbustos y briófitas se usaron ecuaciones alométricas: ecuaciones matemáticas de estimación en función de pocas variables de medición tales como diámetro y altura (método no destructivo) que son citadas en el proceso metodológico. Para la broza, hierbas y cubierta vegetal se utilizó el método de secado en horno-estufa basada en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa (método destructivo) (54).

3.5 PROCESO METODOLÓGICO

Las mediciones se realizaron entre el 2 y 9 de julio del 2017, particularmente en la estación de invierno, caracterizada por la ausencia de lluvias en la sierra peruana. Antes de efectuar las mediciones específicas para cada grupo de vegetación se realizaron los siguientes procedimientos:

INSTALACIÓN DE PARCELAS

En primer lugar, se identificó visualmente los límites naturales del área de la investigación y de los estratos (rocas, puntos de emanación de manantiales, viviendas, riachuelo que cruza el área arbolada, áreas de cultivo de propiedades colindantes, elevaciones de terreno, aglomeración de árboles y arbustos, río Ichu, etc.), acto seguido, se descartaron las áreas de difícil acceso o gran pendiente. Luego con ayuda de la estaca metálica y el cordón de 20 m de radio, se eligió aleatoriamente un punto central y se formó la circunferencia respectiva verificando su inclusión dentro del estrato y área de estudio. En segundo lugar, se estableció el punto central de cada parcela y con el dispositivo GPS se anotaron las coordenadas. Finalmente, se realizaron las

mediciones de la vegetación encontrada dentro de las parcelas moviendo el radio de 20m conforme se iba midiendo (véase sección 2.3.8 Ubicación de parcelas).

COLECCIÓN DE DATOS PAISAJÍSTICOS Y VEGETACIÓN

Desde el centro de cada parcela se tomaron datos paisajísticos (estado de la vegetación, alteraciones del paisaje, entre otros) necesarios para el posterior análisis de resultados. También se reconocieron las especies de vegetación más resaltantes. Estos fueron anotados en un cuaderno acompañado de fotografías (véase sección 2.3.7 Paisaje).

3.5.1 ÁRBOLES

3.5.1.1 FASE I: TRABAJO DE CAMPO

Medición de diámetro de los árboles: Dentro de cada parcela se midió la longitud de circunferencia de árbol a la altura del pecho o 130 cm (CAP) con la ayuda de una cinta métrica (casos particulares son presentados en anexo D apartado 2). Para hallar el DAP (Diámetro a la altura del pecho) se aplicó la siguiente ecuación:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \dots\dots(1)$$

Donde:

DAP: diámetro de árbol a la altura del pecho (130 cm).

CAP: longitud de circunferencia de árbol a la altura del pecho (130 cm)

π : pi (= 3.1415).

3.5.1.2 FASE II: CÁLCULOS NUMÉRICOS

3.5.1.2.1 DETERMINACIÓN DE BIOMASA

Para estimar la biomasa total se utilizan ecuaciones alométricas de acuerdo con la situación local (clima, ecosistema, especie y

diámetro). Como el centro ecoturístico de Secsachaca presenta mayormente árboles de eucalipto, se usó la ecuación alométrica genérica para árboles de eucalipto propuesto por PAUL et al. (57). A continuación, se presenta los pasos para el cálculo de la biomasa:

(a) Biomasa aérea de árbol:

$$B_{AA} = e^{-1.71 + 2.21 \times \ln(DAP)} \dots\dots(2)$$

Donde:

B_{AA} : biomasa aérea de árbol (Kg).

DAP: diámetro de árbol a la altura del pecho (cm).

ln = logaritmo natural.

e: número de Euler.

(b) Biomasa aérea de árboles en parcela:

$$B_{AAP} = \left(\frac{\sum B_{AA}}{A_p} \right) \dots\dots(3)$$

Donde:

B_{AAP} : biomasa aérea de árboles en parcela (kg ha⁻¹).

$\sum B_{AA}$: sumatoria de la biomasa aérea de árboles (Kg).

A_p : área de parcela (ha) (= 0.125 ha).

(c) Biomasa aérea de árboles en estrato:

$$B_{AAS} = (\bar{X}B_{AAP}) \times \left(\frac{1}{1000} \right) \dots\dots(4)$$

Donde:

B_{AAS} : biomasa aérea de árboles en estrato (t ha⁻¹).

$(\bar{X}B_{AAP})$: promedio de biomasa aérea de árboles en parcela (kg ha⁻¹).

$\left(\frac{1}{1000} \right)$: factor de conversión de Kg a t.

(d) Biomasa subterránea de árboles en estrato:

Para medición y estimación de la biomasa de raíces arbóreas se utilizó la ecuación alométrica formulada por Cairns et al. (58) válido para todos los tipos de bosques:

$$B_{SAS} = e^{[-1.085 + 0.9256 \times \ln(B_{AAS})]} \dots\dots(5)$$

Donde:

B_{SAS} : biomasa subterránea de árboles en estrato ($t\ ha^{-1}$).

\ln = logaritmo natural.

e : número de Euler.

B_{AAS} : biomasa aérea de árboles en estrato ($t\ ha^{-1}$).

(e) Biomasa total de árboles en estrato:

$$B_{TAS} = (B_{SAS}) + (B_{AAS}) \dots\dots(6)$$

Donde:

B_{TAS} : biomasa total de árboles en estrato ($t\ ha^{-1}$)

B_{SAS} : biomasa subterránea de árboles en estrato ($t\ ha^{-1}$).

B_{AAS} : biomasa aérea de árboles en estrato ($t\ ha^{-1}$).

3.5.1.2.2 DETERMINACIÓN DE CARBONO

(a) Carbono almacenado por árboles en estrato:

$$C_{AS} = (B_{TAS}) \times (FC) \dots\dots(7)$$

Donde:

C_{AS} : carbono almacenado por árboles en estrato ($t\ ha^{-1}$).

B_{TAS} : biomasa total de árboles en estrato ($t\ ha^{-1}$).

FC : fracción de carbono (El valor estándar según el IPCC es 0.5).

(b) Carbono almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$C_{AC} = \frac{(C_{AS1} \times A_{S1}) + (C_{AS2} \times A_{S2}) + (C_{AS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}} \dots\dots(8)$$

Donde:

C_{AC} : carbono almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

$C_{AS1}/C_{AS2}/C_{AS3}$: carbono almacenado por árboles en estrato 1, 2 y 3 respectivamente ($t\ ha^{-1}$).

$A_{S1}/A_{S2}/A_{S3}$: área del estrato 1, 2 y 3 respectivamente (ha).

Luego de determinar la cantidad de C almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca se procedió a

determinar la cantidad de CO₂ almacenado mediante la relación de pesos moleculares (12.01 para carbono y 15.99 para oxígeno).

Así:

- (c) CO₂ almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$CO_{2AC} = (3.67) \times (C_{AC}) \dots \dots (9)$$

Donde:

CO_{2AC}: CO₂ almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

C_{AC}: carbono almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

3.67: relación de pesos moleculares de CO₂ y C.

3.5.1.2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA

Para la valoración económica del servicio de secuestro de carbono se usó el método de precios de mercado. La cantidad de CO₂ almacenado por los árboles fueron convertidos a tCO₂e (toneladas de dióxido de carbono equivalente) a través de la fórmula general para los GEI.

- (a) Toneladas de CO₂ equivalente almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca.

$$tCO_{2eAC} = (CO_{2AC}) \times (PCG) \dots \dots (10)$$

Donde:

tCO_{2eAC}: toneladas de CO₂ equivalente almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

CO_{2AC}: CO₂ almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

PCG: potencial de calentamiento global.

El PCG para el CO₂ es igual a 1, por lo tanto, los valores del CO₂ almacenado y tCO₂e son iguales. Una vez calculado la cantidad de tCO₂e fue asignar un valor monetario según la oferta brindada por los mercados de carbono.

Para este estudio se eligió el mercado de The EU Emissions Trading System (EU ETS) que fija el precio de carbono en € t⁻¹ para cada mes del año (Sistema Europeo de Negociación de CO₂ (Sendeco2) (58). Entonces mediante la siguiente ecuación se pudo determinar el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca:

- (b) Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca.

$$VE_A = (tCO_2e_{AC}) \times (p) \times (F_c) \dots \dots (11)$$

Donde:

VE_A: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

tCO₂e_{AC}: toneladas de dióxido de carbono equivalente almacenado por los árboles del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

p: precio de CO₂ en el mercado (€ t⁻¹).

F_c: factor de conversión de € a \$.

3.5.2 BRIÓFITAS

3.5.2.1 FASE I: TRABAJO DE CAMPO

Ubicación de puntos muestrales: Teniendo previamente ubicado los centros de cada parcela, mediante el uso de una brújula y cuerdas se formaron los 4 transectos para cada azimut (0°, 45°, 90° y 135°)

respectivamente. Finalmente, las cuerdas fueron señalizadas cada 4 m y así los 32 puntos de muestreo por parcela.

Registro de datos en subparcelas: En cada punto de muestreo fue notable la abundancia de briófitas, líquenes y plantas vasculares propias de la zona, de los cuáles los dos últimos fueron excluidos por el objetivo del estudio. Las subparcelas y los puntos de muestreo debieron poseer el mismo centro. Entonces, se procedió a ubicar la subparcela en cada punto de muestreo, seguidamente, vía observación, se procedió a hallar el área del hábitat de las briófitas en cada micro-parcela. Para la asignación de las áreas de ocupación, se usó una escala porcentual con intervalos de 5 % (0 %, 5 %, 10 % ,..., 95 %, 100 %).

La profundidad fue calculada coaccionando una vara metálica graduada de 30 cm en el centro de cada subparcela hasta notar resistencia firme, lo cual fue indicio de la primera capa de suelo. El reconocimiento de géneros y especies no fue necesario para los cálculos numéricos. Musgos, antocerotofitas y hepáticas fueron muestreadas en conjunto y sólo fueron diferenciadas de líquenes y otras plantas vasculares. Sin embargo, la identificación de su presencia y una aproximación cualitativa de su distribución ayudaron a brindar datos del funcionamiento ecosistémico y la evaluación del paisaje. Las fotografías de cada subparcela fueron útiles para discernir dudas sobre el área ocupada o resolver dificultades sobre la diferenciación entre tipos de vegetación.

3.5.2.2 FASE II: CÁLCULOS NUMÉRICOS

3.5.2.2.1 DETERMINACIÓN DE BIOMASA

En las briófitas, la biomasa es derivable de la densidad y el volumen. La primera fue obtenida mediante el uso de la ecuación alométrica propuesta por SMITH et al. (25) y la segunda por medio

de los datos de área y profundidad. La ecuación alométrica fue originada mediante la relación biomasa/volumen de 150 muestras de líquenes y briófitas recolectadas en 8 tipos de hábitats diferentes explicados anteriormente. Las siguientes ecuaciones expresan numéricamente lo descrito:

(a) Volumen de briófitas en subparcela:

$$V_{Bsp} = A_{Bsp} \times P_{Bsp} \dots\dots(12)$$

Donde:

V_{Bsp} : volumen de briófitas en subparcela (cm^3).

A_{Bsp} : área de briófitas en subparcela (cm^2).

P_{Bsp} : profundidad de briófitas en subparcela (cm).

(b) Densidad de briófitas en subparcela a partir de la ecuación alométrica de SMITH et al. (25):

$$\rho_{Bsp} = 0.0205 + 0.0512 \times e^{(-0.3448 \times P_{Bsp})} \dots\dots(13)$$

Donde:

ρ_{Bsp} : densidad de briófitas en subparcela [g cm^{-3}]

e : número de Euler (= 2.718)

P_{Bsp} : profundidad de briófitas en subparcela (cm)

(c) Biomasa de briófitas en sub-parcela:

$$B_{Bsp} = (\rho_{Bsp}) \times (V_{Bsp}) \dots\dots(14)$$

Donde:

B_{Bsp} : biomasa de briófitas en subparcela (g).

ρ_{Bsp} : densidad de briófitas en subparcela (g cm^{-3}).

V_{Bsp} : volumen de briófitas en subparcela (cm^3).

(d) Como fue mencionado anteriormente, la biomasa debe ser expresada en unidades de peso y área (t ha^{-1}). Entonces:

$$B'_{Bsp} = \left(\frac{B_{Bsp}}{A_{sp}} \right) \times \left(\frac{1}{100} \right) \dots\dots(15)$$

Donde:

B'_{Bsp} : biomasa de briófitas en subparcela (t ha⁻¹).

B_{Bsp} : biomasa de briófitas en subparcela (g).

A_{sp} : área de subparcela (m²) (= 1000 cm² o 0.1 m²).

$\left(\frac{1}{100} \right)$: unidad de conversión de g m⁻² a t ha⁻¹.

(e) Biomasa de briófitas en parcela:

$$B_{Bp} = \bar{X}B'_{Bsp} \dots\dots(16)$$

Donde:

B_{Bp} : biomasa de briófitas en parcela (t ha⁻¹).

$\bar{X}B'_{Bsp}$: promedio de biomasa de briófitas en subparcelas (t ha⁻¹).

(f) Biomasa de briófitas en estrato:

$$B_{BS} = \bar{X}B_{Bp} \dots\dots(17)$$

Donde:

B_{BS} : biomasa de briófitas en estrato (t ha⁻¹).

$\bar{X}B_{Bp}$: promedio de biomasa de briófitas en parcelas (t ha⁻¹).

3.5.2.2.2 DETERMINACIÓN DE CARBONO

El C es un componente esencial de las plantas en general y está presente en la biomasa. Su cantidad varía en cada grupo de vegetación. La determinación del C en las briófitas se obtiene multiplicando la biomasa y el porcentaje de C presente en las briófitas según estudios anteriores. SMITH et al. (25) determinaron el valor de la biomasa y carbono de briófitas en bosques montanos bajos, resultando una

relación Carbono/Biomasa de 35.8 %. La siguiente ecuación resume lo descrito:

(a) Carbono almacenado por briófitas en estrato:

$$C_{BS} = (B_{BS}) \times (f) \dots\dots(18)$$

Donde:

C_{BS} : carbono almacenado por briófitas en estrato ($t\ ha^{-1}$).

B_{BS} : biomasa de briófitas en estrato ($t\ ha^{-1}$).

f : factor de relación Carbono/Biomasa en briófitas para bosques templados (= 35.8%).

(b) Carbono almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$C_{BC} = \frac{(C_{BS1} \times A_{S1}) + (C_{BS2} \times A_{S2}) + (C_{BS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}} \dots\dots(19)$$

Donde:

C_{BC} : carbono almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

$C_{BS1}/C_{BS2}/C_{BS3}$: carbono almacenado por briófitas en estrato 1, 2 y 3 respectivamente ($t\ ha^{-1}$).

$A_{S1}/A_{S2}/A_{S3}$: área del estrato 1, 2 y 3 respectivamente (ha).

(c) CO₂ almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$CO_{2BC} = (3.67) \times (C_{BC}) \dots\dots(20)$$

Donde:

CO_{2BC} : CO₂ almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

C_{BC} : carbono almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

3.67: relación de pesos moleculares de CO₂ y C.

3.5.2.2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA

El proceso de valoración económica para el servicio de secuestro de carbono brindado por las briófitas fue la misma que para los árboles. Entonces:

- (a) Toneladas de CO₂ equivalente almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$tCO_2e_{BC} = (CO_{2BC}) \times (PCG) \dots\dots(21)$$

Donde:

tCO₂e_{BC}: toneladas de CO₂ equivalente almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

CO₂_{BC}: cantidad de CO₂ almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

PCG: potencial de calentamiento global.

- (b) Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por las briófitas existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$VE_B = (tCO_2e_{BC}) \times (p) \times (F_c) \dots\dots(22)$$

VE_C: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por las briófitas existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

tCO₂e_{BL}: toneladas de CO₂ equivalente almacenado por las briófitas del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

p: precio de CO₂ en el mercado (€ t⁻¹).

F_c: factor de conversión de € a \$.

3.5.3 PASTIZALES

3.5.3.1 FASE I: TRABAJO DE CAMPO

Medición de la altura máxima: Dentro de cada parcela se midió la altura del pastizal desde la base hasta el punto más alto encontrado.

Medición de diámetro basal y de copa: Luego de medir la altura, se procedió a medir la longitud de circunferencia en la base y en la copa de los pastizales (CB y CC, respectivamente) con la ayuda de una cinta métrica, tal como si se tratara de un tronco de cono invertido (véase anexo E.2.2). Al igual que los árboles, a partir de la longitud de circunferencia se obtuvo el diámetro vía las siguientes ecuaciones:

$$(DB) = (CB)/\pi \dots\dots(23)$$

$$(DC) = (CC)/\pi \dots\dots(24)$$

Donde:

(DB), (DC): diámetro de pastizal en la base y copa respectivamente (cm).

(CB), (CC): longitud de circunferencia de pastizal en la base y copa respectivamente (cm).

π : pi (=3.1415).

3.5.3.2 FASE II: CÁLCULOS NUMÉRICOS

3.5.3.2.1 DETERMINACIÓN DE BIOMASA

(a) Área basal y de copa de pastizal:

$$AB_p = \frac{\pi DB^2}{4} \dots\dots(25)$$

$$AC_p = \frac{\pi DC^2}{4} \dots\dots(26)$$

Donde:

AB_p : área basal de pastizal (cm²).

DB : diámetro basal de pastizal (cm).

AC_p : área de copa de pastizal (cm²).

DC : diámetro de copa de pastizal (cm).

(b) Biomasa aérea de pastizal:

Para la determinación de biomasa se usó la ecuación alométrica propuesta por OLIVERAS et al. (59) para pastizales andinos:

$$B_{AP} = (AB_p)^{0.480} \times (H_{máxp})^{0.935} \times (AC_p)^{0.373} \dots\dots(27)$$

Donde:

B_{AP} : biomasa aérea de pastizal (g).

AB_p : área basal de pastizal (cm²).

$H_{máxp}$: altura máxima de pastizal (cm).

AC_p : área de copa de pastizal (cm²).

(c) Biomasa aérea de pastizales en parcela:

$$B_{APP} = \left(\frac{\sum B_{AP}}{A_p} \right) \times \left(\frac{1}{1000} \right) \dots\dots(28)$$

Donde:

B_{APP} : biomasa aérea de pastizales en parcela (kg ha⁻¹).

$\sum B_{AP}$: sumatoria de la biomasa aérea de pastizales (g).

A_p : área de parcela (ha) (= 0.125 ha).

$\left(\frac{1}{1000} \right)$: factor de conversión de g a Kg.

(d) Biomasa aérea de pastizales en estrato:

$$B_{APS} = (\bar{X}B_{APP}) \times \left(\frac{1}{1000} \right) \dots\dots(29)$$

Donde:

B_{APS} : biomasa aérea de pastizales en estrato (t ha⁻¹).

B_{APP} : biomasa aérea de pastizales en parcela (kg ha⁻¹).

$\left(\frac{1}{1000} \right)$: factor de conversión de Kg a t.

3.5.3.2.2 DETERMINACIÓN DE CARBONO

(a) Carbono almacenado por pastizales en estrato:

$$C_{PS} = (B_{APS}) \times (FC) \dots\dots(30)$$

Donde:

C_{PS} : carbono almacenado por pastizales en estrato ($t\ ha^{-1}$).

B_{APS} : biomasa aérea de pastizales en estrato ($t\ ha^{-1}$).

FC: fracción de carbono (El valor estándar según el IPCC es 0.5).

(b) Carbono almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$C_{PC} = \frac{(C_{PS1} \times A_{S1}) + (C_{PS2} \times A_{S2}) + (C_{PS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}} \dots\dots(31)$$

Donde:

C_{PC} : carbono almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

$C_{PS1}/C_{PS2}/C_{PS3}$: carbono almacenado por pastizales en estrato 1, 2 y 3 respectivamente ($t\ ha^{-1}$).

$A_{S1}/A_{S2}/A_{S3}$: área del estrato 1, 2 y 3 respectivamente (ha).

(c) CO₂ almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$CO_{2PC} = (3.67) \times (C_{PC}) \dots\dots(32)$$

Donde:

CO_{2PC} : CO₂ almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

C_{PC} : cantidad de carbono almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

3.67: relación de pesos moleculares de CO₂ y C.

3.5.3.2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA

- (a) Toneladas de CO₂ equivalente almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$tCO_2e_{PC} = (CO_{2PC}) \times (PCG) \dots\dots(33)$$

Donde:

tCO₂e_{PC}: toneladas de CO₂ equivalente almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

CO₂_{PC}: CO₂ almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

PCG: potencial de calentamiento global.

- (b) Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los pastizales existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$VE_p = (tCO_2e_{PC}) \times (p) \times (F_c) \dots\dots(34)$$

Donde:

VE_p: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los pastizales existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

tCO₂e_{AL}: toneladas de CO₂ equivalente almacenado por los pastizales del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

p: precio de CO₂ en el mercado (€ t⁻¹).

F_c: factor de conversión de € a \$.

3.5.4 ARBUSTOS

3.5.4.1 FASE I: TRABAJO DE CAMPO

Medición de diámetro: Dentro de cada parcela, con la ayuda de una cinta métrica, se midió aleatoriamente la longitud de circunferencia de 3 ramas a una altura de 10 cm (C10) de cada arbusto y se procedió a anotar.

Luego se obtuvo el valor promedio y se multiplicó por el número de ramas encontradas. El diámetro representativo del arbusto a la altura de 10 cm fue la suma de los diámetros obtenido a partir de la siguiente ecuación:

$$\Sigma D10 = \frac{(\bar{X}C10) \times (\#R10)}{\pi} \dots\dots(35)$$

Donde:

$\Sigma D10$: sumatoria de diámetros de ramas de arbusto a la altura de 10 cm (o diámetro representativo del arbusto a la altura del 10 cm) (cm).

$\bar{X}C10$: promedio de las longitudes de las circunferencias de ramas de arbusto a la altura de 10 cm (cm).

$\#R10$: número de ramas a la altura de 10 cm (cm).

π : pi (= 3.1415).

3.5.4.2 FASE II: CÁLCULOS NUMÉRICOS

3.5.4.2.1 DETERMINACIÓN DE BIOMASA

(a) Biomasa aérea de arbusto:

Para el cálculo de la biomasa aérea de cada arbusto se usó la ecuación alométrica general para arbustos de baja y mediana altura propuesto por PAUL et al. (57):

$$B_{AAr} = e^{-2.45 + 2.08 \times \ln(\Sigma D10)} \dots\dots(36)$$

Donde:

B_{AAr} : biomasa aérea de arbusto (Kg).

$\Sigma D10$: sumatoria de diámetros de ramas de arbusto a la altura de 10cm (o diámetro representativo del arbusto a la altura del 10cm) (cm).

\ln = logaritmo natural.

e : número de Euler.

(b) Biomasa aérea de arbustos en parcela:

$$B_{AArP} = \left(\frac{\sum B_{AAr}}{A_p} \right) \dots\dots(37)$$

Donde:

B_{AArP} : biomasa aérea de arbusto en parcela (kg ha^{-1}).

$\sum B_{AAr}$: sumatoria de biomasa aérea de arbustos (Kg).

A_p : área de parcela (ha) (=0.125 ha).

(c) Biomasa aérea de arbustos en estrato:

$$B_{AArS} = (\bar{X}B_{AArP}) \times \left(\frac{1}{1000} \right) \dots\dots(38)$$

Donde:

B_{AArS} : biomasa aérea de arbustos en estrato (t ha^{-1}).

B_{AArP} : biomasa aérea de arbustos en parcela (kg ha^{-1}).

$\left(\frac{1}{1000} \right)$: factor de conversión de kg ha^{-1} a t ha^{-1} .

3.5.4.2.2 DETERMINACIÓN DE CARBONO

(a) Carbono almacenado por arbustos en estrato:

$$C_{ArS} = (B_{AArS}) \times (FC) \dots\dots(39)$$

Donde:

C_{ArS} : carbono almacenado por arbustos en estrato (t ha^{-1}).

B_{AArS} : biomasa aérea de arbustos en estrato (t ha^{-1}).

FC: fracción de carbono (El valor estándar según el IPCC es 0.5).

(b) Carbono almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$C_{ArC} = \frac{(C_{ArS1} \times A_{S1}) + (C_{ArS2} \times A_{S2}) + (C_{ArS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}} \dots\dots(40)$$

Donde:

C_{ArC} : carbono almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha^{-1}).

$C_{ArS1}/C_{ArS2}/C_{ArS3}$: carbono almacenado por arbustos en estrato 1, 2 y 3 respectivamente ($t\ ha^{-1}$).

$A_{S1}/A_{S2}/A_{S3}$: área de estrato 1, 2 y 3 respectivamente (ha).

(c) CO_2 almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$CO_{2ArC} = (3.67) \times (C_{AC}) \dots\dots(41)$$

Donde:

CO_{2ArC} : CO_2 almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

C_{ArC} : carbono almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

3.67: relación de pesos moleculares de CO_2 y C.

3.5.4.2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA

(a) Toneladas de CO_2 equivalente almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$tCO_{2eArC} = (CO_{2ArC}) \times (PCG) \dots\dots(42)$$

Donde:

tCO_{2eArC} : toneladas de CO_2 equivalente almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

CO_{2ArC} : CO_2 almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

PCG: potencial de calentamiento global.

(b) Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los arbustos existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$VE_{Ar} = (tCO_{2eArC}) \times (p) \times (F_c) \dots\dots(43)$$

Donde:

VE_{Ar} : valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los arbustos existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

tCO_2e_{ArC} : toneladas de CO₂ equivalente almacenado por arbustos del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

p : precio de CO₂ en el mercado (€ t⁻¹).

F_c : factor de conversión de € a \$.

3.5.5 BROZA

3.5.5.1 FASE I: TRABAJO DE CAMPO

Para la estimación de biomasa de broza (hojarasca, ramas caídas y detritos) se utilizó una subparcela de 50 x 50 cm localizada en el interior de la parcela establecida para el inventario. Esta subparcela fue usada como una muestra de la parcela. El proceso consistió en lanzar la subparcela aleatoriamente dentro de la parcela, coleccionar todos los residuos en su interior hasta colmarlo, pesar todo el material y recoger una sub-muestra de 50 g que fue guardada en bolsas plásticas debidamente identificada y fue enviada al laboratorio para el proceso de secado en horno-estufa a 60 °C durante 48 horas. De este modo, se determinó la relación entre cantidad de peso húmedo y peso seco de la subparcela para estimar la biomasa de la parcela.

3.5.5.2 FASE II: CÁLCULOS NUMÉRICOS

3.5.5.2.1 DETERMINACIÓN DE BIOMASA

(a) Biomasa de broza en parcela.

$$B_{brp} = \frac{\left(\frac{Wf_{brsm}}{Ws_{brsm}}\right) \times (Wf_{brsp})}{A_{sp}} \dots\dots(44)$$

Donde:

B_{brp} : biomasa de broza en parcela (kg m⁻²).

Wf_{brsm} : peso fresco de sub-muestra de broza en subparcela (kg).

Ws_{brsm} : peso seco de sub-muestra de broza en subparcela (kg).

Wf_{brsp} : peso fresco de broza en subparcela (kg).

A_{sp} : : área de subparcela (m^2) ($0.25 m^2$).

(b) Biomasa en estrato.

$$B_{brS} = \left(\bar{X}_{Bbrp} \right) \times (10) \dots\dots(45)$$

Donde:

B_{brS} : biomasa de broza en estrato ($t ha^{-1}$).

\bar{X}_{Bbrp} : promedio de biomasa de broza en parcelas ($kg m^{-2}$).

10: factor de conversión de $kg m^{-2}$ a $t ha^{-1}$.

3.5.5.2.2 DETERMINACIÓN DE CARBONO

(a) Carbono almacenado por la broza en estrato:

$$C_{brS} = (B_{brS}) \times (FC) \dots\dots(46)$$

Donde:

C_{brS} : carbono almacenado por la broza en estrato ($t ha^{-1}$).

B_{brS} : biomasa de broza en estrato ($t ha^{-1}$).

FC: fracción de carbono (El valor estándar según el IPCC es 0.5).

(b) Carbono almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$C_{BrC} = \frac{(C_{BrS1} \times A_{S1}) + (C_{BrS2} \times A_{S2}) + (C_{BrS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}} \dots\dots(47)$$

Donde:

C_{BrC} : carbono almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t ha^{-1}$).

$C_{BrS1}/C_{BrS2}/C_{BrS3}$: carbono almacenado por la broza en estrato 1, 2 y 3 respectivamente ($t ha^{-1}$).

$A_{S1}/A_{S2}/A_{S3}$: área de estrato 1, 2 y 3 respectivamente (ha).

- (c) CO₂ almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$CO_{2brC} = (3.67) \times (C_{brC}) \dots\dots(48)$$

Donde:

CO_{2brC}: CO₂ almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

C_{brC}: carbono almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

3.67: relación de pesos moleculares de CO₂ y C.

3.5.5.2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA

- (a) Toneladas de CO₂ equivalente almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$tCO_{2ebrC} = (CO_{2brC}) \times (PCG) \dots\dots(49)$$

Donde:

tCO_{2ebrC}: toneladas de CO₂ equivalente almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

CO_{2brC}: CO₂ almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

PCG: potencial de calentamiento global.

- (b) Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la broza existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$VE_{br} = (tCO_{2ebrC}) \times (p) \times (F_c) \dots\dots(50)$$

Donde:

VE_{br}: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la broza existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

tCO_{2ebrC}: toneladas de CO₂ equivalente almacenado por la broza del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

p: precio de CO₂ en el mercado (€ t⁻¹).

F_c: factor de conversión de € a \$.

3.5.6 HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL

3.5.6.1 FASE I: TRABAJO DE CAMPO

Para la estimación de biomasa de hierbas y cubierta vegetal se utilizó una subparcela de 50 x 50 cm localizada en el interior de la parcela establecida para el inventario. Esta subparcela fue usada como una muestra de la parcela. El proceso consistió en lanzar la subparcela aleatoriamente dentro de la parcela y en seguida cortar al ras del suelo todo el material localizado dentro y pesarlo, luego recoger una sub-muestra de 50 g que fue guardada en bolsas plásticas debidamente identificadas y ser enviadas al laboratorio, para el secado en horno-estufa a 60 °C durante 48 horas. De este modo, se determinó la relación entre cantidad de peso húmedo y peso seco de la subparcela para estimar la biomasa de la parcela.

3.5.6.2 FASE II: CÁLCULOS NUMÉRICOS

3.5.6.2.1 DETERMINACIÓN DE BIOMASA

(a) Biomasa de hierbas y cubierta vegetal en parcela:

$$B_{hycvp} = \frac{\left(\frac{Wf_{hycvsm}}{Ws_{hycvsm}}\right) \times (Wf_{hycvsp})}{A_{sp}} \dots\dots(51)$$

Donde:

B_{hycvp} : biomasa de hierbas y cubierta vegetal en parcela (kg m^{-2}).

Wf_{hycvsm} : peso fresco de sub-muestra de hierbas y cubierta vegetal en subparcela (kg).

Ws_{hycvsm} : peso seco de la sub-muestra de hierbas y cubierta vegetal en subparcela (kg).

Wf_{hycvsp} : peso fresco de hierbas y cubierta vegetal en subparcela (kg).

A_{sp} : área de subparcela (m^2) (0.25 m^2).

(b) Determinación de biomasa en estrato:

$$B_{hycvS} = (\bar{X}_{B_{hycvp}}) \times (10) \dots\dots(52)$$

Donde:

B_{hycvS} : biomasa de hierbas y cubierta vegetal en estrato ($t\ ha^{-1}$).

$\bar{X}_{B_{hycvp}}$: promedio de biomasa de hierbas y cubierta vegetal en parcelas ($kg\ m^{-2}$).

10: factor de conversión de $kg\ m^{-2}$ a $t\ ha^{-1}$.

3.5.6.2.2 DETERMINACIÓN DE CARBONO

(a) Carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal en estrato:

$$C_{hycvS} = (B_{hycvS}) \times (FC) \dots\dots(53)$$

Donde:

C_{hycvS} : carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal en estrato ($t\ ha^{-1}$).

B_{hycvS} : biomasa aérea de hierbas y cubierta vegetal en estrato ($t\ ha^{-1}$).

F: fracción de carbono (el valor estándar según el IPCC es 0.5).

(b) Carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$C_{hycvC} = \frac{(C_{hycvS1} \times A_{S1}) + (C_{hycvS2} \times A_{S2}) + (C_{hycvS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}} \dots\dots(54)$$

Donde:

C_{hycvC} : carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

$C_{hycvS1}/C_{hycvS2}/C_{hycvS3}$: carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal en estrato 1, 2 y 3 respectivamente ($t\ ha^{-1}$).

$A_{S1}/A_{S2}/A_{S3}$: Área de estrato 1, 2 y 3 respectivamente (ha).

(c) CO₂ almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$CO_{2hyvc} = (3.67) \times (C_{hyvc}) \dots\dots(55)$$

Donde:

CO_{2hycvS} : CO_2 almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

C_{hycvL} : carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

3.67: relación de pesos moleculares de CO_2 y C.

3.5.6.2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA

(a) Toneladas de CO_2 equivalente almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$tCO_{2ehyvc} = (CO_{2hyvc}) \times (PCG) \dots\dots(56)$$

Donde:

tCO_{2ehyvc} : toneladas de CO_2 equivalente almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

CO_{2hyvc} : CO_2 almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca ($t\ ha^{-1}$).

PCG : potencial de calentamiento global.

(b) Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por las hierbas y cubierta vegetal existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca:

$$VE_{hycv} = (tCO_{2ehyvc}) \times (p) \times (F_c) \dots\dots(57)$$

Donde:

VE_{hycv} : valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por las hierbas y cubierta vegetal existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca ($\$ \ ha^{-1}$).

tCO_2e_{hyvc} : toneladas de CO₂ equivalente almacenado por las hierbas y cubierta vegetal del centro ecoturístico de Seccsachaca (t ha⁻¹).

p: precio de CO₂ en el mercado (€ t⁻¹).

F_c : factor de conversión de € a \$.

3.5.7 VALORACIÓN ECONÓMICA SEGÚN ESTRATO Y TOTAL

3.5.7.1 VALORACIÓN ECONÓMICA SEGÚN ESTRATO

La valoración económica del servicio de secuestro de carbono brindado por la vegetación existente en el Centro Ecoturístico de Seccsachaca según estrato es derivable de los resultados de los cálculos independientes de biomasa. El procedimiento usado fue:

(a) Carbono almacenado por la vegetación según estrato:

$$CVE = BVE \times FC \dots\dots(58)$$

Donde:

CVE: carbono almacenado por la vegetación según estrato (t ha⁻¹)

BVE: biomasa de la vegetación según estrato (t ha⁻¹)

FC: fracción de carbono.

(b) Dióxido de carbono almacenado por la vegetación según estrato:

$$CO_2VE = CVE \times 3.67\dots\dots(59)$$

Donde:

CO₂VE: dióxido de carbono almacenado por la vegetación según estrato (t ha⁻¹).

CVE: carbono almacenado por la vegetación según estrato (t ha⁻¹)

3.67: relación de pesos moleculares de CO₂ y C.

(c) Valor económico del servicio de secuestro de carbono brindado por la vegetación según estrato:

$$VEVE = (CO_2VE) \times (PCG) \times (p) \times (F_c) \dots\dots(60)$$

Donde:

VEVE: valor económico del servicio de secuestro de carbono brindado por la vegetación según estrato (\$ ha⁻¹).

CO₂VE: dióxido de carbono almacenado por la vegetación según estrato (t ha⁻¹).

PCG : potencial de calentamiento global.

p: precio de CO₂ en el mercado (€ t⁻¹).

F_c: factor de conversión de € a \$.

3.5.7.2 VALORACIÓN ECONÓMICA TOTAL

La valoración económica total del servicio de secuestro de carbono brindado por la vegetación existente en el Centro Ecoturístico de Seccsachaca fue determinada de la siguiente manera:

$$VET = VE_A + VE_B + VE_P + VE_{Ar} + VE_{br} + VE_{hycv} \dots\dots(61)$$

Donde:

VET: valor económico del servicio de secuestro de carbono brindado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

VE_A: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

VE_B: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por las briófitas existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

VE_P: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los pastizales existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

VE_{Ar}: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los arbustos existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

VE_{br}: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la broza existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

VE_{hycv}: valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por las hierbas y cubierta vegetal existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca (\$ ha⁻¹).

3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos en forma general se usa la técnica de observación en forma de fichas (véase anexo B y C.1). También se anotaron datos paisajísticos y se tomaron fotografías que serán apoyo para la investigación (véase anexo E).

3.7 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de datos usa la técnica de estadística inferencial a través del software Microsoft Excel y otros programas de procesamiento de texto como Microsoft Word. Las estadísticas permiten mostrar con mayor claridad los resultados de la investigación y la comprobación de la hipótesis planteada. También se usa la técnica de juicio de expertos para determinar si el valor económico estimado puede ser considerado “positivo” o es útil para la formulación de un “Proyecto de Conservación” en el centro ecoturístico de Seccsachaca.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

4.1.1 VEGETACIÓN ENCONTRADA

La vegetación dentro del complejo ecoturístico es muy diversa, catalogar las especies requiere un estudio específico. Las especies resaltantes que se encuentran dentro o cerca de las parcelas son (véase ANEXO D.4):

- ✓ ÁRBOLES: Eucalipto blanco, común o azul (*Eucalyptus globulus*).
- ✓ PASTIZALES: Ichu (*Stipa ichu*), Calamagrostis sp., Carrizo (*Phragmites australis*).
- ✓ ARBUSTOS: Ayrampo (*Berberis weberbaueri*), Chilca, Margarito o Motoy (*Cercidium praecox*), Margarita Silvestre (*Bellis sylvestris*).
- ✓ BRIÓFITAS: Musgos (*Bryophyta sensu stricto*), Hepáticas (*Marchantiophyta*) y Antocerotofitas (*Anthocerotophyta*).
- ✓ LÍQUENES: Líquenes crustáceos.
- ✓ FABÁCEAS: Tréboles (*Trifolium*).
- ✓ PTERODOFITAS: Helecho águila (*Pteridium aquilinum*).
- ✓ CÁCTACEAS: Ayrampo (*Opuntia floccosa*)

- ✓ SUCULENTAS: Maguey (*Agave angustifolia*)
- ✓ HIERBAS: Amañacay (*Alstroemeria peruviana*) y Marmaquilla (*Ageratina azangaroensis*)

4.1.2 RESUMEN DE MEDICIONES

4.1.2.1 RESUMEN DE MEDICIONES EN PARCELAS

La tabla 5 muestra el número de mediciones realizadas en cada parcela. En resumen, en la parcela 1 se realiza la mayor cantidad de mediciones [786] y en la parcela 4, la menor [216]. Respecto a la vegetación, el mayor número de mediciones corresponde a los pastizales [1557] y la menor, a la broza [10] así como a las hierbas y cubierta vegetal [10]. En las parcelas 1, 2 y 3 no se encontraron árboles. En el caso de los arbustos, los números pertenecen a los individuos medidos y no a las ramas; en la parcela 1, 2, 3, 4 y 5 se contaron 42, 22, 57, 69 y 471 ramas respectivamente (véase ANEXO C.2).

4.1.2.2 RESUMEN DE MEDICIONES EN ESTRATOS

La tabla 6 muestra el número de mediciones realizadas en cada estrato. En resumen, en el estrato 1 se realiza la mayor cantidad de mediciones [1737] y en el estrato 2, la menor [216]. Respecto a la vegetación, al igual que las parcelas, el mayor número de mediciones corresponde a los pastizales [1557] y la menor, a la broza [10] así como a las hierbas y cubierta vegetal [10]. En el estrato 1, no se encuentran árboles. En el caso de los arbustos, los números pertenecen a los individuos medidos y no a las ramas; en el estrato 1, 2 y 3 se cuentan 121, 69 y 471 ramas respectivamente (véase ANEXO C.2).

Tabla 5. Resumen de las mediciones realizadas en parcelas

	PARCELA	VEGETACIÓN												
		ÁRBOLES	BRIÓFITAS		PASTIZALES			ARBUSTOS		BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL		
		LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE ÁRBOL A LA ALTURA DEL PECHO (130 cm) (cm).	ÁREA DE BRIÓFITAS EN SUBPARCELA (%)	PROFUNDIDAD DE BRIÓFITAS EN SUBPARCELA (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL EN LA BASE (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL EN LA COPA (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL A LA ALTURA DE 10cm (cm)	PROMEDIO DE LAS LONGITUDES DE CIRCUNFERENCIAS DE RAMAS DE ARBUSTO A LA ALTURA DE 10 cm (cm)	NÚMERO DE RAMAS A LA ALTURA DE 10cm	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	PESO FRESCO DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	PESO FRESCO DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	TOTAL
NÚMERO DE MEDICIONES	1	0	32	32	234	234	234	8	8	1	1	1	1	786
	2	0	32	32	219	219	219	4	4	1	1	1	1	733
	3	0	32	32	50	50	50	10	10	1	1	1	1	238
	4	91	32	32	7	7	7	18	18	1	1	1	1	216
	5	4	32	32	9	9	9	106	106	1	1	1	1	311
TOTAL		95	320		1557			292		10		10		2284

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Resumen de las mediciones realizadas en estratos

	ESTRATO	VEGETACIÓN												TOTAL
		ÁRBOLES	BRIÓFITAS		PASTIZALES			ARBUSTOS		BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL		
		LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE ÁRBOL A LA ALTURA DEL PECHO (130 cm) (cm).	ÁREA DE BRIÓFITAS EN SUBPARCELA (%)	PROFUNDIDAD DE BRIÓFITAS EN SUBPARCELA (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL EN LA BASE (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL EN LA COPA (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL A LA ALTURA DE 10cm (cm)	PROMEDIO DE LAS LONGITUDES DE CIRCUNFERENCIAS DE RAMAS DE ARBUSTO A LA ALTURA DE 10 cm (cm)	NÚMERO DE RAMAS A LA ALTURA DE 10cm	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	PESO FRESCO DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	PESO FRESCO DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	
NÚMERO DE MEDICIONES	1	0	96	96	503	503	503	22	22	3	3	3	3	1757
	2	91	32	32	7	7	7	18	18	1	1	1	1	216
	3	4	32	32	9	9	9	106	106	1	1	1	1	311
TOTAL		95	320		1557			292		10		10		2284

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3 RESUMEN DE MEDICIONES EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA

La tabla 7 muestra el número promedio de valores, valores máximo y mínimo de mediciones realizadas. Concisamente, se realiza un tipo de medición para 95 árboles, 2 tipos de mediciones para 160 áreas de 20 x 50 cm de briófitas, 3 para 519 pastizales, 2 para 73 arbustos; 2 tipos de mediciones para 5 áreas de 50 x 50 cm de broza, y 2 tipos de mediciones para 5 áreas de 50 x 50 cm de hierbas y cubierta vegetal. En total se realizan 2284 mediciones. La tabla también muestra el promedio de los valores de las mediciones realizadas, el valor máximo y mínimo de cada vegetación. El valor mínimo de las briófitas (0 % y 0 cm) refleja las poblaciones nulas encontradas en ciertos puntos de muestreo. En el caso de los arbustos, sólo en la fila de número de mediciones, los valores pertenecen a los individuos medidos y no a las ramas; el conteo total de ramas es 661 (véase ANEXO C.2).

Tabla 7. Resumen de las mediciones realizadas en el Centro Ecoturístico de Seccsachaca

	RESUMEN DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA												
	ÁRBOLES	BRIÓFITAS		PASTIZALES			ARBUSTOS		BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL		TOTAL
	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE ÁRBOL A LA ALTURA DEL PECHO (130 cm) (cm).	ÁREA DE BRIÓFITAS EN SUBPARCELA (%)	PROFUNDIDAD DE BRIÓFITAS EN SUBPARCELA (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL EN LA BASE (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL EN LA COPA (cm)	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE PASTIZAL A LA ALTURA DE 10cm (cm)	PROMEDIO DE LAS LONGITUDES DE CIRCUNFERENCIAS DE RAMAS DE ARBUSTO A LA ALTURA DE 10 cm (cm)	NÚMERO DE RAMAS A LA ALTURA DE 10cm	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	PESO FRESCO DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	PESO FRESCO DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	NÚMERO DE MEDICIONES REALIZADAS
NÚMERO DE MEDICIONES	95	160	160	519	519	519	146	146	5	5	5	5	2284
PROMEDIO DE VALORES DE MEDICIONES	100.684	22.281	3.538	40.565	75.748	66.237	5.212	9.055	0.035	0.086	0.019	0.127	
VALOR MÁXIMO	150.300	100.000	12.000	61.000	100.000	110.000	8.000	15.000	0.040	0.128	0.024	0.333	
VALOR MÍNIMO	15.000	0.000	0.000	20.000	51.200	17.000	3.100	3.000	0.023	0.066	0.013	0.063	

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 ESTIMACIÓN DE DENSIDAD POBLACIONAL

4.1.3.1 ESTIMACIÓN DE DENSIDAD POBLACIONAL SEGÚN ESTRATO

La tabla 8 muestra el número de individuos que se encuentran según estrato. Tanto las briófitas, broza, hierbas y cubierta vegetal son medidas en términos de área, por lo que no es posible hallar su densidad poblacional. La densidad poblacional se calcula dividiendo el número de individuos con el área donde habitan, consecuentemente, la tabla 9 muestra la densidad poblacional de la vegetación según estrato.

En el estrato 1 no se encuentra ningún árbol, solo se evalúan 45 pastizales ha^{-1} y 2 arbustos ha^{-1} . En el estrato 2, 121 árboles ha^{-1} , 9 pastizales ha^{-1} y 24 arbustos ha^{-1} . En el estrato 3, 1 árbol ha^{-1} , 3 pastizales ha^{-1} y 35 arbustos ha^{-1} . El estrato con mayor densidad poblacional es el 2 (154 individuos ha^{-1}) en comparación con la menor densidad del estrato 3 (39 individuos ha^{-1}).

Tabla 8. Número de individuos de vegetación según estrato (# individuos)

NÚMERO DE INDIVIDUOS			
ESTRATO	ÁRBOLES	PASTIZALES	ARBUSTOS
1	0	503	22
2	91	7	18
3	4	9	106

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 9. Número de individuos de vegetación según estrato (# Individuos ha^{-1})

DENSIDAD POBLACIONAL (# Individuos ha^{-1})					
ESTRATO	ÁREA DE ESTRATO	ÁRBOLES	PASTIZALES	ARBUSTOS	TOTAL
1	11.22	0	44.83 (~45)	1.96 (~2)	47
2	0.75	121.33 (~121)	9.33 (~9)	24	154
3	2.99	1.34 (~1)	3.01 (~3)	35.45 (~35)	39

FUENTE: Elaboración propia

4.1.4 ESTIMACIÓN DE BIOMASA

4.1.4.1 ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN PARCELAS

La tabla 10 y las figura 8 y 9 muestran la biomasa que se calcula a partir de las mediciones en campo y laboratorio para cada tipo de vegetación dentro de las parcelas. En resumen, los árboles de la parcela 4 poseen una mayor biomasa ($386.455 \text{ t ha}^{-1}$), seguido por la biomasa de las hierbas y cubierta vegetal (31.322 t ha^{-1}) y las briófitas (17.268 t ha^{-1}). La figura 8 muestra la gran diferencia de biomasa de los árboles de la parcela 4 respecto a las demás. No se encuentran árboles en las parcelas 1, 2 y 3; del mismo modo, no se hallan briófitas en las parcelas 1 y 2. Finalmente, la parcela 4 posee la mayor cantidad de biomasa ($443.973 \text{ t ha}^{-1}$) en comparación con la menor cantidad de la parcela 3 (14.655 t ha^{-1}).

Tabla 10. Biomasa de vegetación según parcela

BIOMASA (t ha^{-1})							
PARCELA	ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBA S Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
1	0	0	4.238	1.047	5.814	5.345	16.444
2	0	0	3.959	0.42	3.653	9.539	17.571
3	0	0.616	0.852	1.173	3.485	8.529	14.655
4	386.455	17.268	0.107	1.316	7.505	31.322	443.973
5	14.592	3.363	0.196	13.697	5.138	9.411	46.397

FUENTE: Elaboración propia

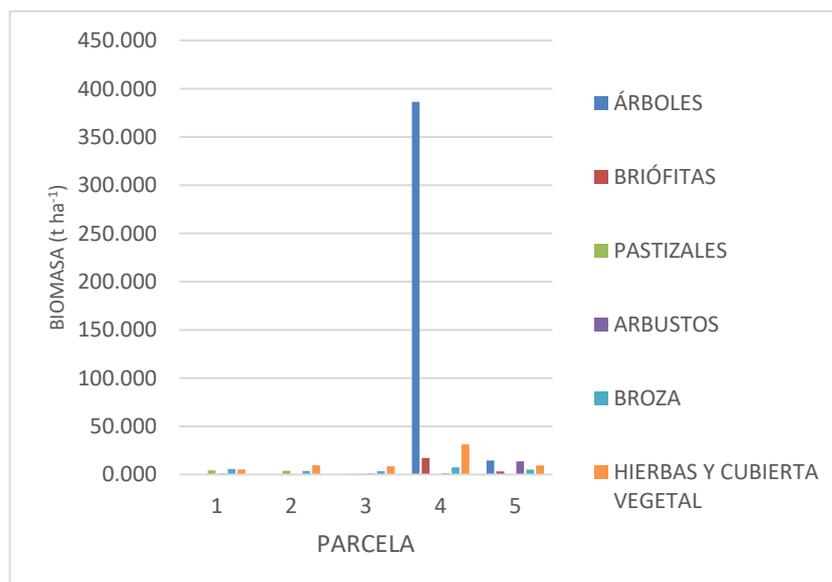


Figura 8. Biomasa de vegetación según parcela
FUENTE: Elaboración propia

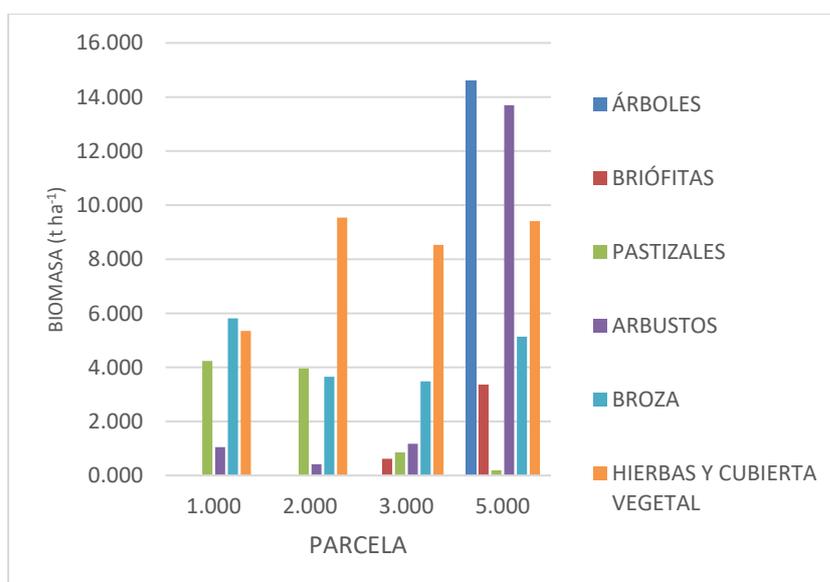


Figura 9. Biomasa de vegetación según parcela (acercamiento a las parcelas 1, 2, 3, y 5 con fines de diferenciación).
FUENTE: Elaboración Propia

4.1.4.2 ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN ESTRATOS

La tabla 11 y las figura 10 y 11 muestran la biomasa que se calcula a partir de las mediciones en campo y laboratorio para cada tipo de vegetación dentro de los estratos. En resumen, los árboles del estrato 2 poseen una mayor biomasa ($386.455 \text{ t ha}^{-1}$), seguido por las hierbas y cubierta vegetal (31.322 t ha^{-1}) y las briófitas (17.268 t ha^{-1}). Al igual que

en las parcelas, la figura 10 muestra la gran diferencia de biomasa de los árboles del estrato respecto a los demás. No se encuentran árboles en el estrato 1. Finalmente, el estrato 2 posee la mayor cantidad de biomasa (443.973 t ha⁻¹) en comparación con la menor cantidad del estrato 1 (16.222 t ha⁻¹).

Tabla 11. Biomasa de vegetación según estrato

BIOMASA (t ha ⁻¹)							
ESTRATO	ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
1	0	0.205	3.016	0.88	4.317	7.804	16.222
2	386.455	17.268	0.107	1.316	7.505	31.322	443.973
3	14.592	3.363	0.196	13.697	5.138	9.411	46.397

FUENTE: Elaboración Propia

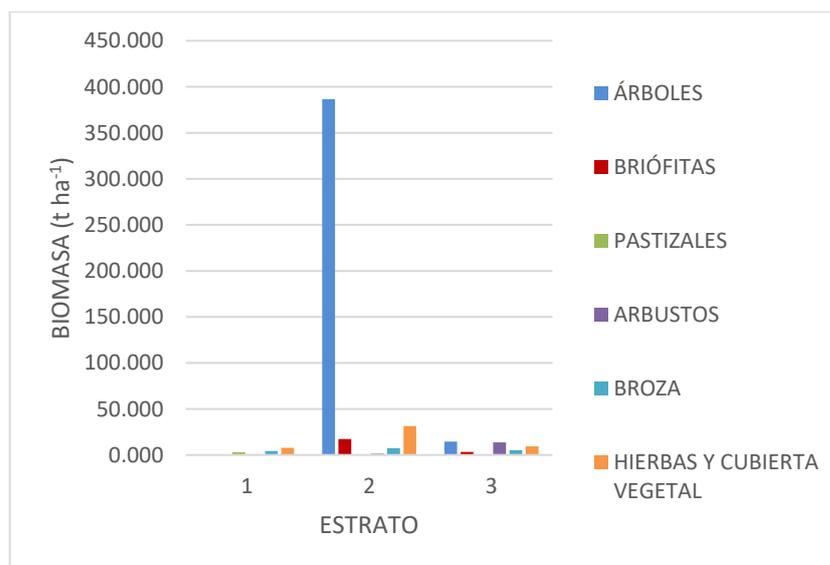


Figura 10. Biomasa de vegetación según estrato

FUENTE: Elaboración Propia

4.1.4.3 ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA

La tabla 12 y figura 12 muestran la biomasa que se calcula a partir de las mediciones en campo y laboratorio para cada tipo de vegetación. En resumen, los árboles poseen una mayor biomasa (22.291 t ha⁻¹), seguido por las hierbas y cubierta vegetal (9.302 t ha⁻¹) y la broza (4.641 t ha⁻¹). No se encuentran árboles en el estrato 1. En total, el estrato 2 posee la

mayor cantidad de biomasa (443.973 t ha⁻¹) en comparación con la menor cantidad del estrato 1 (16.222 t ha⁻¹). La biomasa total de la vegetación del centro ecoturístico es 43.695 t ha⁻¹.

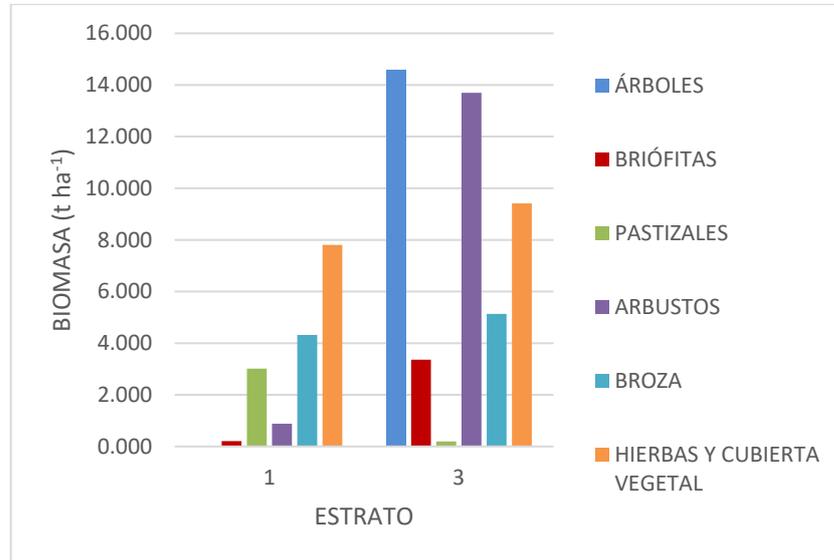


Figura 11. Biomasa de vegetación según estrato (acercamiento a los estratos 1 y 3 con fines de diferenciación)
ELABORACIÓN: Propia

Tabla 12. Biomasa de la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca
BIOMASA (t ha⁻¹)

ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
22.291	1.690	2.307	3.464	4.641	9.302	43.695

ELABORACIÓN: Propia

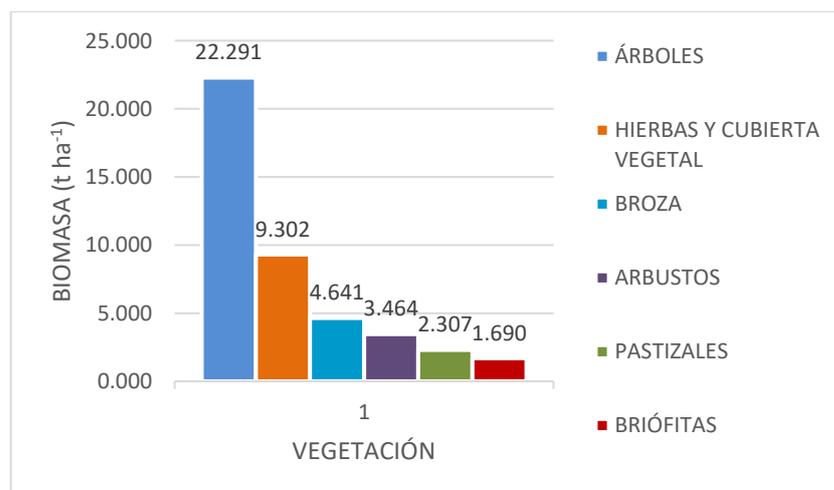


Figura 12. Biomasa de la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca
FUENTE: Elaboración propia

4.1.5 ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO

4.1.5.1 ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN ESTRATOS

La mayor cantidad de carbono almacenado corresponde al estrato 2: los árboles almacenan 193.227 t ha⁻¹, las hierbas y cubierta vegetal 15.661 t ha⁻¹. El estrato 3 con 7.296 t ha⁻¹ correspondiente a los árboles y 6.848 t ha⁻¹ a los arbustos. La menor cantidad de carbono almacenado corresponde a los árboles, briófitas y arbustos del estrato 1 con 0.000 t ha⁻¹ (debido a individuos no encontrados), 0.074 t ha⁻¹ y 0.440 t ha⁻¹ respectivamente (véase tabla 13 y figuras 13 y 14). Finalmente, el estrato 2 almacena la mayor cantidad de carbono (219.535 t ha⁻¹) en comparación con la menor cantidad del estrato 1 (8.083 t ha⁻¹).

Tabla 13. Carbono almacenado por la vegetación según estrato

CARBONO ALMACENADO (t ha ⁻¹)							
ESTRATO	ÁRBOL ES	BRIÓFI TAS	PASTIZ ALES	ARBUS TOS	BROZA	HIERBA S Y CUBIER TA VEGET AL	TOTAL
1	0	0.074	1.508	0.44	2.159	3.902	8.083
2	193.227	6.182	0.054	0.658	3.753	15.661	219.535
3	7.296	1.204	0.098	6.848	2.569	4.705	22.72

FUENTE: Elaboración Propia

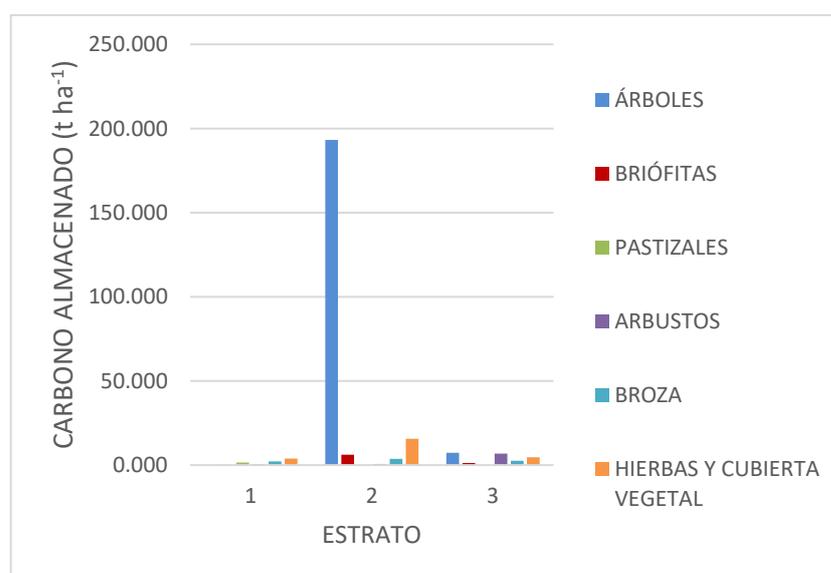


Figura 13. Carbono almacenado por la vegetación según estrato
FUENTE: Elaboración Propia

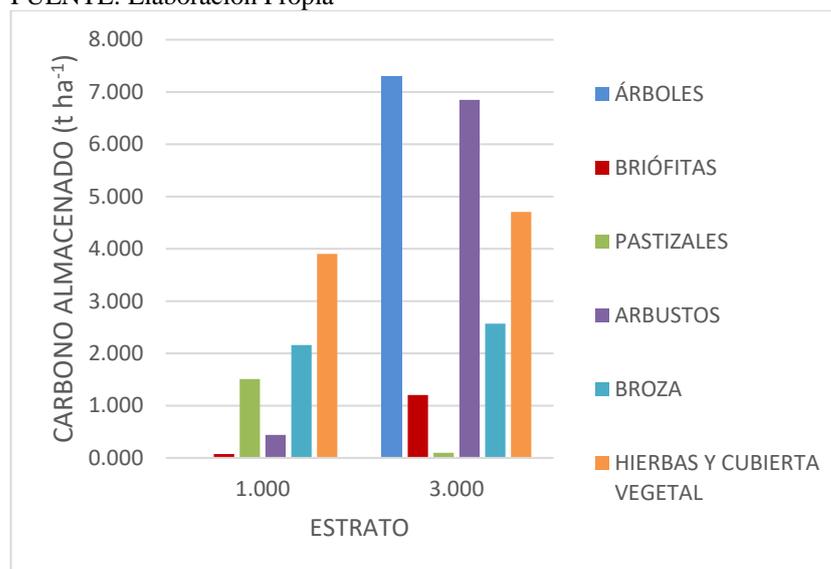


Figura 14. Carbono almacenado por la vegetación según estrato (acercamiento a los estratos 1 y 3 con fines de diferenciación).
FUENTE: Elaboración Propia

4.1.5.2 ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA

La mayor cantidad de carbono almacenado en el centro ecoturístico de Seccsachaca corresponde a los árboles, ellos almacenan 11.145 t ha^{-1} y las hierbas y cubierta vegetal 4.651 t ha^{-1} . La menor cantidad de carbono almacenado corresponde a las briófitas y los pastizales con 0.605 t ha^{-1} y 1.153 t ha^{-1} respectivamente. En total, la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca almacena 21.606 t ha^{-1} (véase tabla 14 y figura 15).

Tabla 14. Carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca

CARBONO ALMACENADO (t ha^{-1})						
ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
11.145	0.605	1.153	1.732	2.320	4.651	21.606

FUENTE: Elaboración Propia

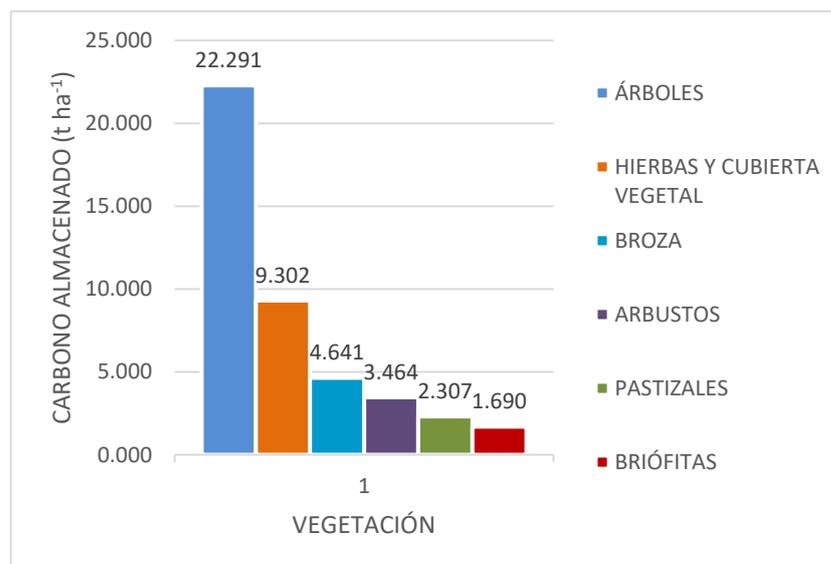


Figura 15. Carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca

FUENTE: Elaboración Propia

4.1.6 ESTIMACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO ALMACENADO

4.1.6.1 ESTIMACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO ALMACENADO EN ESTRATOS

La mayor cantidad de CO₂ almacenado corresponde al estrato 2: los árboles almacenan 709.145 t ha⁻¹, las hierbas y cubierta vegetal, 57.477 t ha⁻¹. En el estrato 3 los árboles almacenan 26.776 t ha⁻¹ y los arbustos 25.133 t ha⁻¹. La menor cantidad de CO₂ almacenado corresponde a los árboles, briófitas y arbustos del estrato 1 con 0.000 t ha⁻¹, 0.270 t ha⁻¹ y 1.615 t ha⁻¹ respectivamente (véase tabla 15 y figuras 16 y 17). Finalmente, el estrato 2 almacena la mayor cantidad de CO₂ (805.693 t ha⁻¹) en comparación con la menor cantidad del estrato 1 (21.663 t ha⁻¹).

Tabla 15. Carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca

CO ₂ ALMACENADO (t ha ⁻¹)							
ESTRATO	ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
1	0	0.27	5.535	1.615	7.922	14.321	29.663
2	709.145	22.688	0.197	2.414	13.772	57.477	805.693
3	26.776	4.419	0.359	25.133	9.428	17.269	83.384

FUENTE: Elaboración Propia

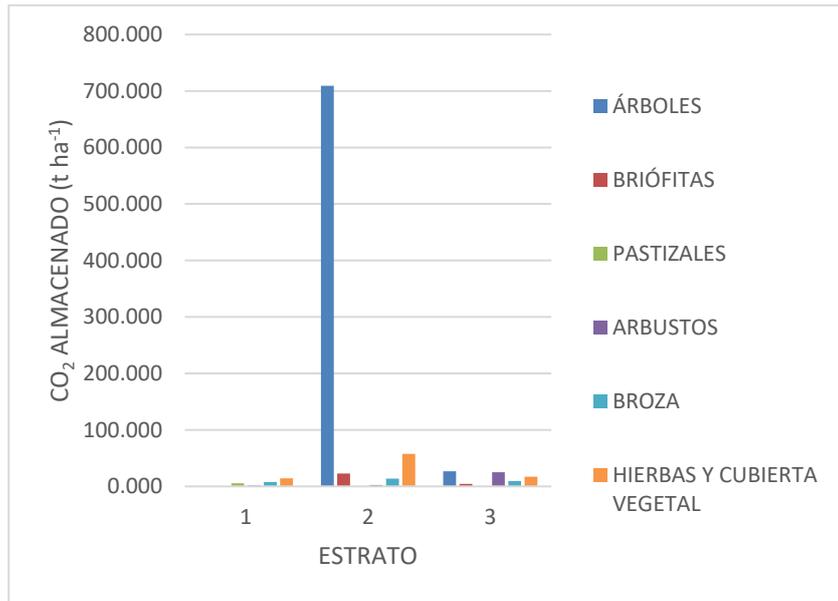


Figura 16. Dióxido de carbono almacenado por la vegetación según estrato
FUENTE: Elaboración Propia

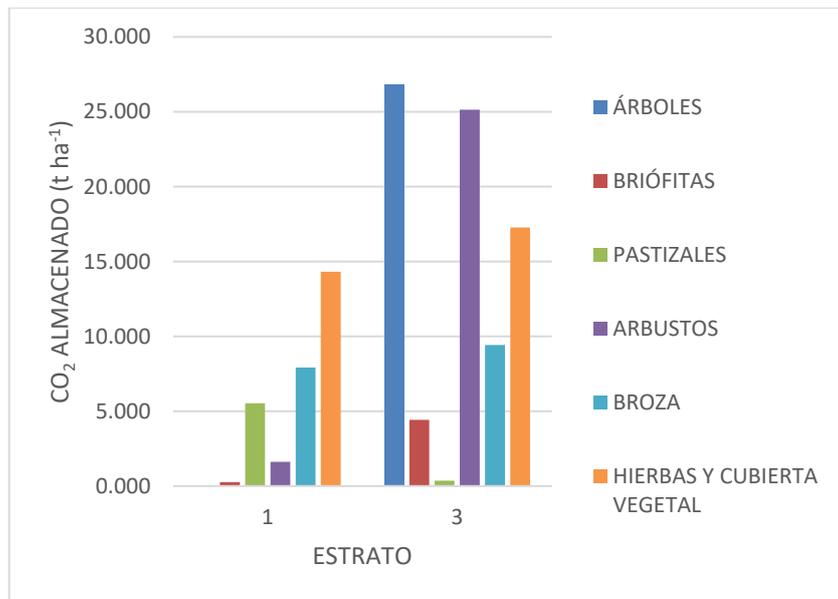


Figura 17. Dióxido de carbono almacenado por la vegetación según estrato (acercamiento a los estratos 1 y 3 con fines de diferenciación).
FUENTE: Elaboración Propia

4.1.6.2 ESTIMACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO ALMACENADO EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA

La mayor cantidad de CO₂ almacenado corresponde a los árboles (40.904 t ha⁻¹), y las hierbas y cubierta vegetal (17.068 t ha⁻¹). La menor cantidad de carbono almacenado corresponde a las briófitas y los

pastizales con 2.221 t ha⁻¹ y 4.223 t ha⁻¹ respectivamente. En total, la vegetación almacena 79.298 t ha⁻¹ (véase tabla 16 y figura 18).

Tabla 16. Dióxido de carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca

CO ₂ ALMACENADO (t ha ⁻¹)						
ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
40.904	2.221	4.233	6.356	8.516	17.068	79.298

FUENTE: Elaboración Propia

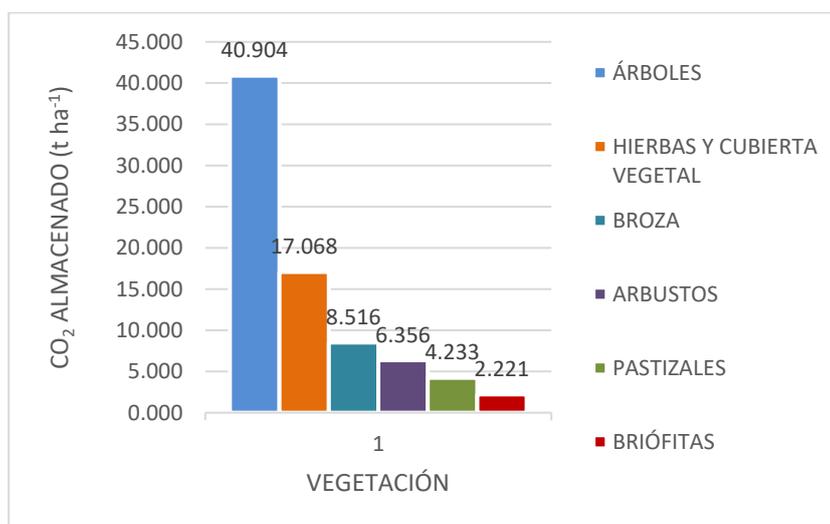


Figura 18. Dióxido de carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca.

FUENTE: Elaboración Propia

4.1.7 ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO

4.1.7.1 ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO EN ESTRATOS

El mayor valor económico del servicio de secuestro de carbono corresponde al estrato 2: los árboles proporcionan 3504.310 \$ ha⁻¹, las hierbas y cubierta vegetal, 284.026 \$ ha⁻¹. En el estrato 3, los árboles proporcionan 132.316 \$ ha⁻¹ y los arbustos 124.198 \$ ha⁻¹. El menor valor económico corresponde a los árboles y briófitas del estrato 1 con 0.000 \$ ha⁻¹ (debido a individuos no encontrados) y 1.334 \$ ha⁻¹ respectivamente. Otro tipo de vegetación proporciona un menor valor económico son los pastizales del estrato 2 con 0.974 \$ ha⁻¹ (véase tabla 17 y figuras 19 y 20).

Finalmente, el estrato 2 brinda el mayor valor económico (3981.409 \$ ha⁻¹) en comparación con el menor valor del estrato 1 (146.582 \$ ha⁻¹).

Tabla 17. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación según estrato

VALOR ECONÓMICO (\$ ha ⁻¹)							
ESTRATO	ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
1	0.000	1.334	27.349	7.982	39.148	70.769	146.582
2	3504.310	112.113	0.974	11.931	68.055	284.026	3981.409
3	132.316	21.837	1.775	124.198	53.430	85.334	418.890

FUENTE: Elaboración Propia

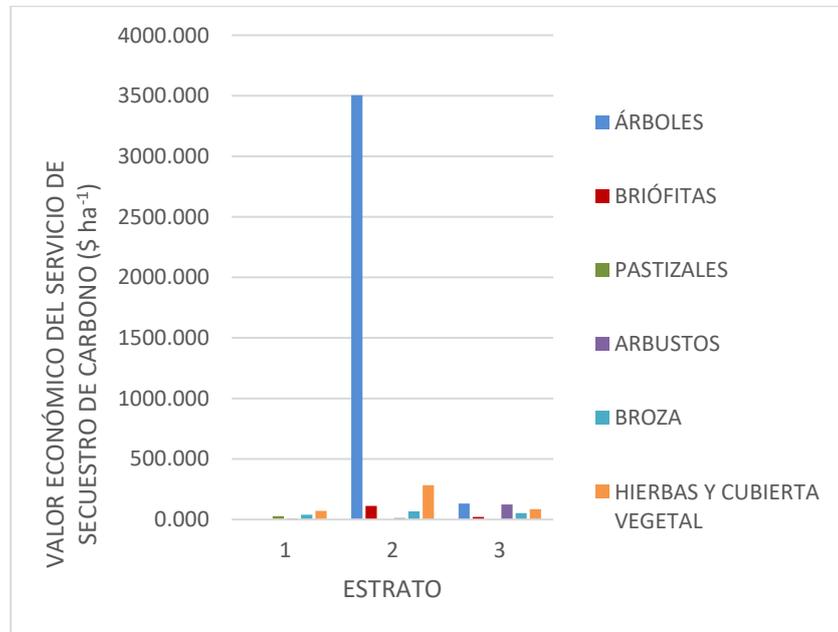


Figura 19. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación según estrato.

FUENTE: Elaboración Propia

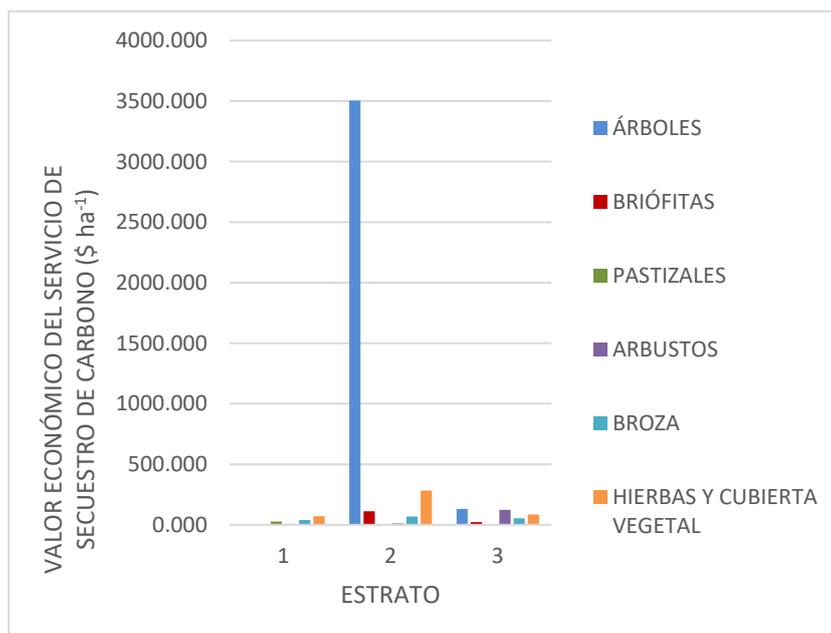


Figura 20. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación según estrato (acercamiento a los estratos 1 y 3 con fines de diferenciación).

FUENTE: Elaboración Propia

4.1.7.2 ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA

El mayor valor económico del servicio de secuestro de carbono corresponde a los árboles (202.130 \$ ha⁻¹), y las hierbas y cubierta vegetal (84.345 t ha⁻¹). El menor valor económico corresponde a las briófitas y los pastizales con 10.973 \$ ha⁻¹ y 20.916 \$ ha⁻¹ respectivamente (véase tabla 18 y figura 21). El valor económico total del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro es 391.853 \$ ha⁻¹, los árboles brindan el 52 %, hierbas y cubierta vegetal el 21 %, broza el 11 %, arbustos el 8 %, pastizales el 5 % y briófitas el 3 % (véase figura 22).

Tabla 18. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca

VALOR ECONÓMICO (\$ ha ⁻¹)						
ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
202.130	10.973	20.916	31.408	42.082	84.345	391.853

FUENTE: Elaboración Propia

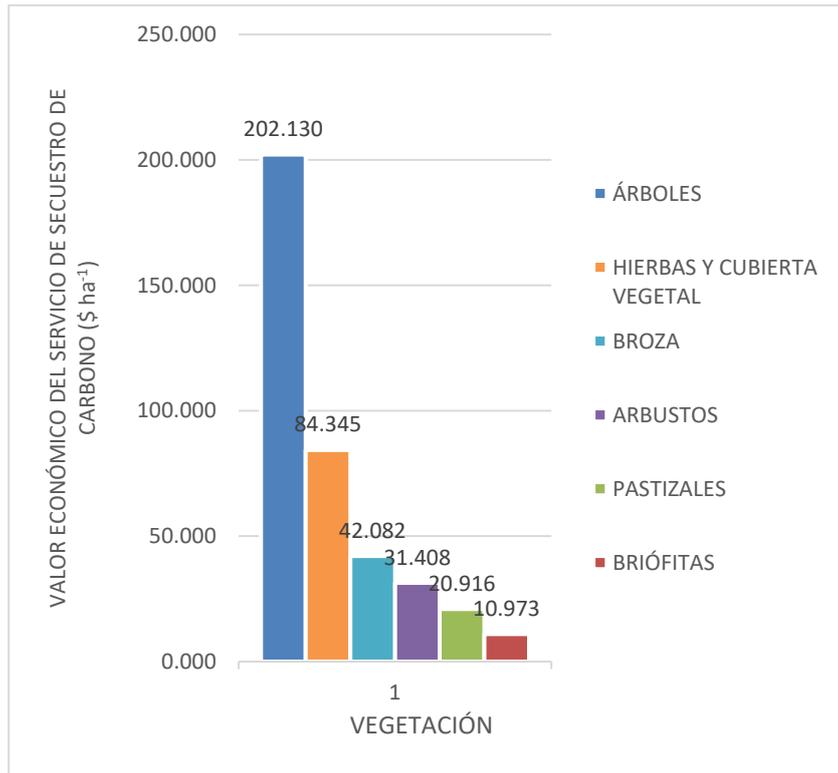


Figura 21. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca
FUENTE: Elaboración Propia

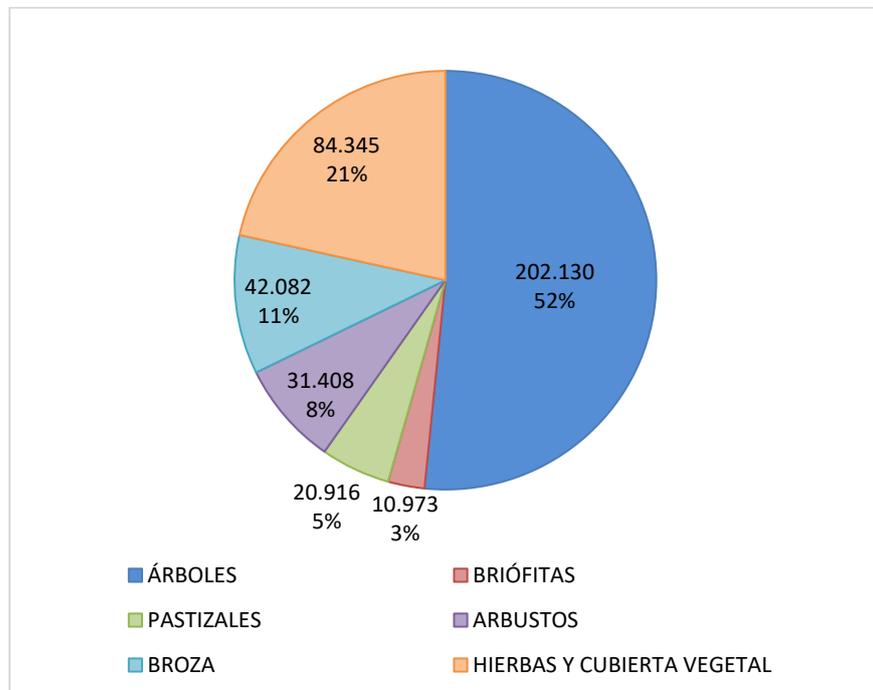


Figura 22. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca (en %)
FUENTE: Elaboración Propia

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.2.1 HIPÓTESIS

El objetivo general de la presente investigación es estimar el valor económico total del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017. Los objetivos específicos son la estimación del mismo en sus componentes: árboles, briófitas, pastizales, arbustos, broza, hierbas y cubierta vegetal. Se propone como hipótesis un intervalo de valor económico de 1001 – 5000 \$ ha⁻¹ para la vegetación total, 1001 – 5000 \$ ha⁻¹ para los árboles, 101 – 1000 \$ ha⁻¹ para los pastizales, 1001 – 5000 \$ ha⁻¹ para los arbustos, 101 – 1000 \$ ha⁻¹ para las hierbas y cubierta vegetal, 11– 100 \$ ha⁻¹ para las briófitas y 0-10 \$ ha⁻¹ para la broza. Estos intervalos toman como referencia la cantidad de carbono almacenado por los bosques tropicales (~242 tC ha⁻¹) (24) que son considerados los ecosistemas con mayor potencial de secuestro de carbono en el mundo, y del cual se deriva, usando la metodología de precios de mercado, un valor económico aproximado de 5200 \$ ha⁻¹, el cual es considerado “alto”.

Comparando los resultados con los intervalos descritos, la hipótesis general se rechaza [391.853 € (1001 – 5000 \$ ha⁻¹)]. Respecto a las hipótesis específicas de la biomasa, la de los árboles se rechaza [22.291 € (110.39 – 515.38 t ha⁻¹)], la de los arbustos se rechaza [3.464 € (110.39 – 515.38 t ha⁻¹)], la de los pastizales se rechaza [2.307 € (11.13 – 110.38 t ha⁻¹)], la de las hierbas y cubierta vegetal también se rechaza [9.302 € (11.13 – 110.38 t ha⁻¹)], la de las briófitas se rechaza [1.690 € (1.21 – 11.12 t ha⁻¹)] y la de la broza se rechaza [4.641 € (0 – 1.20 t ha⁻¹)].

Respecto a las hipótesis específicas del carbono almacenado, la de los árboles se rechaza [11.145 € (55.20 – 275.69 t ha⁻¹)], la de los arbustos se rechaza [1.732 € (55.20 – 275.69 t ha⁻¹)], la de los pastizales se rechaza [1.153 € (5.57 – 55.19 t ha⁻¹)], la de las hierbas y cubierta vegetal también

se rechaza [4.651 € (5.57 – 55.19 t ha⁻¹)], la de las briófitas se rechaza [0.605 € (0.61 – 5.56 t ha⁻¹)] y la de la broza se rechaza [4.651 € (0 – 0.60 t ha⁻¹)].

Respecto a las hipótesis específicas al valor económico, la de los árboles se rechaza [202.130 € (1001 – 5000 \$ ha⁻¹)], la de los arbustos se rechaza [31.408 € (1001 – 5000 \$ ha⁻¹)], la de los pastizales se rechaza [20.916 € (101 – 1000 \$ ha⁻¹)], la de las hierbas y cubierta vegetal también se rechaza [84.345 € (101 – 1000 \$ ha⁻¹)], la de las briófitas se rechaza [10.973 € (11 – 100 \$ ha⁻¹)] y la de la broza se rechaza [42.082 € (0 – 10 \$ ha⁻¹)].

Entonces se concluye que todas las hipótesis—general y específicas—incluyen intervalos con valores sobreestimados, excepto en el caso de las briófitas que casi encaja en el intervalo y el de la broza, cuyo valor se encuentra por encima del propuesto.

4.2.2 VALOR ECONÓMICO, DENSIDAD POBLACIONAL Y BIOMASA

Debido a la diversidad de la vegetación y su aglomeración uniforme en ciertas áreas, se estratifica la zona de estudio en: estrato 1 (dominio de pastizales, 11.220 ha), estrato 2 (dominio de árboles, 0.750 ha) y estrato 3 (dominio de arbustos, 2.990 ha). Los resultados sobre el valor económico dan valores de 146.582 \$ ha⁻¹, 3981.409 \$ ha⁻¹ y 418.890 \$ ha⁻¹ respectivamente, lo cual significa que el estrato 2 ofrece un mayor valor económico que el estrato 1 y 3 juntos. Si el estrato 2 fuera representativo del área de estudio, el valor económico total de la zona de estudio sería aproximadamente 10 veces el valor calculado, no obstante, el valor se ve reducido por la gran diferencia de áreas entre los estratos. Analizando los valores obtenidos por la vegetación dominante en cada estrato—los pastizales del estrato 1 que tienen 3.016 t ha⁻¹ de biomasa y 1.508 t ha⁻¹ de carbono almacenado, los árboles del estrato 2 que tienen 386.455 t ha⁻¹ de biomasa y 193.227 t ha⁻¹ de carbono almacenado; y los arbustos del estrato 3 que tienen 13.697 t ha⁻¹ de biomasa y 6.848 t ha⁻¹ de carbono almacenado—se demuestra lo especificado en la bibliografía: pequeñas cantidades de bosques almacenan cantidades de carbono, equivalentes a, las

almacenadas por grandes extensiones de zonas de pastizales (*grasslands*), arbustos (*shrublands*) y briófitas (*wetlands*).

El valor económico depende en forma directa, del carbono y dióxido de carbono almacenado, y éstos de la biomasa, por lo que los resultados mostrados para cada uno de ellos son proporcionales. La biomasa encontrada depende enormemente de la densidad poblacional (47 individuos ha^{-1} , 154 individuos ha^{-1} , 39 individuos ha^{-1} , para los estratos 1, 2 y 3 respectivamente, siendo bajo el primero y tercero) y del tipo de vegetación. La baja densidad poblacional se debe a la presencia de superficies rocosas y el pastoreo dentro del centro ecoturístico, que muestra un escenario muy diferente al de los altiplanos, en donde, aparte de una mayor densidad poblacional, el tamaño máximo de los individuos es mayor.

Según los resultados individuales se calcula que (véase ANEXO C) cada árbol tiene en promedio 432 kg de biomasa, cada arbusto 30.23 kg, cada pastizal 2.25 kg, un área de 50 x 50 cm de hierbas y cubierta vegetal tiene 0.32 kg, y un área de 20 x 50 cm de briófitas, 0.042 kg y un área de 50 x 50 cm broza, 0.12 kg. Según fuentes bibliográficas, los factores primarios que determinan la cantidad de biomasa son: la edad de la vegetación y la estación (época de crecimiento o decadencia). Otros factores con menor incidencia debido a su frecuencia son: las alteraciones humanas y naturales, como la contaminación, cambio de uso de tierra y los desastres naturales; que de ocurrir perturban considerablemente la vegetación, y, por tanto, la biomasa del lugar. De los factores mencionados, la época de crecimiento y las alteraciones humanas, el libre tránsito de personas, el cambio de uso de tierras por pastoreo y por cultivos, determinan la cantidad de biomasa en la investigación.

4.2.3 COMPARACIÓN CON INVESTIGACIONES SIMILARES

Las investigaciones locales realizadas por LUZA (6): “*Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú – 2013*” y López (5) “*Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el Fundo Violeta - Distrito de Tahuamanu - Madre de Dios – 2015*” obtienen resultados con cantidades superiores a los estimados en esta investigación. LUZA obtiene un valor económico, para los bosques andinos de Viques y Chorillos en Huancayo, de 332 905 US\$/t C/19ha (o 17 521 \$ ha⁻¹) y 29 339 US\$/tC/10ha (o 2933.9 \$ ha⁻¹), respectivamente. De otro lado, LÓPEZ obtiene un valor económico para un bosque primario y un bosque convertido a la actividad agroforestal del fundo Violeta en el distrito de Tahuamanu, de 9280.94 \$ ha⁻¹ y 730.09 \$ ha⁻¹. Si bien, la única área a comparar es el estrato 2 que brinda 3981.409 \$ ha⁻¹ (frente a los 2933.9 \$ ha⁻¹ de LUZA y 730.09 \$ ha⁻¹ de LÓPEZ), la gran diferencia se debe a la densidad poblacional, al precio de carbono usado— 27.25 \$ por LÓPEZ frente a los 5.80 \$ de la investigación (esto debido a que el primero usó un precio recomendado y en este estudio se usó el precio de la bolsa de valores del “Sistema Europeo de negociación de CO₂”)—y sobre todo a que ambas tesis incluyen el carbono almacenado en los suelos el cual fue omitido en este estudio. Según LORENZ y LAL (32), los suelos, hasta 1 m de profundidad, almacenan el 43 % de carbono de los ecosistemas forestales. Otro elemento no considerado en su totalidad son las raíces, si bien se considera aquella de los árboles, no sucede lo mismo con los pastizales, arbustos, hierbas y cubierta vegetal. Entonces si la investigación contemplase el carbono almacenado por el suelo y las raíces de la vegetación, el valor económico tendría un gran incremento.

4.2.4 MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA

Los métodos principales de valoración económica son: (1) Método de valores o precios de mercado; (2) Métodos basados en preferencias

reveladas que incluye: método de cambios en la productividad, método de costo de viaje, método de precios hedónicos y método de costos evitados; (3) métodos basados en preferencias declaradas que incluye: método de valoración contingente y método de experimentos de elección; y (4) Técnica de transferencia de beneficios (43). Tanto en los métodos basados en preferencias reveladas como los basados en preferencias declaradas, las personas valoran el bien o servicio ecosistémico a través de su comportamiento en mercados reales o hipotéticos, para lo cual se hace uso de encuestas y entrevistas, mientras que, en la técnica de transferencia de beneficios, se extrapola datos de estudios de valoración económica realizados en lugares con características similares a la investigación cuando existe limitación de tiempo y recursos (43).

Aunque la aplicación de estos métodos ofrecería valores económicos muy diferentes al obtenido, se usa (y es comúnmente usado) el método de precios de mercado, pues, con referencia a los métodos de preferencias, la ‘cantidad de carbono secuestrado’ no es percibido por las personas, sino, la mejora de la ‘calidad de aire’, que es también un servicio de regulación, pero cuyo estudio se ajusta mejor a los mencionados.

Otros métodos que valoran económicamente la vegetación, específicamente a los árboles, pero como ‘bien ecosistémico’ son la “Metodología para la determinación del valor al estado natural de la *madera* para el pago de derecho del aprovechamiento” y la “Metodología para la determinación del valor al estado natural de productos forestales *diferentes a la madera*, para el pago del derecho de aprovechamiento” correspondientes al ‘Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre’ (SERFOR). Estos métodos valoran económicamente el recurso ‘árbol’ como *madera* y *no madera* para cuantificar la retribución económica a favor del Estado Peruano en caso éste sea aprovechado, todo esto como una medida de uso sostenible de recursos. Similarmente, la Norma Granada, impulsada y redactada por la ‘Asociación Española de Parques y Jardines

Públicos’, valora la vegetación como *‘bien ecosistémico’*, específicamente árboles y arbustos ornamentales (coníferas, frondosas y palmeras), con el fin de que puedan ser comercializados en el mercado. Esta norma considera, además de la madera, otros valores propios de los árboles, es decir, los paisajísticos, ambientales, sociales y culturales (60).

4.2.5 PRECIO DE CARBONO

El precio de carbono que se usa en la investigación corresponde al mercado ‘EU European Trading System’ (EU ETS) de 5.80 € t⁻¹ (4.94 \$ t⁻¹) que corresponde al 17 de agosto del 2017. Este precio es considerado bajo teniendo en cuenta que en los inicios de este mercado en el 2008 la media anual del precio de carbono fue de 22.02 € t⁻¹ (18.76 \$ t⁻¹) (58). Sin embargo, un valor más alto respecto al año 2013 que tuvo una media anual de 4.45 € t⁻¹ (3.79 \$ t⁻¹) (58). Para los meses de setiembre, octubre y noviembre el mercado brindó medias mensuales de 6.80 € t⁻¹, 7.28 € t⁻¹ y 7.59 € t⁻¹ respectivamente (58), lo cual indica un posible aumento del precio en los meses venideros.

Propuestas para el precio de carbono fueron presentadas en el 113vo congreso del “Center for Climate and Energy Solutions” (C2ES) (2013-2014) (61). Todas estas propuestas concuerdan en que el precio debe ir en aumento a lo largo de los años. Éstas fueron: (a) El "Climate Protection Act" propuesto por los Senadores Bernie Sanders y Barbara Boxer; (b) El "Managed Carbon Price Act", por el Republicano Jim McDermott; (c) El "America’s Energy Security Trust Fund Act", por el Republicano John Larson y (d) El "American Opportunity Carbon Fee Act", por el Senador Sheldon Whitehouse y el senador Brian Schatz. Los precios correspondientes al año 2017 según orden de descripción son: 23 \$ t⁻¹, 31.25-43.75 \$ t⁻¹, 20 \$ t⁻¹ y 44 \$ t⁻¹ (61). a fines del año 2017, el senador Mike Barrett, presentó una propuesta en el "Joint Committee on Telecommunications, Utilities and Energy" dando un precio de 40 \$ t⁻¹ (62).

De otro lado, según el ‘Center For Climate And Energy Solutions’ (C2ES) (63), más de 1200 compañías alrededor del mundo usaron un precio de carbono interno con el fin de acelerar sus objetivos de reducción de GEIs. Así las empresas líderes: (a) "Microsoft" desde el 2012 ha pagado una cuota de 5 a 10 \$ t⁻¹ C, (b) "Shell" ha usado un precio de 40 a 80 \$ t⁻¹ C desde el 2000, (c) Mahindra & Mahindra (M&M) ha usado un precio de 10 \$ t⁻¹ C en el 2016. y (d) la compañía minera "BHP" ha tenido un precio de 24 a 80 \$ t⁻¹ CO₂ desde el 2004 a fin de informar las decisiones respecto al mejoramiento de energía (63). Si bien los valores mencionados corresponden sólo a propuestas, éstos reflejan el criterio de un conjunto de expertos que consideran que elevar el precio de carbono conforme pasan los años forzará a las industrias reducir las emisiones de GEIs, especialmente del CO₂, como una medida de mitigación frente al cambio climático. Así con un mayor precio, el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca aumentaría significativamente.

4.2.6 VEGETACIÓN Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El complejo ecoturístico de Seccsachaca comprende gran variedad de vegetación, flujos de agua de manantial y formaciones geológicas atípicas que ofrecen otros servicios ecosistémicos según el Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (20): (a) servicios de provisión: recursos genéticos, medicinas naturales (hierbas) y agua; (b) servicios de regulación: control de la erosión y polinización; (c) servicios culturales: espirituales, religiosos, estéticos, recreación y ecoturismo; y (d) servicios de soporte: ciclo de nutrientes y formación de suelos. Estos servicios ecosistémicos al igual que el secuestro de carbono podrían ser cuantificados. Finalmente, la diferenciación de los valores económicos en un ecosistema montano andino realizados en este estudio, puede convertirse en información útil para futuras investigaciones sobre el almacenamiento de carbono en otros ecosistemas, como los altoandinos y humedales.

Mención aparte merece el caso de arbusto de Ayrampo o Airampo (*Berberis weberbaueri*) confundido comúnmente con la cactácea del mismo nombre (*Opuntia floccosa*). El arbusto de Ayrampo es nativo de Huancavelica y se encuentra en peligro de extinción debido a su sobreexplotación como combustible desde hace más de 100 años. A pesar de que ser tomado en cuenta recién a inicios de este siglo por gastrónomos e investigadores que resaltaron sus propiedades como reductor de la presión arterial y potente anticancerígeno, encontrarlos no es sencillo, y cultivarlos es aún más complicado, porque la semilla necesita para su germinación atravesar el proceso digestivo de algunas aves, por lo que su estadía dentro de la zona de estudio brinda suficiente razón para resguardar el lugar [(64), (65)].

La diferenciación de los valores económicos de los tipos de vegetación realizados en este estudio brinda información para futuras investigaciones sobre el almacenamiento de carbono en otros ecosistemas, como los alpinos (altoandinos) y humedales. Finalmente, teniendo en consideración los valores económicos por el servicio de secuestro de carbono que se obtienen en esta investigación, los otros servicios ecosistémicos ofrecidos y la promulgación de la Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos se proporciona razones suficientes para la protección, conservación y uso sostenible del centro ecoturístico de Seccsachaca.

4.2.7 OPINIÓN DE EXPERTOS SOBRE LA UTILIDAD DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

De forma complementaria, con el fin de determinar si el valor económico estimado puede ser considerado “positivo” o es útil para la formulación de un “Proyecto de Conservación” en el centro ecoturístico de Seccsachaca, se realizó un juicio de expertos a los resultados obtenidos (véase ANEXO G). Los expertos encuestados son dos ingenieros forestales especialistas en proyectos de inversión y un contador especialista en gestión ambiental y medio ambiente.

Los expertos opinan que los resultados de la investigación MOTIVAN o son ÚTILES para la formulación de un proyecto de Conservación de la vegetación del centro ecoturístico debido a que el valor económico vendría a ser un BENEFICIO en el análisis de rentabilidad, y que para determinar que este valor sea “positivo” o adecuado es necesario seguir el siguiente procedimiento: (i) Definir las características del proyecto, (ii) estimar los costos del proyecto (por ejemplo, estimar el valor monetario del ‘no poseer un cercamiento o no estar protegido’), (iii) estimar otros beneficios del proyecto (por ejemplo, el valor monetario de ‘ser el hábitat de una especie en peligro de extinción’, ‘poseer microclimas con amplia diversidad’ y ‘tener fuentes naturales de agua’) y (iv) calcular la rentabilidad del proyecto. Finalmente, mencionan que, si la rentabilidad es positiva, el valor económico de secuestro de carbono será “positivo” (véase ANEXO G.8).

Los expertos también mencionan que, en general, los resultados de esta investigación son útiles para: (i) el análisis costo-beneficio (ACB) de políticas o proyectos en general con el fin de elegir la mejor alternativa, (ii) indicar los beneficios económicos de la conservación y uso sostenible de la vegetación, o los costos que representa su pérdida y degradación, (iii) brindar información sobre el flujo monetario del patrimonio natural que puede ser utilizado en la elaboración de las cuentas ambientales nacionales, (iv) aportar información para el diseño de instrumentos de regulación ambiental, es decir, incentivos (recompensas) o desincentivos (pagos) por la conservación o alteración de la vegetación y (v) incrementar la conciencia ambiental sobre la importancia de la conservación de los ecosistemas. De otro lado, aluden que—por las características del centro ecoturístico—un proyecto de conservación de la vegetación del Complejo Ecoturístico de Seccsachaca podría formar parte del Registro Único de los Mecanismos de Retribución de Servicios Ecosistémicos (MERESE) de acuerdo con la ley N°30215-MINAM y así, generar ingresos a los involucrados (contribuyentes).

CONCLUSIONES

1. El valor económico total estimado para el servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca es 391.853 \$ ha⁻¹ en el año 2017. Los árboles proporcionan la mayor cantidad de carbono almacenado con un 52 %, seguido por las hierbas y cubierta vegetal (21 %), broza (11 %), arbustos (8 %), pastizales (5 %) y en menor cantidad las briófitas (3 %).
2. Los árboles poseen la mayor biomasa, cantidad de carbono y dióxido de carbono almacenado siendo sus valores 22.291, 11.145 y 40.904 t ha⁻¹ respectivamente; y contribuyen en mayor porcentaje al total estimado. La cantidad de biomasa, carbono y dióxido de carbono almacenado de los otros tipos de vegetación en orden descendente es: hierbas y cubierta vegetal (9.302, 4.651, y 17.068 t ha⁻¹) arbustos (3.464, 1.732 y 6.356 t ha⁻¹), pastizales (2.307, 1.153 y 4.233 t ha⁻¹), broza (4.641, 2.320 y 8.516 t ha⁻¹) y briófitas (1.690, 0.605 y 2.221 t ha⁻¹).
3. La vegetación, flujos de agua de manantial, microhábitats y formaciones geológicas del centro ecoturístico de Seccsachaca permiten ofrecer otros servicios ecosistémicos, como: (a) la provisión de recursos genéticos (recursos que contengan información genética de valor actual o potencial) al albergar el arbusto de Ayrampo o *Berberis weberbaueri* que se encuentra en peligro de extinción, (b) control de erosión de suelos al poseer vegetación que retiene gran cantidad de humedad como las briófitas y (c) el ecoturismo por los restos arqueológicos y el atractivo paisajístico, los cuáles si fuesen cuantificados incrementarían considerablemente el valor del lugar.
4. Los resultados de la estimación de la valoración económica de esta investigación son útiles para el análisis costo-beneficio de la formulación de un 'proyecto de conservación de la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca' que podría formar parte del Registro Único de los Mecanismos de Retribución de Servicios Ecosistémicos (MERESE) de acuerdo con la ley N°30215-MINAM y así, generar ingresos a los contribuyentes.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES RESPECTO A LA INVESTIGACIÓN

1. Realizar estudios de análisis de carbono en el suelo y raíces de la vegetación del complejo ecoturístico de Seccsachaca. Según investigaciones, la relación promedio de estanques de C en suelos con respecto a la vegetación es de aproximadamente 5:1 en bosques boreales, 2:1 en bosques templados, 1:1 en bosques tropicales (32). Según ello, la cantidad de carbono estimado en el bosque estudiado (bosque húmedo montano tropical) llegaría a duplicarse, lo que conllevaría a un aumento significativo del valor económico.
2. Realizar muestreos en la zona de estudio en diferentes estaciones, a fin de observar el flujo de biomasa y carbono.
3. Generar ecuaciones alométricas para cada una de las especies de vegetación encontradas en el Centro Ecoturístico de Seccsachaca.
4. Realizar investigaciones para promover la protección del arbusto de Ayrampo (*Berberis weberbaueri*) dentro del centro ecoturístico de Seccsachaca.

RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

1. Generar ecuaciones alométricas para especies específicas de vegetación en ecosistemas montanos andinos y altoandinos.
2. Realizar estudios en grandes superficies de ecosistemas montanos andinos, sobre todo en aquellos que son salvaguardados y poseen gran extensión direccionados a la generación de proyectos de carbono.
3. Si bien los árboles almacenan una mayor cantidad de carbono, actualmente se están realizando investigaciones respecto al potencial de los pastizales que poseen un potencial de secuestro comparable al de los campos de cultivo debido a que cubren grandes porciones de la superficie de la Tierra, y aunque la investigación mostró un valor económico menor para este tipo de vegetación debido a la baja densidad poblacional, se recomienda realizar estudios en zonas altoandinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) THOMAS F., G., 2015. *Modern Climate Change Science: An Overview of Today's Climate Change Science*. USA: Springer. ISBN: 978-3-319-09222-5.
- (2) MANZUR, Y., ALVA, M., 2013. *Bonos de Carbono: Una Oportunidad de Desarrollo para el Perú*. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú.
- (3) CHAMBI, C., 2001. Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios. *Instituto de Investigación y Capacitación para el Fomento de Oportunidades Económicas con base en la conservación de Recursos Naturales (IICFOE) Lima - Perú*, vol. 1, no. 1, p. 1-20.
- (4) DÁVILA, V., RETAMOZO, F., SUÁREZ, L., 2008. *Almacenamiento de carbono y flujo de CO₂ en los suelos con plantaciones de tres especies forestales en el Valle del Mantaro*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo – Perú.
- (5) LÓPEZ, G., 2015. *Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el Fundo Violeta - Distrito de Tahuamanu - Madre de Dios*. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Lima – Perú.
- (6) LUZA, I., 2015. *Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú - 2013*. Tesis de Licenciatura. Universidad Continental. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Huancayo – Perú.
- (7) RAMÍREZ, O., CARPIO, C., ORTIZ, R., FINNEGAN, B., 2002. Economic Value of the Carbon Sink Services of Tropical Secondary Forests and Its Management Implications. *Environmental and Resource Economics*, vol. 21, no. 1, p. 23-46. DOI: 10.1023/A:1014533310664.
- (8) ALÍAS, J., GARCÍA, M., SOSA, T., VALARES, C., CHAVES, N. (2015). Carbon storage in the different compartments of two systems of shrubs of the southwestern Iberian Peninsula. *Agroforestry Systems*, vol 89 (4), p.575-585. DOI: 10.1007/s10457-015-9792-z.
- (9) CHEN, Y., MU, S., SUN, Z., GANG, C., LI, J., PADARIAN, J, GROISMAN, P., CHEN, J., LI, S., 2015. Grassland Carbon Sequestration Ability in China: A New Perspective from Terrestrial Aridity Zones. *Rangeland Ecology & Management*, vol. 69, no. 1, p. 84-94. DOI: 10.1016/j.rama.2015.09.003.

- (10) HUNGATE, B., BARBIER, E., ANDO, A., MARKS, S., REICH, P., VAN GESTEL, N., TILMAN, D., KNOPS, J., HOOPER, D., BUTTERFIELD, B. AND CARDINALE, B., 2017, The economic value of grassland species for carbon storage. *Science Advances*, vol. 3(4), p. 1-8. DOI: 10.1126/sciadv.1601880.
- (11) DELUCIA, E., TURNBULL, M., WALCROFT, A., GRIFFIN, K., TISSUE, D., GLENNY, D., MCSEVENY, T., et al., 2003. The contribution of bryophytes to the carbon exchange for a temperate rainforest. *Global Change Biology*, vol. 9, no. 8, p.1158-1170. DOI: .10.1046/j.1365-2486.2003.00650.x.
- (12) PORADA, P., WEBER, B., ELBERT, W., PÖSCHL, U., KLEIDON, A., 2013. Estimating global carbon uptake by lichens and bryophytes with a process-based model. *Biogeosciences*, vol. 10, no. 11, p. 6989-7033. DOI: 10.5194/bg-10-6989-2013.
- (13) WOLFGANG, E., BETTINA, W., SUSANNAH, B., JÖRG, S., BURKHARD, B., MEINRAT, O., ULRICH, P., 2012. Contribution of cryptogamic covers to the global cycles of carbon and nitrogen. *Nature Geoscience*, vol. 5, p. 459-462. ISSN: 1752-0894.
- (14) CHOJNACKY, D.C., MILTON, M., 2008. Measuring Carbon in Shrubs. En: C.M.HOOVER, ed. *Field Measurements for Forest Carbon Monitoring: A Landscape-Scale Approach*. Netherlands: Springer, p. 45-72. ISBN: 978-1-4020-8506-2.
- (15) SCURLOCK, J., HALL, D., 1998. The Global carbon sink: a grassland perspective. *Global Change Biology*, vol. 4, no. 2, p. 229-233. DOI: 10.1046/j.1365-2486.1998.00151.x
- (16) SLACK, N.G. (2011). The Ecological Value of Bryophytes as Indicators of Climate Change. En: Z. TUBA, N.G. SLACK, L.R. STARK. *Bryophyte Ecology and Climate Change*. United Kingdom: Cambridge University Press. p. 3-12. ISBN: 9780511779701.
- (17) TUBA, Z., ÖTVOS, E., JÓCSAK, I., 2011. Effects of Elevated Air CO₂ Concentration on Bryophytes: a Review. En: Z. TUBA, N.G. SLACK, L.R. STARK. *Bryophyte Ecology and Climate Change*. United Kingdom: Cambridge University Press. p. 55-70. ISBN: 9780511779701.
- (18) MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANCVELICA, 2011, Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Huancavelica 2011-2021.
- (19) AARON P. 2011. The Economic Benefits of Natural Goods and Services: A Report for the Piedmont Environmental Council. The Piedmont Environmental Council.
- (20) UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP), 2005. *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. [Consulta: 12 de julio del 2016]. Disponible en: <http://www.unep.org/maweb/es/About.aspx>

- (21) DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN E INFORMÁTICA AMBIENTAL - MINISTERIO DEL AMBIENTE DE PERÚ (MINAM), 2013. *Agenda de investigación Ambiental 2013-2021*. Lima: Walter Wust Ediciones.
- (22) ROLANDO J.L., TURIN C., RAMÍREZ D.A. MARES V., MONERRIS J., QUIROZ R., 2017. Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 236, pp. 221-233. DOI: 10.1016/j.agee.2016.12.010.
- (23) MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM), 2016. *Aprueban Reglamento de la Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos*, [Consulta: 22 de noviembre del 2017]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/hoy-fue-aprobado-el-reglamento-de-la-ley-de-mecanismos-de-retribucion-por-servicios-ecosistemicos/>
- (24) LORENZ, K., LAL, R., HÜTTL, R., SCHNEIDER, B., BRAUN, J., 2013. *Ecosystem Services and Carbon Sequestration in the Biosphere*. New York: Springer. ISBN: 978-94-007-6455-2.
- (25) SMITH, R. J., BENAVIDES, J. C., JOVAN, S., AMACHER, M., Y MCCUNE, B., 2015. A rapid method for landscape assessment of carbon storage and ecosystem function in moss and lichen ground layers. *The Bryologist*, vol. 118, no. 1, p. 32-45. DOI: 10.1639/0007-2745-118.1.032.
- (26) EGGLETON, T., 2013. *A Short Introduction to Climate Change*. Sydney: Cambridge University Press. ISBN-13: 978-1107618763.
- (27) BAYON, R., HAWN, A., HAMILTON, K., 2006. *Voluntary Carbon Markets: An International Business Guide to What They Are and How They Work*. London: Earthscan. ISBN: 978-1844075614.
- (28) EUROPEAN COMMISSION, 2016. *EU ETS Handbook*. London.
- (29) NIEDER, R., BENBI, D.K., 2008. *Carbon and Nitrogen in the Terrestrial Environment*. Berlín: Springer. ISBN: 978-1-4020-8433-1.
- (30) INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2005. *Carbon Dioxide: Capture and Storage*. Canadá: Cambridge University Press.
- (31) SABINE, C. L., HEIMANN, M., ARTAXO, P., BAKKER, D. C. E., CHEN, C. T. A., FIELD, C. B., et al., 2004. Current status and past trends of the global carbon cycle. En: C. B. FIELD, & M. R. RAUPACH, eds. *The global carbon cycle*. Washington, DC: Island. p. 17-44. ISBN: 9781610910750.
- (32) LORENZ, K., LAL, R., 2010. *Carbon Sequestration in Forest Ecosystems*. New York: Springer. ISBN: 978-90-481-3266-9.

- (33) INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2007. *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- (34) RAUPACH M.R., 2013. Ecosystem Services and the Global Carbon Cycle. En: R. LAL, K. LORENZ, R.F. HÜTTL, B.U. SCHNEIDER, J. VON BRAUN, eds. *Ecosystem Services and Carbon Sequestration in the Biosphere*. New York: Springer. p. 155-182.
- (35) FRIEDLINGSTEIN P, COX P, BETTS R, BOP L, VON BLOH W, BROVKIN V, CADULE P, et al., 2006. Climate-carbon cycle feedback analysis: Results from the C4MIP model intercomparison. *Journal of Climate*. Vol. 19, no. 14. p. 3337–3353. DOI: 10.1175/JCLI3800.1.
- (36) LAL R., 2008. Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 363, no. 1492. p. 815–830. DOI: 10.1098/rstb.2007.2185.
- (37) CONVENTION ON BIOLOGICAL BIODIVERSITY (CBD), 2010. *Global Biodiversity Outlook 3*. Montreal, Quebec, Canadá: CBD Secretariat. ISBN-92-9225-220-8.
- (38) SEPPELT, R., DORMANN, F., EPINK, F.V, LAUTENBACH, S., SCHMIDT, S., 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, vol. 48, no. 3, p. 630-636. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2010.01952.x.
- (39) SCHWEPPE-KRAFT, B., GRUNEWALD, K., 2015. Approaches to the Economic Valuation of Natural Assets. En: K. GRUNEWALD, O. BASTIAN, eds. *Ecosystem Services: Concept, methods and case studies*. Berlin: Springer. p. 85-103. ISBN: 78-3-662-44143-5.
- (40) MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA, 2005. *Ecosystem and human well-being: scenarios*, vol 2. Washington: Island Press. ISBN: 9781559633901.
- (41) BOYD, J., BANZHAF, S., 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units, *Elsevier - Ecological Economics*, vol. 63, no. 2-3, p. 616-626. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.01.002.
- (42) GRIZZETTI, B., LANZANOVA, D., LIQUETE, C., REYNAUD, A., CARDOSO, A.C., 2016. Assessing water ecosystem services for water resource management. *Elsevier - Environmental Science and Policy*, vol. 61, p. 194-203. DOI 10.1016/j.envsci.2016.04.008.
- (43) MINISTERIO DEL AMBIENTE DE PERÚ (MINAM), 2016. *Manual de Valoración Económica del Patrimonio Natural*. Lima: MINAM: GIZ.

- (44) UK NATIONAL ECOSYSTEM ASSESSMENT (NEA), 2011. *The UK National Ecosystem Assessment, Understanding nature's value to society: Synthesis of the Key Finding*. London: Cambridge University Press. ISBN: 9789280731644.
- (45) TURNER R.K., SCHAAFSMA M., 2015. Valuation of Ecosystem Services. En: R.K. TURNER, M. SCHAAFSMA, eds. *Coastal Zones Ecosystem Services: From Science to Values and Decision Making*. Switzerland: Springer. p. 59-78. ISBN: 978-3-319-17214-9.
- (46) NORGAARD, R. B., 2010. Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecological Economics*, vol. 69, no. 6, p. 1219–1227. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2009.11.009.
- (47) FAO (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS), 2006. Global forest resources assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. *FAO Forestry paper 147*. Rome: FAO. ISBN: 9251054819.
- (48) FAO (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS), 2001. Global forest resources assessment 2000-main report. *FAO Forestry paper 140*. Rome: FAO. ISSN: 0258-6150.
- (49) JARVIS, P.G., IBROM, A., LINDER, S., 2005. 'Carbon forestry': managing forests to conserve carbon. En: GRIFFITHS, H., JARVIS, PG. (EDS). *The carbon balance of forest biomes*. London: Taylor & Francis, p. 331–349. PMID:17633043.
- (50) TURETSKY, M.R., 2003. The Role of Bryophytes in Carbon and Nitrogen Cycling. *The Bryologist*, vol. 106, no. 3, p. 395-409. ISSN: 1938-4378.
- (51) GIGNAC, L.D., 2011. Bryophytes as Predictors of Climate Change. En: Z. TUBA, N.G. SLACK, L.R. STARK. *Bryophyte Ecology and Climate Change*. United Kingdom: Cambridge University Press. p. 461-482. ISBN: 9780511779701.
- (52) CONANT, R.T. (2012). Grassland Soil Organic Carbon Stocks: Status, Opportunities, Vulnerability. En: R. LAL, K. LORENZ, R.F. HÜTTL, B.U. SCHNEIDER, J.V. BRAUN, eds. *Recarbonization of the Biosphere*. New York: Springer, p. 275-302. ISBN: 978-94-007-4159-1.
- (53) HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P., GARCÍA, M. and LIMÓN, S., 2010, *Fundamentos de metodología de la investigación*. Madrid: McGraw-Hill. ISBN: 9788448160593..
- (54) RÜGNITZ, M, CHACÓN, M, PORRO, R, 2009, *Guía de determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. Lima: World Agroforestry Center (ICRAF).

- (55) FOREST INVENTORY AND ANALYSIS PROGRAM (FIA), 2015. Discussion of phases 1, 2 and 3. [Consulta: 29 de enero 2016]. Disponible en: <http://www.fia.fs.fed.us/library/sampling/index.php>
- (56) WILL-WOLF, S. 2010. *Analyzing lichen indicator data in the Forest Inventory and Analysis program. General Technical Report PNW-GTR-818*. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR.
- (57) PAUL, K.I., ROXBURGH, S.H., ENGLAND, J.R., RITSON, P., HOBBS, T., BROOKSBANK, K., RAISON, R.J. et al, 2013. Development and Testing of allometric equations for estimating above-ground biomass of mixed-species environmental plantings. *Forest Ecology and Management*, vol 310, p. 483-494. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.08.054.
- (58) SISTEMA EUROPEO DE NEGOCIACIÓN DE CO₂ [Sendeco2], 2016. *Precios CO₂*. [Consulta 15 de octubre del 2016]. Disponible en: <http://www.sendeco2.com/es/>
- (59) OLIVERAS, I., VAN DER EYNDEN, M., MALHI, Y., CAHUANA, N., MENOR, C., ZAMORA, F., HAUGAASEN, T., 2013. Grass allometry and estimation of above-ground biomass in tropical alpine tussock grasslands. *Austral Ecology*, vol. 39, no. 4, p. 408-415. DOI: 10.1111/aec.12098.
- (60) CERTICALIA, 2017, *¿La Norma Granada como procedimiento de la valoración de árboles ornamentales?*, [Consulta: 10 de diciembre del 2017]. Disponible en: <https://www.certicalia.com/blog/la-norma-granada-como-procedimiento-de-la-valoracion-de-arboles-ornamentales>
- (61) CENTER FOR CLIMATE AND ENERGY SOLUTIONS (C2ES), 2014, *Carbon Pricing Proposals of the 113th Congress*, [Consulta: 10 de diciembre del 2017]. Disponible en: <https://www.c2es.org/document/carbon-pricing-proposals-of-the-113th-congress/>
- (62) MIT TECHNOLOGY REVIEW, 2017. *A Surge of Carbon Pricing Proposals Coming in the New Year, and shifting electoral math mean many may pass* [Consulta: 10 de diciembre del 2017]. Disponible en: <https://www.technologyreview.com/s/609560/surge-of-carbon-pricing-proposals-coming-in-the-new-year/>
- (63) CENTER FOR CLIMATE AND ENERGY SOLUTIONS (C2ES), 2017, *Companies set their own price on carbon*, [Consulta: 10 de diciembre del 2017]. Disponible en: <https://www.c2es.org/2017/09/companies-set-their-own-price-on-carbon/>
- (64) MEZA, C., 2015. *Planta orgullo de Huancavelica en peligro de extinción*. Diario Correo. [Consulta: 10 de Setiembre del 2017]. Disponible en:

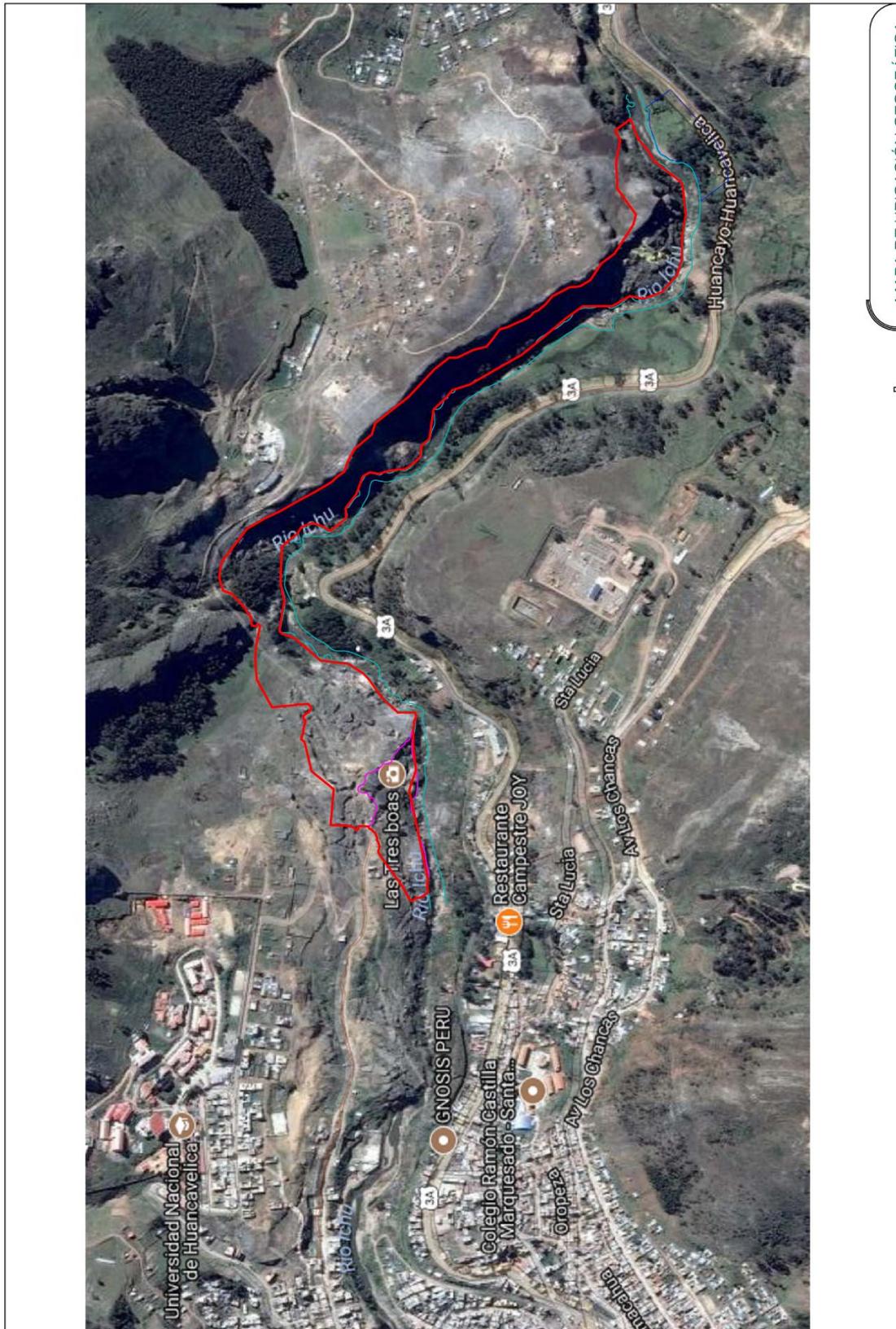
<https://diariocorreo.pe/ciudad/planta-orgullo-de-huancavelica-en-peligro-de-extincion-604238/>

- (65) GUNTER, F., 2016. *Ayrampo, la ruta agridulce de un fruto casi extinto*. Diario La República. [Consulta: 10 de Setiembre del 2017]. Disponible en: <http://larepublica.pe/turismo/gastronomia/832876-ayrampo-la-ruta-agridulce-de-un-fruto-casi-extinto>

ANEXOS

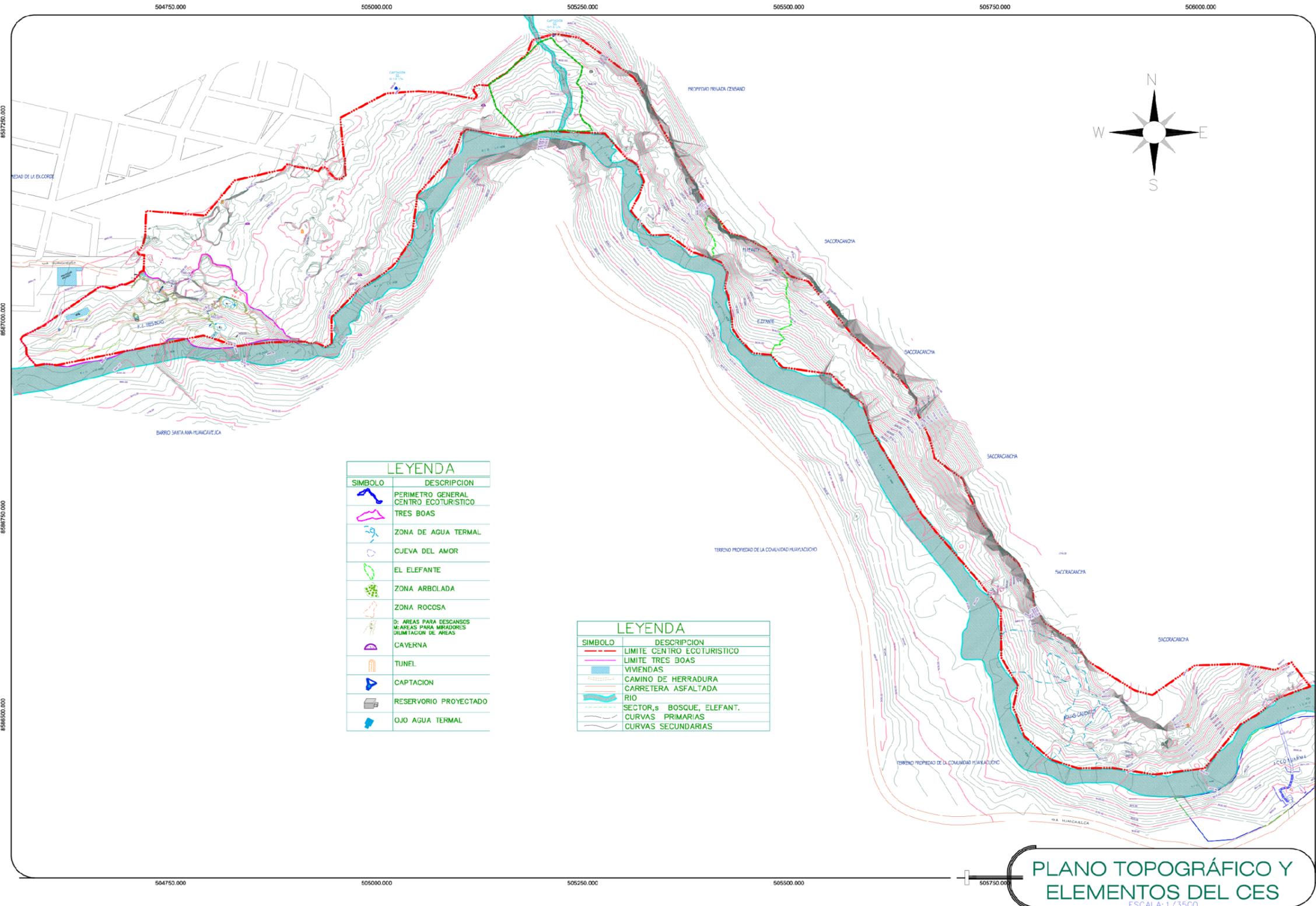
ANEXO A: MAPAS Y PLANOS

A.2 MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA



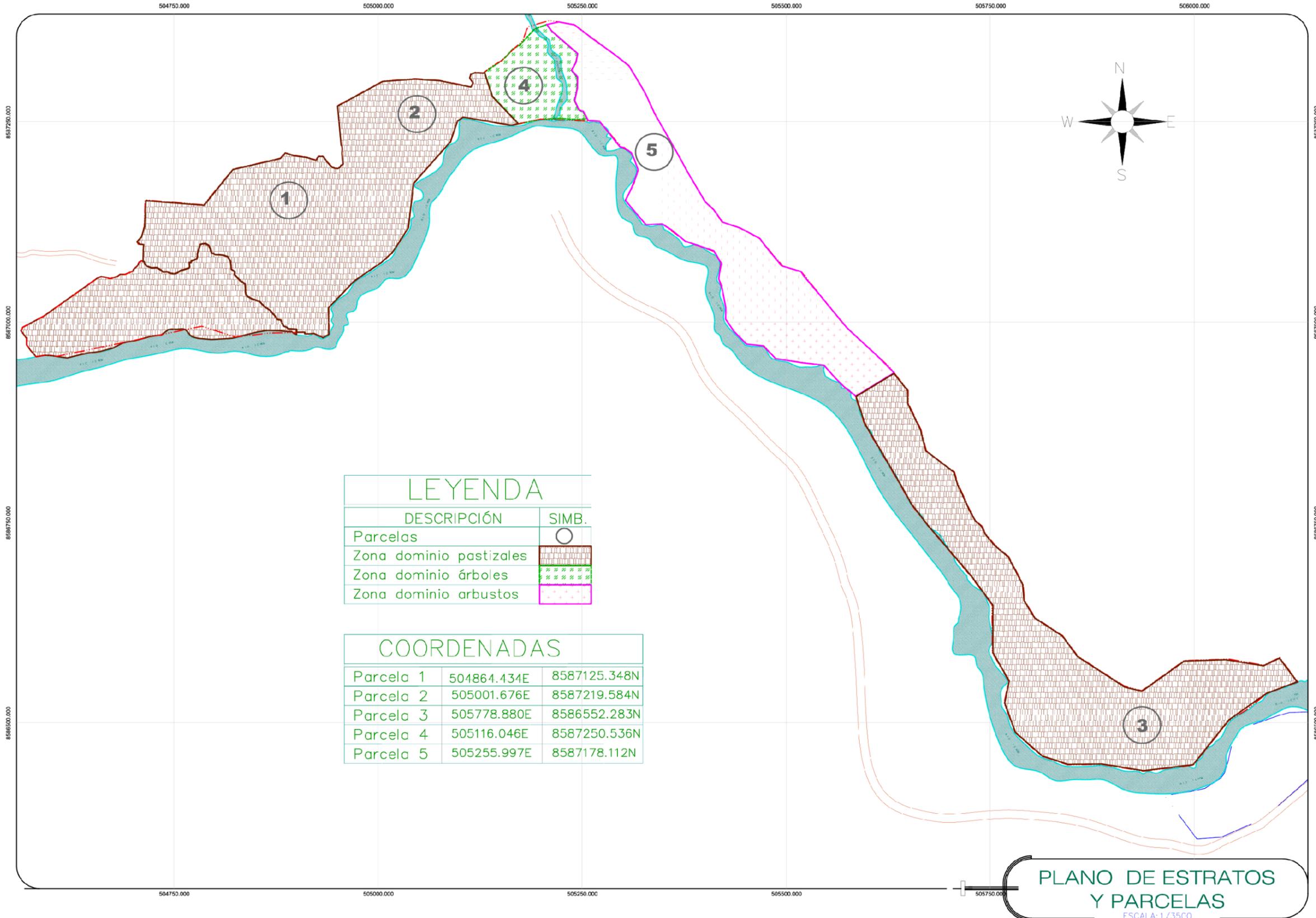
MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA

A.3 PLANO TOPOGRÁFICO Y DE ELEMENTOS DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECSACHACA



PLANO TOPOGRÁFICO Y
ELEMENTOS DEL CES
ESCALA: 1/3500

A.4 PLANO DE ESTRATOS Y PARCELAS



LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SIMB.
Parcelas	○
Zona dominio pastizales	
Zona dominio árboles	
Zona dominio arbustos	

COORDENADAS		
Parcela 1	504864.434E	8587125.348N
Parcela 2	505001.676E	8587219.584N
Parcela 3	505778.880E	8586552.283N
Parcela 4	505116.046E	8587250.536N
Parcela 5	505255.997E	8587178.112N

PLANO DE ESTRATOS Y PARCELAS
 ESCALA: 1/3500

ANEXO B: INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

B.1 ÁRBOLES, ARBUSTOS Y PASTIZALES

FICHA DE OBSERVACIÓN (ÁRBOLES, ARBUSTOS, PASTIZALES)	
Objetivo: Medir longitudes de circunferencia y alturas de los árboles, arbustos y pastizales según corresponda.	
Unidades de observación: 1 árbol, 1 arbusto o 1 pastizal	
Tiempo promedio de observación: 1 min.	
Procedimiento:	
<p>(1) Amarrar una cuerda de 20m de radio al centro de cada parcela. Medir todos los árboles, arbustos y pastizales que se encuentren dentro de la circunferencia formada y girar la cuerda conforme se realizan las mediciones.</p> <p>(2) Medir la longitud de circunferencia del árbol a una altura de 1.3 m (CAP) con una cinta métrica y anotar resultados. Del mismo modo, a una altura de 10cm, medir la longitud de circunferencia (C10) de tres ramas de cada arbusto tomadas aleatoriamente, calcular el promedio de las tres, contar el número total de ramas y anotar. Para el caso de los pastizales medir la altura máxima (Hmáxp) (desde la base hasta el punto más alto encontrado), longitud de circunferencia basal (CB) y longitud de circunferencia de canopia (CC).</p> <p>(3) Anotar otras características en la parcela (observaciones).</p> <p>(4) Tomar fotografías.</p>	

OBSERVACIONES ADICIONALES:

PARCELA # ()								
ÁRBOLES			ARBUSTOS			PASTIZALES		
#	CAP	#	XC10	#R	#	CB	CC	Hmáxp
1		1			1			
2		2			2			
3		3			3			
4		4			4			
5		5			5			
6		6			6			
7		7			7			
8		8			8			
9		9			9			
10		10			10			
...				

Elaboración propia

B.2 BRIÓFITAS

FICHA DE OBSERVACIÓN (BRIÓFITAS)	
Objetivo:	Medir profundidad y área de subparcelas.
Unidades de observación:	1 subparcela.
Tiempo promedio de observación:	1 min.
Procedimiento:	<p>(1) Colocar las subparcelas a la derecha de cada punto de muestreo según orientación horaria concordando con sus respectivos centros.</p> <p>(2) Diferenciar las briófitas de líquenes y otras plantas vasculares.</p> <p>(3) Vía observación, proceder a hallar el área del hábitat de las briófitas en cada micro-parcela. Para la asignación de las áreas de ocupación, se usará una escala porcentual con intervalos de 5 % (0 %, 5 %, 10 %, ..., 95 %, 100 %).</p> <p>(4) Introducir una vara metálica graduada de 30 cm en el centro de cada subparcela hasta notar resistencia firme, seguidamente, anotar el valor de la profundidad.</p> <p>(5) Anotar otras características en la subparcela.</p> <p>(6) Tomar fotografías.</p>

DIAGRAMA DE SUB-PARCELA

A:
P:

Donde:
A: área (en %)
P: profundidad (en cm)

DATOS

PARCELA # ()					
#	A	P	#	A	P
1			17		
2			18		
3			19		
4			20		
5			21		
6			22		
7			23		
8			24		
9			25		
10			26		
11			27		
12			28		
13			29		
14			30		
15			31		
16			32		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

Elaboración propia

DATOS

PARCELA # ()					
#	A	P	#	A	P
1			17		
2			18		
3			19		
4			20		
5			21		
6			22		
7			23		
8			24		
9			25		
10			26		
11			27		
12			28		
13			29		
14			30		
15			31		
16			32		

DATOS

PARCELA # ()					
#	A	P	#	A	P
1			17		
2			18		
3			19		
4			20		
5			21		
6			22		
7			23		
8			24		
9			25		
10			26		
11			27		
12			28		
13			29		
14			30		
15			31		
16			32		

DATOS

PARCELA # ()					
#	A	P	#	A	P
1			17		
2			18		
3			19		
4			20		
5			21		
6			22		
7			23		
8			24		
9			25		
10			26		
11			27		
12			28		
13			29		
14			30		
15			31		
16			32		

DATOS

PARCELA # ()					
#	A	P	#	A	P
1			17		
2			18		
3			19		
4			20		
5			21		
6			22		
7			23		
8			24		
9			25		
10			26		
11			27		
12			28		
13			29		
14			30		
15			31		
16			32		

Elaboración propia

B.3 BROZA, HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL

FICHA DE OBSERVACIÓN (BROZA, HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL)	
Procedimiento:	
(1) Lanzar aleatoriamente la subparcela de 50 x 50 cm dentro de la parcela.	
(2) Colectar todos los residuos en su interior hasta colmarlo, pesar todo el material y recoger una submuestra de 50 g. Guardar la en bolsas plásticas debidamente identificada.	
(3) Anotar otras características en la parcela y subparcela (observaciones).	
(4) Tomar fotografías.	
(5) Enviar las muestras a laboratorio para el proceso de secado en horno-estufa a 60 °C durante 48 horas.	
(6) Por último, anotar los pesos antes del tratamiento (peso fresco) y después del mismo (peso seco).	

PARCELA # ()			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETEAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)	

PARCELA # ()			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETEAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)	

PARCELA # ()			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETEAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)	

PARCELA # ()			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETEAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)	

PARCELA # ()			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETEAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)		PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUBPARCELA (Kg)	
PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)		PESO FRESCO EN SUBPARCELA (Kg)	

OBSERVACIONES

Elaboración propia

**ANEXO C: ARCHIVO DE DATOS Y CÁLCULOS
DETALLADOS**

C.1 ARCHIVO DE DATOS

ÁRBOLES, ARBUSTOS Y PASTIZALES

FICHA DE OBSERVACIÓN (ÁRBOLES, ARBUSTOS, PASTIZALES)	
Objetivo: Medir longitudes de circunferencia y alturas de los árboles, arbustos y pastizales según corresponda.	
Unidades de observación: 1 árbol, 1 arbusto o 1 pastizal	
Tiempo promedio de observación: 1 min.	
Procedimiento:	
(1) Amarrar una cuerda de 20m de radio al centro de cada parcela. Medir todos los árboles, arbustos y pastizales que se encuentren dentro de la circunferencia formada y girar la cuerda conforme se realizan las mediciones.	
(2) Medir la longitud de circunferencia del árbol a una altura de 1.3 m (CAP) con una cinta métrica y anotar resultados. Del mismo modo, a una altura de 10cm, medir la longitud de circunferencia (C10) de tres ramas de cada arbusto tomadas aleatoriamente, calcular el promedio de las tres, contar el número total de ramas y anotar. Para el caso de los pastizales medir la altura máxima (Hmáxp) (desde la base hasta el punto más alto encontrado), longitud de circunferencia basal (CB) y longitud de circunferencia de canopia (CC).	
(3) Anotar otras características en la parcela (observaciones).	
(4) Tomar fotografías.	

OBSERVACIONES ADICIONALES:

No se encuentran árboles en esta parcela.

PARCELA # (4)									
ÁRBOLES		ARBUSTOS			PASTIZALES				
#	CAP	#	XC10	#R	#	CB	CC	Hmáxp	
1		1	1.1	8	1	37.1	69.1	53	
2		2	2.5	40	2	43.6	75.6	32	
3		3	5.0	15	3	25.7	62.7	33	
4		4	6.2	9	4	30.3	62.3	61	
5		5			5	32.2	62.2	37	
6		6			6	28.0	59.0	25	
7		7			7	61.0	72.0	57	
8		8			8	44.5	77.5	32	
9		9			9	31.0	68.0	103	
10		10			10	38.9	66.8	82	
11		11			11	49.7	86.7	92	
12		12			12	28.2	66.2	35	
13		13			13	50.1	86.1	35	
14		14			14	29.5	60.5	50	
15		15			15	56.7	71.7	74	
16		16			16	37.7	75.7	82	
17		17			17	21.7	57.7	60	
18		18			18	40.5	77.5	47	
19		19			19	32.5	66.5	17	
20		20			20	20.0	53.0	74	
21		21			21	55.7	92.7	45	
22		22			22	20.4	56.4	73	
23		23			23	52.1	85.2	22	
24		24			24	44.0	74.0	104	
25		25			25	24.9	61.9	98	
26		26			26	35.9	88.9	110	
27		27			27	33.9	71.9	83	
28		28			28	42.0	81.0	48	
29		29			29	44.7	81.7	78	
30		30			30	45.6	81.6	102	
31		31			31	31.9	62.9	68	
32		32			32	22.6	54.6	72	

33		33		33	31.0	67.0	106
34		34		34	32.0	62.0	76
35		35		35	37.7	87.7	29
36		36		36	42.9	78.9	71
37		37		37	46.7	86.7	110
38		38		38	35.6	70.6	21
39		39		39	53.4	71.4	74
40		40		40	28.8	59.8	106
41		41		41	25.4	55.4	87
42		42		42	57.1	76.1	26
43		43		43	57.2	85.2	71
44		44		44	31.0	60.0	78
45		45		45	34.8	86.8	73
46		46		46	60.0	77.0	110
47		47		47	30.3	67.3	71
48		48		48	31.7	72.7	98
49		49		49	51.7	87.7	78
50		50		50	38.8	72.8	46
51		51		51	28.6	58.6	107
52		52		52	26.3	66.3	51
53		53		53	38.7	67.7	67
54		54		54	45.0	76.0	58
55		55		55	38.2	72.2	28
56		56		56	35.1	66.1	77
57		57		57	37.4	74.4	67
58		58		58	57.4	71.4	81
59		59		59	22.2	56.2	51
60		60		60	40.8	78.8	71
61		61		61	48.6	82.6	73
62		62		62	42.2	81.2	101
63		63		63	47.7	82.7	107
64		64		64	47.7	82.7	107
65		65		65	27.2	52.2	27
66		66		66	32.2	62.2	61
67		67		67	32.5	72.5	58
68		68		68	40.0	72.0	71
69		69		69	27.6	52.6	53
70		70		70	20.9	52.9	69
71		71		71	55.0	93.0	101
72		72		72	37.0	77.0	57
73		73		73	30.4	60.4	72
74		74		74	42.2	81.2	74
75		75		75	42.2	85.2	91
76		76		76	26.8	61.8	37
77		77		77	26.5	61.5	57
78		78		78	22.0	72.0	87
79		79		79	37.4	75.4	87
80		80		80	44.5	76.5	104
81		81		81	27.1	70.1	68
82		82		82	47.7	81.7	79
83		83		83	55.5	89.5	46
84		84		84	38.7	71.7	78
85		85		85	71.0	67.0	36
86		86		86	57.3	76.3	107
87		87		87	42.3	62.3	47
88		88		88	26.2	76.2	47
89		89		89	29.6	72.6	98
90		90		90	47.5	84.5	110
91		91		91	33.1	82.1	67
92		92		92	22.6	52.6	26
93		93		93	40.3	72.3	73
94		94		94	38.8	86.8	67
95		95		95	32.2	65.2	87
96		96		96	25.3	63.3	26
97		97		97	29.7	83.7	22
98		98		98	32.6	72.6	27
99		99		99	38.3	67.3	55
100		100		100	23.4	53.4	70
101		101		101	52.8	92.8	58
102		102		102	45.2	72.2	77
103		103		103	38.1	70.1	76
104		104		104	24.2	55.2	68
105		105		105	27.4	62.4	58
106		106		106	27.0	53.0	48
107		107		107	48.4	87.4	27
108		108		108	20.4	60.4	37

109		109		109	51.2	87.2	84
110		110		110	56.2	96.2	108
111		111		111	29.5	55.5	105
112		112		112	52.9	82.9	37
113		113		113	26.2	61.2	57
114		114		114	22.2	77.2	85
115		115		115	33.8	68.8	72
116		116		116	33.6	62.6	52
117		117		117	39.3	76.3	54
118		118		118	46.6	72.6	64
119		119		119	56.0	76.0	78
120		120		120	27.1	65.1	45
121		121		121	23.7	57.7	87
122		122		122	42.9	72.9	38
123		123		123	35.5	72.5	72
124		124		124	60.7	75.7	36
125		125		125	45.3	84.3	38
126		126		126	47.3	77.3	66
127		127		127	41.6	73.6	66
128		128		128	59.9	79.9	101
129		129		129	51.7	82.7	77
130		130		130	52.1	74.1	84
131		131		131	45.1	72.1	35
132		132		132	60.0	72.0	82
133		133		133	42.8	81.8	25
134		134		134	22.2	55.2	54
135		135		135	64.2	62.2	25
136		136		136	22.2	83.2	25
137		137		137	22.4	76.4	21
138		138		138	35.4	78.4	52
139		139		139	52.0	85.0	74
140		140		140	52.0	72.0	74
141		141		141	25.2	61.2	42
142		142		142	51.5	86.5	72
143		143		143	38.6	76.6	25
144		144		144	46.0	76.0	42
145		145		145	49.6	86.6	78
146		146		146	37.8	57.8	27
147		147		147	46.0	86.0	64
148		148		148	37.0	88.0	76
149		149		149	72.5	82.5	72
150		150		150	48.0	78.0	74
151		151		151	26.2	69.2	68
152		152		152	72.0	72.0	78
153		153		153	47.9	82.9	80
154		154		154	59.1	91.1	91
155		155		155	57.9	82.9	75
156		156		156	37.1	72.1	71
157		157		157	56.0	74.0	93
158		158		158	45.2	61.2	71
159		159		159	45.0	81.6	82
160		160		160	55.0	95.0	88
161		161		161	51.1	65.3	26
162		162		162	20.0	74.0	35
163		163		163	41.4	82.4	43
164		164		164	44.6	81.6	104
165		165		165	42.5	72.5	27
166		166		166	42.5	84.5	33
167		167		167	60.3	72.2	52
168		168		168	24.0	59.0	49
169		169		169	47.0	85.0	92
170		170		170	58.2	78.2	103
171		171		171	27.1	71.1	83
172		172		172	26.1	66.1	71
173		173		173	51.5	84.5	103
174		174		174	52.7	86.7	80
175		175		175	70.0	80.0	67
176		176		176	29.2	67.2	104
177		177		177	28.4	61.4	80
178		178		178	30.2	70.2	88
179		179		179	52.0	76.0	93
180		180		180	26.2	62.2	76
181		181		181	27.1	78.1	44
182		182		182	58.5	80.5	58
183		183		183	65.0	60.0	76
184		184		184	47.2	84.2	35

185		185		185	59.0	60.0	62
186		186		186	53.5	69.5	66
187		187		187	32.2	71.2	73
188		188		188	38.5	71.5	72
189		189		189	39.3	66.3	75
190		190		190	44.6	72.6	72
191		191		191	38.0	69.0	79
192		192		192	53.2	72.2	76
193		193		193	57.6	74.2	76
194		194		194	48.1	72.1	67
195		195		195	60.0	72.0	78
196		196		196	35.6	72.6	64
197		197		197	32.2	62.2	70
198		198		198	32.2	42.2	72
199		199		199	57.2	71.2	73
200		200		200	74.2	71.2	76
201		201		201	31.6	65.6	71
202		202		202	32.2	67.2	70
203		203		203	36.7	70.7	66
204		204		204	24.3	70.3	74
205		205		205	71.0	62.0	72
206		206		206	41.5	72.5	74
207		207		207	40.1	70.1	101
208		208		208	25.3	53.3	67
209		209		209	32.4	73.4	72
210		210		210	32.4	62.4	76
211		211		211	34.4	64.4	78
212		212		212	22.0	61.0	57
213		213		213	35.1	70.1	50
214		214		214	53.2	82.2	101
215		215		215	32.3	67.3	52
216		216		216	32.0	70.0	71
217		217		217	40.2	72.2	110
218		218		218	42.6	62.6	107
219		219		219	42.7	62.7	87
220		220		220	31.8	66.8	72
221		221		221	42.5	72.5	75
222		222		222	57.2	68.0	70
223		223		223	36.2	71.2	49
224		224		224	32.7	72.7	71
225		225		225	72.8	70.8	64
226		226		226	46.2	70.2	110
227		227		227	50.2	68.2	54
228		228		228	22.3	79.3	61
229		229		229	55.0	70.0	75
230		230		230	32.4	82.4	73
231		231		231	32.3	72.3	75
232		232		232	58.0	68.0	71
233		233		233	56.5	92.5	87
234		234		234	22.9	56.9	97
235		235		235			
236		236		236			
237		237		237			
238		238		238			
239		239		239			
240		240		240			
241		241		241			
242		242		242			
243		243		243			
244		244		244			
245		245		245			
246		246		246			
247		247		247			
248		248		248			
249		249		249			
250		250		250			
251		251		251			
252		252		252			
253		253		253			
254		254		254			
255		255		255			
256		256		256			
257		257		257			
258		258		258			
259		259		259			
260		260		260			

ÁRBOLES, ARBUSTOS Y PASTIZALES

FICHA DE OBSERVACIÓN (ÁRBOLES, ARBUSTOS, PASTIZALES)	
Objetivo: Medir longitudes de circunferencia y alturas de los árboles, arbustos y pastizales según corresponda.	
Unidades de observación: 1 árbol, 1 arbusto o 1 pastizal	
Tiempo promedio de observación: 1 min.	
Procedimiento:	
(1) Amarrar una cuerda de 20m de radio al centro de cada parcela. Medir todos los árboles, arbustos y pastizales que se encuentren dentro de la circunferencia formada y girar la cuerda conforme se realizan las mediciones.	
(2) Medir la longitud de circunferencia del árbol a una altura de 1.3 m (CAP) con una cinta métrica y anotar resultados. Del mismo modo, a una altura de 10cm, medir la longitud de circunferencia (C10) de tres ramas de cada arbusto tomadas aleatoriamente, calcular el promedio de las tres, contar el número total de ramas y anotar. Para el caso de los pastizales medir la altura máxima (Hmáxp) (desde la base hasta el punto más alto encontrado), longitud de circunferencia basal (CB) y longitud de circunferencia de canopia (CC).	
(3) Anotar otras características en la parcela (observaciones).	
(4) Tomar fotografías.	

OBSERVACIONES ADICIONALES:

No se encontraron árboles en esta parcela

PARCELA # (10)								
ÁRBOLES		ARBUSTOS			PASTIZALES			
#	CAP	#	XC10	#R	#	CB	CC	Hmáxp
1		1	4.8	11	1	44.9	30.9	44
2		2	4.2	11	2	27.8	62.8	30
3		3			3	25.2	41.2	62
4		4			4	41.5	33.5	82
5		5			5	40.2	39.2	82
6		6			6	41.9	29.2	97
7		7			7	23.2	62.2	100
8		8			8	51.2	84.2	26
9		9			9	33.2	66.2	82
10		10			10	24.2	64.2	24
11		11			11	24.2	57.2	32
12		12			12	40.2	39.2	32
13		13			13	42.2	82.2	46
14		14			14	61.0	97.0	106
15		15			15	54.2	84.2	37
16		16			16	61.0	97.0	82
17		17			17	35.2	37.2	86
18		18			18	37.4	68.4	29
19		19			19	39.9	22.9	62
20		20			20	47.3	86.3	66
21		21			21	47.2	81.2	69
22		22			22	27.2	62.2	107
23		23			23	42.5	80.5	80
24		24			24	44.3	34.3	80
25		25			25	42.2	37.2	103
26		26			26	31.9	86.4	97
27		27			27	61.0	80.0	52
28		28			28	60.6	92.6	42
29		29			29	52.0	82.0	48
30		30			30	22.9	55.9	46
31		31			31	25.0	61.0	60
32		32			32	52.5	82.5	50

33		33		33	32.9	73.9	87
34		34		34	51.7	69.5	82
35		35		35	51.6	69.6	84
36		36		36	50.8	69.5	84
37		37		37	48.0	68.0	71
38		38		38	48.6	68.6	74
39		39		39	24.5	54.5	54
40		40		40	56.0	69.0	75
41		41		41	60.5	70.5	81
42		42		42	49.7	69.7	80
43		43		43	26.3	66.3	63
44		44		44	52.5	69.5	73
45		45		45	50.0	69.0	106
46		46		46	44.4	69.4	97
47		47		47	30.1	60.1	35
48		48		48	49.6	69.6	107
49		49		49	23.5	57.5	77
50		50		50	41.4	65.4	54
51		51		51	59.6	68.6	63
52		52		52	29.2	60.2	70
53		53		53	41.9	69.9	80
54		54		54	33.6	64.6	80
55		55		55	20.9	61.9	22
56		56		56	60.6	72.6	66
57		57		57	23.8	65.8	94
58		58		58	51.5	67.5	77
59		59		59	43.4	65.4	94
60		60		60	32.3	65.3	30
61		61		61	57.7	66.7	86
62		62		62	38.2	67.2	77
63		63		63	34.6	67.6	67
64		64		64	46.7	67.7	90
65		65		65	60.5	64.5	71
66		66		66	32.5	67.5	57
67		67		67	72.2	69.2	108
68		68		68	29.9	69.9	101
69		69		69	31.9	69.9	36
70		70		70	36.1	70.1	54
71		71		71	25.6	64.6	64
72		72		72	32.4	66.4	57
73		73		73	22.0	61.0	38
74		74		74	59.0	69.0	80
75		75		75	51.1	65.1	108
76		76		76	32.3	62.3	81
77		77		77	32.3	60.3	104
78		78		78	35.0	67.0	27
79		79		79	32.1	70.1	103
80		80		80	55.0	65.0	70
81		81		81	40.3	60.3	50
82		82		82	40.3	65.3	87
83		83		83	41.7	67.7	80
84		84		84	60.3	68.3	97
85		85		85	41.7	67.7	100
86		86		86	31.6	66.6	88
87		87		87	56.3	69.3	121
88		88		88	23.1	64.1	61
89		89		89	23.3	62.3	46
90		90		90	25.2	68.2	66
91		91		91	42.9	65.9	70
92		92		92	70.7	67.7	107
93		93		93	42.0	65.0	73
94		94		94	50.0	65.0	73
95		95		95	39.1	63.1	60
96		96		96	43.8	68.8	104
97		97		97	54.9	68.9	94
98		98		98	72.5	68.5	110
99		99		99	29.0	69.0	110
100		100		100	49.4	69.4	95
101		101		101	28.2	69.2	94
102		102		102	41.6	73.6	97
103		103		103	57.5	70.5	41
104		104		104	55.2	70.2	60
105		105		105	25.0	69.0	106
106		106		106	41.0	72.0	53
107		107		107	33.4	65.4	100
108		108		108	57.4	68.4	77

109		109		109	50.2	87.7	56
110		110		110	26.5	61.5	53
111		111		111	20.4	63.4	110
112		112		112	63.2	58.7	32
113		113		113	52.2	63.6	84
114		114		114	50.0	66.0	101
115		115		115	42.2	86.3	82
116		116		116	41.2	71.2	81
117		117		117	42.4	66.2	61
118		118		118	48.6	65.6	21
119		119		119	22.5	57.5	42
120		120		120	22.2	67.6	69
121		121		121	50.7	57.7	37
122		122		122	27.1	58.2	26
123		123		123	47.4	61.4	65
124		124		124	47.6	61.6	78
125		125		125	32.2	62.2	21
126		126		126	24.7	65.7	75
127		127		127	41.6	79.6	53
128		128		128	30.2	65.1	31
129		129		129	21.6	72.6	77
130		130		130	44.0	75.4	40
131		131		131	71.4	71.4	63
132		132		132	52.0	63.0	53
133		133		133	57.5	84.5	95
134		134		134	28.4	65.4	57
135		135		135	22.0	61.0	27
136		136		136	42.2	63.2	53
137		137		137	52.5	62.5	31
138		138		138	32.3	70.3	83
139		139		139	38.6	88.6	80
140		140		140	36.2	75.2	37
141		141		141	31.4	65.4	82
142		142		142	36.5	71.5	27
143		143		143	22.5	62.5	25
144		144		144	48.2	55.2	105
145		145		145	48.4	63.4	85
146		146		146	22.0	62.0	28
147		147		147	22.2	58.2	41
148		148		148	26.3	73.3	28
149		149		149	54.0	69.0	80
150		150		150	58.6	71.6	82
151		151		151	25.8	60.8	65
152		152		152	38.7	64.7	45
153		153		153	57.7	49.7	47
154		154		154	79.2	78.2	92
155		155		155	23.0	61.0	80
156		156		156	24.4	84.4	102
157		157		157	42.4	87.4	77
158		158		158	24.2	76.2	37
159		159		159	23.0	69.0	35
160		160		160	46.6	84.6	25
161		161		161	52.0	91.0	63
162		162		162	40.0	75.0	67
163		163		163	46.0	69.0	47
164		164		164	30.4	62.4	74
165		165		165	31.7	62.7	66
166		166		166	26.2	78.2	57
167		167		167	25.5	63.5	20
168		168		168	40.7	40.7	27
169		169		169	22.9	61.9	27
170		170		170	22.5	72.5	88
171		171		171	52.0	89.0	108
172		172		172	52.9	90.9	39
173		173		173	50.7	61.7	56
174		174		174	45.4	67.4	36
175		175		175	20.4	78.4	52
176		176		176	48.2	79.2	101
177		177		177	32.3	72.3	75
178		178		178	32.0	73.0	86
179		179		179	44.5	88.5	47
180		180		180	54.7	92.7	110
181		181		181	29.8	62.8	25
182		182		182	42.1	72.1	106
183		183		183	42.3	80.3	68
184		184		184			

185		185		185	60.4	72.4	93
186		186		186	57.8	72.0	63
187		187		187	24.7	52.9	90
188		188		188	21.2	62.5	39
189		189		189	50.0	90.0	37
190		190		190	72.4	32.4	33
191		191		191	53.0	21.6	101
192		192		192	22.0	69.0	76
193		193		193	46.0	81.6	90
194		194		194	32.0	71.0	84
195		195		195	58.0	76.0	32
196		196		196	56.0	75.0	92
197		197		197	46.6	76.6	92
198		198		198	23.2	58.2	88
199		199		199	52.0	71.0	60
200		200		200	30.0	70.6	82
201		201		201	21.3	58.3	86
202		202		202	23.6	60.6	109
203		203		203	23.0	65.0	40
204		204		204	57.7	67.7	49
205		205		205	28.3	69.3	77
206		206		206	36.7	71.7	67
207		207		207	46.7	81.7	100
208		208		208	33.8	68.8	70
209		209		209	52.0	89.0	39
210		210		210	53.3	89.3	77
211		211		211	49.0	87.0	43
212		212		212	25.1	73.1	71
213		213		213	28.9	65.9	66
214		214		214	57.9	72.8	38
215		215		215	42.8	72.8	26
216		216		216	75.8	92.8	83
217		217		217	71.4	90.4	20
218		218		218	35.0	66.0	62
219		219		219	24.0	54.0	25
220		220		220			
221		221		221			
222		222		222			
223		223		223			
224		224		224			
225		225		225			
226		226		226			
227		227		227			
228		228		228			
229		229		229			
230		230		230			
231		231		231			
232		232		232			
233		233		233			
234		234		234			
235		235		235			
236		236		236			
237		237		237			
238		238		238			
239		239		239			
240		240		240			
241		241		241			
242		242		242			
243		243		243			
244		244		244			
245		245		245			
246		246		246			
247		247		247			
248		248		248			
249		249		249			
250		250		250			
251		251		251			
252		252		252			
253		253		253			
254		254		254			
255		255		255			
256		256		256			
257		257		257			
258		258		258			
259		259		259			
260		260		260			

ÁRBOLES, ARBUSTOS Y PASTIZALES

FICHA DE OBSERVACIÓN (ÁRBOLES, ARBUSTOS, PASTIZALES)
Objetivo: Medir longitudes de circunferencia y alturas de los árboles, arbustos y pastizales según corresponda.
Unidades de observación: 1 árbol, 1 arbusto o 1 pastizal
Tiempo promedio de observación: 1 min.
Procedimiento: (1) Amarrar una cuerda de 20m de radio al centro de cada parcela. Medir todos los árboles, arbustos y pastizales que se encuentren dentro de la circunferencia formada y girar la cuerda conforme se realizan las mediciones. (2) Medir la longitud de circunferencia del árbol a una altura de 1.3 m (CAP) con una cinta métrica y anotar resultados. Del mismo modo, a una altura de 10cm, medir la longitud de circunferencia (C10) de tres ramas de cada arbusto tomadas aleatoriamente, calcular el promedio de las tres, contar el número total de ramas y anotar. Para el caso de los pastizales medir la altura máxima (Hmáxp) (desde la base hasta el punto más alto encontrado), longitud de circunferencia basal (CB) y longitud de circunferencia de canopia (CC). (3) Anotar otras características en la parcela (observaciones). (4) Tomar fotografías.

OBSERVACIONES ADICIONALES:

No se encontraron sibilos en esta parcela

PARCELA # (3)								
ÁRBOLES		ARBUSTOS			PASTIZALES			
#	CAP	#	XC10	#R	#	CB	CC	Hmáxp
1		1	6.3	12	1	60.0	100.0	35
2		2	4.2	10	2	59.3	99.7	25
3		3	3.9	15	3	40.9	70.9	64
4		4	3.7	7	4	37.6	73.6	27
5		5	3.2	11	5	36.4	66.4	23
6		6			6	42.1	81.1	29
7		7			7	32.4	71.4	37
8		8			8	51.8	81.8	22
9		9			9	51.2	80.2	26
10		10			10	27.2	62.2	24
11		11			11	40.7	78.7	20
12		12			12	29.7	52.7	56
13		13			13	55.7	95.7	65
14		14			14	40.7	77.7	27
15		15			15	58.1	91.1	100
16		16			16	32.3	77.3	32
17		17			17	39.5	77.5	66
18		18			18	47.3	80.3	21
19		19			19	28.2	51.2	57
20		20			20	40.3	75.3	39
21		21			21	41.4	77.4	34
22		22			22	56.7	93.7	26
23		23			23	31.8	69.8	60
24		24			24	36.8	70.8	67
25		25			25	47.2	86.2	33
26		26			26	25.0	52.0	77
27		27			27	71.4	87.4	53
28		28			28	77.9	89.9	42
29		29			29	31.7	67.7	32
30		30			30	33.3	63.3	61
31		31			31	37.6	71.6	48
32		32			32	23.7	58.7	75

33		33		33	27.9	60.9	94
34		34		34	21.9	59.8	50
35		35		35	27.9	61.8	80
36		36		36	52.0	98.0	62
37		37		37	99.5	82.5	79
38		38		38	71.0	73.0	46
39		39		39	22.6	54.6	57
40		40		40	32.9	76.9	54
41		41		41	49.0	85.0	32
42		42		42	40.3	71.3	62
43		43		43	43.4	80.4	77
44		44		44	22.4	62.4	77
45		45		45	34.7	69.7	69
46		46		46	56.1	71.1	82
47		47		47	53.7	76.7	57
48		48		48	60.7	99.7	72
49		49		49	70.6	65.6	48
50		50		50	59.6	74.6	85
51		51		51			
52		52		52			
53		53		53			
54		54		54			
55		55		55			
56		56		56			
57		57		57			
58		58		58			
59		59		59			
60		60		60			
61		61		61			
62		62		62			
63		63		63			
64		64		64			
65		65		65			
66		66		66			
67		67		67			
68		68		68			
69		69		69			
70		70		70			
71		71		71			
72		72		72			
73		73		73			
74		74		74			
75		75		75			
76		76		76			
77		77		77			
78		78		78			
79		79		79			
80		80		80			
81		81		81			
82		82		82			
83		83		83			
84		84		84			
85		85		85			
86		86		86			
87		87		87			
88		88		88			
89		89		89			
90		90		90			
91		91		91			
92		92		92			
93		93		93			
94		94		94			
95		95		95			
96		96		96			
97		97		97			
98		98		98			
99		99		99			
100		100		100			
101		101		101			
102		102		102			
103		103		103			
104		104		104			
105		105		105			
106		106		106			
107		107		107			
108		108		108			

ÁRBOLES, ARBUSTOS Y PASTIZALES

FICHA DE OBSERVACIÓN (ÁRBOLES, ARBUSTOS, PASTIZALES)

Objetivo: Medir longitudes de circunferencia y alturas de los árboles, arbustos y pastizales según corresponda.

Unidades de observación: 1 árbol, 1 arbusto o 1 pastizal

Tiempo promedio de observación: 1 min.

Procedimiento:

(1) Amarrar una cuerda de 20m de radio al centro de cada parcela. Medir todos los árboles, arbustos y pastizales que se encuentren dentro de la circunferencia formada y girar la cuerda conforme se realizan las mediciones.

(2) Medir la longitud de circunferencia del árbol a una altura de 1.3 m (CAP) con una cinta métrica y anotar resultados. Del mismo modo, a una altura de 10cm, medir la longitud de circunferencia (C10) de tres ramas de cada arbusto tomadas aleatoriamente, calcular el promedio de las tres, contar el número total de ramas y anotar. Para el caso de los pastizales medir la altura máxima (Hmáxp) (desde la base hasta el punto más alto encontrado), longitud de circunferencia basal (CB) y longitud de circunferencia de canopia (CC).

(3) Anotar otras características en la parcela (observaciones).

(4) Tomar fotografías.

OBSERVACIONES ADICIONALES:

PARCELA # 19								
ÁRBOLES		ARBUSTOS			PASTIZALES			
#	CAP	#	XC10	#R	#	CB	CC	Hmáxp
1	90.9	1	6.0	3	1	31.9	68.9	55
2	51.5	2	3.3	11	2	21.6	57.6	62
3	100.0	3	8.0	10	3	30.4	61.4	27
4	19.5	4	5.7	5	4	47.2	84.2	46
5	195.4	5	7.7	7	5	44.6	84.6	30
6	81.2	6	3.6	10	6	48.8	81.8	80
7	121.2	7	3.3	8	7	47.2	80.2	93
8	57.7	8	3.2	8	8			
9	138.0	9	3.6	7	9			
10	143.4	10			10			
11	109.5	11			11			
12	78.8	12			12			
13	65.1	13			13			
14	131.4	14			14			
15	117.3	15			15			
16	106.0	16			16			
17	133.0	17			17			
18	189.3	18			18			
19	105.0	19			19			
20	51.0	20			20			
21	62.5	21			21			
22	144.7	22			22			
23	92.2	23			23			
24	125.4	24			24			
25	129.4	25			25			
26	97.4	26			26			
27	50.0	27			27			
28	69.9	28			28			
29	65.7	29			29			
30	98.9	30			30			
31	140.4	31			31			
32	111.5	32			32			

33	127.8	33			33
34	111.7	34			34
35	80.0	35			35
36	30.0	36			36
37	130.6	37			37
38	136.9	38			38
39	20.7	39			39
40	113.6	40			40
41	75.1	41			41
42	127.3	42			42
43	102.7	43			43
44	102.8	44			44
45	137.5	45			45
46	132.6	46			46
47	145.2	47			47
48	53.3	48			48
49	37.8	49			49
50	101.3	50			50
51	28.4	51			51
52	65.6	52			52
53	127.3	53			53
54	107.0	54			54
55	52.0	55			55
56	87.4	56			56
57	72.6	57			57
58	115.3	58			58
59	134.3	59			59
60	15.0	60			60
61	101.6	61			61
62	67.8	62			62
63	127.7	63			63
64	68.6	64			64
65	102.0	65			65
66	137.7	66			66
67	113.4	67			67
68	147.4	68			68
69	147.6	69			69
70	21.5	70			70
71	72.0	71			71
72	33.2	72			72
73	100.0	73			73
74	132.0	74			74
75	152.9	75			75
76	65.0	76			76
77	46.9	77			77
78	113.0	78			78
79	22.0	79			79
80	96.0	80			80
81	26.2	81			81
82	152.7	82			82
83	72.4	83			83
84	95.2	84			84
85	150.2	85			85
86	66.4	86			86
87	139.0	87			87
88	142.7	88			88
89	92.5	89			89
90	73.7	90			90
91	89.0	91			91
92		92			92
93		93			93
94		94			94
95		95			95
96		96			96
97		97			97
98		98			98
99		99			99
100		100			100
101		101			101
102		102			102
103		103			103
104		104			104
105		105			105
106		106			106
107		107			107
108		108			108

ÁRBOLES, ARBUSTOS Y PASTIZALES

FICHA DE OBSERVACIÓN (ÁRBOLES, ARBUSTOS, PASTIZALES)

Objetivo: Medir longitudes de circunferencia y alturas de los árboles, arbustos y pastizales según corresponda.

Unidades de observación: 1 árbol, 1 arbusto o 1 pastizal

Tiempo promedio de observación: 1 min.

Procedimiento:

(1) Amarrar una cuerda de 20m de radio al centro de cada parcela. Medir todos los árboles, arbustos y pastizales que se encuentren dentro de la circunferencia formada y girar la cuerda conforme se realizan las mediciones.

(2) Medir la longitud de circunferencia del árbol a una altura de 1.3 m (CAP) con una cinta métrica y anotar resultados. Del mismo modo, a una altura de 10cm, medir la longitud de circunferencia (C10) de tres ramas de cada arbusto tomadas aleatoriamente, calcular el promedio de las tres, contar el número total de ramas y anotar. Para el caso de los pastizales medir la altura máxima (Hmáxp) (desde la base hasta el punto más alto encontrado), longitud de circunferencia basal (CB) y longitud de circunferencia de canopia (CC).

(3) Anotar otras características en la parcela (observaciones).

(4) Tomar fotografías.

OBSERVACIONES ADICIONALES:

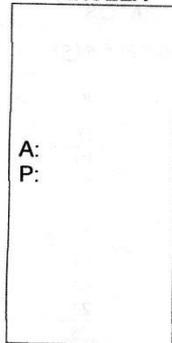
PARCELA # (15)								
ÁRBOLES			ARBUSTOS			PASTIZALES		
#	CAP	#	XC10	#R	#	CB	CC	Hmáxp
1	130.3	1	4.5	15	1	53.0	82.0	100
2	88.6	2	6.1	6	2	33.1	74.2	65
3	86.4	3	6.3	14	3	25.0	63.0	24
4	71.2	4	4.3	4	4	56.4	74.4	45
5		5	4.2	12	5	26.4	64.4	98
6		6	6.8	15	6	54.0	94.0	85
7		7	5.0	6	7	42.6	82.6	102
8		8	4.0	12	8	44.0	84.0	73
9		9	4.0	3	9	23.9	58.9	80
10		10	6.2	12	10			
11		11	5.2	7	11			
12		12	5.9	17	12			
13		13	3.2	14	13			
14		14	5.6	11	14			
15		15	3.2	5	15			
16		16	3.5	12	16			
17		17	7.1	9	17			
18		18	3.4	9	18			
19		19	4.7	12	19			
20		20	7.1	3	20			
21		21	5.9	3	21			
22		22	6.4	11	22			
23		23	4.0	14	23			
24		24	7.2	13	24			
25		25	6.4	13	25			
26		26	6.4	4	26			
27		27	4.7	14	27			
28		28	6.9	6	28			
29		29	5.2	4	29			
30		30	6.2	12	30			
31		31	4.2	5	31			
32		32	5.2	6	32			

33		33	4.1	5	33			
34		34	2.0	5	34			
35		35	2.6	2	35			
36		36	6.4	11	36			
37		37	5.9	5	37			
38		38	4.7	9	38			
39		39	5.6	6	39			
40		40	6.1	11	40			
41		41	2.1	2	41			
42		42	3.5	3	42			
43		43	6.5	5	43			
44		44	4.3	3	44			
45		45	4.7	6	45			
46		46	5.2	9	46			
47		47	6.2	11	47			
48		48	3.2	11	48			
49		49	5.0	15	49			
50		50	4.3	3	50			
51		51	4.4	14	51			
52		52	5.3	7	52			
53		53	4.7	14	53			
54		54			54			
55		55			55			
56		56			56			
57		57			57			
58		58			58			
59		59			59			
60		60			60			
61		61			61			
62		62			62			
63		63			63			
64		64			64			
65		65			65			
66		66			66			
67		67			67			
68		68			68			
69		69			69			
70		70			70			
71		71			71			
72		72			72			
73		73			73			
74		74			74			
75		75			75			
76		76			76			
77		77			77			
78		78			78			
79		79			79			
80		80			80			
81		81			81			
82		82			82			
83		83			83			
84		84			84			
85		85			85			
86		86			86			
87		87			87			
88		88			88			
89		89			89			
90		90			90			
91		91			91			
92		92			92			
93		93			93			
94		94			94			
95		95			95			
96		96			96			
97		97			97			
98		98			98			
99		99			99			
100		100			100			
101		101			101			
102		102			102			
103		103			103			
104		104			104			
105		105			105			
106		106			106			
107		107			107			
108		108			108			

BRIÓFITAS

FICHA DE OBSERVACIÓN (BRIÓFITAS)	
Objetivo: Medir profundidad y área de sub-parcelas.	
Unidades de observación: 1 sub-parcela.	
Tiempo promedio de observación: 1 min.	
Procedimiento:	
(1) Colocar las sub-parcelas a la derecha de cada punto de muestreo según orientación horaria concordando con sus respectivos centros.	
(2) Diferenciar las briófitas de líquenes y otras plantas vasculares.	
(3) Vía observación, proceder a hallar el área del hábitat de las briófitas en cada micro-parcela. Para la asignación de las áreas de ocupación, se usará una escala porcentual con intervalos de 5 % (0 %, 5 %, 10 %, ..., 95 %, 100 %).	
(4) Introducir una vara metálica graduada de 30 cm en el centro de cada sub-parcela hasta notar resistencia firme, seguidamente, anotar el valor de la profundidad.	
(5) Anotar otras características en la sub-parcela.	
(6) Tomar fotografías.	

DIAGRAMA DE SUB-PARCELA



Donde:
A: área (en %)
P: profundidad (en cm)

DATOS

PARCELA # (i)					
#	A	P	#	A	P
1	0	0	17	0	0
2	10	10	18	10	10
3	15	15	19	15	15
4	20	20	20	20	20
5	25	25	21	25	25
6	30	30	22	30	30
7	35	35	23	35	35
8	40	40	24	40	40
9	45	45	25	45	45
10	50	50	26	50	50
11	55	55	27	55	55
12	60	60	28	60	60
13	65	65	29	65	65
14	70	70	30	70	70
15	75	75	31	75	75
16	80	80	32	80	80

OBSERVACIONES ADICIONALES:

Parcelas 1 y 2 no contienen briófitas.

DATOS

PARCELA # (2)					
#	A	P	#	A	P
1	0	0	17	0	0
2			18		
3			19		
4			20		
5			21		
6			22		
7			23		
8			24		
9			25		
10			26		
11			27		
12			28		
13			29		
14			30		
15			31		
16			32		

DATOS

PARCELA # (3)					
#	A	P	#	A	P
1	20	4	17	?	
2	5	2	18		
3	10	2	19		
4	5	3	20		
5	15	2	21		
6	30	3	22		
7	15	2	23		
8	30	4	24		
9	15	3	25		
10	10	4	26		
11	15	3	27		
12	0	0	28		
13			29		
14			30		
15			31		
16			32		

DATOS

PARCELA # (4)					
#	A	P	#	A	P
1	95	4	17	100	12
2	75	10	18	80	11
3	100	10	19	90	10
4	80	7	20	85	9
5	70	5	21	95	8
6	65	5	22	70	10
7	60	4	23	75	7
8	50	9	24	100	8
9	80	8	25	100	10
10	75	8	26	90	10
11	80	9	27	85	9
12	95	9	28	95	9
13	60	10	29	100	10
14	100	9	30	100	10
15	100	8	31	90	8
16	100	9	32	100	10

DATOS

PARCELA # (5)					
#	A	P	#	A	P
1	50	5	17	0	0
2	55	5	18		
3	45	5	19		
4	50	7	20		
5	45	9	21		
6	35	7	22		
7	20	8	23		
8	35	9	24		
9	40	8	25		
10	45	7	26		
11	55	5	27		
12	60	4	28		
13	60	5	29		
14	60	6	30		
15	0	0	31		
16	0	0	32		

BROZA, HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL

FICHA DE OBSERVACIÓN (BROZA, HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL)	
Procedimiento:	
(1) Lanzar aleatoriamente la sub-parcela de 50 x 50 cm dentro de la parcela.	
(2) Colectar todos los residuos en su interior hasta colmarlo, pesar todo el material y recoger una sub-muestra de 50 g. Guardar la en bolsas plásticas debidamente identificada.	
(3) Anotar otras características en la parcela y sub-parcela (observaciones).	
(4) Tomar fotografías.	
(5) Enviar las muestras a laboratorio para el proceso de secado en horno-estufa a 60 °C durante 48 horas.	
(6) Por último, anotar los pesos antes del tratamiento (peso fresco) y después del mismo (peso seco).	

PARCELA # ()			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500	PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0225	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.242
PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0655	PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.693

PARCELA # ()			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500	PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0369	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0232
PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0673	PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0632

PARCELA # ()			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500	PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0403	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0277
PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0702	PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0754

PARCELA # (4)			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500	PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0342	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0213
PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.1283	PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.3329

PARCELA # (5)			
BROZA		HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	
PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500	PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0500
PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0389	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0207
PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0997	PESO FRESCO EN SUB-PARCELA (Kg)	0.0974

OBSERVACIONES
Ninguna

C.2 CÁLCULOS DETALLADOS – ÁRBOLES

Tabla 19. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de árboles.

PARCELA	ESTRATO	DATOS PRELIMINARES					BIOMASA
			C	$DAP = CAP/\pi$	e	In(DAP)	$B_{AA} = e^{-1.71+2.21 \times \ln(DAP)}$
		#	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE ÁRBOL A LA ALTURA	DIÁMETRO DE ÁRBOL A LA ALTURA DEL PECHO (130 cm) (cm)	NÚMERO DE EULER	LOGARITMO NATURAL DEL DIÁMETRO DE ÁRBOL A LA ALTURA DEL	BIOMASA AÉREA DE ÁRBOL (Kg)
1	1	-	-	-	-	-	-
2		-	-	-	-	-	-
3		-	-	-	-	-	-
4	2	1	90.9	29	2.718	3.365	306.798
		2	51.5	16	2.718	2.797	87.413
		3	100.0	32	2.718	3.460	378.805
		4	19.5	6	2.718	1.826	10.222
		5	145.4	46	2.718	3.835	866.256
		6	81.8	26	2.718	3.260	243.008
		7	121.2	39	2.718	3.653	579.346
		8	99.7	32	2.718	3.457	376.299
		9	138.0	44	2.718	3.783	771.822
		10	143.4	46	2.718	3.821	840.144
		11	109.5	35	2.718	3.551	462.927
		12	78.8	25	2.718	3.222	223.750
		13	89.1	28	2.718	3.345	293.533
		14	131.4	42	2.718	3.734	692.604
		15	117.3	37	2.718	3.620	538.951
		16	106.0	34	2.718	3.519	430.860
		17	133.0	42	2.718	3.746	711.377
		18	109.3	35	2.718	3.549	461.060
		19	105.0	33	2.718	3.509	421.929
		20	51.0	16	2.718	2.787	85.549
		21	62.9	20	2.718	2.997	135.982
		22	144.9	46	2.718	3.831	859.687
		23	92.2	29	2.718	3.379	316.577
		24	125.1	40	2.718	3.684	621.345
		25	129.4	41	2.718	3.718	669.523
		26	97.4	31	2.718	3.434	357.383
		27	50.0	16	2.718	2.767	81.886
		28	69.9	22	2.718	3.102	171.691
		29	65.7	21	2.718	3.040	149.719
		30	98.9	31	2.718	3.449	369.659
		31	140.4	45	2.718	3.800	801.796
		32	111.5	35	2.718	3.569	481.818
		33	127.8	41	2.718	3.706	651.366
		34	111.7	36	2.718	3.571	483.730
		35	80.0	25	2.718	3.237	231.349
36	30.0	10	2.718	2.256	26.483		
37	130.2	41	2.718	3.724	678.704		
38	136.9	44	2.718	3.775	758.292		
39	90.3	29	2.718	3.358	302.340		
40	113.6	36	2.718	3.588	502.099		
41	75.1	24	2.718	3.174	201.191		
42	127.8	41	2.718	3.706	651.366		
43	103.7	33	2.718	3.497	410.472		
44	102.8	33	2.718	3.488	402.641		
45	137.5	44	2.718	3.779	765.656		

		46	132.6	42	2.718	3.743	706.658
		47	145.2	46	2.718	3.833	863.625
		48	53.3	17	2.718	2.831	94.307
		49	75.8	24	2.718	3.183	205.358
		50	101.3	32	2.718	3.473	389.773
		51	92.4	29	2.718	3.381	318.097
		52	65.6	21	2.718	3.039	149.216
		53	129.3	41	2.718	3.717	668.380
		54	107.0	34	2.718	3.528	439.894
		55	52.0	17	2.718	2.807	89.299
		56	87.4	28	2.718	3.326	281.300
		57	92.6	29	2.718	3.384	319.620
		58	115.3	37	2.718	3.603	518.854
		59	134.3	43	2.718	3.755	726.833
		60	15.0	5	2.718	1.563	5.725
		61	101.6	32	2.718	3.476	392.328
		62	67.8	22	2.718	3.072	160.499
		63	127.0	40	2.718	3.699	642.390
		64	68.6	22	2.718	3.084	164.714
		65	102.0	32	2.718	3.480	395.750
		66	135.9	43	2.718	3.767	746.106
		67	113.8	36	2.718	3.590	504.055
		68	147.8	47	2.718	3.851	898.168
		69	147.6	47	2.718	3.850	895.485
		70	91.5	29	2.718	3.372	311.290
		71	78.0	25	2.718	3.212	218.761
		72	73.1	23	2.718	3.147	189.542
		73	100.8	32	2.718	3.468	385.534
		74	138.0	44	2.718	3.783	771.822
		75	132.9	42	2.718	3.745	710.196
		76	80.5	26	2.718	3.244	234.556
		77	86.9	28	2.718	3.320	277.756
		78	113.6	36	2.718	3.588	502.099
		79	54.0	17	2.718	2.844	97.066
		80	96.0	31	2.718	3.420	346.130
		81	76.2	24	2.718	3.189	207.761
		82	132.5	42	2.718	3.742	705.481
		83	76.4	24	2.718	3.191	208.968
		84	95.8	30	2.718	3.418	344.539
		85	150.3	48	2.718	3.868	932.084
		86	66.4	21	2.718	3.051	153.267
		87	139.0	44	2.718	3.790	784.235
		88	142.7	45	2.718	3.816	831.109
		89	92.5	29	2.718	3.383	318.858
		90	93.7	30	2.718	3.395	328.070
		91	89.0	28	2.718	3.344	292.806
5	3	1	130.3	41	2.718	3.725	679.856
		2	88.6	28	2.718	3.339	289.906
		3	86.4	28	2.718	3.314	274.237
		4	71.2	23	2.718	3.121	178.826

Fuente: Propia

Tabla 19. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de árboles (continuación).

PARCEL A	ESTRATO	BIOMASA						
		A_p	$B_{AAP} = \left(\frac{\sum B_{AA}}{A_p} \right)$	$B_{AAS} = (\bar{X} B_{AAP}) \times \left(\frac{1}{\dots} \right)$	$\ln(B_{AAS})$	e	$= e^{[-1,085 + 0,9256 \times \ln(B_{AAS})]}$	$B_{TAS} = (B_{SAS}) + (B_{AAS})$
		ÁREA DE PARCELA (ha)	BIOMASA AÉREA DE ÁRBOLES EN PARCELA (Kg.ha ⁻¹)	BIOMASA AÉREA DE ÁRBOLES EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	LOGARITMO NATURAL DE BIOMASA AÉREA DE ÁRBOLES EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	NÚMERO DE EULER	BIOMASA SUBTERRÁNEA DE ÁRBOLES EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	BIOMASA TOTAL DE ÁRBOLES (t.ha ⁻¹)
1	1	0.125	0.000	0.000	0.000	2.718	0.000	0.000
2		0.125	0.000					
3		0.125	0.000					
4	2	0.125	316750.147	316.750	5.758	2.718	69.705	386.455
5	3	0.125	11382.598	11.383	2.432	2.718	3.209	14.592

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de árboles (continuación).

CARBONO						
FC	$C_{AS} = (B_{TAS}) \times (FC)$	A_s	$C_{AC} = \frac{(C_{AS1} \times A_{S1}) + (C_{AS2} \times A_{S2}) + (C_{AS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}}$		$CO_{2AC} = (3.67) \times (C_{AC})$	PCG
FRACCIÓN DE CARBONO (EL VALOR ESTÁNDAR SEGÚN EL IPCC ES 0.5)	CARBONO ALMACENADO POR LOS ÁRBOLES EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	ÁREA DE ESTRATO (ha)	CARBONO ALMACENADO POR LOS ÁRBOLES DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	RELACIÓN DE PESOS MOLECULARES DE CO ₂ Y C	CO ₂ ALMACENADO POR LOS ÁRBOLES DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
0.500	0.000	11.220	11.145	3.670	40.904	1.000

0.500	193.227	0.750			
0.500	7.296	2.990			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de árboles (continuación).

VALORACIÓN ECONÓMICA			
$tCO_2e_{AC} = (CO_{2AC}) \times (PCG)$	p	F_c	$VE_A = (tCO_2e_{AC}) \times (p) \times (F_c)$
TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE ALMACENADO POR LOS ÁRBOLES DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	PRECIO DE CO ₂ EN EL MERCADO (€.t.i) (17 DE AGOSTO DEL 2017)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE € A \$ (17 DE AGOSTO DEL 2017)	VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO APORTADO POR LOS ÁRBOLES EXISTENTES EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (\$.ha ⁻¹)
40.904	5.800	0.852	202.130

Fuente: Elaboración Propia

C.3 CÁLCULOS DETALLADOS – BRIÓFITAS

Tabla 20. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de briófitas.

PARCELA	ESTRATO	DATOS PRELIMINARES				BIOMASA						
		#	ÁREA DE BRIÓFITAS EN SUBPARCELA	ÁREA DE SUBPARCELA	ÁREA DE BRIÓFITAS EN SUBPARCELA (cm ²)	P_{Bsp}	$V_{Bsp} = A_{Bsp} \times P_{Bsp}$	e	$\rho_{Bsp} = 0.0205 + 0.0512 \times e^{(-0.3448 \times P_{Bsp})}$	$B_{Bsp} = (\rho_{Bsp}) \times (V_{Bsp})$	A_{sp}	$B'_{Bsp} = \left(\frac{B_{Bsp}}{A_{sp}}\right) \times \left(\frac{1}{100}\right)$
1	1	1	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		2	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		3	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		4	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		5	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		6	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		7	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		8	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		9	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		10	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		11	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		12	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		13	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		14	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		15	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000

	16	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	17	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	18	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	19	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	20	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	21	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	22	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	23	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	24	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	25	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	26	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	27	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	28	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	29	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	30	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	31	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	32	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000	
	2	1	0	1000	0	0	0	2.718	0.057	0.000	0.100	0.000
		2	0	1000	0	0	0	2.718	0.039	0.000	0.100	0.000
		3	0	1000	0	0	0	2.718	0.024	0.000	0.100	0.000
		4	0	1000	0	0	0	2.718	0.030	0.000	0.100	0.000
		5	0	1000	0	0	0	2.718	0.025	0.000	0.100	0.000
		6	0	1000	0	0	0	2.718	0.027	0.000	0.100	0.000
		7	0	1000	0	0	0	2.718	0.023	0.000	0.100	0.000
		8	0	1000	0	0	0	2.718	0.022	0.000	0.100	0.000
		9	0	1000	0	0	0	2.718	0.046	0.000	0.100	0.000
		10	0	1000	0	0	0	2.718	0.039	0.000	0.100	0.000
		11	0	1000	0	0	0	2.718	0.057	0.000	0.100	0.000
		12	0	1000	0	0	0	2.718	0.033	0.000	0.100	0.000
		13	0	1000	0	0	0	2.718	0.030	0.000	0.100	0.000
		14	0	1000	0	0	0	2.718	0.039	0.000	0.100	0.000
		15	0	1000	0	0	0	2.718	0.025	0.000	0.100	0.000
16		0	1000	0	0	0	2.718	0.025	0.000	0.100	0.000	
17		0	1000	0	0	0	2.718	0.023	0.000	0.100	0.000	
18		0	1000	0	0	0	2.718	0.057	0.000	0.100	0.000	
19		0	1000	0	0	0	2.718	0.025	0.000	0.100	0.000	
20		0	1000	0	0	0	2.718	0.046	0.000	0.100	0.000	
21		0	1000	0	0	0	2.718	0.027	0.000	0.100	0.000	
22		0	1000	0	0	0	2.718	0.046	0.000	0.100	0.000	
23		0	1000	0	0	0	2.718	0.023	0.000	0.100	0.000	
24		0	1000	0	0	0	2.718	0.025	0.000	0.100	0.000	
25		0	1000	0	0	0	2.718	0.022	0.000	0.100	0.000	
26		0	1000	0	0	0	2.718	0.039	0.000	0.100	0.000	
27		0	1000	0	0	0	2.718	0.033	0.000	0.100	0.000	
28		0	1000	0	0	0	2.718	0.027	0.000	0.100	0.000	
29		0	1000	0	0	0	2.718	0.039	0.000	0.100	0.000	
30		0	1000	0	0	0	2.718	0.027	0.000	0.100	0.000	
31		0	1000	0	0	0	2.718	0.025	0.000	0.100	0.000	
32		0	1000	0	0	0	2.718	0.027	0.000	0.100	0.000	
3	1	20	1000	200	4	800	2.718	0.033	26.714	0.100	2.671	
	2	5	1000	50	2	100	2.718	0.046	4.619	0.100	0.462	
	3	10	1000	100	2	200	2.718	0.046	9.239	0.100	0.924	
	4	5	1000	50	3	150	2.718	0.039	5.805	0.100	0.581	
	5	15	1000	150	2	300	2.718	0.046	13.858	0.100	1.386	
	6	30	1000	300	3	900	2.718	0.039	34.830	0.100	3.483	
	7	15	1000	150	2	300	2.718	0.046	13.858	0.100	1.386	
	8	30	1000	300	4	1200	2.718	0.033	40.072	0.100	4.007	
	9	15	1000	150	3	450	2.718	0.039	17.415	0.100	1.742	
	10	10	1000	100	4	400	2.718	0.033	13.357	0.100	1.336	
	11	15	1000	150	3	450	2.718	0.039	17.415	0.100	1.742	

		12	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		13	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		14	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		15	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		16	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		17	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		18	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		19	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		20	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		21	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		22	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		23	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		24	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		25	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		26	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		27	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		28	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		29	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		30	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		31	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
		32	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
4	2	1	95	1000	950	4	3800	2.718	0.033	126.893	0.100	12.689
		2	75	1000	750	10	7500	2.718	0.022	165.969	0.100	16.597
		3	100	1000	1000	10	10000	2.718	0.022	221.292	0.100	22.129
		4	80	1000	800	7	5600	2.718	0.025	140.466	0.100	14.047
		5	70	1000	700	5	3500	2.718	0.030	103.716	0.100	10.372
		6	65	1000	650	5	3250	2.718	0.030	96.308	0.100	9.631
		7	60	1000	600	4	2400	2.718	0.033	80.143	0.100	8.014
		8	50	1000	500	9	4500	2.718	0.023	102.600	0.100	10.260
		9	80	1000	800	8	6400	2.718	0.024	151.979	0.100	15.198
		10	75	1000	750	8	6000	2.718	0.024	142.480	0.100	14.248
		11	80	1000	800	9	7200	2.718	0.023	164.159	0.100	16.416
		12	95	1000	950	9	8550	2.718	0.023	194.939	0.100	19.494
		13	60	1000	600	10	6000	2.718	0.022	132.775	0.100	13.278
		14	100	1000	1000	9	9000	2.718	0.023	205.199	0.100	20.520
		15	100	1000	1000	8	8000	2.718	0.024	189.973	0.100	18.997
		16	100	1000	1000	9	9000	2.718	0.023	205.199	0.100	20.520
		17	100	1000	1000	12	12000	2.718	0.021	255.811	0.100	25.581
		18	80	1000	800	11	8800	2.718	0.022	190.556	0.100	19.056
		19	90	1000	900	10	9000	2.718	0.022	199.163	0.100	19.916
		20	85	1000	850	9	7650	2.718	0.023	174.419	0.100	17.442
		21	95	1000	950	8	7600	2.718	0.024	180.475	0.100	18.047
		22	70	1000	700	10	7000	2.718	0.022	154.904	0.100	15.490
		23	75	1000	750	7	5250	2.718	0.025	131.687	0.100	13.169
		24	100	1000	1000	8	8000	2.718	0.024	189.973	0.100	18.997
		25	100	1000	1000	10	10000	2.718	0.022	221.292	0.100	22.129
		26	90	1000	900	10	9000	2.718	0.022	199.163	0.100	19.916
		27	85	1000	850	9	7650	2.718	0.023	174.419	0.100	17.442
		28	95	1000	950	9	8550	2.718	0.023	194.939	0.100	19.494
		29	100	1000	1000	10	10000	2.718	0.022	221.292	0.100	22.129
		30	100	1000	1000	10	10000	2.718	0.022	221.292	0.100	22.129
		31	90	1000	900	8	7200	2.718	0.024	170.976	0.100	17.098
		32	100	1000	1000	10	10000	2.718	0.022	221.292	0.100	22.129
5	3	1	50	1000	500	5	2500	2.718	0.030	74.083	0.100	7.408
		2	55	1000	550	5	2750	2.718	0.030	81.491	0.100	8.149
		3	45	1000	450	5	2250	2.718	0.030	66.675	0.100	6.667
		4	50	1000	500	7	3500	2.718	0.025	87.791	0.100	8.779
		5	45	1000	450	9	4050	2.718	0.023	92.340	0.100	9.234
		6	35	1000	350	7	2450	2.718	0.025	61.454	0.100	6.145
		7	20	1000	200	8	1600	2.718	0.024	37.995	0.100	3.799

8	35	1000	350	9	3150	2.718	0.023	71.820	0.100	7.182
9	40	1000	400	8	3200	2.718	0.024	75.989	0.100	7.599
10	45	1000	450	7	3150	2.718	0.025	79.012	0.100	7.901
11	55	1000	550	5	2750	2.718	0.030	81.491	0.100	8.149
12	60	1000	600	4	2400	2.718	0.033	80.143	0.100	8.014
13	60	1000	600	5	3000	2.718	0.030	88.900	0.100	8.890
14	60	1000	600	6	3600	2.718	0.027	97.091	0.100	9.709
15	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
16	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
17	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
18	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
19	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
20	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
21	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
22	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
23	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
24	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
25	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
26	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
27	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
28	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
29	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
30	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
31	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000
32	0	1000	0	0	0	2.718	0.072	0.000	0.100	0.000

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 20. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de briófitas (continuación).

PARCELA	ESTRATO	BIOMASA	
		$B_{Bp} = \bar{X}B'_{Bsp}$	$B_{BS} = \bar{X}B_{Bp}$
		BIOMASA DE BRIÓFITAS EN PARCELA (t.ha ⁻¹)	BIOMASA DE BRIÓFITAS EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)
1	1	0.000	0.205
2		0.000	
3		0.616	
4	2	17.268	17.268
5	3	3.363	3.363

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 20. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de briófitas (continuación).

CARBONO				
f	C_{BS}	A_S	$C_{BC} = \frac{(C_{BS1} \times A_{S1}) + (C_{BS2} \times A_{S2}) + (C_{BS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}}$	$CO_{2BC} = (3.67) \times (C_{BC})$
FACTOR DE RELACIÓN CARBONO/BIOMAS A EN BRIÓFITAS	CARBONO ALMACENADO POR BRIÓFITAS EN	ÁREA DE ESTRATO (ha)	CARBONO ALMACENADO POR LAS BRIÓFITAS DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	RELACIÓN DE PESOS MOLECULARES DE CO ₂ ALMACENADO POR LAS BRIÓFITAS DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA
0.358	0.074	11.220	0.605	3.670
0.358	6.182	0.748		
0.358	1.204	2.992		
				2.221

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 20. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de briófitas (continuación).

VALORACIÓN ECONÓMICA				
PCG	$tCO_2e_{BC} = (CO_{2BC}) \times (PCG)$	p	F_c	$VE_B = (tCO_2e_{BC}) \times (p) \times (F_c)$
POTENCIAL DE CARBONO EQUIVALENTE	TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE ALMACENADO POR LAS BRIÓFITAS EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹).	PRECIO DE CO ₂ EN EL MERCADO (€·t ⁻¹) (17 DE AGOSTO DEL 2017)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE € A \$ (17 DE AGOSTO DEL 2017)	VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO APORTADO POR LAS BRIÓFITAS EXISTENTES EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (\$·ha ⁻¹).
1.000	2.221	5.800	0.852	10.973

Fuente: propia

C.4 CÁLCULOS DETALLADOS – PASTIZALES

Tabla 21. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de pastizales.

PARCELA	ESTRATO	DATOS PRELIMINARES							BIOMASA	
		#	CB	CC	H _{máx} p	DB	DC	$AB_p = \frac{\pi DB^2}{4}$	$AC_p = \frac{\pi DC^2}{4}$	$B_{AP} = (AB_p)^{0.480} \times (H_{máx p})^{0.935} \times (AC_p)^{0.373}$
		LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE	LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE	ALTURA MÁXIMA DE PASTIZAL (cm)	DIÁMETRO DE PASTIZAL EN LA	DIÁMETRO DE PASTIZAL EN LA	ÁREA BASAL DE PASTIZAL (cm ²)	ÁREA DE CANOPIA DE PASTIZAL (cm ²)	BIOMASA ÁREA DE PASTIZAL (g)	
1	1	1	37.1	69.1	53	11.810	21.996	109.534	38.502	1522.538
		2	43.6	75.6	39	13.879	24.065	151.278	46.086	1427.087
		3	25.9	61.9	73	8.244	19.704	53.383	30.897	1339.975
		4	30.3	63.3	61	9.645	20.150	73.061	32.310	1339.171
		5	32.2	63.2	37	10.250	20.118	82.512	32.208	888.517
		6	28.0	59.0	25	8.913	18.781	62.391	28.069	511.590
		7	61.0	97.0	53	19.417	30.877	296.117	75.870	3160.581
		8	44.5	77.5	72	14.165	24.670	157.588	48.432	2630.094
		9	31.0	68.0	103	9.868	21.646	76.476	37.286	2356.581
		10	30.8	66.8	87	9.804	21.264	75.493	35.982	1973.618
		11	49.9	86.9	95	15.884	27.662	198.155	60.893	4143.597
		12	28.1	66.1	35	8.945	21.041	62.837	35.232	765.337
		13	50.1	82.1	35	15.948	26.134	199.746	54.352	1567.359

14	29.5	60.5	50	9.390	19.258	69.254	29.515	1047.795
15	56.7	94.7	24	18.049	30.145	255.840	72.315	1379.796
16	37.7	75.7	87	12.001	24.097	113.106	46.208	2630.658
17	21.7	59.7	60	6.908	19.004	37.473	28.739	916.158
18	40.5	79.5	47	12.892	25.306	130.531	50.964	1643.474
19	32.5	66.5	17	10.345	5.411	84.056	2.330	162.672
20	20.0	58.0	94	6.366	29.922	31.832	71.250	1808.579
21	55.9	92.9	45	17.794	14.324	248.672	16.329	1406.327
22	20.4	56.4	73	6.494	23.237	33.118	42.971	1205.067
23	52.2	85.2	22	16.616	7.003	216.842	3.903	395.455
24	44.0	84.0	104	14.006	33.105	154.067	87.216	4569.496
25	24.9	63.9	98	7.926	31.195	49.340	77.443	2393.994
26	55.9	88.9	110	17.794	35.015	248.672	97.570	6318.545
27	33.9	71.9	83	10.791	22.887	91.454	41.686	2187.611
28	42.0	81.0	43	13.369	25.784	140.379	52.905	1588.045
29	44.7	81.7	74	14.229	26.007	159.008	53.824	2818.806
30	45.6	81.6	102	14.515	25.975	165.475	53.692	3875.154
31	31.8	62.8	68	10.123	19.990	80.474	31.802	1543.563
32	22.6	54.6	71	7.194	17.380	40.646	24.039	1043.127
33	31.0	63.0	106	9.868	20.054	76.476	32.004	2286.635
34	32.0	63.0	76	10.186	20.054	81.490	32.004	1727.163
35	57.7	87.7	29	18.367	27.917	264.944	62.019	1581.500
36	47.9	78.9	71	15.247	25.115	182.589	50.198	2823.506
37	46.7	83.7	110	14.866	26.643	173.555	56.491	4336.309
38	35.6	70.6	21	11.332	22.473	100.856	40.192	625.743
39	53.4	91.4	74	16.998	29.094	226.927	67.363	3635.447
40	28.8	59.8	106	9.168	19.035	66.007	28.836	2049.357
41	25.4	55.4	87	8.085	17.635	51.342	24.748	1426.494
42	57.1	96.1	26	18.176	30.590	259.463	74.469	1513.572
43	51.2	85.2	31	16.298	27.121	208.614	58.534	1468.760
44	33.0	68.0	98	10.505	21.646	86.662	37.286	2388.593
45	54.8	86.8	73	17.444	27.630	238.981	60.753	3540.728

46	60.0	97.0	110	19.099	30.877	286.487	75.870	6157.150
47	30.3	67.3	71	9.645	21.423	73.061	36.522	1615.591
48	33.9	72.9	98	10.791	23.205	91.454	42.853	2581.686
49	51.7	89.7	98	16.457	28.553	212.708	64.880	4519.091
50	56.8	92.8	48	18.081	29.540	256.744	69.442	2602.834
51	28.6	58.6	107	9.104	18.654	65.093	27.690	2022.821
52	26.3	66.3	51	8.372	21.105	55.045	35.445	1023.541
53	34.7	69.7	67	11.046	22.187	95.821	39.174	1789.240
54	45.0	76.0	58	14.324	24.192	161.149	46.575	2140.409
55	38.2	72.2	28	12.160	22.983	116.126	42.034	890.970
56	55.1	86.1	77	17.539	27.407	241.605	59.777	3718.839
57	37.1	74.1	69	11.810	23.587	109.534	44.276	2052.711
58	59.4	91.4	81	18.908	29.094	280.786	67.363	4381.825
59	22.9	56.9	81	7.290	18.112	41.732	26.107	1232.282
60	40.8	78.8	95	12.987	25.084	132.472	50.070	3174.933
61	48.6	82.6	73	15.470	26.293	187.964	55.016	3040.643
62	47.1	81.1	101	14.993	25.816	176.541	53.036	3942.673
63	47.2	87.2	109	15.025	27.757	177.291	61.314	4478.412
64	47.1	87.1	78	14.993	27.726	176.541	61.174	3265.748
65	27.2	57.2	75	8.658	18.208	58.876	26.383	1358.021
66	32.9	62.9	61	10.473	20.022	86.138	31.903	1442.466
67	33.5	73.5	56	10.664	23.396	89.308	43.562	1521.843
68	40.0	79.0	73	12.733	25.147	127.328	50.325	2439.692
69	23.6	55.6	53	7.512	17.699	44.323	24.927	838.571
70	20.4	52.4	69	6.494	16.680	33.118	22.141	892.711
71	55.0	93.0	101	17.508	29.604	240.729	69.742	5067.545
72	39.0	77.0	55	12.414	24.511	121.041	47.809	1792.685
73	30.4	60.4	52	9.677	19.226	73.544	29.417	1117.367
74	42.2	82.2	94	13.433	26.166	141.719	54.484	3351.117
75	49.2	85.2	41	15.661	27.121	192.634	58.534	1835.980
76	26.8	63.8	39	8.531	20.309	57.157	32.822	788.083
77	32.5	67.5	57	10.345	21.487	84.056	36.740	1410.368

78	39.0	79.0	57	12.414	25.147	121.041	50.325	1889.363
79	37.44	75.4	63	11.905	24.001	111.313	45.843	1924.774
80	44.5	76.5	104	14.165	24.351	157.588	47.190	3673.532
81	39.1	70.1	68	12.446	22.314	121.662	39.625	2043.204
82	42.7	81.7	39	13.592	26.007	145.097	53.824	1482.158
83	55.5	89.5	46	17.667	28.490	245.126	64.591	2381.116
84	38.7	71.7	38	12.319	22.823	119.186	41.454	1194.093
85	31.0	67.0	36	9.868	21.327	76.476	36.197	872.213
86	57.3	96.3	107	18.240	30.654	261.284	74.779	5709.632
87	29.3	68.3	44	9.327	21.741	68.318	37.616	1011.160
88	36.7	76.7	49	11.682	24.415	107.185	47.437	1513.529
89	34.6	73.6	98	11.014	23.428	95.270	43.680	2651.679
90	47.5	84.5	110	15.120	26.898	179.552	57.576	4438.986
91	53.1	87.1	65	16.903	27.726	224.384	61.174	3089.861
92	22.6	53.6	26	7.194	17.062	40.646	23.166	402.181
93	40.3	77.3	73	12.828	24.606	129.245	48.182	2417.699
94	56.8	86.8	63	18.081	27.630	256.744	60.753	3193.112
95	32.2	65.2	87	10.250	20.754	82.512	34.279	2022.747
96	25.3	63.3	76	8.053	20.150	50.938	32.310	1383.325
97	54.7	85.7	22	17.412	27.280	238.110	59.223	1140.663
98	32.6	72.6	27	10.377	23.110	84.574	42.501	742.666
99	38.3	69.3	55	12.192	22.060	116.735	38.725	1628.612
100	23.4	53.4	70	7.449	16.998	43.575	22.994	1046.840
101	59.8	94.8	58	19.035	30.177	284.581	72.468	3316.332
102	45.2	79.2	73	14.388	25.211	162.585	50.580	2748.587
103	38.1	70.1	76	12.128	22.314	115.519	39.625	2211.439
104	24.2	55.2	68	7.703	17.571	46.605	24.570	1078.613
105	29.4	63.4	58	9.359	20.181	68.786	32.412	1242.504
106	23.0	53.0	48	7.321	16.871	42.098	22.651	719.531
107	48.4	87.4	25	15.407	27.821	186.420	61.596	1159.882
108	20.4	60.4	37	6.494	19.226	33.118	29.417	554.227
109	51.2	83.2	84	16.298	26.484	208.614	55.818	3664.654

11	56.	96.2	108	17.89	30.62	251.348	74.624	5648.945
0	2			0	2			
11	24.	57.5	105	7.799	18.30	47.768	26.660	1689.057
1	5				3			
11	53.	89.9	39	17.15	28.61	231.196	65.170	1990.655
2	9			7	7			
11	26.	61.3	57	8.372	19.51	55.045	30.300	1071.190
3	3				3			
11	23.	53.2	85	7.385	16.93	42.833	22.822	1241.440
4	2				5			
11	33.	68.8	77	10.75	21.90	90.915	38.169	1967.843
5	8			9	0			
11	33.	67.6	50	10.69	21.51	89.842	36.849	1289.685
6	6			6	8			
11	59.	98.3	54	18.87	31.29	279.842	77.918	3161.450
7	3			6	1			
11	46.	79.6	64	14.83	25.33	172.812	51.092	2512.063
8	6			4	8			
11	56.	96.0	78	17.82	30.55	249.562	74.314	4146.331
9	0			6	9			
12	27.	65.1	45	8.626	20.72	58.444	34.174	924.392
0	1				3			
12	23.	53.7	87	7.544	17.09	44.699	23.253	1304.038
1	7				4			
12	42.	75.9	38	13.65	24.16	146.459	46.453	1375.427
2	9			6	0			
12	35.	74.5	33	11.30	23.71	100.290	44.755	991.240
3	5			0	5			
12	60.	95.7	36	19.32	30.46	293.211	73.850	2169.127
4	7			2	3			
12	45.	84.9	38	14.61	27.02	167.660	58.122	1595.599
5	9			1	5			
12	47.	84.3	81	15.05	26.83	178.043	57.304	3315.036
6	3			7	4			
12	43.	73.6	68	13.87	23.42	151.278	43.680	2352.417
7	6			9	8			
12	59.	94.9	101	19.06	30.20	285.533	72.621	5583.821
8	9			7	8			
12	51.	86.7	43	16.45	27.59	212.708	60.613	2039.515
9	7			7	8			
13	59.	96.1	87	18.81	30.59	277.957	74.469	4839.570
0	1			3	0			
13	45.	78.1	33	14.35	24.86	161.866	49.185	1291.988
1	1			6	1			
13	60.	97.0	82	19.09	30.87	286.487	75.870	4678.359
2	0			9	7			
13	42.	81.8	95	13.62	26.03	145.777	53.955	3418.159
3	8			4	9			
13	22.	55.9	54	7.290	17.79	41.732	25.197	832.377
4	9				4			
13	24.	62.7	23	7.862	19.95	48.551	31.700	439.023
5	7				9			
13	23.	63.9	25	7.608	20.34	45.457	32.925	466.402
6	9				1			
13	22.	56.4	91	7.130	17.95	39.930	25.650	1336.339
7	4				3			
13	30.	70.7	21	9.772	22.50	75.003	40.306	543.395
8	7				5			
13	35.	65.4	52	11.26	20.81	99.726	34.489	1372.296
9	4			9	8			
14	57.	93.0	74	18.14	29.60	258.555	69.742	3920.852
0	0			4	4			
14	25.	63.7	42	8.181	20.27	52.562	32.720	810.369
1	7				7			

14	51.	86.5	92	16.39	27.53	211.066	60.334	4130.582
2	5			3	5			
14	58.	96.6	35	18.65	30.75	273.274	75.246	2056.833
3	6			4	0			
14	21.	56.0	47	6.685	17.82	35.095	25.287	673.614
4	0				6			
14	48.	88.6	78	15.47	28.20	187.964	63.299	3408.674
5	6			0	3			
14	23.	55.8	27	7.576	17.76	45.077	25.107	451.179
6	8				2			
14	46.	86.0	64	14.64	27.37	168.391	59.638	2628.345
7	0			3	5			
14	52.	88.0	76	16.55	28.01	215.184	62.444	3532.065
8	0			3	2			
14	57.	87.5	77	18.30	27.85	263.111	61.737	3921.106
9	5			3	3			
15	44.	78.0	74	14.00	24.82	154.067	49.059	2682.066
0	0			6	9			
15	36.	69.7	68	11.68	22.18	107.185	39.174	1914.466
1	7			2	7			
15	39.	73.0	78	12.41	23.23	121.041	42.971	2388.306
2	0			4	7			
15	42.	82.9	80	13.65	26.38	146.459	55.416	2946.527
3	9			6	9			
15	59.	91.1	41	18.81	28.99	277.957	66.921	2301.433
4	1			3	9			
15	55.	87.9	75	17.79	27.98	248.672	62.303	3736.233
5	9			4	0			
15	33.	72.1	71	10.53	22.95	87.188	41.918	1851.407
6	1			6	1			
15	56.	94.0	93	17.82	29.92	249.562	71.250	4811.341
7	0			6	2			
15	45.	81.9	71	14.61	26.07	167.660	54.087	2786.745
8	9			1	0			
15	45.	83.6	82	14.51	26.61	165.475	56.356	3217.427
9	6			5	1			
16	55.	95.0	38	17.50	30.24	240.729	72.774	2064.184
0	0			8	0			
16	51.	85.3	96	16.33	27.15	209.429	58.671	4237.843
1	3			0	3			
16	20.	54.0	35	6.366	17.18	31.832	23.513	474.874
2	0				9			
16	43.	82.4	43	13.81	26.23	149.893	54.750	1659.914
3	4			5	0			
16	44.	81.6	104	14.19	25.97	158.297	53.692	3863.040
4	6			7	5			
16	47.	77.5	27	15.12	24.67	179.552	48.432	1119.156
5	5			0	0			
16	47.	84.5	33	15.12	26.89	179.552	57.576	1440.098
6	5			0	8			
16	60.	93.3	52	19.19	29.69	289.359	70.193	2982.772
7	3			5	9			
16	24.	59.0	49	7.640	18.78	45.838	28.069	827.775
8	0				1			
16	47.	85.0	97	14.96	27.05	175.792	58.259	3923.853
9	0			1	7			
17	58.	98.9	109	18.74	31.48	276.079	78.872	6084.733
0	9			9	2			
17	39.	71.1	103	12.44	22.63	121.662	40.763	3044.443
1	1			6	3			
17	26.	66.1	71	8.308	21.04	54.211	35.232	1381.314
2	1				1			
17	51.	84.5	103	16.39	26.89	211.066	57.576	4511.215
3	5			3	8			

17	52.	86.7	80	16.77	27.59	221.016	60.613	3712.019
4	7			5	8			
17	50.	80.0	67	15.91	25.46	198.950	51.607	2815.898
5	0			6	6			
17	29.	63.9	104	9.518	20.34	71.145	32.925	2192.779
6	9				1			
17	28.	63.4	88	9.040	20.18	64.186	32.412	1774.828
7	4				1			
17	30.	70.9	28	9.836	22.56	75.984	40.534	717.060
8	9				9			
17	59.	96.0	93	18.78	30.55	277.017	74.314	5138.596
9	0			1	9			
18	26.	62.9	96	8.563	20.02	57.585	31.903	1816.770
0					2			
18	27.	58.1	44	8.626	18.49	58.444	27.220	831.524
1	1				4			
18	58.	89.5	58	18.62	28.49	272.342	64.591	3110.681
2	5			2	0			
18	25.	60.0	76	7.958	19.09	49.737	29.029	1314.028
3	0				9			
18	47.	84.2	35	15.02	26.80	177.291	57.168	1508.313
4	2			5	2			
18	54.	88.0	82	17.18	28.01	232.055	62.444	3932.047
5				9	2			
18	53.	84.5	66	17.03	26.89	227.777	57.576	3086.377
6	5			0	8			
18	32.	71.2	73	10.25	22.66	82.512	40.878	1833.240
7	2			0	4			
18	38.	71.5	97	12.25	22.76	117.957	41.223	2847.783
8	5			5	0			
18	34.	66.3	75	10.91	21.10	93.625	35.445	1894.237
9	3			8	5			
19	44.	79.6	37	14.19	25.33	158.297	51.092	1442.886
0	6			7	8			
19	38.	69.0	39	12.09	21.96	114.913	38.391	1168.261
1	0			6	4			
19	53.	93.2	28	16.93	29.66	225.230	70.042	1481.402
2	2			5	7			
19	59.	94.8	32	19.03	30.17	284.581	72.468	1901.814
3	8			5	7			
19	48.	79.1	69	15.31	25.17	184.117	50.452	2765.308
4	1			1	9			
19	60.	99.0	38	19.09	31.51	286.487	79.031	2314.128
5	0			9	4			
19	35.	73.6	84	11.33	23.42	100.856	43.680	2359.417
6	6			2	8			
19	32.	67.2	20	10.25	21.39	82.512	36.414	523.290
7	2			0	1			
19	52.	82.2	28	16.61	26.16	216.842	54.484	1324.560
8	2			6	6			
19	59.	92.2	43	18.84	29.34	278.899	68.547	2431.822
9	2			5	9			
20	34.	71.3	86	10.91	22.69	93.625	40.993	2272.814
0	3			8	6			
20	31.	65.6	42	10.05	20.88	79.465	34.701	1010.110
1	6			9	2			
20	33.	67.2	20	10.56	21.39	87.716	36.414	538.882
2	2			8	1			
20	36.	70.7	66	11.68	22.50	107.185	40.306	1881.657
3	7			2	5			
20	24.	58.9	74	7.926	18.74	49.340	27.974	1259.243
4	9				9			
20	31.	62.0	77	9.868	19.73	76.476	30.996	1675.795
5	0				6			

	206	41.5	72.5	104	13.210	23.078	137.056	42.384	3300.541
	207	40.1	70.1	101	12.765	22.314	127.965	39.625	3030.298
	208	23.3	53.3	89	7.417	16.966	43.203	22.908	1303.168
	209	39.0	73.0	42	12.414	23.237	121.041	42.971	1338.812
	210	37.4	69.4	106	11.905	22.091	111.313	38.837	2943.015
	211	34.4	64.4	98	10.950	20.500	94.172	33.443	2386.943
	212	25.0	61.0	57	7.958	19.417	49.737	30.005	1016.581
	213	35.1	70.1	50	11.173	22.314	98.043	39.625	1381.841
	214	53.2	87.2	101	16.935	27.757	225.230	61.314	4678.015
	215	37.7	67.7	52	12.001	21.550	113.106	36.958	1495.859
	216	33.0	70.0	95	10.505	22.282	86.662	39.512	2370.876
	217	40.3	77.3	110	12.828	24.606	129.245	48.182	3547.297
	218	42.6	82.6	109	13.560	26.293	144.418	55.016	3897.757
	219	49.7	82.7	59	15.820	26.325	196.569	55.149	2548.171
	220	53.8	88.8	92	17.126	28.267	230.339	63.585	4392.678
	221	42.5	76.5	55	13.529	24.351	143.741	47.190	1937.424
	222	57.0	88.0	30	18.144	28.012	258.555	62.444	1617.532
	223	36.7	71.7	49	11.682	22.823	107.185	41.454	1439.298
	224	38.7	78.7	72	12.319	25.052	119.186	49.943	2326.624
	225	37.8	70.8	64	12.032	22.537	113.707	40.420	1882.851
	226	46.8	79.8	110	14.897	25.402	174.299	51.349	4193.272
	227	50.2	84.2	54	15.980	26.802	200.544	57.168	2400.309
	228	27.3	59.3	61	8.690	18.876	59.310	28.356	1154.035
	229	55.0	90.0	75	17.508	28.649	240.729	65.315	3743.829
	230	50.4	85.4	73	16.043	27.184	202.145	58.809	3227.962
	231	37.3	77.3	35	11.873	24.606	110.719	48.182	1128.877
	232	58.0	88.0	31	18.463	28.012	267.707	62.444	1695.972
	233	56.5	93.5	87	17.985	29.763	254.039	70.494	4541.122
	234	23.9	56.9	99	7.608	18.112	45.457	26.107	1548.871
2	1	44.9	78.9	44	14.293	25.115	160.434	50.198	1696.387
	2	27.8	67.8	30	8.849	21.582	61.502	37.067	668.358
	3	25.7	61.7	67	8.181	19.640	52.562	30.697	1224.586

4	41.5	73.5	22	13.210	23.396	137.056	43.562	780.301
5	40.7	79.7	81	12.956	25.370	131.823	51.221	2752.027
6	41.9	74.9	97	13.338	23.842	139.711	45.237	3197.725
7	23.8	62.8	106	7.576	19.990	45.077	31.802	1770.001
8	51.7	84.7	96	16.457	26.962	212.708	57.849	4247.136
9	33.1	66.1	87	10.536	21.041	87.188	35.232	2098.342
10	24.5	64.5	74	7.799	20.532	47.768	33.547	1326.732
11	24.9	57.9	76	7.926	18.431	49.340	27.032	1274.650
12	40.1	79.1	39	12.765	25.179	127.965	50.452	1362.148
13	49.3	83.3	46	15.693	26.516	193.418	55.952	2014.343
14	61.0	97.0	106	19.417	30.877	296.117	75.870	6042.686
15	54.2	84.2	99	17.253	26.802	233.777	57.168	4553.672
16	61.0	99.0	22	19.417	31.514	296.117	79.031	1410.413
17	39.5	72.5	86	12.574	23.078	124.164	42.384	2635.252
18	37.4	68.4	29	11.905	21.773	111.313	37.726	866.506
19	34.9	72.9	65	11.109	23.205	96.929	42.853	1808.430
20	47.3	86.3	68	15.057	27.471	178.043	60.055	2864.490
21	47.2	81.2	64	15.025	25.848	177.291	53.167	2581.143
22	23.1	63.1	107	7.353	20.086	42.465	32.106	1741.341
23	42.5	80.5	88	13.529	25.625	143.741	52.254	3123.123
24	44.3	74.3	80	14.102	23.651	156.175	44.515	2800.368
25	42.1	77.1	103	13.401	24.542	141.048	47.933	3471.977
26	31.4	66.4	81	9.995	21.136	78.463	35.552	1872.164
27	61.0	98.0	52	19.417	31.195	296.117	77.443	3128.636
28	60.6	97.6	42	19.290	31.068	292.246	76.812	2538.412
29	52.0	87.0	48	16.553	27.694	215.184	61.033	2278.903
30	22.9	55.9	46	7.290	17.794	41.732	25.197	716.491
31	25.0	61.0	60	7.958	19.417	49.737	30.005	1066.524
32	52.5	83.5	50	16.712	26.580	219.342	56.221	2317.334
33	39.9	73.9	87	12.701	23.524	126.692	44.037	2728.437
34	51.3	89.3	72	16.330	28.426	209.429	64.303	3351.000
35	51.6	83.6	24	16.425	26.611	211.886	56.356	1148.491

36	50.8	89.8	34	16.171	28.585	205.367	65.025	1652.825
37	32.0	64.0	71	10.186	20.372	81.490	33.028	1639.840
38	42.6	80.6	37	13.560	25.657	144.418	52.384	1393.633
39	24.5	54.5	54	7.799	17.348	47.768	23.951	871.485
40	56.0	94.0	95	17.826	29.922	249.562	71.250	4908.018
41	60.5	99.5	81	19.258	31.673	291.282	79.832	4751.332
42	49.7	89.7	80	15.820	28.553	196.569	64.880	3599.110
43	26.3	62.3	67	8.372	19.831	55.045	31.297	1261.090
44	52.5	90.5	73	16.712	28.808	219.342	66.043	3505.422
45	50.0	85.0	106	15.916	27.057	198.950	58.259	4524.175
46	44.4	80.4	49	14.133	25.593	156.880	52.124	1882.187
47	30.1	60.1	35	9.581	19.131	72.100	29.126	761.533
48	49.6	87.6	109	15.789	27.885	195.779	61.878	4712.864
49	23.8	59.8	97	7.576	19.035	45.077	28.836	1570.671
50	45.8	85.8	54	14.579	27.312	166.930	59.361	2229.057
51	59.6	98.6	63	18.972	31.386	282.680	78.394	3677.669
52	29.2	63.2	90	9.295	20.118	67.853	32.208	1857.120
53	41.9	80.9	60	13.338	25.752	139.711	52.775	2161.460
54	37.6	74.6	88	11.969	23.747	112.507	44.875	2623.345
55	29.9	61.9	22	9.518	19.704	71.145	30.897	501.108
56	60.6	92.6	86	19.290	29.476	292.246	69.143	4770.262
57	23.8	58.8	94	7.576	18.717	45.077	27.879	1506.137
58	51.5	87.5	97	16.393	27.853	211.066	61.737	4377.490
59	43.4	75.4	97	13.815	24.001	149.893	45.843	3324.003
60	32.3	63.3	38	10.282	20.150	83.025	32.310	914.745
61	57.7	96.7	86	18.367	30.781	264.944	75.402	4700.387
62	38.1	71.1	77	12.128	22.633	115.519	40.763	2262.415
63	34.6	72.6	65	11.014	23.110	95.270	42.501	1787.996
64	56.7	89.7	70	18.049	28.553	255.840	64.880	3605.041
65	60.3	94.3	22	19.195	30.018	289.359	71.705	1345.167
66	39.8	77.8	53	12.669	24.765	126.058	48.808	1779.415
67	30.3	69.3	108	9.645	22.060	73.061	38.725	2444.240

68	29.9	63.9	102	9.518	20.341	71.145	32.925	2153.326
69	31.4	64.4	38	9.995	20.500	78.463	33.443	901.778
70	36.1	70.1	54	11.491	22.314	103.709	39.625	1525.532
71	25.6	61.6	64	8.149	19.608	52.153	30.598	1167.445
72	33.4	66.4	59	10.632	21.136	88.776	35.552	1477.071
73	22.0	61.0	55	7.003	19.417	38.517	30.005	869.644
74	59.0	94.0	58	18.781	29.922	277.017	71.250	3253.098
75	51.1	85.1	108	16.266	27.089	207.800	58.397	4705.257
76	30.0	63.0	81	9.550	20.054	71.622	32.004	1723.053
77	32.3	69.3	104	10.282	22.060	83.025	38.725	2508.813
78	35.0	67.0	29	11.141	21.327	97.485	36.197	800.608
79	38.1	70.1	103	12.128	22.314	115.519	39.625	2938.442
80	55.0	89.0	70	17.508	28.330	240.729	63.872	3480.811
81	39.3	70.3	58	12.510	22.378	122.910	39.851	1773.256
82	40.7	75.7	49	12.956	24.097	131.823	46.208	1655.275
83	41.9	79.9	80	13.338	25.434	139.711	51.478	2802.432
84	60.8	98.8	49	19.354	31.450	294.178	78.712	2968.179
85	41.9	73.9	106	13.338	23.524	139.711	44.037	3439.663
86	31.2	66.2	64	9.932	21.073	77.466	35.338	1489.524
87	56.5	89.5	101	17.985	28.490	254.039	64.591	5053.446
88	28.1	63.1	61	8.945	20.086	62.837	32.106	1242.751
89	23.3	62.3	46	7.417	19.831	43.203	31.297	789.858
90	25.2	58.2	86	8.022	18.526	50.536	27.313	1452.960
91	43.9	83.9	70	13.974	26.707	153.367	56.761	2682.747
92	31.7	69.7	102	10.091	22.187	79.969	39.174	2430.135
93	43.0	73.0	93	13.688	23.237	147.143	42.971	3091.867
94	50.0	85.0	37	15.916	27.057	198.950	58.259	1691.013
95	39.1	73.1	60	12.446	23.269	121.662	43.089	1875.271
96	43.8	82.8	104	13.942	26.357	152.669	55.283	3838.068
97	54.9	84.9	94	17.476	27.025	239.854	58.122	4419.262
98	38.5	68.5	110	12.255	21.805	117.957	37.836	3102.346
99	29.0	69.0	110	9.231	21.964	66.927	38.391	2376.328

100	41.4	79.4	95	13.178	25.275	136.397	50.836	3238.014
101	28.2	64.2	94	8.977	20.436	63.285	33.235	1892.585
102	41.6	73.6	92	13.242	23.428	137.718	43.680	2983.202
103	59.5	90.5	41	18.940	28.808	281.732	66.043	2304.993
104	55.2	90.2	60	17.571	28.712	242.483	65.606	3054.483
105	25.0	59.0	106	7.958	18.781	49.737	28.069	1771.168
106	42.0	79.0	53	13.369	25.147	140.379	50.325	1895.255
107	33.4	68.4	108	10.632	21.773	88.776	37.726	2657.788
108	57.4	88.4	75	18.272	28.139	262.196	63.013	3848.680
109	50.7	87.7	88	16.139	27.917	204.559	62.019	3943.640
110	26.5	63.5	53	8.435	20.213	55.885	32.514	1034.913
111	30.8	63.8	110	9.804	20.309	75.493	32.822	2374.804
112	23.7	58.7	79	7.544	18.685	44.699	27.785	1273.399
113	50.2	83.2	84	15.980	26.484	200.544	55.818	3595.915
114	56.0	86.0	101	17.826	27.375	249.562	59.638	4863.596
115	49.3	82.3	82	15.693	26.198	193.418	54.617	3427.346
116	41.2	71.2	81	13.115	22.664	135.082	40.878	2559.797
117	47.9	86.9	21	15.247	27.662	182.589	60.893	971.464
118	48.2	88.2	21	15.343	28.076	184.883	62.729	988.190
119	27.5	57.5	42	8.754	18.303	60.182	26.660	801.180
120	34.2	67.2	69	10.887	21.391	93.080	36.414	1764.928
121	50.9	87.9	39	16.202	27.980	206.176	62.303	1852.810
122	27.1	58.1	28	8.626	18.494	58.444	27.220	544.928
123	47.4	81.4	63	15.088	25.911	178.797	53.429	2558.451
124	43.6	81.6	78	13.879	25.975	151.278	53.692	2888.398
125	32.1	62.1	22	10.218	19.768	82.000	31.097	537.746
126	29.9	69.9	90	9.518	22.251	71.145	39.399	2048.150
127	44.6	79.6	53	14.197	25.338	158.297	51.092	2019.116
128	30.1	65.1	31	9.581	20.723	72.100	34.174	721.604
129	21.8	52.8	99	6.939	16.807	37.820	22.480	1341.043
130	44.0	75.0	43	14.006	23.874	154.067	45.358	1567.920
131	31.4	71.4	60	9.995	22.728	78.463	41.108	1492.806

13	52.	87.0	58	16.55	27.69	215.184	61.033	2720.009
2	0			3	4			
13	53.	84.5	98	17.03	26.89	227.777	57.576	4466.546
3	5			0	8			
13	28.	65.4	59	9.040	20.81	64.186	34.489	1249.896
4	4				8			
13	28.	61.0	27	8.913	19.41	62.391	30.005	563.603
5	0				7			
13	48.	88.2	50	15.34	28.07	184.883	62.729	2223.834
6	2			3	6			
13	58.	89.8	33	18.71	28.58	275.142	65.025	1849.599
7	8			7	5			
13	38.	70.7	31	12.31	22.50	119.186	40.306	976.817
8	7			9	5			
13	58.	88.6	83	18.65	28.20	273.274	63.299	4323.405
9	6			4	3			
14	36.	75.8	88	11.71	24.12	107.770	46.331	2600.513
0	8			4	9			
14	31.	65.4	72	9.995	20.81	78.463	34.489	1658.059
1	4				8			
14	21.	51.4	82	6.812	16.36	36.444	21.304	1082.710
2	4				2			
14	26.	62.5	25	8.435	19.89	55.885	31.498	506.567
3	5				5			
14	23.	55.3	25	7.417	17.60	43.203	24.659	408.629
4	3				3			
14	48.	85.1	105	15.31	27.08	184.117	58.397	4324.336
5	1			1	9			
14	26.	63.4	85	8.404	20.18	55.464	32.412	1601.864
6	4				1			
14	22.	62.0	28	7.003	19.73	38.517	30.996	468.234
7	0				6			
14	28.	58.1	41	8.945	18.49	62.837	27.220	805.948
8	1				4			
14	36.	73.3	28	11.55	23.33	104.862	43.325	858.008
9	3			5	3			
15	54.	89.0	88	17.18	28.33	232.055	63.872	4235.990
0	0			9	0			
15	58.	92.6	82	18.65	29.47	273.274	69.143	4417.841
1	6			4	6			
15	25.	60.8	69	8.213	19.35	52.972	29.808	1249.659
2	8				4			
15	38.	69.7	48	12.31	22.18	119.186	39.174	1454.573
3	7			9	7			
15	53.	84.7	47	17.09	26.96	229.484	57.849	2258.960
4	7			4	2			
15	39.	78.1	93	12.44	24.86	121.662	49.185	2967.970
5	1			6	1			
15	23.	61.0	90	7.321	19.41	42.098	30.005	1438.309
6	0				7			
15	24.	54.4	100	7.767	17.31	47.379	23.863	1542.310
7	4				7			
15	49.	87.4	37	15.72	27.82	194.203	61.596	1706.612
8	4			5	1			
15	24.	56.9	39	7.926	18.11	49.340	26.107	674.266
9	9				2			
16	23.	60.0	33	7.321	19.09	42.098	29.029	556.020
0	0				9			
16	46.	84.6	25	14.83	26.93	172.812	57.712	1091.600
1	6			4	0			
16	52.	91.9	67	16.83	29.25	222.697	68.102	3296.487
2	9			9	4			
16	40.	75.0	83	12.73	23.87	127.328	45.358	2646.257
3	0			3	4			

164	26.0	64.0	47	8.276	20.372	53.796	33.028	913.517
165	30.7	62.7	74	9.772	19.959	75.003	31.700	1613.120
166	31.7	67.7	66	10.091	21.550	79.969	36.958	1582.815
167	26.7	58.7	57	8.499	18.685	56.732	27.785	1052.249
168	25.5	63.5	20	8.117	20.213	51.747	32.514	400.988
169	40.7	80.7	24	12.956	25.688	131.823	52.514	890.751
170	22.9	62.9	29	7.290	20.022	41.732	31.903	508.274
171	32.5	72.5	88	10.345	23.078	84.056	42.384	2232.709
172	53.0	84.0	108	16.871	26.739	223.540	56.897	4826.019
173	50.8	90.8	39	16.171	28.903	205.367	66.481	1894.643
174	50.7	81.7	96	16.139	26.007	204.559	53.824	4057.603
175	45.4	82.4	36	14.452	26.230	164.027	54.750	1467.976
176	20.4	54.4	52	6.494	17.317	33.118	23.863	704.670
177	48.1	79.1	101	15.311	25.179	184.117	50.452	3948.754
178	59.3	99.3	75	18.876	31.609	279.842	79.511	4330.715
179	39.0	73.0	86	12.414	23.237	121.041	42.971	2616.602
180	49.5	88.5	49	15.757	28.171	194.990	63.156	2244.371
181	54.7	92.7	110	17.412	29.508	238.110	69.293	5446.683
182	24.8	63.8	95	7.894	20.309	48.945	32.822	1681.752
183	42.1	72.1	106	13.401	22.951	141.048	41.918	3392.440
184	42.3	80.3	68	13.465	25.561	142.391	51.995	2438.490
185	60.4	99.4	99	19.226	31.641	290.320	79.671	5718.541
186	57.8	97.8	63	18.399	31.132	265.863	77.127	3549.340
187	24.9	59.9	90	7.926	19.067	49.340	28.932	1531.261
188	31.5	67.5	34	10.027	21.487	78.963	36.740	844.291
189	50.0	90.0	37	15.916	28.649	198.950	65.315	1764.678
190	39.4	79.4	73	12.542	25.275	123.537	50.836	2413.626
191	53.6	91.6	101	17.062	29.158	228.630	67.658	4888.024
192	29.0	64.0	76	9.231	20.372	66.927	33.028	1589.987
193	46.6	81.6	40	14.834	25.975	172.812	53.692	1648.990
194	39.8	71.8	34	12.669	22.855	126.058	41.570	1106.649
195	58.2	96.2	32	18.526	30.622	269.556	74.624	1873.314

	196	56.0	95.0	92	17.826	30.240	249.562	72.774	4800.700
	197	46.6	76.6	47	14.834	24.383	172.812	47.314	1829.015
	198	27.2	58.2	80	8.658	18.526	58.876	27.313	1461.263
	199	52.0	91.0	68	16.553	28.967	215.184	66.775	3263.808
	200	30.6	70.6	82	9.741	22.473	74.515	40.192	1933.915
	201	21.3	58.3	86	6.780	18.558	36.105	27.407	1237.969
	202	23.6	60.6	104	7.512	19.290	44.323	29.612	1679.449
	203	27.0	65.0	40	8.595	20.691	58.014	34.069	824.118
	204	57.9	87.9	44	18.431	27.980	266.784	62.303	2347.124
	205	28.3	64.3	77	9.008	20.468	63.735	33.339	1577.720
	206	56.7	91.7	64	18.049	29.190	255.840	67.806	3370.282
	207	46.3	81.7	100	14.866	26.007	173.555	53.824	3895.673
	208	33.6	68.6	99	10.696	21.837	89.842	37.947	2469.580
	209	52.0	89.0	29	16.553	28.330	215.184	63.872	1447.008
	210	53.3	84.3	52	16.966	26.834	226.078	57.304	2456.458
	211	49.0	82.0	47	15.598	26.102	191.071	54.220	2019.415
	212	25.1	57.1	71	7.990	18.176	50.136	26.291	1192.846
	213	28.9	65.9	66	9.199	20.977	66.466	35.019	1419.530
	214	57.8	92.8	38	18.399	29.540	265.863	69.442	2127.452
	215	42.8	72.8	26	13.624	23.174	145.777	42.736	932.947
	216	55.0	92.0	83	17.508	29.285	240.729	68.250	4184.009
	217	51.4	90.4	20	16.362	28.776	210.247	65.897	1022.845
	218	35.8	66.8	62	11.396	21.264	101.993	35.982	1661.184
	219	24.0	54.0	95	7.640	17.189	45.838	23.513	1439.000
3	1	60.0	100.0	35	19.099	31.832	286.487	80.636	2158.984
	2	59.7	99.7	95	19.004	31.736	283.630	80.153	5453.235
	3	40.9	70.9	64	13.019	22.569	133.122	40.534	2032.991
	4	39.6	73.6	27	12.605	23.428	124.794	43.680	904.324
	5	56.4	86.4	25	17.953	27.503	253.140	60.194	1331.870
	6	42.1	81.1	24	13.401	25.816	141.048	53.036	923.546
	7	32.4	71.4	37	10.314	22.728	83.540	41.108	978.974
	8	51.8	81.8	22	16.489	26.039	213.532	53.955	1045.578

9	51.2	86.2	86	16.298	27.439	208.614	59.916	3846.487
10	27.9	62.9	84	8.881	20.022	61.946	31.903	1660.715
11	40.9	78.9	89	13.019	25.115	133.122	50.198	2996.913
12	24.1	55.1	56	7.671	17.539	46.221	24.481	894.771
13	55.9	95.9	65	17.794	30.527	248.672	74.159	3487.761
14	40.9	77.9	29	13.019	24.797	133.122	48.933	1040.409
15	58.1	91.1	106	18.494	28.999	268.630	66.921	5502.898
16	37.3	77.3	32	11.873	24.606	110.719	48.182	1038.146
17	39.5	77.5	66	12.574	24.670	124.164	48.432	2162.452
18	47.3	80.3	81	15.057	25.561	178.043	51.995	3196.971
19	21.2	51.2	57	6.748	16.298	35.766	21.138	761.485
20	40.3	75.3	79	12.828	23.969	129.245	45.721	2552.607
21	41.4	77.4	34	13.178	24.638	136.397	48.307	1215.555
22	56.7	95.7	26	18.049	30.463	255.840	73.850	1498.721
23	31.8	69.8	60	10.123	22.219	80.474	39.286	1485.724
24	36.8	70.8	62	11.714	22.537	107.770	40.420	1781.335
25	47.2	86.2	35	15.025	27.439	177.291	59.916	1534.960
26	25.0	56.0	77	7.958	17.826	49.737	25.287	1263.456
27	21.9	53.9	53	6.971	17.157	38.167	23.426	762.623
28	37.9	69.9	42	12.064	22.251	114.309	39.399	1261.050
29	31.1	63.1	32	9.900	20.086	76.970	32.106	749.390
30	33.3	69.3	61	10.600	22.060	88.245	38.725	1568.691
31	37.6	71.6	48	11.969	22.792	112.507	41.339	1443.533
32	23.7	58.7	75	7.544	18.685	44.699	27.785	1213.013
33	23.9	60.9	94	7.608	19.386	45.457	29.906	1552.322
34	21.8	59.8	50	6.939	19.035	37.820	28.836	776.953
35	29.8	61.8	89	9.486	19.672	70.670	30.797	1843.000
36	58.0	98.0	62	18.463	31.195	267.707	77.443	3513.601
37	49.5	88.5	79	15.757	28.171	194.990	63.156	3507.863
38	34.0	73.0	46	10.823	23.237	91.994	42.971	1277.785
39	22.6	54.6	57	7.194	17.380	40.646	24.039	849.481
40	38.9	76.9	54	12.383	24.479	120.421	47.685	1756.150

		41	49.0	85.0	72	15.598	27.057	191.071	58.259	3090.732
		42	40.3	71.3	62	12.828	22.696	129.245	40.993	1953.910
		43	45.4	80.4	79	14.452	25.593	164.027	52.124	3005.361
		44	22.4	62.4	74	7.130	19.863	39.930	31.398	1187.676
		45	34.7	68.7	69	11.046	21.869	95.821	38.058	1819.410
		46	56.1	91.1	82	17.858	28.999	250.454	66.921	4185.445
		47	58.7	96.7	94	18.685	30.781	274.207	75.402	5192.971
		48	60.7	99.7	92	19.322	31.736	293.211	80.153	5377.124
		49	30.6	65.6	48	9.741	20.882	74.515	34.701	1109.645
		50	59.6	94.6	85	18.972	30.113	282.680	72.162	4718.224
4	2	1	31.9	68.9	55	10.154	21.932	80.981	38.280	1360.537
		2	21.6	57.6	62	6.876	18.335	37.129	26.753	915.709
		3	30.4	61.4	27	9.677	19.545	73.544	30.399	612.884
		4	49.2	84.2	46	15.661	26.802	192.634	57.168	2026.602
		5	44.6	84.6	30	14.197	26.930	158.297	57.712	1241.106
		6	48.8	82.8	86	15.534	26.357	189.515	55.283	3564.596
		7	47.9	80.9	93	15.247	25.752	182.589	52.775	3702.575
5	3	1	53.0	88.0	108	16.871	28.012	223.540	62.444	4996.441
		2	37.1	74.1	65	11.810	23.587	109.534	44.276	1941.234
		3	25.0	63.0	24	7.958	20.054	49.737	32.004	463.819
		4	56.4	94.4	45	17.953	30.049	253.140	71.858	2465.082
		5	26.4	64.4	98	8.404	20.500	55.464	33.443	1851.338
		6	54.0	94.0	83	17.189	29.922	232.055	71.250	4177.439
		7	49.6	88.6	102	15.789	28.203	195.779	63.299	4466.937
		8	44.0	84.0	73	14.006	26.739	154.067	56.897	2798.688
		9	23.9	58.9	80	7.608	18.749	45.457	27.974	1302.200

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 21. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de pastizales (continuación).

PARCELA	ESTRATO	BIOMASA			
		A_p	$B_{APP} = \left(\frac{\sum B_{AP}}{A_p} \right) \times \left(\frac{1}{1000} \right)$	$B_{APS} = (\bar{X}B_{APP}) \times \left(\frac{1}{1000} \right)$	FC
		ÁREA DE PARCELA (ha)	BIOMASA AÉREA DE PASTIZALES EN PARCELA (kg.ha ⁻¹)	BIOMASA AÉREA DE PASTIZALES EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	FRACCIÓN DE CARBONO (EL)

					VALOR ESTÁNDAR SEGÚN EL IPCC ES 0.5)
1	1	0.125	4237.762	3.016	0.500
2		0.125	3958.799		
3		0.125	851.735		
4	2	0.125	107.392	0.107	0.500
5	3	0.125	195.705	0.196	0.500

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 21. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de pastizales (continuación).

CARBONO					
$C_{PS} = (B_{APS}) \times (FC)$	A_S	$C_{PC} = \frac{(C_{PS1} \times A_{S1}) + (C_{PS2} \times A_{S2})}{A_{S1} + A_{S2} + \dots}$		$CO_{2PC} = (3.67) \times (C_{PC})$	PCG
CARBONO ALMACENADO POR LOS PASTIZALES EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	ÁREA DE ESTRATO (ha)	CARBONO ALMACENADO POR LOS PASTIZALES DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	RELACIÓN DE PESOS MOLECULARES DE CO ₂ Y C	CO ₂ ALMACENADO POR LOS PASTIZALES DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
0.125	4237.762	1.153	3.670	4.233	1.000
0.125	3958.799				
0.125	851.735				

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 21. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de pastizales (continuación).

VALORACIÓN ECONÓMICA			
$tCO_2e_{PC} = (CO_{2PC}) \times (PCG)$	p	F_c	$VE_p = (tCO_2e_{PC}) \times (p) \times (F_c)$
TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE ALMACENADO POR LOS PASTIZALES DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	PRECIO DE CO ₂ EN EL MERCADO (€t.) (17 DE AGOSTO DEL 2017)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE € A \$ (17 DE AGOSTO DEL 2017)	VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO BRINDADO POR LOS PASTIZALES DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (\$ha ⁻¹)
4.233	5.800	0.852	20.916

FUENTE: Elaboración Propia

C.5 CÁLCULOS DETALLADOS – ARBUSTOS

Tabla 22. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de arbustos.

PARCELA	ESTRATO	DATOS PRELIMINARES					BIOMASA	
		XC10	#R10	$\Sigma D10$ $= \frac{(\overline{XC10}) \times (\#R10)}{\pi}$	e	$\ln(\Sigma D10)$	B_{AAR} $= e^{-2.45 + 2.08 \times \ln(\Sigma D10)}$	
		# PROMEDIO DE LAS LONGITUDES DE CIRCUNFERENCIA DE RAMAS DE ARBUSTO A LA ALTURA DE 10 cm (cm)	NÚMERO DE RAMAS A LA ALTURA DE 10cm (cm)	SUMATORIA DE DIÁMETROS DE RAMAS DE ARBUSTO A LA ALTURA DE 10 cm (cm).	NÚMERO DE EULER	LOGARITMO NATURAL DEL DIÁMETRO DEL ARBUSTO A LA ALTURA DE 10 cm (cm)	BIOMASA AÉREA DE ARBUSTO (Kg)	
1	1	1	4.1	8	10.44	2.718	2.346	11.35
		2	4.5	10	14.32	2.718	2.662	21.91
		3	5.0	15	23.87	2.718	3.173	63.40
		4	6.2	9	17.76	2.718	2.877	34.27
2	1	1	4.8	11	16.81	2.718	2.822	30.55
		2	4.1	11	14.36	2.718	2.664	22.01
3	1	1	6.3	12	24.06	2.718	3.181	64.46
		2	4.2	10	13.37	2.718	2.593	18.98
		3	3.9	15	18.62	2.718	2.924	37.81
		4	3.9	9	11.17	2.718	2.414	13.07
		5	3.1	11	10.85	2.718	2.385	12.30
4	2	1	6.0	3	5.73	2.718	1.746	3.26
		2	3.3	11	11.55	2.718	2.447	14.01
		3	8.0	10	25.47	2.718	3.237	72.50
		4	5.7	5	9.07	2.718	2.205	8.47
		5	7.7	7	17.16	2.718	2.842	31.89
		6	3.6	10	11.46	2.718	2.439	13.77
		7	3.3	8	8.40	2.718	2.129	7.23
		8	3.2	8	8.15	2.718	2.098	6.78
		9	3.6	7	8.02	2.718	2.082	6.56
5	1	1	4.5	15	21.49	2.718	3.067	50.92
		2	6.1	6	11.65	2.718	2.455	14.26
		3	6.3	14	28.08	2.718	3.335	88.82
		4	4.3	4	5.48	2.718	1.700	2.96
		5	4.2	12	16.04	2.718	2.775	27.73
		6	6.8	15	32.47	2.718	3.480	120.18
		7	5.0	6	9.55	2.718	2.256	9.43
		8	5.0	12	19.10	2.718	2.950	39.86
		9	4.8	3	4.58	2.718	1.523	2.05
	3	1	6.9	12	26.36	2.718	3.272	77.88
		1	5.2	7	11.59	2.718	2.450	14.09
		1	5.9	14	26.29	2.718	3.269	77.49
		1	3.2	14	14.26	2.718	2.658	21.71
		1	5.6	11	19.61	2.718	2.976	42.10
		1	3.2	5	5.09	2.718	1.628	2.55
		1	3.5	12	13.37	2.718	2.593	18.98

17	7.1	9	20.34	2.718	3.013	45.43
18	3.4	8	8.66	2.718	2.159	7.69
19	6.2	12	23.68	2.718	3.165	62.35
20	7.1	7	15.82	2.718	2.761	26.94
21	5.9	3	5.63	2.718	1.729	3.15
22	6.4	11	22.41	2.718	3.109	55.58
23	4.9	14	21.84	2.718	3.084	52.66
24	7.2	13	29.79	2.718	3.394	100.50
25	6.4	13	26.48	2.718	3.277	78.67
26	6.4	7	14.26	2.718	2.658	21.71
27	4.9	14	21.84	2.718	3.084	52.66
28	6.9	6	13.18	2.718	2.579	18.42
29	5.2	4	6.62	2.718	1.890	4.40
30	6.1	12	23.30	2.718	3.148	60.27
31	4.2	5	6.68	2.718	1.900	4.49
32	5.2	6	9.93	2.718	2.296	10.23
33	4.1	5	6.53	2.718	1.876	4.27
34	7.6	5	12.10	2.718	2.493	15.41
35	7.6	3	7.26	2.718	1.982	5.33
36	6.4	11	22.41	2.718	3.109	55.58
37	5.4	3	5.16	2.718	1.640	2.62
38	4.7	9	13.46	2.718	2.600	19.26
39	5.6	6	10.70	2.718	2.370	11.93
40	6.1	11	21.36	2.718	3.061	50.29
41	7.1	9	20.34	2.718	3.013	45.43
42	3.5	3	3.34	2.718	1.207	1.06
43	6.3	5	10.03	2.718	2.305	10.43
44	4.3	3	4.11	2.718	1.413	1.63
45	4.2	8	10.70	2.718	2.370	11.93
46	5.3	9	15.18	2.718	2.720	24.73
47	6.1	11	21.36	2.718	3.061	50.29
48	3.1	11	10.85	2.718	2.385	12.30

4	5.0	15	23.87	2.718	3.173	63.40
9	4.7	3	4.49	2.718	1.501	1.96
5	4.4	14	19.61	2.718	2.976	42.10
1	5.8	7	12.92	2.718	2.559	17.69
5	4.7	14	20.95	2.718	3.042	48.29
2						
3						

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 22. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de arbustos (continuación).

PARCELA	ESTRATO	BIOMASA		
		$B_{AAr} = e^{-2.45 + 2.08 \times \ln(\Sigma D10)}$	$B_{AArP} = \left(\frac{\sum B_{AAr}}{A_p} \right)$	$B_{AArS} = (\bar{X}B_{AArP}) \times \left(\frac{1}{1000} \right)$
		ÁREA DE PARCELA (ha)	BIOMASA AÉREA DE ARBUSTOS EN PARCELA (Kg.ha ⁻¹)	BIOMASA AÉREA DE ARBUSTOS EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)
1	1	0.125	3431.756	2.925
2		0.125	1970.159	
3		0.125	3372.714	
4	2	0.125	3821.374	3.821
5	3	0.125	16951.355	16.951

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 22. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de arbustos (continuación).

CARBONO						
FC	$C_{ArS} = (B_{AArS}) \times (FC)$	A_s	$C_{Arc} = \frac{(C_{ArS1} \times A_{S1}) + (C_{ArS2} \times A_{S2}) + (C_{ArS3} \times A_{S3})}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}}$		$CO_{2Arc} = (3.67) \times (C_{Arc})$	PCG
FRACCIÓN DE CARBONO (EL VALOR ESTÁNDAR SEGÚN EL IPCC ES 0.5)	CARBONO ALMACENADO POR ARBUSTOS EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	ÁREA DE ESTRATO (ha)	CARBONO ALMACENADO POR LOS ARBUSTOS DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHA (t.ha ⁻¹)	RELACIÓN DE PESOS MOLECULARES DE CO ₂ Y C	CO ₂ ALMACENADO POR LOS ARBUSTOS DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHA (t.ha ⁻¹)	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
0.500	0.440	11.220	1.732	3.67	6.356	1
0.500	0.658	0.750				

0.500	6.848	2.990			
-------	-------	-------	--	--	--

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 22. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de arbustos (continuación).

VALORACIÓN ECONÓMICA			
$tCO_2e_{ArC} = (CO_2_{ArC}) \times (PCG)$	p		$VE_{Ar} = (tCO_2e_{ArC}) \times (p) \times (F_c)$
TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE ALMACENADO POR LOS ARBUSTOS DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	PRECIO DE CO ₂ EN EL MERCADO (€.t ⁻¹) (MEDIA DEL MES DE ENERO A JUNIO 2017)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE € A \$ (MEDIA DEL MES DE ENERO A JUNIO 2017)	VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO BRINDADO POR LOS ARBUSTOS DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (\$.ha ⁻¹)
6.356	5.80	0.852	31.408

FUENTE: Elaboración Propia

C.6 CÁLCULOS DETALLADOS – BROZA

Tabla 23. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de broza.

PARCELA	ESTRATO	DATOS PRELIMINARES			
		Wf_{brsm}	Ws_{brsm}	Wf_{brsp}	A_{sp}
		PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	PESO FRESCO DE BROZA EN SUBPARCELA (Kg)	ÁREA DE SUBPARCELA (m ²)
1	1	0.0500	0.0225	0.0655	0.250
2		0.0500	0.0369	0.0673	0.250
3		0.0500	0.0403	0.0702	0.250
4	2	0.0500	0.0342	0.1283	0.250
5	3	0.0500	0.0388	0.0997	0.250

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 23. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de broza (continuación).

BIOMASA			
$B_{brp} = \frac{(Wf_{brsm}) \times (Wf_{brsp})}{A_{sp}}$	$\bar{X}_{B_{brp}}$	(10)	$B_{brS} = (\bar{X}_{B_{brp}}) \times (10)$

BIOMASA DE BROZA EN PARCELA (kg.m ⁻²)	PROMEDIO DE BIOMASA DE BROZA EN PARCELAS (kg.m ⁻²)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE kg.m ⁻² A t.ha ⁻¹	BIOMASA DE BROZA EN SUSTRATO (t.ha ⁻¹)
0.581	0.432	10.000	4.317
0.365			
0.348			
0.751	0.751	10.000	7.505
0.514	0.514	10.000	5.138

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 23. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de broza (continuación).

CARBONO						
FC	$C_{brs} = (B_{brs}) \times (FC)$	A_s	$C_{brc} = \frac{(C_{brs1} \times A_{s1}) + (C_{brs2} \times A_{s2}) + (C_{brs3} \times A_{s3})}{A_{s1} + A_{s2} + A_{s3}}$		$CO_{2brc} = (3.67) \times (C_{brc})$	PCG
FRACCIÓN DE CARBONO (EL VALOR ESTÁNDAR SEGÚN EL IPCC ES 0.5)	CARBONO DE BROZA EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	ÁREA DE ESTRATO (ha)	CARBONO ALMACENADO POR LA BROZA DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	RELACIÓN DE PESOS MOLECULARES DE CO ₂ Y C.	CO ₂ ALMACENADO POR LA BROZA DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
0.500	2.159	11.220	2.320	3.670	8.516	1.000
0.500	3.753	0.748				
0.500	2.569	2.992				

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 23. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de broza (continuación).

VALORACIÓN ECONÓMICA			
$tCO_{2ebrc} = (CO_{2brc}) \times (PCG)$	p	F_c	$VE_{br} = (tCO_{2ebrc}) \times (p) \times (F_c)$
TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE ALMACENADO POR LA BROZA DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	PRECIO DE CO ₂ EN EL MERCADO (€t ⁻¹) (MEDIA DEL MES DE ENERO DE ENERO)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE € A \$ (MEDIA DEL MES DE ENERO A JUNIO 2017)	VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO BRINDADO POR LA BROZA DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (\$ha ⁻¹)

	A JUNIO 2017)		
8.516	5.800	0.852	42.082

FUENTE: Elaboración Propia

C.7 CÁLCULOS DETALLADOS – HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL

Tabla 24. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de hierbas y cubierta vegetal.

PARCELA	ESTRATO	DATOS PRELIMINARES			
		Wf_{hycvsm}	Ws_{hycvsm}	Wf_{hycvsp}	A_{sp}
		PESO FRESCO DE SUB-MUESTRA DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	PESO SECO DE LA SUB-MUESTRA DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	PESO FRESCO DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUBPARCELA (Kg)	ÁREA DE SUBPARCELA (m ²)
1	1	0.0500	0.0241	0.0643	0.250
2		0.0500	0.0132	0.0631	0.250
3		0.0500	0.0177	0.0754	0.250
4	2	0.0500	0.0213	0.3328	0.250
5	3	0.0500	0.0207	0.0974	0.250

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 24. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de hierbas y cubierta vegetal (continuación).

BIOMASA			
$B_{hycvp} = \frac{\left(\frac{Wf_{hycvsm}}{Ws_{hycvsm}}\right) \times (Wf_{hycvsp})}{A_{sp}}$	$\bar{X}_{B_{hycvp}}$	(10)	$B_{hycvs} = (\bar{X}_{B_{hycvp}}) \times (10)$
BIOMASA DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN PARCELA (kg.m ⁻²)	PROMEDIO DE BIOMASA DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN PARCELAS (kg.m ⁻²)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE kg.m ⁻² A t.ha ⁻¹	BIOMASA DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN SUSTRATO (t.ha ⁻¹)
0.534	0.780	10.000	7.804
0.954			
0.853			
3.132	3.132	10.000	31.322
0.941	0.941	10.000	9.411

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 24. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de hierbas y cubierta vegetal (continuación).

CARBONO						
FC	$C_{hycvs} = (B_{hycvs}) \times (FC)$	A_s	$C_{hycvc} = \frac{(C_{hycvs1} \times A_{s1}) + (C_{hycvs2} \times A_{s2}) + (C_{hycvs3} \times A_{s3})}{A_{s1} + A_{s2} + A_{s3}}$		$CO_{2hycvc} = (3.67) \times (C_{hycvc})$	PCG
FRACCIÓN DE CARBONO (EL VALOR ESTÁNDAR SEGÚN EL IPCC ES 0.5)	CARBONO DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL EN ESTRATO (t.ha ⁻¹)	ÁREA DE ESTRATO (ha)	CARBONO ALMACENADO POR LAS HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	RELACIÓN DE PESOS MOLECULARES DE CO ₂ Y C.	CO ₂ ALMACENADO EN LAS HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
0.500	3.902	11.220	4.651	3.670	17.068	1.000
0.500	15.661	0.748				
0.500	4.705	2.992				

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 24. Cálculos detallados sobre la biomasa, cantidad de carbono y valor económico de hierbas y cubierta vegetal (continuación).

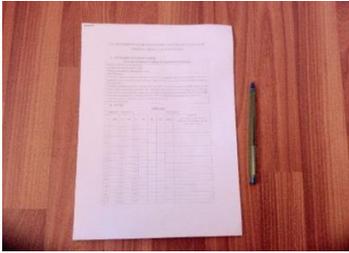
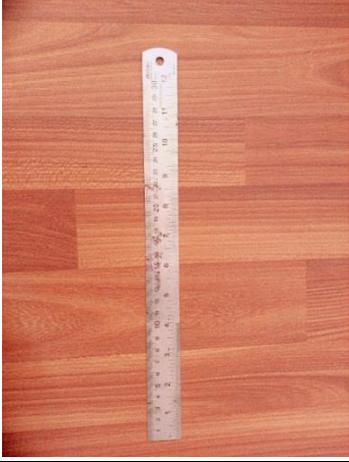
VALORACIÓN ECONÓMICA			
$tCO_{2e}hycvc = (CO_{2hycvc}) \times (PCG)$	p	F_c	$VE_{hycv} = (tCO_{2e}hycvc) \times (p) \times (F_c)$
TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE ALMACENADO POR LAS HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (t.ha ⁻¹)	PRECIO DE CO ₂ EN EL MERCADO (€·t ⁻¹) (MEDIA DEL MES DE ENERO A JUNIO 2017)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE € A \$ (MEDIA DEL MES DE ENERO A JUNIO 2017)	VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO BRINDADO POR LAS HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL DEL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA (\$·ha ⁻¹)
17.068	5.800	0.852	84.345

FUENTE: Elaboración Propia

ANEXO D: MATERIALES Y MEDICIÓN DE ÁRBOLES

D.1 MATERIALES EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

RECURSO MATERIAL	FOTO	RECURSO MATERIAL	FOTO
CUADRO METÁLICO 50 x 50 cm		CUADRO METÁLICO 25 x 50 cm	
BALANZA ELECTRÓNICA	 	DISPOSITIVO GPS	
BOLSAS DE MUESTRA		BRÚJULA	

<p>CINTA MÉTRICA DE 1.50 m y FLEXÓMETRO</p>		<p>CORDÓN DE PABILO (20 m)(MARCADO CADA 4 m)</p>	
<p>HOJAS DE ANOTACIÓN DE RESULTADOS Y ROTULADOR</p>		<p>REGLA METÁLICA GRADUADA (30 cm)</p>	
<p>MARCADORE S INDELEBLES</p>		<p>SIERRA</p>	
<p>CÁMARA FOTOGRAFIC A</p>		<p>ESTACA METÁLICA</p>	

<p>BOLSAS DIVERSAS</p>		<p>CORDÓN DE PABLO DE 1.30 m</p>	
<p>HORNO- ESTUFA</p>		<p>VASOS PRECIPITADO S (1000 ml)</p>	

D.2 MEDICIÓN DE CASOS PARTICULARES EN ÁRBOLES

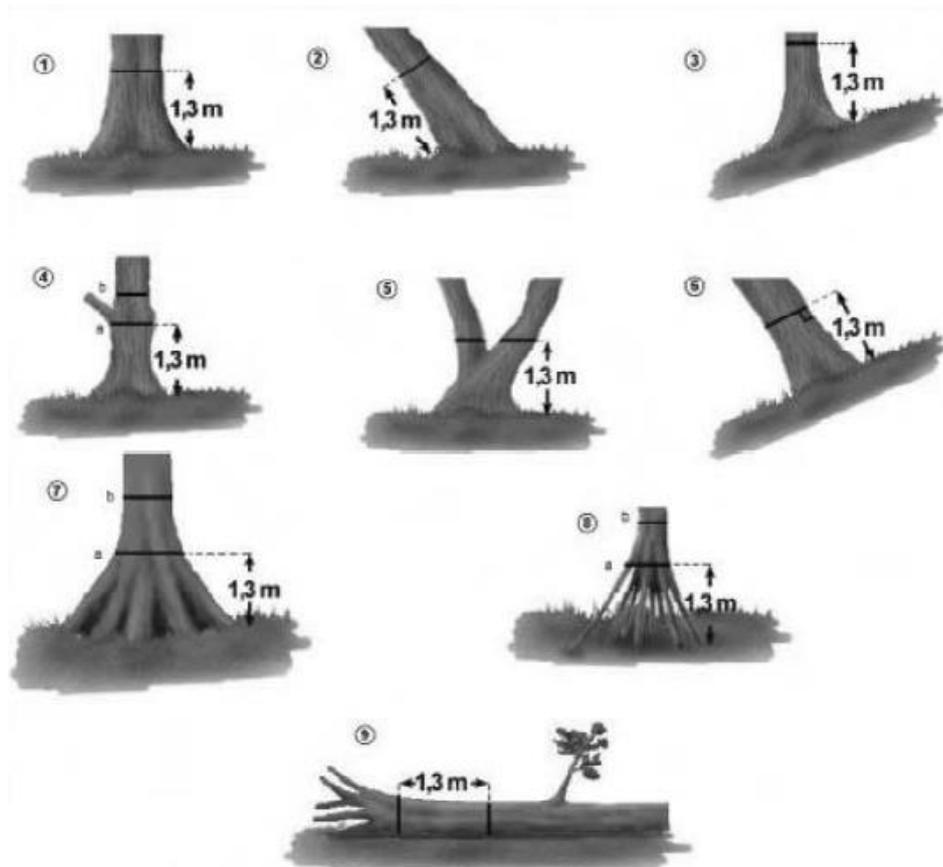


Figura 23. Medición correcta de diámetro de árboles.

En las situaciones 4, 7 y 8 la posición (b) es considerada correcta para medir el diámetro.

Fuente y elaboración: (54)

ANEXO E: FOTOGRAFÍAS

E.1 FOTOGRAFÍAS GENERALES



Fotografía 01. ENTRADA 1 AL COMPLEJO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA



Fotografía 02. ENTRADA 2 AL COMPLEJO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA



Fotografía 03. CIRCUITO TURÍSTICO EN “TRES BOAS” (A)



Fotografía 04. CIRCUITO TURÍSTICO EN “TRES BOAS” (B)



Fotografía 05. PISCINA DE AGUA DE MANANTIAL DENTRO DE “TRES BOAS”



Fotografía 06. FLUJO DE AGUA DE MANANTIAL

E.2 FOTOGRAFÍAS SOBRE LAS MEDICIONES REALIZADAS

E.2.1 PARCELAS



Fotografía 07. PAISAJE ALREDEDOR DE LA PARCELA 1



Fotografía 08. PAISAJE ALREDEDOR DE LA PARCELA 2



Fotografía 09. PAISAJE ALREDEDOR DE LA PARCELA 3



Fotografía 10. PAISAJE ALREDEDOR DE LA PARCELA 4



Fotografía 11. PAISAJE ALREDEDOR DE LA PARCELA 5

E.2.2 MEDICIONES EN CAMPO



Fotografía 12. ESTABLECIMIENTO DEL CENTRO DE PARCELA



Fotografía 13. EXTENSIÓN DE CORDÓN PARA FORMAR EL RADIO DE PARCELA (a)



Fotografía 14. UTILIZACIÓN DEL DISPOSITIVO GPS PARA HALLAR LAS COORDENADAS DEL PUNTO CENTRAL DE PARCELAS



Fotografía 15. MEDICIÓN DEL DIÁMETRO BASAL EN PASTIZALES



Fotografía 16. MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DE COPA EN PASTIZALES



Fotografía 17. MEDICIÓN DE ALTURA DE PASTIZAL



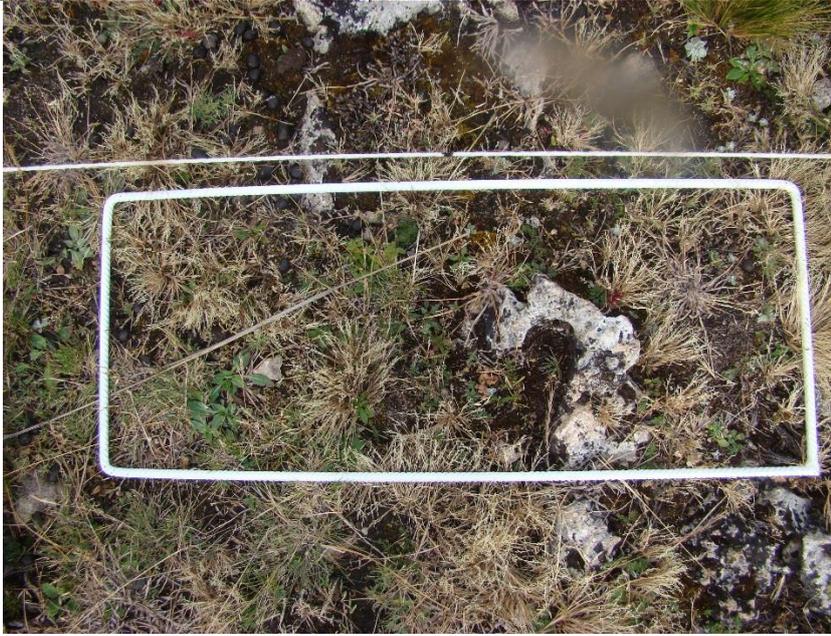
Fotografía 18. MEDICIÓN DE LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DE LAS RAMAS DE ARBUSTOS



Fotografía 19. MEDICIÓN DE LA LONGITUD DE CIRCUNFERENCIA DEL ÁRBOL A LA ALTURA DE 130 cm



Fotografía 20. UTILIZACIÓN DE BRÚJULA PARA LA FORMACIÓN DE TRANSECTOS EN LA MEDICIÓN DE BRIÓFITAS



Fotografía 21. ESTABLECIMIENTO DE CUADRO METÁLICO DE 25 x 50 cm PARA LA MEDICIÓN DE BRIÓFITAS



Fotografía 22. MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD DE BRIÓFITAS



Fotografía 23. RECOLECCIÓN DE BROZA DENTRO DE CUADRO METÁLICO DE 50 x 50 cm



Fotografía 24. CORTADO DE HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL DENTRO DEL CUADRO METÁLICO (SUB-PARCELA)



Fotografía 25. PESAJE DE MUESTRA DE BROZA

E.2.3 MEDICIONES TRANSITORIAS



Fotografía 26. PESAJE DE MUESTRAS



Fotografía 27. TOTAL DE MUESTRAS DE BROZA Y CUBIERTA VEGETAL

E.2.4 MEDICIONES EN LABORATORIO



Fotografía 28. COLOCACIÓN DE MUESTRAS DENTRO DE VASOS PRECIPITADOS



Fotografía 29. INTRODUCCIÓN DE MUESTRAS DENTRO DEL HORNO-ESTUFA



Fotografía 30. PESAJE FINAL DE MUESTRAS LUEGO DEL PROCESO DE SECADO

E.3 FOTOGRAFÍAS DE LA VEGETACIÓN ENCONTRADA DENTRO O CERCA DE PARCELA

E.3.1 ÁRBOLES



Fotografía 31. Eucalipto blanco, común o azul (*Eucalyptus globulus*)

E.3.2 PASTIZALES



Fotografía 32. Ichu (*Stipa ichu*)



Fotografía 33. *Calamagrostis sp.*



Fotografía 34. Carrizo (*Phragmites australis*)

E.3.3 ARBUSTOS



Fotografía 35. Margarito o Motoy (*Cercidium praecox*)



Fotografía 36. Chilca



Fotografía 37. Ayrampo (*Berberis weberbaueri*)

E.3.4 BRIÓFITAS



Fotografía 38. Musgos (*Bryophyta sensu stricto*)



Fotografía 39. Antocerotofitas (*Anthocerotophyta*)



Fotografía 40. Hepáticas (*Marchantiophyta*)

E.3.5 LÍQUENES



Fotografía 41. Líquenes crustáceos

E.3.6 FABÁCEAS



Fotografía 42. Tréboles (*Trifolium*)

E.3.7 PTERODOFITAS



Fotografía 43. Helecho águila (*Pteridium aquilinum*)

E.3.8 HIERBAS



Fotografía 44. Amañacay (*Alstroemeria peruviana*)



Fotografía 45. Marmaquilla (*Ageratina azangaroensis*)

E.3.9 CACTÁCEAS



Fotografía 46. Ayrampo (cactus) (*Opuntia floccosa*)

E.3.10 SUCULENTAS



Fotografía 47. Maguey (*Agave angustifolia*)

E.3.11 CUBIERTA VEGETAL (ESPECIES DIVERSAS DE PEQUEÑAS HIERBAS)



Fotografía 48. Amañacay (*Alstroemeria peruviana*)



Fotografía 49. Marmaquilla (*Ageratina azangaroensis*)

E.4 FOTOGRAFÍAS SOBRE LOS PROBLEMAS OBSERVADOS

E.4.1 PINTADO SOBRE ROCAS



Fotografía 50. Pintado con rociadores

E.4.2 CULTIVOS DENTRO DEL CENTRO ECOTURÍSTICO



Fotografía 51. Cultivos de tubérculos

E.4.3 PASTOREO



Fotografía 52. Pastoreo de ganado

E.4.4 INTRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS



Fotografía 53. Botellas y bolsas plásticas

**ANEXO F: VISTO BUENO DE LA EXTENSIÓN DEL
CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECSACHACA**

**ANEXO G: JUICIO DE EXPERTOS DE LOS
RESULTADOS OBTENIDOS**

G.1 MODELO DE SOLICITUD

Huancayo, marzo 2018

Señor(a):

ASUNTO: Validación de Resultados de Investigación por Juicio de Expertos

Por la presente Reciba Ud., mi más cordial saludo como egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental.

Asimismo, manifestarle que estoy desarrollando la investigación denominada **“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO APORTADO POR LA VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA, HUANCVELICA, PERÚ – 2017”**, por lo que conocedor de su trayectoria profesional y vinculación en el campo de la investigación, solicito su colaboración en emitir su juicio sobre los resultados obtenidos a fin de determinar si son positivos o motivan la formulación de un “Proyecto de Conservación” en el lugar especificado.

Para lo cual adjunto:

- Matriz de Consistencia
- Matriz de Operacionalización de Variables
- Resultados generales de la Investigación
- Cuestionario de Validación

Agradeciendo por anticipado su colaboración como experto en la materia.

Atentamente.

Ibzhén Amadheuz Miranda Ramos

DNI: 46748340

G.2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO APORTADO POR LA VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA, HUANCVELICA, PERÚ – 2017”					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	MARCO TEÓRICO	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuánto es el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Estimar el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca se estima entre 1001 y 5000 \$ ha⁻¹ en el año 2017.</p>	<p>ANTECEDENTES ENCONTRADOS EN TESIS</p> <p>DÁVILA et al., 2008 en su tesis titulada: “<i>Almacenamiento de carbono y flujo de CO₂ en los suelos con plantaciones de tres especies forestales en el Valle del Mantaro</i>” presentada para optar el grado académico de Ingeniero Forestal de la Universidad Nacional del Centro del Perú en Huancayo - Perú.</p> <p>LÓPEZ, 2015 en su tesis titulada: “<i>Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el Fundo Violeta - Distrito de Tahuamanu - Madre de Dios</i>” presentada para optar el grado académico de Licenciado en Geografía y Medio Ambiente de la Pontificia Universidad Católica del Perú en Lima - Perú.</p> <p>LUZA, 2015 en su tesis titulada: “<i>Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú, 2013</i>” presentada para optar el grado académico de Ingeniera Ambiental de la Universidad Continental en Huancayo - Perú.</p>	<p>VARIABLE:</p> <p>Valor económico del secuestro de carbono aportado por la vegetación.</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE 1:</p> <p>Carbono almacenado por la vegetación.</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE 2:</p> <p>Biomasa de la vegetación.</p>	<p>MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Método general: Científico</p> <p>Método específico: Observacional</p> <p>TIPO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Aplicada</p> <p>NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Descriptivo</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>No experimental Transeccional Descriptivo</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Unidad de Análisis: 1 parcela circular de 20 m de radio (1256.63 m²), del terreno del centro ecoturístico de</p>
<p>PROBLEMA ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuánta biomasa producen los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017?</p> <p>¿Cuánto carbono almacenado los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Cuantificar la biomasa de los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.</p> <p>Cuantificar el carbono almacenado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>La biomasa de los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017 se cuantifica entre (a) 27.61 y 137.85, (b) 27.61 y 137.85, (c) 2.79 y 27.60, (d) 2.79 y 27.60, (e) 0.31 y 2.78; y (f) 0 y 0.30 t ha⁻¹ respectivamente.</p> <p>El carbono almacenado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y</p>	<p>ANTECEDENTES ENCONTRADOS EN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS</p> <p>CHAMBI, 2001 en su artículo titulado: “<i>Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios</i>” publicado por el Instituto de Investigación y Capacitación para el Fomento de Oportunidades Económicas con base en la conservación de Recursos Naturales (IICFOE) Lima - Perú.</p> <p>CHEN, 2015 en su artículo titulado: “<i>Grassland Carbon Sequestration Ability in China: A New Perspective from</i></p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE 2:</p> <p>Biomasa de la vegetación.</p>	<p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>No experimental Transeccional Descriptivo</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Unidad de Análisis: 1 parcela circular de 20 m de radio (1256.63 m²), del terreno del centro ecoturístico de</p>

<p>existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017?</p> <p>¿Cuánto es el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017?</p>	<p>vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.</p> <p>Estimar el valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.</p>	<p>cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017 se cuantifica entre (a) 55.20 y 275.69, (b) 55.20 y 275.69, (c) 5.57 y 55.19, (d) 5.57 y 55.19, (e) 0.61 y 5.56; y (f) 0 y 0.60 t ha⁻¹ respectivamente.</p> <p>El valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por los árboles, arbustos, pastizales, hierbas y cubierta vegetal, briófitas y broza existentes en el centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017 se estima entre (a) 1001 y 5000, (b) 1001 y 5000, (c) 101 y 1000, (d) 101 y 1000, (e) 11 y 100; y (f) 0 y 10 \$ ha⁻¹ respectivamente.</p>	<p><i>Terrestrial Aridity Zones. (Capacidad de secuestro de Carbono de pastizales en China: una nueva perspectiva de las zonas áridas terrestres)</i>” publicado en el volumen 69 de la revista Rangeland Ecology & Management, páginas 84-94.</p> <p>HUNGATE et al., 2017 en su artículo titulado: “<i>The economic value of grassland species for carbon storage (El valor económico de especies de pastizales para el almacenamiento de carbono)</i>” publicado en el volumen 3 de la revista Science Advances, páginas 1-8.</p> <p>DELUCIA et al., 2003 en su artículo titulado: “<i>The contribution of bryophytes to the carbon exchange for a temperate rainforest (la contribución de briófitas al intercambio de carbono para una selva tropical temperada)</i>” publicado en el volumen 9 de la revista Global Change Biology, páginas 1158-1170.</p> <p>PORADA et al., 2013 en su artículo titulado: “<i>Estimating global carbon uptake by lichens and bryophytes with a process-based model (Estimación de la absorción de carbono global por líquenes y briófitas con un modelo basado en procesos)</i>” publicado en el volumen 10 de la revista Biogeoscience, páginas 6989-7033.</p> <p>RAMÍREZ et al., 2002 en su artículo titulado: “<i>Economic value of the carbon sink services of tropical secondary forests and its management implications (Valor económico de los servicios de sumideros de carbono de bosques tropicales secundarios y sus implicaciones de manejo)</i>” publicado en el volumen 21 de la revista Environmental and Resource Economics, páginas 23-46.</p> <p>WOLFGANG et al., 2012 en su artículo titulado “<i>Contribution of cryptogamic covers to the global cycles of carbon and nitrogen (Contribución de coberturas criptogámicas a los ciclos de carbono y nitrógeno)</i>” publicado en el volumen 5 de la revista Nature Geoscience, páginas 459 - 462.</p>	<p>Seccsachaca en el año 2017.</p> <p>Población: Extensión total del terreno del centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017 (149 600 m²)</p> <p>Muestra: 5 parcelas circulares de 20m de radio (6283.18m²), del terreno del centro ecoturístico de Seccsachaca en el año 2017.</p> <p>Tipo de Muestreo: Muestreo estratificado semi-probabilístico.</p>
---	---	--	--	---

G.3 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO APORTADO POR LA VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA, HUANCVELICA, PERÚ – 2017”					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA VALORATIVA	INSTRUMENTO
VARIABLE: Valor económico del secuestro de carbono aportado por la vegetación	Valor monetario asignado al uso indirecto del servicio ecosistémico que otorga la vegetación al absorber dióxido de carbono (CO ₂) de la atmósfera y almacenarlo, a través de la fotosíntesis, en forma de carbono (C) dentro de sus tejidos; cumpliendo así una función de equilibrio en la interacción atmósfera-biosfera terrestre del ciclo global de C.	Valor económico del secuestro de carbono aportado por los árboles	Cantidad monetaria por hectárea (\$ ha ⁻¹)	<ul style="list-style-type: none"> - Muy bajo (0 - 10 \$ ha⁻¹) - Bajo (11 - 100 \$ ha⁻¹) - Medio (101 - 1000 \$ ha⁻¹) - Alto (1001 - 5000 \$ ha⁻¹) - Muy Alto (> 5001 \$ ha⁻¹). Fuente: (14), (24), (25)	
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por las briófitas			
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por los pastizales			
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por los arbustos			
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por la broza			
		Valor económico del secuestro de carbono aportado por las hierbas y cubierta vegetal			
VARIABLE INDEPENDIENTE 1: Carbono almacenado por la vegetación	Cuantía de carbono acopiado en un ser vivo en un momento determinado.	Carbono almacenado por los árboles	Toneladas por hectárea (t ha ⁻¹)	<ul style="list-style-type: none"> - Muy bajo (0 - 0.60 t ha⁻¹) - Bajo (0.61 - 5.56 t ha⁻¹) - Medio (5.57 - 55.19 t ha⁻¹) - Alto (55.20 - 275.69 t ha⁻¹) - Muy Alto (> 275.70 t ha⁻¹). Fuente: (14), (24), (25)	Ficha de observación
		Carbono almacenado por las briófitas			
		Carbono almacenado por los pastizales			
		Carbono almacenado por los arbustos			
		Carbono almacenado por la broza			
		Carbono almacenado por las hierbas y cubierta vegetal			
VARIABLE INDEPENDIENTE 2: Biomasa de la vegetación	Cantidad de materia acumulada en un ser vivo en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.	Biomasa de los árboles	Toneladas por hectárea (t ha ⁻¹)	<ul style="list-style-type: none"> - Muy bajo (0 - 0.30 t ha⁻¹) - Bajo (0.31 - 2.78 t ha⁻¹) - Medio (2.79 - 27.60 t ha⁻¹) - Alto (27.61 - 137.85 t ha⁻¹) - Muy Alto (> 137.86 t ha⁻¹). Fuente: (14), (24), (25)	
		Biomasa de las briófitas			
		Biomasa de los pastizales			
		Biomasa de los arbustos			
		Biomasa de la broza			
		Biomasa de las hierbas y cubierta vegetal			

G.4 RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS

DENSIDAD POBLACIONAL

Tabla 1. Número de individuos de vegetación según estrato (# Individuos ha⁻¹)

DENSIDAD POBLACIONAL (# Individuos ha ⁻¹)					
ESTRATO	ÁREA DE ESTRATO	ÁRBOLES	PASTIZALES	ARBUSTOS	TOTAL
1 (Zona con predominio de pastizales)	11.22	0	44.83 (~45)	1.96 (~2)	47
2 (Zona con predominio de árboles)	0.75	121.33 (~121)	9.33 (~9)	24	154
3 (Zona con predominio de arbustos)	2.99	1.34 (~1)	3.01 (~3)	35.45 (~35)	39

BIOMASA

Tabla 2. Biomasa de la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca

BIOMASA (t ha ⁻¹)						
ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
22.291	1.690	2.307	3.464	4.641	9.302	43.695

CANTIDAD DE CARBONO ALMACENADO

Tabla 3. Carbono almacenado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca

CARBONO ALMACENADO (t ha ⁻¹)						
ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
11.145	0.605	1.153	1.732	2.320	4.651	21.606

VALOR ECONÓMICO

Tabla 4. Valor económico del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca

VALOR ECONÓMICO (\$ ha ⁻¹)						
ÁRBOLES	BRIÓFITAS	PASTIZALES	ARBUSTOS	BROZA	HIERBAS Y CUBIERTA VEGETAL	TOTAL
202.130	10.973	20.916	31.408	42.082	84.345	391.853

G.5 LISTA DE EXPERTOS

#	APELLIDOS Y NOMBRES	PROFESIÓN	GRADO ACADÉMICO	ESPECIALIDAD	CARGO	INSTITUCIÓN	TELÉFONO
1	ROJAS CRUZATTI ROSI	INGENIERA FORESTAL Y AMBIENTAL	EGRESADA DE LA MAESTRÍA DE PLANIFICACIÓN Y PROYECTOS DE INVERSIÓN DE LA UNCP	<ul style="list-style-type: none"> - GESTIÓN AMBIENTAL - PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA - CAMBIO CLIMÁTICO - CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL 	ANALISTA DE LA DIRECCIÓN GENRAL DE ASUNTOS AMBIENTALES	MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	993072793
2	DÁVILA ESCURRA, VICENTE	INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL	MAGISTER EN PROJECT MANAGEMENT – ESAN EGRESADO DE LA MAESTRÍA DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE EN MINERÍA - UNCP	FORMULACIÓN, MONITOREO Y EVALUACIÓN PROYECTOS: <ul style="list-style-type: none"> - MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS RENOVABLES. - CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. - ECONEGOCIOS, - CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN. - RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL. - NUTRICIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. - AGUA Y SANEAMIENTO. 	ESPECIALISTA AMBIENTAL REGIONAL – PROGRAMA DE MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO EN EL PERÚ	PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO RURAL	945870944
3	ROJAS LEÓN, C. RÓMULO	CONTADOR PÚBLICO	M. Sc. GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE - UNCP	<ul style="list-style-type: none"> - GESTIÓN AMBIENTAL - AUDITOR AMBIENTAL 	DOCENTE UNIVERSITARIO INVESTIGADOR AMBIENTAL	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES	950878215

G.7 CUESTIONARIOS RELLENADOS

CUESTIONARIO DE VALIDACIÓN

1. ¿Es el valor económico obtenido en la investigación 'positivo', 'correcto' o 'rentable' para la formulación de un proyecto de conservación de la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca?

- a. Es positivo/correcto/rentable (ir a pregunta 2).
- b. Es negativo/incorrecto/no rentable (ir a pregunta 3).
- c. No es posible determinar, se requiere más información (ir a pregunta 4).

2. ¿Por qué es positivo, correcto, o rentable?

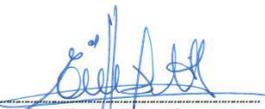
3. ¿Por qué es negativo, incorrecto, o no rentable?

4. ¿Qué información adicional es requerida?

Los resultados de valoración económica del secuestro de carbono obtenidos en la investigación son útiles para diversos fines: (1) pueden ser incorporados al análisis costo-beneficio (ACB) de políticas o proyectos con el fin de elegir la mejor alternativa, (2) indican los beneficios económicos de la conservación y uso sostenible de la vegetación, o los costos que representa su pérdida y degradación, (3) brindan información sobre el flujo monetario del patrimonio natural que puede ser utilizado en la elaboración de las cuentas ambientales nacionales, (4) aportan información para el diseño de instrumentos de regulación ambiental, es decir, incentivos (recompensas) o desincentivos (pagos) por la conservación o alteración de la vegetación y (5) incrementan la conciencia ambiental sobre la importancia de la conservación de los ecosistemas.

Del párrafo anterior se deduce que la estimación del valor económico es a priori a la formulación de un proyecto. En un proyecto de conservación, este valor es considerado un ingreso o beneficio, pero para decidir si es rentable se necesita estipular los costos y otros beneficios. Así, la diferencia de ambos indicará si el valor económico por el servicio de secuestro de carbono es motivo suficiente para considerar un proyecto.

Huancayo, 24 de marzo del 2018



Rosi Evelyn Rojas Cruzatti
INGENIERA FORESTAL Y AMBIENTAL
CIP N° 109861

CUESTIONARIO DE VALIDACIÓN

1. ¿Es el valor económico obtenido en la investigación 'positivo', 'correcto' o 'rentable' para la formulación de un proyecto de conservación de la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca?

- Es positivo/correcto/rentable (ir a pregunta 2).
- Es negativo/incorrecto/no rentable (ir a pregunta 3).
- No es posible determinar, se requiere más información (ir a pregunta 4).

2. ¿Por qué es positivo, correcto, o rentable?

3. ¿Por qué es negativo, incorrecto, o no rentable?

4. ¿Qué información adicional es requerida?

Los resultados mostrados por el tesista MOTIVAN la formulación de un proyecto de conservación de la vegetación, pero no es posible determinar si es "correcto", "positivo" o "rentable" porque se requiere definir las características del proyecto y luego estimar un presupuesto. Si en el análisis costo-beneficio—considerando el 'valor económico de secuestro de carbono' como la única fuente de ingresos—se determina que hay rentabilidad, se podría considerar este valor como "positivo o aceptable", pero es de esperar que en el análisis de los beneficios se contemple otros servicios ecosistémicos aportados por la vegetación.

Los valores numéricos brindados en la investigación brindan información preliminar y sirven también como referencia para el diseño de mecanismos de financiamiento ambiental o incentivos económicos para la conservación de los ecosistemas, consecuentemente, un proyecto de conservación de la vegetación del Complejo Ecoturístico de Seccsachaca podría formar parte del Registro Único de los Mecanismos de Retribución de Servicios Ecosistémicos (MERESE) de acuerdo con la ley N°30215-MINAM y generar ingresos a los involucrados (contribuyentes).

Huancayo, 24 de marzo del 2018


FIRMA
Mg. Sc. Lic. Rómulo Rojas León
M. Sc. Rómulo Rojas León
GESTIÓN AMBIENTAL Y D.S.
CPCC. N° 08-703
DOCENTE UNIVERSITARIO

CUESTIONARIO DE VALIDACIÓN

1. ¿Es el valor económico obtenido en la investigación 'positivo', 'correcto' o 'rentable' para la formulación de un proyecto de conservación de la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca?

- Es positivo/correcto/rentable (ir a pregunta 2).
- Es negativo/incorrecto/no rentable (ir a pregunta 3).
- No es posible determinar, se requiere más información (ir a pregunta 4).

2. ¿Por qué es positivo, correcto, o rentable?

3. ¿Por qué es negativo, incorrecto, o no rentable?

4. ¿Qué información adicional es requerida?

Los resultados obtenidos en la investigación "VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO DE SECUESTRO DE CARBONO APORTADO POR LA VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE SECCSACHACA, HUANCAMELICA, PERÚ – 2017", pueden ser incorporados en el análisis costo-beneficio a fin de evaluar y seleccionar la mejor alternativa de una política o proyecto. El valor económico del secuestro de carbono forma parte de los beneficios, pero no de los costos, por lo que, no es suficiente para medir la rentabilidad. Las características del lugar de estudio que menciona el investigador en su tesis, como 'ser el hábitat de una especie en peligro de extinción', 'poseer microclimas con amplia diversidad' y 'tener fuentes naturales de agua' aportan a los beneficios. Otras características como 'no poseer un cercamiento o no estar protegido' corresponde a los costos.

En conclusión, para medir la rentabilidad de un proyecto es necesario definir las características del proyecto y luego estimar el valor monetario de los costos y otros beneficios que brinda la conservación de la vegetación del centro ecoturístico de Seccsachaca.

Huancayo, 23 de marzo del 2018



Vicente Dávila Ecurra
Mg. INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL
CIP N° 104455

G.8 RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS DE VALIDACIÓN

ALTERNATIVA DE RESPUESTA	NÚMERO
Es positivo/correcto/rentable	0
Es negativo/incorrecto/no rentable	0
No es posible determinar, se requiere más información	3
TOTAL	3

INTERPRETACIÓN

En primer lugar, los expertos mencionan que los resultados obtenidos MOTIVAN la formulación de un proyecto de conservación de la vegetación del Centro Ecoturístico de Seccsachaca ya que: (1) pueden ser incorporados al análisis costo-beneficio (ACB) de políticas o proyectos en general con el fin de elegir la mejor alternativa, (2) indican los beneficios económicos de la conservación y uso sostenible de la vegetación, o los costos que representa su pérdida y degradación, (3) brindan información sobre el flujo monetario del patrimonio natural que puede ser utilizado en la elaboración de las cuentas ambientales nacionales, (4) aportan información para el diseño de instrumentos de regulación ambiental, es decir, incentivos (recompensas) o desincentivos (pagos) por la conservación o alteración de la vegetación y (5) incrementan la conciencia ambiental sobre la importancia de la conservación de los ecosistemas. Además, mencionan que el proyecto formulado podría formar parte del Registro Único de los Mecanismos de Retribución de Servicios Ecosistémicos (MERESE) de acuerdo con la ley N°30215-MINAM y así, generar ingresos a los contribuyentes.

En segundo lugar, los expertos mencionan que no es posible determinar si el valor económico obtenido en la investigación es 'positivo', 'correcto' o 'rentable' ya que es necesario seguir los siguientes pasos: (1) determinar las características del proyecto, (2) estimar los costos, (3) estimar otros beneficios y (4) calcular la rentabilidad. Finalmente, mencionan que, si la rentabilidad es positiva, es decir el proyecto genera ingresos, el valor económico de secuestro de carbono será positivo o rentable.

En conclusión, los resultados de la investigación son ÚTILES para la formulación de un proyecto de Conservación de la vegetación del centro ecoturístico de Secsachaca, pero no es posible determinar, aún, que el valor económico total es “positivo, correcto o rentable”.