

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACION

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN
LA ESPECIE *Stipa ichu* (ICHU) EN LA MICROCUENCA CHACLATACANA
– HUANCVELICA”**

**TESIS PARA OPTAR
TÍTULO PROFESIONAL INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR
RIVERA TICLLACONDOR EDVIN**

**ASESOR
DR. ZAMORA TALAVERANO NOÉ SABINO**

**JURADOS
MSC. GÓMEZ ESCRIBA BENIGNO PAULO
MSC. VENTURA BARRERA CARMEN LUZ
MSC. ZÚÑIGA DÍAZ WALTER BENJAMIN
MSC. GUILLÉN LEÓN ROGELIA**

LIMA - PERU

2018

PENSAMIENTO

Para empezar un gran proyecto, hace falta valentía. Para terminar un gran proyecto, hace falta perseverancia.

Anónimo.

DEDICATORIA

A mis padres Claudia Ticllacondor y Alberto Rivera, que me dieron la vida y que con lo poco que tenían me dieron la mejor herencia; mi educación, me enseñaron los grandes valores para ser mejor persona cada día y con acciones me enseñaron que en esta vida los logros están hechos a base de sacrificio, esfuerzo y perseverancia.

A mis hermanos Celia y Carlos que siempre estuvieron muy cerca de mí, apoyándome incondicionalmente en todos los aspectos de mi vida, que siempre estuvieron guiándome en mi formación profesional y ser mejor persona.

A mi familia, amigos (as) que directa o indirectamente me apoyaron con mensajes de aliento, palabras de fortalecimiento, consejos, y otros medios que influenciaron en mi formación profesional y en la elaboración de la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

Al todo poderoso, por su generosidad de darme la vida, por fortalecerme, iluminar y guiarme por el sendero del bien, por poner en mi rumbo a personas maravillosas que fueron, son y serán parte de mí, parte de mis logros, quienes aportaron e influenciaron para llegar a donde estoy y me seguirán apoyando en muchos más logros.

Con eterna gratitud y agradecimiento a mis padres; Claudia y Alberto, mujer de campo y varón minero que sacrificando su propio bienestar y con lo poco que tenían hicieron lo posible para darme la mejor herencia; mi educación, fueron ellos que me enseñaron con sus acciones que las cosas se logran en base de esfuerzo, perseverancia y trabajo duro. Gracias a mis hermanos Carlos y Celia por acompañarme en la mayor parte de mi vida y en toda mi formación profesional, fueron ellos que en muchas ocasiones hicieron el papel de padre y madre, me apoyaron incondicionalmente en todas las circunstancias de mi vida, sus acciones y palabras de aliento fueron motivos para levantarme en cada tropiezo y seguir avanzando.

Gracias a la Universidad Nacional Federico Villarreal por darme la oportunidad de seguir con mi educación y poder concluir mi profesión. Gracias a cada uno de sus catedráticos de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo - FIGAE que me enseñaron, quienes han compartido sus conocimientos y experiencias profesionales los cuales forjaron la carrera con nuevos retos de competitividad en el mundo moderno. De igual forma gracias al personal administrativo de la FIGAE por la labor que desempeña para que la formación académica de los estudiantes sea buena.

Gracias a mi asesor metodológico Dr. Noé Zamora, por su tiempo, apoyo incondicional y orientación en la elaboración de la presente investigación. Al Ing. Hubert Portugués por su tiempo, recomendaciones, sugerencias y los aportes en la interpretación de los resultados y al Ing. Omar Vásquez por las facilidades del uso del Laboratorio de Aguas de la FIGAE.

A mis informantes y jurados MSc. Benigno P. Gómez Escriba, MSc. Carmen L. Ventura Barrera, MSc. Walter B. Zúñiga Díaz y MSc. Rogelia Guillén León por su tiempo en la revisión, aportes y comentarios para el enriquecimiento de la presente tesis.

A la Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Agronomía (Laboratorio de Suelos y Plantas) por el análisis de porcentaje de carbono.

A la Lic. Magali Alva, por el apoyo en los trabajos de laboratorio y por el apoyo incondicional para ser mejor persona y profesional, a mi amigo Ing. Ronald Meneses, por sus sugerencias, a mi amigo Ing. Víctor Ramos, por la predisposición y apoyo en el acompañamiento para el trabajo de campo, a Carlos Soto, Carol Ann Huamani, José M. Sedano y Rojer Sotacuro por el apoyo en el inventariado de las especies y toma de muestras.

Mi infinita gratitud a todas aquellas personas y amigos que me han brindado su apoyo incondicional de manera directa o indirecta para lograr culminar la presente tesis.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la microcuenca Chaclatacana que pertenece al distrito, provincia y departamento de Huancavelica, cuya delimitación tiene un área total de 548.83 ha y un área objetiva de estudio de 404.25 ha. El objetivo general es evaluar el potencial servicio ambiental de almacenamiento de carbono en la especie *Stipa ichu* en la microcuenca y los objetivos secundarios son: a) Determinar la variación de la densidad de la especie *Stipa ichu* en relación a la altitud de la microcuenca, b) Estimar la producción de biomasa aérea y radicular, c) Generar una ecuación alométrica para determinar el contenido de carbono y d) Determinar el contenido de carbono aéreo y radicular a nivel de la microcuenca.

Para determinar la densidad de las matas de *Stipa ichu*, se estratificó la microcuenca en parte baja (estrato 1), media (estrato 2) y alta (estrato 3), en cada estrato se contabilizó, se midió la altura, área basal y área cubierta de cada mata en parcelas de 4m² y en parcelas de 1 m² se aplicó el método “destrutivo”, se separó en sus componentes (raíz, hojas, tallos y flores) para su pesaje con la finalidad de estimar la producción de biomasa verde, las muestras se llevaron al laboratorio para estimar la biomasa seca por el método “gravimétrico” y parte de las muestras para determinar el contenido de carbono en cada componente mediante el método de “Walkley y Black” y para la generación del modelo alométrico, se aplicó el método de regresión estadística.

Los resultados de la determinación de la densidad del *Stipa ichu* en el estrato 1 es de 53750 matas/ha, el estrato 2 es de 82 500 matas/ha y en el estrato 3 es de 52 857 matas/ha. La producción promedio de biomasa verde es 26.560 tn/ha y 15.433 tn/ha de biomasa seca, y la producción de biomasa total a nivel del área de estudio es de 3 635.82 tn de biomasa verde y 2 106.51 tn biomasa seca. El modelo matemático de mejor ajuste para estimar de manera indirecta el contenido de carbono es de tipo exponencial de la forma; $Carbono (kg) = 0.0023e^{4.802 * Altura\ del\ Stipa\ ichu\ (m)}$. El almacenamiento de carbono promedio es de 8.670 tnC/ha y en todo el área de estudio es de 3 549.07 tnC, asimismo, los componentes del *Stipa ichu* de mayor almacenamiento de carbono está en las hojas con un 56.56 %, seguida por el tallo con un 55.72%, la raíz con un 54.03% y por último la flor con un 53.06%.

Palabras clave: *Stipa ichu*, estimación de carbono, biomasa del *Stipa ichu*, densidad del *Stipa ichu*, Microcuenca Chaclatacana.

ABSTRAC

The present investigation was carried out in the Chaclatacana microbasin belonging to the district, province and department of Huancavelica, whose delimitation has a total area of 548.83 ha and an objective study area of 404.25 ha. The general objective is to evaluate the potential environmental service of carbon storage in the *Stipa ichu* species in the micro-basin and the secondary objectives are: a) Determinate the variation of the density of the *Stipa ichu* species in relation to the altitude of the micro-basin, b) Estimate the production of aerial and radicular biomass, c) Generate an allometric equation to determine the carbon content and d) Determine the content of aerial and radicular carbon at the microwatershed level.

For determining the density of *Stipa ichu* shrubs, the microbasin was stratified in low (stratum 1), medium (stratum 2) and high (stratum 3), in each stratum was counted, height, basal area and area were measured cover of each bush in plots of 4m² and in plots of 1m² the "destructive" method was applied, it was separated into its components (root, leaves, stems and flowers) for its weighing in order to estimate the production of green biomass, the samples were taken to the laboratory to estimate the dry biomass by the "gravimetric" method and part of the samples to determine the carbon content in each component by the "Walkley and Black" method and for the generation of the allometric model, it was applied the statistical regression method.

The results of the determination of the density of *Stipa ichu* in stratum 1 is 53 750 shrubs/ha, stratum 2 is 82500 shrubs/ha and in stratum 3 it is 52 857 shrubs/ha. The average production of green biomass is 26.560 tn/ha and 15.433 tn/ha of dry biomass, and the total biomass production at the level of the study area is 3 635.82 tn of green biomass and 2 106.51 tn dry biomass. The mathematical model of best fit to indirectly estimate the carbon content is of the exponential type of the form; Carbon (kg) = $0.0023e^{4.802 \cdot \text{Height of } Stipa\ ichu\ (m)}$. The average carbon storage is 8,670 tnC/ha and in the whole study area is 3 549.07 tnC, also, the components of the *Stipa ichu* with the highest carbon storage are in the leaves with 56.56%, followed by the stem with 55.72%, the root with 54.03% and finally the flower with 53.06%.

Keywords: *Stipa ichu*, carbon estimate, *Stipa ichu* biomass, *Stipa ichu* density, Chaclatacana Microbasin.

ÍNDICE DE GENERAL

TÍTULO.....	i
PENSAMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN	6
ABSTRAC	7
INTRODUCCIÓN	1
I. ASPECTOS METODOLÓGICOS	4
1.1 Antecedentes	4
1.1.1 Antecedentes nacionales	4
1.1.2 Antecedentes internacionales.....	12
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.2.1 Descripción del problema	14
1.3 Formulación del problema	17
1.3.1 Problema principal.....	17
1.3.2 Problemas secundarios.....	17
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo general.....	18
1.4.2 Objetivos secundarios	18
1.5 Hipótesis.....	18
1.6 Variables	18
1.7 Justificación e importancia.....	19
1.7.1 Justificación	19

1.7.2	Importancia	20
II.	MARCO TEÓRICO.....	23
2.1	Bases teóricas	23
2.1.1	Descripción morfológica de la especie <i>Stipa ichu</i>	23
2.1.2	Pastizales altoandinos.	25
2.1.3	El carbono	27
2.1.4	Sumideros de Carbono.....	33
2.1.5	Ciclo del carbono	35
2.1.6	Dióxido de carbono (CO ₂)	37
2.1.7	Modelos alométricos.....	40
2.1.8	Sistema climático	41
2.1.9	El cambio climático	43
2.1.10	Cuenca hidrográfica	44
2.2	Definición de términos básicos	46
2.3	Marco legal.....	50
2.3.1	Acuerdos internacionales	50
2.3.2	Normas nacionales	52
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
3.1	Material cartográfico	56
3.2	Materiales y equipos de escritorio.....	56
3.3	Materiales y equipos de campo	57
3.4	Software	58

3.5	Métodos.....	59
3.5.1	Tipo, diseño y nivel de investigación	59
3.5.2	Procedimiento	60
IV.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	79
4.1	Descripción de la microcuenca Chaclatacana	79
4.1.1	Ubicación política	79
4.1.2	Accesibilidad	80
4.1.3	Localización hidrográfica	80
4.1.4	Parámetros fisiográficos de la microcuenca	82
4.2	Componentes abióticos	82
4.2.1	Meteorología y clima	82
4.2.2	Geología.....	86
4.2.3	Fisiografía	89
4.2.4	Capacidad de uso mayor de tierras (CUM).....	89
4.2.5	Uso actual de suelos.....	90
4.3	Componente biótico	91
4.3.1	Zonas de vida	91
4.3.2	Flora	92
4.3.3	Fauna.....	93
4.4	Componente social	94
4.4.1	Características demográficas	95
4.4.2	Viviendas	96

4.4.3	Servicios de agua y saneamiento	97
4.4.4	Características socioeconómicas.....	98
V.	RESULTADOS	102
5.1	Densidad del <i>Stipa ichu</i>	103
5.2	Producción de biomasa de la especie <i>Stipa ichu</i>	110
5.3	Ecuación alométrica para el contenido de carbono en la especie <i>Stipa ichu</i> ..	117
5.4	Carbono almacenado en la biomasa en la especie <i>Stipa ichu</i>	123
5.4.1	Contenido de carbono total.	125
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	128
6.1	Densidad del <i>Stipa ichu</i>	128
6.2	Producción de biomasa del <i>Stipa ichu</i>	130
6.3	Ecuación alométrica	131
6.4	Contenido de carbono del <i>Stipa ichu</i>	132
VII.	CONCLUSIONES	138
VIII.	RECOMENDACIONES	142
IX.	REFERENCIAS	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variable dependiente.	19
Tabla 2. Variable independiente.	19
Tabla 3. Rango de calidad de pastizal.....	26
Tabla 4. Emisión de CO ₂ en millones de toneladas en 2002	38
Tabla 5. Clasificación de cuencas hidrográficas.....	45
Tabla 6. Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas.....	45
Tabla 7. Área de la microcuenca y área objetiva de estudio.....	62
Tabla 8. Tamaño mínimo de la unidad muestral para matorrales y herbazales.....	63
Tabla 9. Inventario de muestras piloto.....	68
Tabla 10. Ubicación de las unidades de muestro.....	69
Tabla 11. Estimación de la biomasa total	75
Tabla 12. Ubicación geográfica de la microcuenca	80
Tabla 13. Accesibilidad hacia la microcuenca.....	80
Tabla 14. Parámetros fisiográficos de la microcuenca	82
Tabla 15. Unidades geológicas de la microcuenca	86
Tabla 16. Capacidad de uso mayor de tierras (CUM)	89
Tabla 17. Unidades de uso actual de suelos de la microcuenca	91
Tabla 18. Zonas de vida de la microcuenca.....	92
Tabla 19. Flora del ámbito de influencia	93
Tabla 20. Relación de especies de fauna domestica	93
Tabla 21. Relación de especies de fauna silvestre	94
Tabla 22. Población del distrito de Huancavelica.....	96
Tabla 23. Viviendas a nivel del distrito de Huancavelica.....	97
Tabla 24. Concesiones mineras en la microcuenca.	100

Tabla 25. Sistematización de los resultados de trabajo de campo	102
Tabla 26. Densidad de la especie <i>Stipa ichu</i> en la microcuenca.....	104
Tabla 27. Densidad del área cubierta en el % estrato 1.	107
Tabla 28. Densidad del área cubierta en el % estrato 2.	107
Tabla 29. Densidad del área cubierta en el % estrato 3.	108
Tabla 30. Producción de biomasa verde y seca en %	111
Tabla 31. Producción de biomasa verde y seca por componentes del <i>Stipa ichu</i>	112
Tabla 32. Producción de biomasa total	116
Tabla 33. Ecuación para determinar carbono del <i>Stipa ichu</i> en el estrato 3	118
Tabla 34. Ecuación para determinar carbono del <i>Stipa ichu</i> en el estrato 2.....	119
Tabla 35. Ecuación para determinar carbono del <i>Stipa ichu</i> en el estrato 1	120
Tabla 36. Ecuaciones para la estimación de carbono en <i>Stipa ichu</i>	121
Tabla 37. Contenido porcentual de carbono en componentes del <i>Stipa ichu</i>	123
Tabla 38. Contenido de carbono de <i>Stipa ichu</i> en los 3 estratos en tnC/ha.....	124
Tabla 39. Carbono total en la microcuenca Chaclatacana - Huancavelica.....	125
Tabla 40. Comparación de producción de biomasa ichu vs chillihua	130
Tabla 41. Ecuaciones alométricas para árboles	131
Tabla 42. Carbono almacenado en diferentes especies.....	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pradera de <i>Stipa ichu</i>	23
Figura 2. Flujos y almacenes de carbono.....	29
Figura 3. Composición de la biomasa vegetal	30
Figura 4. Composición de la biomasa de la especie <i>Stipa ichu</i>	31
Figura 5. Ciclo del Carbono.....	36
Figura 6. Ciclo global del Carbono.....	37
Figura 7. Esquema del sistema climático.....	43
Figura 8. Cuenca hidrográfica	46
Figura 9. Anillo cansador de una para monitoreo de pastos.....	47
Figura 10. Delimitación de la microcuenca y área objetiva de estudio	62
Figura 11. Generación de las grillas y unidades de muestreo.....	65
Figura 12. Forma y tamaño de la parcela y sub parcela	67
Figura 13. Proyección del área basal y área cubierta.....	71
Figura 14. Ubicación política del área de estudio.....	79
Figura 15. Microcuenca Chaclatacana – Huancavelica	81
Figura 16. Temperatura periodo 2013-2017	83
Figura 17. Precipitación promedio periodo 2013-2017	84
Figura 18. Rosa de vientos periodo 2013-2017	85
Figura 19. Comunidades campesinas del ámbito de influencia.....	95
Figura 20. Representación porcentual (%) de la densidad del <i>Stipa ichu</i> por estrato...	105
Figura 21. Densidad del <i>Stipa ichu</i> (matas/ha).....	105
Figura 22. Densidad de <i>Stipa ichu</i> en porcentaje (%).....	108
Figura 23. Contenido de humedad (%) en los componentes del <i>Stipa ichu</i>	110
Figura 24. Contenido de materia seca (MS%) en los componentes del <i>Stipa ichu</i>	111

Figura 25. Producción de biomasa total por estrato.....	112
Figura 26. Biomasa promedio por componente.....	113
Figura 27. Producción de biomasa seca y verde en el estrato 1.....	114
Figura 28. Producción de biomasa seca y verde en el estrato 2.....	114
Figura 29. Producción de biomasa seca y verde en el estrato 3.....	115
Figura 30. Biomasa total (tn) por estratos.....	116
Figura 31. Modelo matemático para la estimación de carbono en el <i>Stipa ichu</i>	122
Figura 32. Contenido de carbono en tnC/ha por estrato	124
Figura 33. Contenido de carbono total (tnC) por estrato	126
Figura 34. Carbono almacenado en diferentes especies	135

ÍNDICE DE ECUACIONES

(1) Estimación del Carbono total	32
(2) Carbono total en un tiempo	32
(3) Ecuación de la fotosíntesis	35
(4) Estimación del número de unidades muestrales.....	68
(5) Coeficiente de variabilidad	68
(6) Reacción del método de Walkley y Black	74
(7) Estimación de la densidad.....	74
(8) Estimación de la densidad en %	75
(9) Biomasa verde total.....	76
(10) Estimación de la humedad	76
(11) Estimación del porcentaje de materia seca.....	76
(12) Calculo biomasa total.....	76
(13) Estimación de % MO	77
(14) Volumen de la solución Ferrosa amoniacal	77

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es provocado por el incremento de las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera debido a que en los últimos años las actividades antrópicas y la sobreexplotación de los recursos naturales han incrementado de forma exponencial. La alteración significativa de la atmósfera se debe principalmente a uso de combustibles fósiles de fácil acceso que son usados para la mayoría de las actividades de las personas como por ejemplo; suministro de energía fósil para el uso doméstico y en mayor proporción para la producción industrial, lo que hace posible el comercio mundial, sin embargo su empleo también ha incrementado las concentraciones de CO₂ en la atmósfera los cuales contribuyen al incremento de la temperatura en efecto al calentamiento global.

Ante este panorama y de acuerdo a los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) tratados en el protocolo de Kyoto, se establece la necesidad de cuantificar el carbono almacenado en los “sumideros de los GEI”. Los principales sumideros de GEI en definitiva son los bosques y más si son de crecimiento rápido, los cuales acumulan enormes cantidades de carbono en la madera y en el ecosistema a través de la fotosíntesis que absorben CO₂ atmosférico, el cual almacena en los diferentes componentes y devuelven oxígeno a la atmósfera. La fijación y almacenamiento de carbono, es un servicio ambiental que se basa en el proceso de transformación del carbono atmosférico a carbono orgánico almacenado en el suelo y en los sistemas vegetales aéreo y radicular.

En este sentido, en la presente investigación se ha cuantificado el almacenamiento de carbono en la especie *Stipa ichu*, especie que es propia de las zonas altoandinas, los cuales no son investigados debido a que no se le da un aprovechamiento directo, sin embargo, por su gran extensión y representatividad son potenciales sumideros de CO₂ por lo que no se

puede omitir o dejar de lado el servicio ambiental que brinda, que también contribuyen en la mitigación del cambio climático reduciendo los niveles CO₂ atmosférico.

Los resultados de la presente investigación buscan aportar en la generación de información sobre los métodos, procedimientos científico y tecnológico para estimación la cantidad de la fijación y almacenamiento de carbono en la especie *Stipa ichu* así como para la valoración económica del servicio ambiental.

Esta investigación se apoyó en métodos y técnicas cuantitativas y cualitativas de diferentes autores así como las guías nacionales vigentes, para recoger información primaria (información de campo) y la muestra se ha solicitado apoyo de amigos y universitarios de la zona. Las muestras se han enviado al laboratorio a partir de ello y con los datos obtenidos en campo se han procesado en gabinete, logrando los objetivos de la investigación.

Para lograr cumplir con los objetivos, el documento fue estructurado en siete capítulos de la siguiente manera: en el capítulo I, presenta los aspectos metodológicos, en los que se encuentran los antecedentes, descripción y planteamiento problema, así como la formulación de los objetivos. En el capítulo II, trata del marco teórico en el que desarrolla las bases teóricas así como el marco legal. En el capítulo III, se desarrolla los materiales y métodos utilizados para la finalización de la investigación, en el capítulo IV, se desarrolla la descripción del área de estudio, en el capítulo V, se describen los resultados, en el capítulo VI se describen los resultados, en el capítulo VII se desarrolla las conclusiones y finalmente en el capítulo VII se describen las recomendaciones.

CAPÍTULO I

ASPECTOS METODOLÓGICOS

I. ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes nacionales

Palomino, (2007) en la tesis “Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo”, cuyo objetivo fue estimar el servicio ambiental de la captura del CO₂ en diferentes especies de flora predominante y de valor artesanal de los Humedales de Puerto Viejo del distrito de San Antonio – Cañete, para ello calculó el contenido de Carbono almacenado en la biomasa de la especie de flora en los totorales (flora predominante). El total de carbono promedio almacenado fue de 20.1 tC/ha, para el cálculo de CO₂ se utilizó la ecuación $CO_2 = C \times K_r$, como resultado de este último se obtuvo un total de 73.7 tCO₂/ha.

Gorbitz, (2011) en la tesis de “Determinación de las reservas de Carbono en la biomasa aérea en plantaciones de 8 años de *Calycophyllum spruceanum b.* en el Valle del Aguaytía”, evaluó el potencial almacenamiento de Carbono de la especie en mención, el estudio se realizó en dos zonas de la cuenca del río Aguaytía de la provincia de Coronel Portillo – Ucayali. La recolección de las muestras se realizó en el Centro Mundial para la Agroforestería (ICRAF), donde se estratificó 35 parcelas temporales de 100 m², 15 parcelas en la cuenca media y 20 parcelas en la cuenca alta. En estas parcelas se midió diámetro de la altura del pecho (DAP =1.30 m), diámetro de la base (DB) y la altura total (H) de los árboles. La ecuación alométrica que mejor se ajustó para la determinación de la biomasa seca total fue la exponencial de la forma $Bt = 0.072 \times D^{2.642}$, con un R² mayor a 0.98, el cual es de una confiabilidad alta. Como resultado de la investigación se obtuvo que el almacenamiento de Carbono total en plantaciones de *Calycophyllum spruceanum b* en la cuenca del Aguaytía es de 125,9 tC/ha; habiéndose registrado en la cuenca media 84,7

tC/ha y en la cuenca alta 156,8 tC/ha. En la cuenca media, el 74,4% se halló en la biomasa arbórea mientras que el 5,4% y 20,2% en la herbácea y hojarasca respectivamente, en la cuenca alta la biomasa arbórea representó el 82,7% mientras que el 2,6% y 14,7% en la herbácea y hojarasca respectivamente.

Yanqui, Minaya, & Balbín, (2012), en el artículo “Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha”, realiza la investigación con el objetivo de determinar la cantidad de almacenamiento de Carbono en el humedal de la lago Chinchaycocha – Junín, para lo cual se evaluó 20 parcelas de pajonales, 15 parcelas de bofedales y un total de 31 parcelas de totorales. Para la recolección de muestras se tomó en cuenta a tres especies de flora en bofedal, una especie en pajonales y dos en especies de totoral. De estas muestras de biomasa aérea y radicular se analizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y el análisis del suelo se determinó en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Como resultado en el totoral se obtuvo que *Schoenoplectus californicus* Var. *Tatora* almacena: 30,65 tC/ha y *Juncos arcticus* Var. *Andicola*: 8,70 tC/ha. En el pajonal *Deyeuxia recta* Kunth almacena: 7,02 tC/ha en su biomasa aérea y 8,41 tC/ha en su biomasa radicular. En el bofedal: *Plantago tubulosa* almacena: 0,81 tC/ha en su biomasa aérea y 1,88 t C/ha en su biomasa radicular, *Eleocharis albibracteata* almacena 0,22 t C/ha en su biomasa aérea y 2,95 tC/ha en su biomasa radicular, y *Limosella australis* almacena 0,22 tC/ha en su biomasa aérea y 0,38 tC/ha en su biomasa radicular. En el almacenamiento de carbono en suelos se determinó 774,76 tC/ha en pajonales y 684,58 tC/ha en bofedales.

Manzur & Alva, (2013), En la tesis “Bonos de carbono: una oportunidad de desarrollo para el Perú” analiza el proceso del cambio climático, y los antecedentes del *Protocolo de*

Kyoto y su proceso de evolución. Asimismo, evalúa que Perú, con los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) podría ser un gran aportador en la reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) siempre y cuando los tres niveles de gobierno interactúen, impulsen y generen un ambiente óptimo para la inversión en proyectos de MDL. Como conclusión resalta que el *Protocolo de Kyoto* es un instrumento que pone un hito para la mitigación de las emisiones de GEI con el cual frenar el incremento de temperatura global.

Barrantes & Flores, (2013) en la investigación “Estimando la disposición a pagar por la conservación de los pastizales alto andinos” en la región de Pasco cuyo objetivo fue valorar económicamente el valor de existencia de los pastizales por el método de valoración contingente, para ello aplicó una encuesta preliminar de tipo abierta a 30 pobladores y otra cerrada en formato binario a otros 105 pobladores. Los resultados de la encuesta preliminar abierta permitieron definir siete vectores de pagos o BIDs (S/. 1, 5, 10, 20, 25, 30 y 40), los resultados obtenidos en la encuesta fueron procesados mediante el programa NLOGIT 3.0 utilizando una distribución LOGIT, en tres fases: 1) con todas las variables de la encuesta, 2) con las variables socioeconómicas y 3) con el ingreso familiar mensual. Los ingresos de las tres etapas produjeron resultados similares en los signos, negativo para BID y positivo para los ingresos familiares. La DAP fue S/.3.94/familia/mes, con el cual se infiere que la región de Pasco podría recaudar anualmente aproximadamente 1.95 millones de soles para la implementación del Programa de Conservación y Mejoramiento de Pastizales (PCMP).

Cano & Villanueva, (2013), en la investigación “Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos” realizado en los distritos de Huasicancha y Chicche de la provincia de Huancayo-Junín, cuyo objetivo fue determinar la capacidad de almacenamiento de

carbono en especies de pastos nativos altoandinos, para ello realizaron la recolección de las muestras al azar de la biomasa aérea y radicular, considerando el tiempo de crecimiento máximo (abril y mayo). Asimismo en el trabajo de campo se realizó un inventario de flora los que predominaron fueron *Stipa ichu*, *Alchemilla pinnata*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*. Las muestras se llevaron al laboratorio, para la determinación de la concentración de carbono se realizó mediante el método analítico de “Walkley-Black”. Entre los resultados en porcentaje de carbono total (hojas, tallos, y flores) según especie en el distrito de Vista Alegre según especies resultaron: *Stipa ichu* (31,91%), *Alchemilla pinnata* (30.63%), *Festuca dolichophylla* (30.68%) y *Muhlenbergia ligularis* (31.14%) y del distrito de Huasicancha *Stipa ichu* (32.23%), *Alchemilla pinnata* (27.64%), *Festuca dolichophylla* (31.04%) y *Muhlenbergia ligularis* (29.35 %).

Rueda, (2014), en la tesis “Estimación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de una plantación de *inga edulis* en campo verde, Ucayali”, se estimó la cantidad de carbono en la biomasa aérea (hojas, fuste y ramas) los arboles de *Inga edulis* L. (Guaba) plantados en el distrito de Campo Verde de la región de Ucayali. Se evaluó los arboles de guaba, las muestras fueron elegidas de tal manera que represente a toda la población, para lo cual se hicieron análisis de la plantación en 65 parcelas distribuidas en todos los estratos. Durante la evaluación mediante el método destructivo, los componentes de cada árbol fueron pesados, luego se extrajeron submuestras los cuales fueron llevados al laboratorio. Los resultados del estudio indican que al año 2011 la biomasa aérea total fue de 6180.21 tn para la plantación de *inga edulis* y la cantidad de CO₂ almacenado en el mismo año fue de 11330.38 tnCO₂.

Gutiérrez, (2014), en la tesis “Captura y almacenamiento de carbono como servicio ambiental de los totorales en la Reserva Nacional del Titicaca - sector Puno”, estima la captura y almacenamiento de carbono en los totorales, macrófitos del Lago Titicaca, para el muestreo de la especie y utilizó el método de cuadrantes aleatorios, de cada parcela tomó una muestra de 300 g de totora y sustrato, para calcular la materia orgánica, aplicando el método de Walkley y Black, como resultado se concluye que el carbono almacenado existente fue de 8.59 tC/ha y en todo el área de totorales que existe en la Reserva Nacional del Titicaca - Sector Puno, es de 14,230.06 ha, con lo que el almacenamiento de carbono total del área estudiada es de 122, 236.2154 tnC.

Ruíz, (2014), en la tesis “Valoración económica del secuestro de CO₂ en plantaciones de 27 años en especies de *Ormosia coccinea*, *Parkia igneiflora*, y *Simarouba amara*, en el CIEFOR - PTO. Almendra, Perú”, desarrolla la investigación en las parcelas 31-sub parcelas 9 y 14 y parcela 10 del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), para ello estimó en primer lugar la biomasa de cada árbol utilizando el método indirecto, para el cálculo de la biomasa y a partir de este, mediante el método de conversión (factor 0.5) de la IPCC (2003) estimar el contenido de carbono almacenado en estas especies, y finalmente a partir del carbono almacenado estimar el secuestro de CO₂. Como resultado se obtuvo contenido de carbono almacenado en *Ormosia coccinea* 64.05 tnC/ha, *Parkia igneiflora* 68.32 tnC/ha y *Simarouba amara* 91.97 tnC/ha, asimismo el mayor secuestro de CO₂ con 337,21 tCO₂/ha plantación de *S. amara*, seguida de la plantación de *P. igneiflora* con un secuestro de CO₂ de 250,49 tCO₂/ha y por último la plantación con menor tasa de secuestro de CO₂ con 234,86 tCO₂/ha.

Crispín, (2015), en la tesis “Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca Huancavelica Perú”, uno de los objetivos específicos fue de evaluar el servicio de almacenamiento de carbono en el suelo de los bofedales, para ello se calculó el contenido de carbono en términos de CO₂ en los bofedales. Los resultados fueron; 518.80 tonCO₂xha⁻¹, con ello se estima el contenido promedio de carbono es de 24.89%. Asimismo, utilizando el valor promedio del precio de Créditos de Emisión (CER) de Sistema Europeo de Negociación de CO₂ (SENDECO₂), que en su momento fue de 0.31 \$xCO₂⁻¹, el cual resulta 160.828 \$xha⁻¹.

Oliva, Culqui, *et al.*, (2017) en el artículo “Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas”, cuyo objetivo fue investigar las reservas de carbono de un sistema silvopastoril compuesto por pino (*Pinus patula*) como especie arbórea y especies herbáceas nativas, en el distrito de Molinopampa, Chapapoyas – Perú. Para ello se determinó la población a estudiar, la cual estuvo compuesto por todos los sistemas silvopastoriles conformados por pino (*Pinus patula*) como componente arbóreo y como forraje las herbáceas nativas instaladas. Las muestras estuvieron representada por una parcela de aproximadamente una hectárea, siendo representativas de todos los sistemas silvopastoriles del sector. Como componentes del sistema se tuvo a los árboles de pino que tenían entre 8 a 10 años de edad y una densidad de siembra de 4 x 4 m y como componente pastoril a las plantas herbáceas nativas, dentro de estas sectorizaciones en la fase de campo se realizó un estudio de la composición florística de las especies herbáceas presentes dentro del sistema mediante el método transecto lineal. Las muestras recolectadas se llevaron al laboratorio para la determinación de la biomasa seca de cada componente mediante el método “gravimétrico” y para la determinación del carbono se le multiplico por 0.5 (factor de conversión de la IPCC).

Como resultado del inventario florístico estuvo constituido en mayor proporción por la especie *Penisetum clandestinum* (kikuyo), con un 38%, seguido de la especie *Philoglossa mimuloides* (siso) con 25,40 % y pasto *Dactylis glomerata L* (ovillo) con 18,90 %. El carbono retenido por todo el sistema silvopastoril fue 92,13 tn/ha y carbono equivalente a 337,20 tn/ha.

Oliva, Pérez, *et al.*, (2017), en la investigación “Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono” realizado en Amazonas cuyo objetivo fue la cuantificación de las áreas con presencia de pajonales, mediante imágenes satelitales y la cuantificación del carbono retenida por las mismas, para ello en la fase de campo se aplicó la metodología propuesta por Chuvieco (2010) el cual consiste en el método supervisado que parte de un cierto conocimiento del ámbito de estudio, para la delimitación sobre la imagen satelital de las áreas representativas realizó la clasificación supervisada de la cobertura vegetal, una vez delimitada las áreas representativas se procedió la fase de campo en el cual se recolectaron muestras del pajonal de ambas microcuencas en el mes de agosto mediante el método de parcelas, con la ayuda de tijeras se cortó el material vegetal de 1 m², se pesó el total de biomasa cortada para su posterior estimación de materia seca, se colectó una submuestra, se registró el peso fresco y se colocó en una bolsa debidamente identificada. En la fase de laboratorio se pesó luego de que la vegetación herbácea se haya deshidratado por 48 horas para conocer su peso seco y su posterior proyección de la cantidad de biomasa seca por punto de muestreo. En total, de acuerdo a la proyección se obtuvo 9 3526 tn de biomasa seca, lo que se traduce en 4 6763 tn de carbono en todo el pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata; lo que equivale a 10,1 tnC/ha.

Flores, (2017), en la tesis “Captura de dióxido de carbono (CO₂) en la Chillihua (*Festuca dolichophylla presl*) de los pastizales del CIP Illpa-Puno”, tiene por objetivo principal estimar la captura de dióxido de carbono (CO₂) por la biomasa de la Chillihua tanto en la biomasa aérea y radicular. El trabajo de campo se desarrolló en dos parcelas del CIP ILLPA de la UNA – Puno en los lugares denominados Chiji Mocco Pampa y Quello Circa Pampa, para ello se delimitó dos parcelas de 25 m² (parcela cuadrada de 5mx5m) en el que se recolectaron muestras tanto de la parte de la hoja, tallo y raíz, estas muestras se llevaron al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la UNALM, siguiendo el método del “poder calórico”. Como resultado se obtuvo que la densidad de la *Festuca dolichophylla* (chillihua) en los sitios denominados Chiji Mocco y Quello Circa Pampa obteniendo como resultado 11 100 matas/ha y 10 200 matas/ha respectivamente, resultando una densidad promedio de 10 650 matas/ha de “chillihua”, la producción de biomasa verde y seca de la Chillihua en el sitio Chiji Mocco Pampa fue 4.98 tn/ha y 4.41 tn/ha respectivamente, mientras que la producción de biomasa verde y seca en el sitio Quello Circa Pampa fue 7.56 tn/ha y 6.61 tn/ha respectivamente, asimismo se obtuvo 2.10 tnC/ha (Chiji Mocco Pampa) y 2.94 tnC/ha (Quello Circa Pampa). Como resultado final de la captura de CO₂, por componente para el sitio Chiji Mocco Pampa donde se terminó una captura de 0.62 tCO₂/ha en hojas, 6.73 tCO₂/ha en tallos y 0.35 tCO₂/ha en raíces, lo que en conjunto hace en total 7.70 tCO₂/ha; en cambio el sitio Quello Circa Pampa presentó 0.98 tCO₂/ha en hojas, 9.56 tCO₂/ha en tallos y en raíces 0.24 tCO₂/ha, lo que en conjunto hace en total 10.78 tCO₂/ha. En promedio, en ambas áreas de estudio, la chillihua fija 9.2 tnCO₂/ha. Por otra parte, se ha estimado que en las 105.60 ha que ocupan ambos sitios de Chillihua del CIP Illpa, captura en total de 275.64 tCO₂/ha, considerando un precio de 13.4 US\$/ tCO₂, se recaudaría 3 693.58 US\$ por concepto de bonos de carbono. Asimismo menciona que en la tesis “Captura de carbono (CO₂) por la vegetación arbustiva

añahuaya (*Adesmia miraflorensis Remy*), CIP ILLPA – Puno, elaborado por Ticona, (2012) determinó la fracción de carbono aplicando el método del poder calorífico para dos sistemas de distribución de especies; con lo que obtiene que para el sitio disperso la fracción de carbono fue: en hojas 0.49, tallo 0.52 y en la raíz 0.44, mientras en el sitio de mayor densidad fue: en hojas 0.50, tallo 0.51 y raíz 0.43. El contenido de carbono en el sitio disperso fue 4.04 tC/ha y en sitio de mayor densidad fue 4.65 tC/ha, obteniendo como almacenamiento de carbono promedio 4.34 tC/ha.

Meneses, (2017), en la tesis “Valoración económica del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en la cobertura forestal –parque nacional del Huascarán” en el departamento Ancash, para la valoración económica evalúa el almacenamiento y fijación de la cobertura forestal de *Polylepis sp*, El método aplicado para la determinación de carbono fue de “Walkley & Black”, y se concluyó que contenido total de carbono fijado fue 8.9 tnC/ha, asimismo concluye que la disposición a pagar por el servicio de fijación y almacenamiento de carbono es de 31.61 soles anuales/tn de bosque de *Polylepis* conservado.

1.1.2 Antecedentes internacionales

CONAFOR, (2008) en el documento “Catálogo de contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo del noreste de México”, desarrolla los estudios de determinación del contenido de carbono en las especies de coníferas ubicadas al noreste de México, para ayudar a comprender y evaluar su capacidad de captura de carbono, y generar conocimientos sobre procesos para la estimación de biomasa y el desarrollo de inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Este documento proporciona cifras más precisas para el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y colabora con

la generación de medidas para su mitigación a la vez es una guía referencial para futuras investigaciones.

Fonseca, Ruiz, Rojas, & Alice Guier, (2013), en la investigación “Modelos alométricos para la estimación de biomasa y carbono en *Alnus acuminata*” en Costa Rica cuyo objetivo fue construir modelos alométricos para estimar la biomasa en los diferentes componentes del árbol (hojas, ramas, fuste y raíz). En cada árbol se midió del diámetro normal a 1.3 m sobre el nivel del suelo (DAP), para cuantificar la biomasa en campo se pesó los diferentes componentes del árbol (hojas, ramas, fuste, raíz, la vegetación herbácea y necromasa), se tomaron muestras de aproximadamente de 550 g, de cada componente de biomasa para llevarlo al laboratorio. La biomasa del árbol promedio se estimó usando un modelo alométrico desarrollado para el árbol completo (carbono total = biomasa arbórea*fracción de carbono + biomasa de vegetación herbácea*fracción de carbono + biomasa de la necromasa*fracción de carbono). La importancia de este estudio tiene como variable independiente el diámetro normal (1.3 sobre el nivel del suelo) el cual permite estimar la biomasa a partir de una sola variable lo cual baja los costos de los inventarios de biomasa de carbono.

Zermeño *et al.*, (2012) en la investigación “Estimación del intercambio neto de CO₂ en un cultivo de caña de azúcar durante el ciclo de plantilla”, desarrollado en parcelas denominado Santa Anita, municipio de Xicotécatl, Tamaulipas, México. El objetivo fue determinar el intercambio neto de CO₂ entre el ecosistema (vegetación y suelo) y la atmósfera (NEE). La población muestral fue en la siembra de la caña de azúcar donde se instalaron sensores de sistema de covarianza Eddy sobre el dosel de un cultivo de caña de azúcar para medir el flujo de calor (H), vapor de agua (LE) y CO₂ (FCO₂) entre el dosel del

cultivo y la atmósfera. Como resultado se obtuvo que el valor promedio de los valores máximos de NEE diurno por lo cultivos de caña de azúcar entre el 9 y 29 de octubre de 2008 fue $-28.23 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, mientras que la media de los valores máximos de la tasa instantánea de liberación (respiración nocturna) fue $6.39 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

García, González, & Inés, (2005) en la investigación “Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de carbono orgánico en suelos”, el objetivo del estudio fue comparar ambos procedimientos analíticos: valoración y colorimétrico, para determinar el porcentaje de carbono orgánico en muestras de suelos, con la finalidad de sustituir la valoración por el método colorimétrico. Para el estudio se seleccionaron tres muestras de suelo de los lugares Libertad, Carache y Andrés Eloy Blanco (Colombia), estas muestras fueron secadas al aire, fueron trituradas en mortero y tamizadas de 2 mm de diámetro, a las muestras se aplicaron el método de “Walkley-Black” tanto por titulación y el colorimétrico. En cuando a los resultados se concluyó que el procedimiento calorimétrico para evaluar carbono orgánico de las muestras de suelo se puede sustituir por el procedimiento de titulación en el método de combustión húmeda de “Walkley Black”, debido a que no existen diferencias significativas entre ambos procedimientos.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Descripción del problema

El cambio climático es la consecuencia del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Estos GEI ocasionan que un mayor porcentaje de los rayos provenientes del sol queden en la atmósfera, generando un incremento de temperatura a escala global. Sin embargo, el problema ni el concepto de "cambio climático" es nuevo, ya hace décadas los científicos se manifestaron frente a este

fenómeno (Zavaleta, 2016; citado por WWF *s.f.*). En los últimos años las actividades humanas y la sobreexplotación de los recursos naturales se ha incrementado de forma tan drástica, ante ello las condiciones ambientales que contribuyen a nuestro desarrollo y crecimiento sostenible empiezan a deteriorarse significativamente (WWF, 2016).

Las actividades humanas y la sobreexplotación de los recursos naturales han crecido de forma drástica, desde la mitad del siglo XX (Steffen, Crutzen, & McNeill, 2007). Los combustibles fósiles, de fácil acceso, suministran energía para el uso doméstico y la producción industrial, lo que hace posible el comercio mundial, sin embargo, su empleo también ha incrementado las concentraciones de CO₂ en la atmósfera los cuales contribuyen al incremento de la temperatura y en efecto al calentamiento global.

El gas (GEI) más importante después del vapor de agua es el CO₂, cuyas emisiones en la atmósfera se han ido incrementando desde la época pre-industrial como consecuencia de la combustión de fósiles y el cambio de uso de suelos, dando lugar a un importante incremento en la atmósfera a nivel mundial, el cual es un fenómeno que se considera una de las mayores amenazas para el futuro de la humanidad (Duarte *et al.*, 2006).

Ante este panorama, el Protocolo de Kyoto busca estrategias que permita mitigar de manera considerable las emisiones globales de los GEI, y se establece la necesidad de cuantificar el carbono almacenado en los sumideros de los GEI. Los principales sumideros de GEI en definitiva son los bosques y más si son de crecimiento rápido, los cuales acumulan enormes cantidades de carbono en la madera y en el ecosistema a través de la fotosíntesis que absorben CO₂ atmosférico, el cual almacena en los diferentes componentes y devuelven oxígeno a la atmósfera. La fijación y almacenamiento de carbono, es un servicio ecosistémico que se basa en el proceso de transformación del carbono atmosférico a carbono orgánico almacenado en el suelo y en los sistemas vegetales aéreo (hojas y tallos) y radicular (raíces).

Existen muchas investigaciones de almacenamiento de carbono o secuestro de dióxido de carbono (CO₂) en bosques, sin embargo, en ecosistemas altoandinos así como los bofedales, pajonales, césped de puna, y más aún en la especie de *Stipa ichu* son pocos los estudios relacionas al servicio ambiental que brindan, a pesar de que en nuestro país las especies que crecen en este tipo de cobertura vegetal cubren grandes extensiones y no han merecido tanta atención investigativa. Las especies que crecen en los ecosistemas altoandinos pueden ser un gran potencial aportador para mitigar el cambio climático, mediante la fijación del CO₂, que si son bien manejados podrían ser igual o más importante que los bosques amazónicos.

Desafortunadamente en el Perú y a nivel de las zonas altoandinas de Latinoamérica, muchos de estos ecosistemas han sido alterados o degradados a través del tiempo sin conocer los potenciales servicios ambientales, como es el caso de la cobertura forestal de la microcuenca Chaclatacana, en el cual predomina la especie de *Stipa ichu*. Esta especie, en las zonas altoandinas de nuestro país carece de un manejo o uso sostenible debido a que el aprovechamiento directo de este recurso es poco o nulo. En la mayoría de los casos, los pobladores le restan importancia a esta especie que por tal razón, generalmente estas son quemadas con la finalidad extender su frontera agrícola. Esta práctica inadecuada genera una serie de problemas ambientales; incremento de la erosión y disminución de la fertilidad de los suelos, reducción del almacenamiento del recurso hídrico, reducción de almacenamiento de carbono, disminución del secuestro de CO₂, etc. El conocimiento de los servicios ambientales que brinda esta especie y su valoración económica son insuficientes para ser sometidos a un plan de manejo, que al aplicarse seria de vital importancia para contribuir a mitigar problemas globales como el cambio climático, debido a su potencial fijación de CO₂.

El deficiente conocimiento de valoración económica de los servicios ambientales que los ecosistemas altoandinos proveen a la sociedad es una de las dificultades para los tres niveles de gobierno puedan formular planes de gestión de conservación de cuencas que cubren este tipo de cobertura vegetal, sumado a la retribución de la conservación de estos recursos que es difícilmente recompensado. Por tal motivo, la creación de mecanismos internacionales para que diversos países puedan comprar y vender servicios de almacenamiento de carbono, es una fuente potencial de financiamiento para proteger y conservar nuestro sistema de pastos altoandinos toda vez que responden a la preocupación global frente al deterioro ambiental mundial.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema principal

- ✓ ¿De qué manera influye el potencial servicio ambiental de almacenamiento de carbono de la especie *Stipa ichu* (ichu) en la microcuenca Chaclatacana – Huancavelica en la mitigación del calentamiento global?

1.3.2 Problemas secundarios

- ✓ ¿De qué forma se encuentra distribuida la especie *Stipa ichu* (ichu) en relación a la altitud de la microcuenca Chaclatacana?
- ✓ ¿Cuál es la producción de biomasa aérea y radicular de la especie *Stipa ichu* en la microcuenca Chaclatacana?
- ✓ ¿De qué manera se puede estimar el contenido de carbono en la biomasa de la especie en función de la altura del *Stipa ichu* (ichu)?
- ✓ ¿Cuál es el potencial almacenamiento de carbono en la biomasa de la especie *Stipa ichu* (ichu) en la microcuenca Chaclatacana?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- ✓ Evaluar el potencial servicio ambiental de almacenamiento de carbono en la especie *Stipa ichu* (ichu) de la microcuenca Chaclatacana – Huancavelica.

1.4.2 Objetivos secundarios

- ✓ Determinar la variación de la densidad de la especie *Stipa ichu* (ichu) en relación a la altitud de la microcuenca Chaclatacana mediante el inventario de matas de ichu en parcelas cuadradas.
- ✓ Estimar la producción de biomasa aérea y radicular de la especie *Stipa ichu* (ichu) en la microcuenca Chaclatacana mediante el método destructivo.
- ✓ Determinar una ecuación alométrica para estimar el contenido de carbono en función de la altura de la especie *Stipa ichu* (ichu) en base el análisis estadístico de regresión.
- ✓ Estimar la capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y radicular de la especie *Stipa ichu* (ichu) mediante el método de Walkley y Black.

1.5 Hipótesis

El servicio ambiental de almacenamiento de carbono en la especie *Stipa ichu* (ichu) de la microcuenca Chaclatacana – Huancavelica es un potencial contribuyente en la mitigación del calentamiento global.

1.6 Variables

La síntesis de la variable dependiente e independiente correspondiente al objetivo general se presenta en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Variable dependiente.

Variables dependiente (VD)	Indicadores	Unidad de medida
Almacenamiento de carbono	Cantidad de carbono almacenado	tnC/ha

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Tabla 2. Variable independiente.

Variable independiente (VI)	Indicadores	Unidad de medida
Especie <i>Stipa ichu</i>	Densidad del <i>Stipa ichu</i>	und/ha
	Área de cobertura del <i>Stipa ichu</i>	Ha
	Tamaño del <i>Stipa ichu</i>	cm, m.
	Edad de la muestra	años
	Precipitación	mm
	Área de la microcuenca	ha

Fuente: Elaboración propia, (2018).

1.7 Justificación e importancia

1.7.1 Justificación

La región de Huancavelica – Perú tiene el 31.157 % de superficie de pajonal, seguido de pajonal/césped de puna con 26.075 % de acuerdo a la zonificación económica ecológica (ZEE) del departamento de Huancavelica (Gobierno regional de Huancavelica, 2013). En estos ecosistemas existen muchas especies que conforman ecosistemas de pastos altoandinos entre ellos y en gran proporción se encuentra la especie *Stipa ichu* (ichu) cubriendo grandes extensiones a nivel de la región de Huancavelica, así como en otras regiones altoandinas de nuestro país. Esta especie por su gran extensión y representatividad, haciendo un manejo adecuado en la conservación y preservación, podrían llegar a ser potenciales reservorios de carbono, tal vez tan o igual de importante

como las especies que conforman bosques, por lo que no se puede omitir o dejar de lado las investigaciones en los servicios ambientales que brindan la especie *Stipa ichu*, que también contribuyen en la mitigación del cambio climático reduciendo los niveles CO₂ atmosférico que se considera uno de los gases de efecto invernadero (GEI) en mayor abundancia sobre nuestro planeta. A pesar de ello, en el Perú, existen pocas investigaciones que contengan análisis exhaustivos de almacenamiento de carbono, así como otros servicios ambientales que brindan estas especies que conforman ecosistemas altoandinos como es el caso de la especie *Stipa ichu*, razón por la cual merecen ser estudiados con la finalidad de conocer los potenciales servicios ambientales y proponer estrategias viables dirigidas a mitigar los efectos del cambio climático.

1.7.2 Importancia

Los resultados de la presente investigación permitirán la generación de información sobre los métodos, procedimientos científico-tecnológico para la estimación de la cantidad de almacenamiento de carbono en la especie del *Stipa ichu* así como otros potenciales servicios ambientales.

Asimismo, contribuirá a las futuras investigaciones para temas relacionados al manejo de especies altoandinos, manejo de cuencas, valoración económica en sistema de pastos altoandinos o especies que conforman la cobertura vegetal altoandina los cuales puedan ser modelados dentro de un área determinada. Por otro lado, será un instrumento de gestión que contribuya en un plan de mediano y largo plazo a la toma de decisiones más idóneas de autoridades locales o regionales que tengan gran cobertura de especies como el *Stipa ichu* o especies similares para una mejor planificación de territorios, gestión sostenible de cuencas donde predominan estos ecosistemas, evitando el cambio de uso de suelo y otros efectos ambientales consecuentes de la degradación de este tipo de cobertura vegetal, de

esta manera gestionar y buscar mecanismos para ofertar e ingresar al mercado de bonos de carbono para tener retribuciones económicas a la vez se estaría contribuyendo en la mitigación del cambio climático y sus efectos que en tiempos actuales ha cobrado gran importancia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Descripción morfológica de la especie *Stipa ichu*

De acuerdo a (Tovar, 1993; citado por Ruiz & Pavón, 1289), es una especie perenne, que crece forma de matas (cespitosa) con brotes o proliferación herbácea en nudos muy cercanos (amacollada), llega hasta 1.5 m de altura. Sus cañas son de 25 a 90 cm de altura, erguidos, desprovisto absolutamente de pelos (glabros), sus láminas foliares de alcanzan de 10 - 33 cm de largo y puntiagudas. Su inflorescencia está formada por un racimo es comúnmente espiciforme, sedosa, densamente florida, de 15-30 cm de largo. Sus espiguillas en su mayor parte cortamente pediceladas.

Según Tapia, (1971); citado por Caro, (1967), el *Stipa ichu* es propia de los Andes peruano-boliviano que es muy semejante al *Stipa pseudo-ichu* y se reconocen por tener las hojas dimorfas, mientras que *Stipa ichu* tiene todas sus hojas uniformes o iguales.

Figura 1. Pradera de *Stipa ichu*



Fuente: Propia, (2018), trabajo de campo.

Distribución:

La distribución del *Stip ichu*, abarca por el sur de México, Costa Rica, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. En cuanto a la distribución a nivel del Perú, abarca los departamentos Ancash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cuzco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La libertad, Lambayeque, Lima, Pasco y Puno (Tovar, 1993; citado por Ruiz & Pavón, 1829)

Hábitat:

Su hábitat es la parte altoandina el cual conforma el sistema de pastos altoandinos, conformando grandes pajonales o comunidades, siendo el elemento típico y más diversificada en puna en general en los andes de nuestro país. Abarca generalmente a una altitud entre 3200-4200 m.s.n.m en promedio (Tovar, 1993). Esta especie crece en suelos sueltos poco profundo, en planicies, laderas degradadas, borde de cultivos y caminos (Tapia, 1971; citado por Ruiz & Pavón, 1829). Esta especie se ha adaptado a cambios bruscos de temperatura, que es un clima propio de la puna y del altiplano.

Usos:

Matas enteras de la especie son utilizados para el techado de viviendas altoandinas, su paja es usada como base para el proceso de elaboración del chuño, en algunas regiones son usadas para elaborar soguillas, asimismo los pobladores también lo usan para la elaboración del adobe. En cuanto el alimento para el ganado, son consumidos por ganado bobino, ovino y camélidos solo en sus brotes tiernos ya que a medida que va creciendo la palatabilidad decrece, ya cuando están maduras estas se secan y su palatabilidad decrece enormemente.

Clasificación taxonómica

De acuerdo a la clasificación taxonómica de Ruiz, Pavon, & Kunth, (1829), describe:

Reino: Plantae

Sub. Reino: Traqueobionta (plantas vasculares)

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas)

División: Magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: Liliopsida (monocotiledóneas)

Subclase: Commelinidae

Orden: Cyperales

Familia: *POACEAE*

Subfamilia: Stipoideae

Tribu: Stipeae

Género: *Stipa*

Especie: *Stipa ichu*

Nombre común: Ichu

2.1.2 Pastizales altoandinos.

Los pastizales son ecosistemas terrestres en los que prevalece la vegetación herbácea y arbustiva. Se mantienen a pesar de los incendios, el pastoreo, las sequías y las variaciones de temperaturas bruscas como la helada o temperaturas muy cálidas (WWF, 2016; citato por White *et al.*, 2000). A estas especies, las actividades antropicas están ejerciendo una gran presión debido a que son ecosistemas aptos para la agricultura, ganadería, entre otros.

(MINAGRI, 2017), define que los pastos altoandinos están formados por numerosos grupos de especies que pertenecen a las gramíneas, seudogramíneas, hierbas y arbustos, los

cuales se diferencian por su apariencia o morfología. Dependiendo de la predominancia de estos grupos los pastos naturales altoandinos o pastizales se clasifican en tipos, que vienen a ser plantas de apariencia similar que abarcan un área determinada. Dentro de la cobertura vegetal las siguientes especies pastizales más representativas:

La calidad del pastizal, de acuerdo a Tapia, (1971) se determina con la evaluación del “índice de densidad de forraje” y su “rango de vigor”. El “índice de densidad de forraje” es la suma de las especies anotadas como “deseables”, mas “poco deseables”, expresado en porcentaje de numero de toques, lo cual se compara con la Tabla 3, de calificación de la vegetación.

Tabla 3. Rango de calidad de pastizal

% de densidad de forraje	% especies deseables	% calidad del pastizal
Menos de 10	Menos de 5	Muy pobre
10.1 a 35	5.1 a 15	Pobre
35.1 a 50	15.1 a 30	Regular
50.1 a 65	30.1 a 45	Buena
Más de 65	Más de 45	Muy buena

Fuente: Tapia, (1971).

Pajonales, dominados por vigorosas gramíneas perennes, cespitosas de porte alto, conocidas comúnmente como “ichu”. Los géneros más representativos de esta comunidad de plantas son *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*. Entre las especies más conocidas tenemos a *Festuca dolichophylla* (chilligua), *Festuca weberbaueri* (*Calamagrostis antoniana* ó “hatún pork’e), *Calamagrostis recta*, *Stipa ichu* (ichu), *Stipa obtusa* (MINAGRI, 2017)

Césped de puna, con predominio de plantas cespitosas de menor tamaño, plantas arrosetadas (hojas muy juntas y pegadas a casi a ras del suelo), y plantas de porte almohadillado; representada por especies de los géneros *Pycnophyllum*, *Azorella*, *Aciachne*, *Werneria*. Especies más conocidas: *Pycnophyllum molle*, *Azorella diapensoides* (pasto estrella), *Calamagrostis vicunarum* (crespillo) (MINAGRI, 2017).

2.1.2.1 Praderas altoandinas

Se encuentran entre los 3.800 a 4.400 msnm. Están compuestas por una vegetación baja, cuya época de crecimiento coincide con la estación de lluvias. La mayoría son gramíneas perennes. Su tamaño, sin considerar los tallos floríferos, alcanza un metro en las especies más altas como la chilligua (*Festuca dolichophylla*). A las gramíneas, se asocian otras hierbas, tanto anuales como perennes. Los arbustos están muy diseminados. Al finalizar la estación de lluvias (de crecimiento para todos los pastos), sigue la estación seca, en la que las hierbas más delicadas desaparecen y queda una vegetación compuesta principalmente por gramíneas. Las gramíneas constituyen el mayor grupo de especies vegetales en estas praderas. Entre las especies principales se menciona: la chilligua (*Festuca dolichophylla*), el crespillo (*Calamagrostis vicunarum*), el ichu (*Stipa ichu*), el llachu o chili (*Muhlenbergia fastigiata*) y el ccachu (*Poa candamoana*). Éstas constituyen especies indicadoras o claves en el manejo de las canchas o potreros (Florez, 2005).

2.1.3 El carbono

El carbono (C) es un elemento fundamental de los compuestos orgánicos, en los que se combina con nitrógeno, fósforo, azufre, oxígeno e hidrógeno para constituir las moléculas más importantes para la vida. La disponibilidad del carbono no es infinita en nuestro planeta es por ello que circula entre la materia orgánica y el ambiente físico-químico

constantemente. El C en su unión molecular con el oxígeno (O₂) constituye el dióxido de carbono (CO₂), gas resultante de procesos tanto geoquímicos como biológicos, y cuya presencia en nuestra atmósfera es fundamental en la regulación de la temperatura del planeta debido a sus propiedades como gas de efecto invernadero. El movimiento del C ocurre a diferentes escalas espacio-temporales, que van desde el nivel molecular, pasando por los organismos hasta el global (Jaramillo, 2004).

La captura forestal de carbono se basa principalmente en dos perspectivas: la absorción activa de la nueva vegetación y las emisiones evitadas gracias a la vegetación existente. La primera incluye a las actividades que implican la plantación de árboles nuevos (como la forestación o la agrosilvicultura). También incluye la sustitución de los combustibles fósiles por biomasa producida de manera sostenible con el fin de reducir las emisiones de carbono que provienen de la producción de energía. La segunda considera la prevención o reducción de la deforestación y del cambio de uso de suelo o la reducción del daño a los bosques existentes. Otros ejemplos de acciones para disminuir la acumulación de carbono son: La prácticas mejoradas de explotación forestal y la prevención de incendios forestales (Bishop & Landell, 2006).

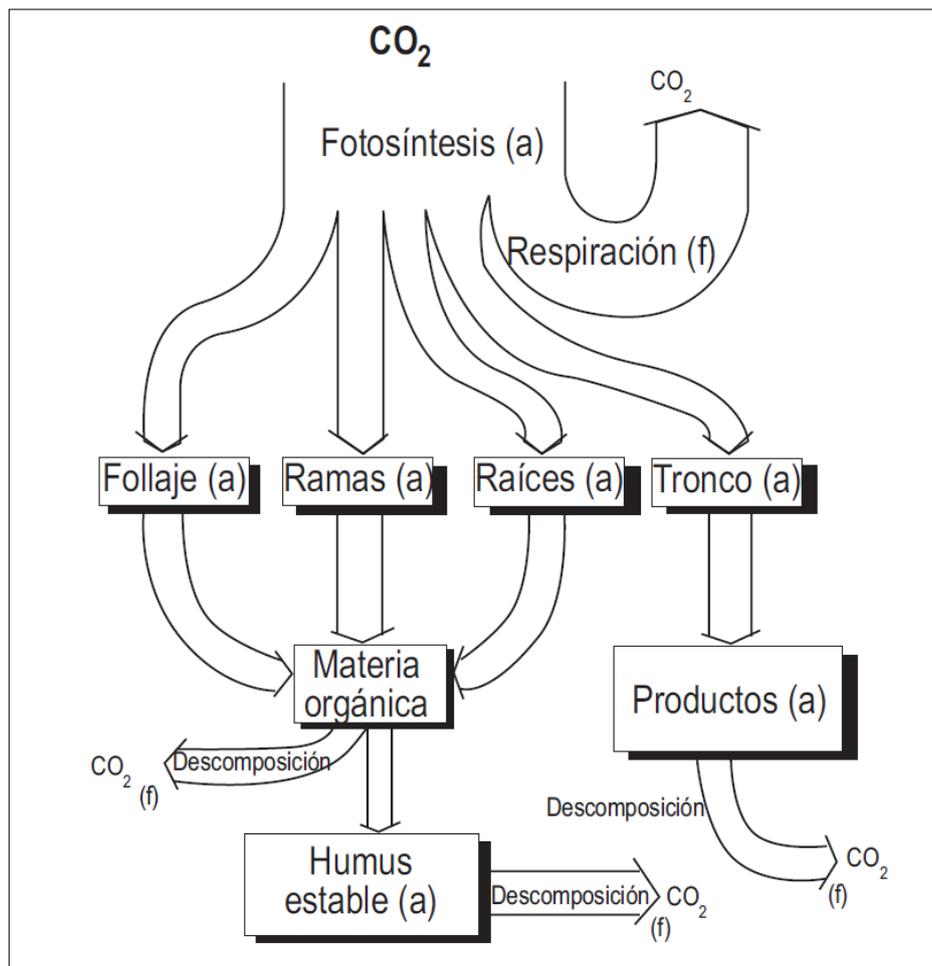
2.1.3.1 El carbono en los ecosistemas forestales

Una vez que el dióxido de carbono (CO₂) atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, éste participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar todas las estructuras necesarias para que la especie vegetal (árbol, arbusto, herbácea, pastos, etc.) pueda desarrollarse. La especie vegetal al crecer va incrementando su follaje, ramas, flores, frutos, yemas de crecimiento (que en su conjunto conforman la copa); así como altura y grosor del tronco en caso del árbol. Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo y al degradarse se

incorpora paulatinamente y da origen al humus estable que, a su vez, aporta nuevamente CO_2 al entorno (Benjamín & Masera, 2001).

Simultáneamente los troncos, al ir incrementando su diámetro y altura, alcanzan un tamaño tal que puedan ser aprovechados con fines comerciales. De este aprovechamiento se extraen productos como: tablas, tablonos y polines, que darán origen a subproductos elaborados como: muebles y casas. Estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado después del cual se degradan aportando carbono al suelo y CO_2 producto de su descomposición a la atmósfera (Benjamín & Masera, 2001).

Figura 2. Flujos y almacenes de carbono



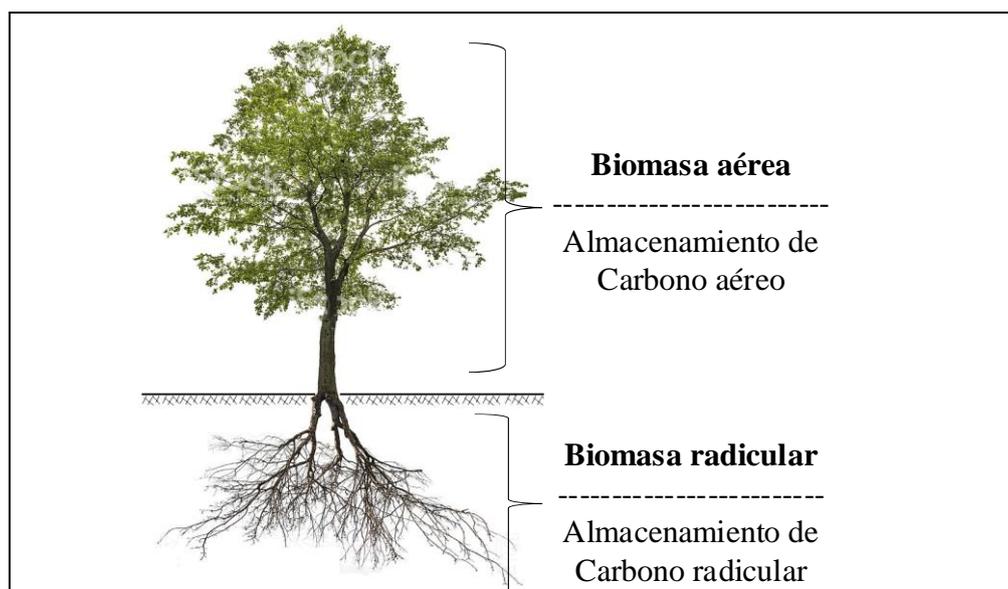
Fuente: Ordoñez, (1999).

Durante el tiempo en que el CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO₂ fluye para regresar al ciclo del C. En la Figura 2, se representa los flujos que se representa con (f) y almacenes (a) de C en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de C, que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal (Ordóñez, 1999).

2.1.3.2 Carbono en vegetación

El carbono en vegetación es la suma del contenido en la biomasa aérea y la que se halla en la biomasa de las raíces. La biomasa aérea comprende el tronco, las hojas, las ramas y el follaje, mientras que el carbono contenido en las raíces es definido como biomasa de las raíces.

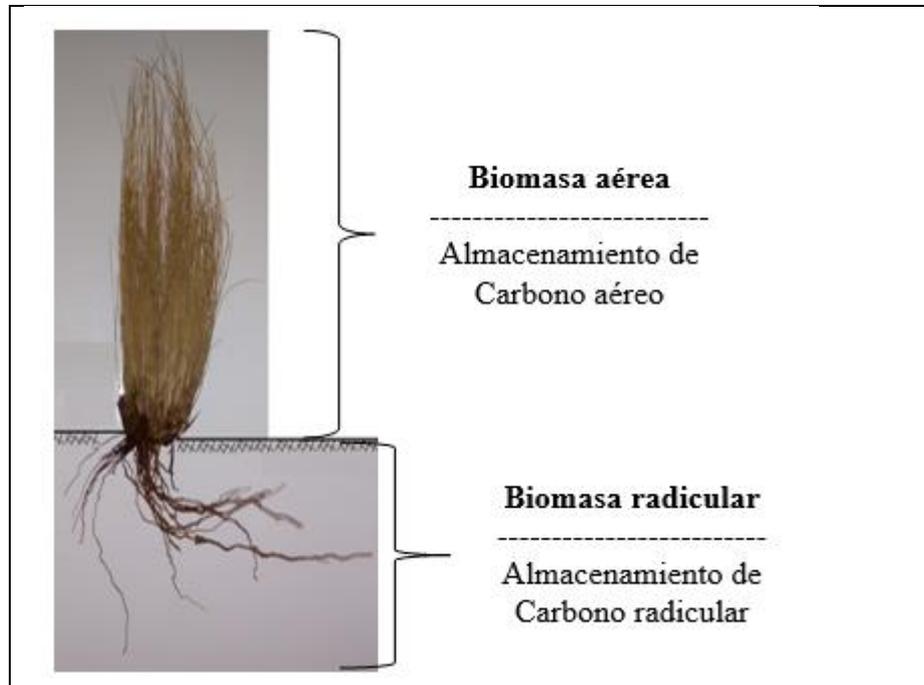
Figura 3. Composición de la biomasa vegetal



Fuente: Elaboración propia, (2018).

De similar forma, la biomasa aérea y radicular de la especie *Stipa ichu*, está compuesta tal como se aprecia en la Figura 4.

Figura 4. Composición de la biomasa de la especie *Stipa ichu*



Fuente: Elaboración propia, (2018).

2.1.3.3 Captura unitaria de carbono

Para definir la captura unitaria de C se estima el carbono contenido en diferentes almacenes, estos pueden ser emitidos o ahorrados (Ordóñez, 1999); estos almacenes contemplan:

- ✓ **Carbono en vegetación (C_v)**, El carbono en vegetación es la suma del contenido en la biomasa aérea y la que se halla en la biomasa de las raíces (biomasa radicular).

- ✓ **Carbono en descomposición (C_d)**, Es el contenido en la materia orgánica que se encuentra en proceso de descomposición; es originada cuando las estructuras vegetales aéreas (hojas, las ramas o el tronco) son depositadas en el suelo.

- ✓ **Carbono en el suelo (C_s)**, Es el C contenido en las capas que conforman el suelo forestal. Esta se origina por la fragmentación de la roca madre meteorizada por el establecimiento de un organismo vegetal que con el tiempo forma capas por acumulación de materiales. Al irse acumulando éstas fueron compactándose y almacenando una cierta cantidad de C, misma que aumentará por la continuidad del proceso de formación del suelo.

- ✓ **Carbono en productos (C_p)**, Son los productos forestales que almacenan carbono durante todo el tiempo de vida del producto. Cuando éste termina, el carbono se incorporará al ciclo dependiendo del proceso de degradación del producto. Mientras mayor sea la vida media de un producto forestal el carbono estará almacenado por más tiempo.

- ✓ **Carbono ahorrado por sustitución de combustibles fósiles (C_f)**, Es una alternativa para capturar C sustituyendo combustibles de origen fósil por el uso de la biomasa forestal para la producción de energía.

Una vez definiendo cada componente, para la determinación del C total (C_t), se suma cada parte del C unitario, tal como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$C_t = C_v + C_d + C_s + C_p + C_f \quad (1) \text{ Estimación del Carbono total}$$

Y como resultado de la sumatoria se obtiene C_t que es igual al C total fijado (en tn/ha) o se puede estimar dinámicamente como:

$$C_t = \int \frac{C_v + C_d + C_s + C_p}{Tiempo} + \sum C_f \quad (2) \text{ Carbono total en un tiempo}$$

De esta forma Ct es el promedio del carbono fijado en vegetación, materia en descomposición, suelos y productos forestales, más la suma del C ahorrado por la sustitución de combustibles fósiles debido al uso de otras fuente de energías renovables (bioenergía). En las opciones forestales de mitigación la captura de C se mide en toneladas de carbono por ha (tnC/ha/año) (Ordóñez, 1999).

2.1.4 Sumideros de Carbono

Se considera a todo proceso o sistema por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena en un depósito natural o antrópico de carbono (Protocolo de Kyoto, 1997). El secuestro de carbono es el proceso de extracción del carbono o del CO₂ de la atmósfera y almacenarlo en un depósito.

Los sumideros de carbono o sumideros de CO₂, absorben el carbono de la atmósfera y contribuyen a reducir la cantidad de CO₂ del aire. Los principales sumideros eran los procesos biológicos de producción de carbón, petróleo, gas natural, los hidratos de metano y las rocas calizas. Hoy día son los océanos, y ciertos medios vegetales (bosques en formación).

Las formaciones vegetales actúan como sumideros de carbono (C) por su función vital principal, que es la fotosíntesis. Mediante esta función, todos los vegetales absorben dióxido de carbono (CO₂) que compensa las pérdidas de este gas que se producen por la respiración como las emisiones producidas en otros procesos naturales como por ejemplo la descomposición de materia orgánica (Carvajal, s. f.).

Las consideraciones de los sumideros de C de acuerdo a los artículos del Protocolo de Kyoto son los siguientes:

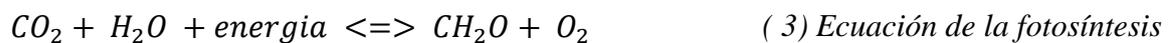
- ✓ El Artículo 3.3, que hace referencia a las variaciones netas de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de GEI debidos a la actividad

humana directamente relacionada con el cambio del uso de la tierra y la silvicultura, limitada a la forestación, reforestación y deforestación desde 1990, calculadas como variaciones verificables del carbono almacenado durante el período de compromiso. Las Partes incluidas en el anexo I del artículo tienen el compromiso de informar sobre las actividades de las fuentes de emisiones y la absorción por los sumideros de los GEI que guarde relación con esas actividades.

- ✓ El Artículo 3.4, que hace referencia a la contabilización de las actividades adicionales a las anteriores. Las actividades adicionales admitidas son: gestión agrícola, gestión forestal, gestión de pastos y restablecimiento de la vegetación. Estas actividades se consideran los que no se realizaban con anterioridad a 1990. Son actividades opcionales, ya que pueden elegirse varias, una o ninguna. Las Partes del anexo 1 debieron decidir antes del 31 de diciembre de 2006 la gestión de bosques, gestión de tierras agrícolas, gestión de pastos, y restablecimiento de la vegetación en sus contabilizaciones nacionales y documentar sus elecciones.
- ✓ El Artículo 6 hace referencia a los proyectos de encaminados a reducir las emisiones antropógenas por las fuentes o incrementar la absorción antropógena por los sumideros de los gases de efecto invernadero en cualquier sector de la economía. Todo proyecto de ese tipo permitirá una reducción de las emisiones por las fuentes, o un incremento de la absorción por los sumideros, que sea adicional a cualquier otra reducción u otro incremento que se produciría de no realizarse el proyecto.

2.1.5 Ciclo del carbono

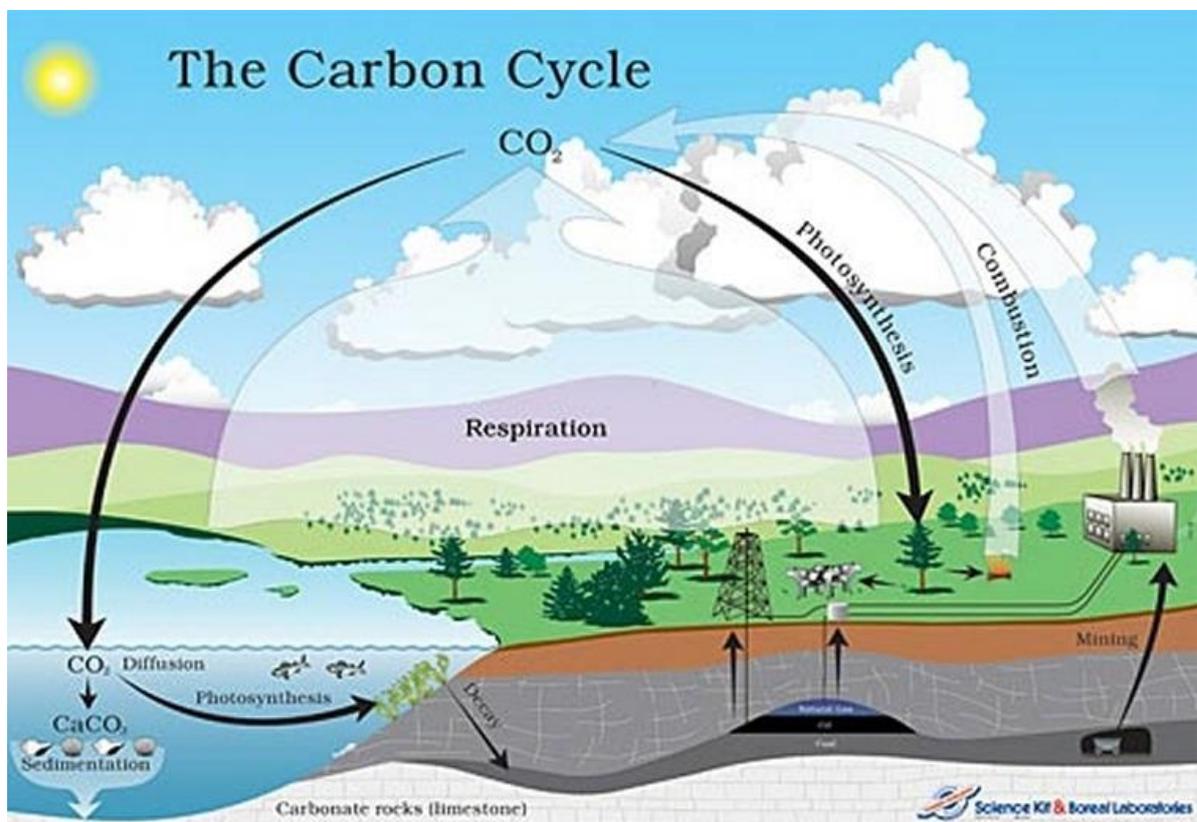
El ciclo de carbono está determinado por el almacenamiento y la transferencia entre la atmósfera, biósfera, litósfera y océanos de moléculas constituidas por el elemento carbono (Honorio & Baker., 2010). El carbono se transfiere entre el CO₂ y los organismos vivos y muertos mediante el proceso básico de fotosíntesis. En la Ecuación 3 (ecuación de la fotosíntesis) se observa de manera simplificada;



A nivel global, el ciclo del C es un sistema complejo que involucra procesos geológicos, químicos y físicos. En la atmósfera hay, principalmente, el dióxido de carbono (CO₂), que, incluso en pequeña proporción en relación al carbono planetario (0,001%), es esencial para vida en la tierra al equilibrio del clima. Se denomina de ciclo lento del carbón a la circulación del carbón fijado en las rocas sedimentarias y combustibles fósiles, que retornan a la atmósfera en la escala de milenios, por medio de volcanismo, erosión (fluvial) y extracción. Los intercambios biosfera y del océano con la atmósfera forman lo que se llama ciclo rápido del carbono. La concentración en la atmósfera de algunos gases invernadero (que absorben radiación infrarroja termal), principalmente el CO₂ y el metano (CH₄), ha aumentado de manera considerable en las últimas décadas, como resultado del desbalance entre las entradas y las salidas de carbono, debido a la quema de combustibles fósiles, la deforestación y las quemaduras de vegetación, principales responsables por la observación del calentamiento global en los últimos 100 años (Rocha *et al.*, s. f.; citado por IPCC, 2001). En la Figura 5, se aprecia el ciclo del carbono, y en la Figura 6, se aprecia el balance a nivel global del ciclo del carbono hasta el año 1995.

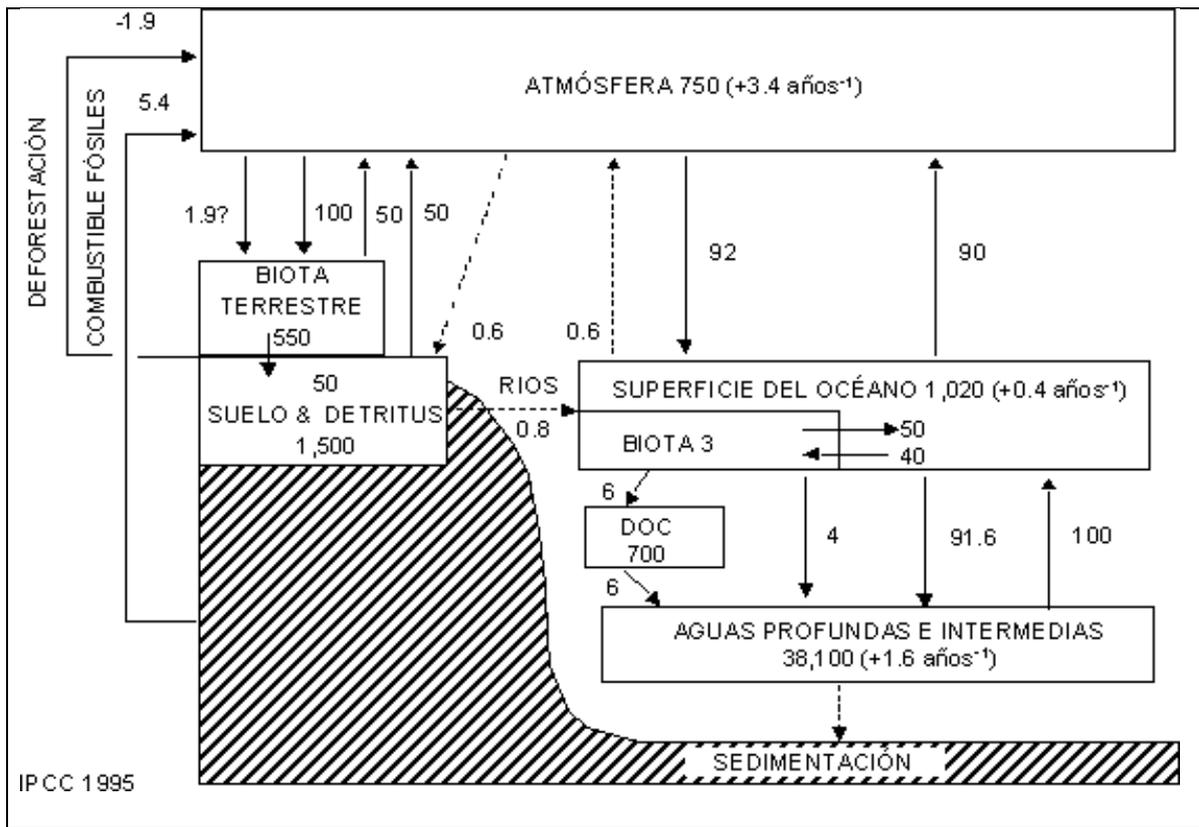
A nivel global, el área total de los bosques es de aproximadamente 3,4 billones de ha; y un tercio de la superficie terrestre está cubierta con vegetación maderera (Kanninen, 2001). Una porción considerable del total del área forestal es llamada área maderera abierta, incluyendo las sabanas. El 52 % de los bosques abiertos y cerrados se encuentra en los trópicos, seguidos de las latitudes altas con un 30 % y las en las latitudes medias 18 % (Kanninen, 2001).

Figura 5. Ciclo del Carbono



Fuente: Carbon Cycle on Global Warming (2010)

Figura 6. Ciclo global del Carbono



Fuente: Kanninen, (2001); citado por IPCC, (1995).

2.1.6 Dióxido de carbono (CO₂)

En la naturaleza, billones de toneladas de C en forma de CO₂ son emitidas a la atmósfera anualmente por medio de los procesos naturales (fuentes) y son absorbidos por los océanos y la bioma viva (sumideros). Los flujos continuos más grandes ocurren entre la atmósfera y la biota terrestre y entre la atmósfera y el agua de la superficie de los océanos. En la atmósfera, el carbono existe predominantemente en forma oxidada: el CO₂. Este gas forma parte del ciclo global del C, por lo que su destino es una función compleja de diversos procesos geoquímicos y biológicos. El tiempo de vida del CO₂ en la atmósfera es de 5 a 200 años (Homero & Gasca, 2004). La cantidad en que se incrementó la presencia de CO₂ en la atmósfera se debe predominantemente a la oxidación del carbono orgánico por la quema de combustibles de origen fósil a esto se suma la deforestación. El

aumento de la concentración del CO₂ a partir de la industrialización es espectacular comparado con las concentraciones estables de CO₂ (280 ± 10 ppm) de los milenios precedentes. El ritmo medio de aumento desde 1980 es de 0.4 % anual. La mayoría de las emisiones durante los últimos 20 años se deben a la quema de combustibles de origen fósil; el resto (de 10 a 30 %) proviene predominantemente de los cambios en el uso de la tierra, especialmente por la deforestación.

El CO₂ es el gas de efecto invernadero dominante debido a las actividades humanas, con un forzamiento radiativo actual de 1.46 W/m², que representa 60% del total de los cambios en las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero, muy resistentes, mezclados de manera homogénea en todo el planeta (Homero & Gasca, 2004; citado por Albritton y Meira, 2001).

En la Tabla 4 se presenta, la proyección de generación de los GEI del 2002 al 2025 de los principales países que industrializados.

Tabla 4. Emisión de CO₂ en millones de toneladas en 2002

País o región	Año 2002	Año 2025	Crecimiento prom. anual (%)	Crecimiento total (%)
Mundo (totales)	24410	38791	2	58.9
Estados Unidos	5752	7980	1.4	38.7
Europa Occidental	6550	3953	0.5	11.4
Japón	1180	1242	0.2	5.3
Canadá	586	806	1.4	37.5
Australia/Nueva Zelanda	447	608	1.3	36.1
Europa Oriental	725	1008	1.4	38.9
Rusia	1411	1865	1.2	32.2
Otros FSU	989	1513	1.9	53

País o región	Año	Año	Crecimiento	Crecimiento
	2002	2025	prom. anual (%)	total (%)
China	3323	8134	4	144.8
India	1026	1993	2.9	94.3
Corea del Sur	451	722	2.1	60.2
Otros países en desarrollo:				
Asia	1407	2689	2.9	91.1
México	363	590	2.1	62.6
Brasil	341	678	3	98.9
Otros América Central/Sur	645	1129	2.5	75
Medio Oriente	1359	2352	2.4	73
África	854	1524	2.6	78.5

Fuente: Garduño & Geffroy, (2008); citado por World Resource Institute, (2007)

Las proyecciones cuestionan de las posibles consecuencias catastróficas del mayor incremento de CO₂ podría repercutir ampliamente en el clima, por ejemplo la intensidad de las tormentas tropicales y aumento del nivel de los mares, de la severidad y variaciones de temperatura de los veranos e inviernos, la disminución de las masas de hielo polares, etc. Asimismo mencionar otros efectos, en particular de aquellos cuya severidad y magnitud pueden ser igualmente catastróficos; especialmente de aquellos cuyo impacto en el medio ambiente, como hoy lo conocemos puede ser devastador, entre ellos debemos considerar efectos adversos como la pérdida del segundo sumidero de CO₂ más importante (el proceso natural de generación de masa vegetal a partir del carbono de la atmósfera), como también la liberación de carbono del permafrost, o de una mayor absorción del CO₂ por los

océanos, que los convierte en cuerpos de agua cada vez más ácidos (Garduño & Geffroy, 2008)

El CO₂ como factor de forzamiento climático en el pasado y en la actualidad a grandes magnitudes. El ciclo del carbono se le puede atribuir, el motor de las variaciones del CO₂ atmosférico a distintas escalas temporales (Martín, 2010).

2.1.7 Modelos alométricos

Los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas que relacionan biomasa, contenido de carbono con variables del árbol fácilmente medible, tales como el diámetro a la altura del pecho (DAP). Para el desarrollo de estos modelos es necesario analizar un muestreo destructivo de árboles. El tamaño de la muestra debe ser definido de manera que el error este dentro de los rangos aceptados (Salinas & Hernández, 2008) .

2.1.7.1 Elaboración de modelos matemáticos

En la literatura, existen variedades de modelos matemáticos para realizar el análisis de regresión, para determinación de carbono generalmente se utiliza, modelos alométricos de la forma $Y = AX^B$, “Y” es el carbono almacenado (kg, tn) y “X” es el diámetro de la altura del pecho (DAP), generalmente es a 1.3 m sobre el nivel del suelo (Gorbitz, 2011; citado por Ortiz, 1993).

Asimismo Ortiz, (1993) menciona que los modelos alométricos de razón constante puede modificarse a un modelo "alométrico" de razón variable de la forma $Y = AX^B e^{XC}$, modelo que transformado a una expresión logarítmica y expresarse como: $\ln Y = A * \ln + B * \ln X + XC$. La transformación logarítmica del modelo alométrico facilita el cálculo de los coeficientes de regresión, y además permite obtener ecuaciones en las cuales la varianza de los residuos se mantiene constante (Gorbitz, 2011; citado por Ortiz, 1993).

2.1.7.2 Criterios para seleccionar el modelo de mejor ajuste.

Coeficiente de determinación (R^2), es uno de los comunes y más usados para la generación de modelos matemáticos, debido a que facilita la comparación y la explicación de las ecuaciones de regresión estadística con las variables dependientes e independientes. El término ajustado (R^2 -ajust) implica que el coeficiente se ajusta por los grados de libertad asociados con la suma de cuadrados. El R^2 ajustado es siempre más bajo que R^2 no ajustado. En casos excepcionales es posible obtener un valor negativo, si el valor de R^2 es bajo y los grados de libertad son pocos. Este estadígrafo indica la proporción de la variación total observada en la variable dependiente explicada por el modelo (Gorbitz, 2011; citado por Segura, 2000).

Determinar un modelo matemático dependerá del coeficiente de determinación (R^2) si este se acerca a 1, se puede afirmar que el modelo matemático es bueno. Asimismo precisar que el R^2 varía entre 0 y 1 ($0 \leq R^2 \leq 1$), donde si es 0, quiere decir que el modelo matemático no tiene nada de relación entre las variables mientras que cuando es 1, el modelo matemático es perfecto (Martínez, 2005)

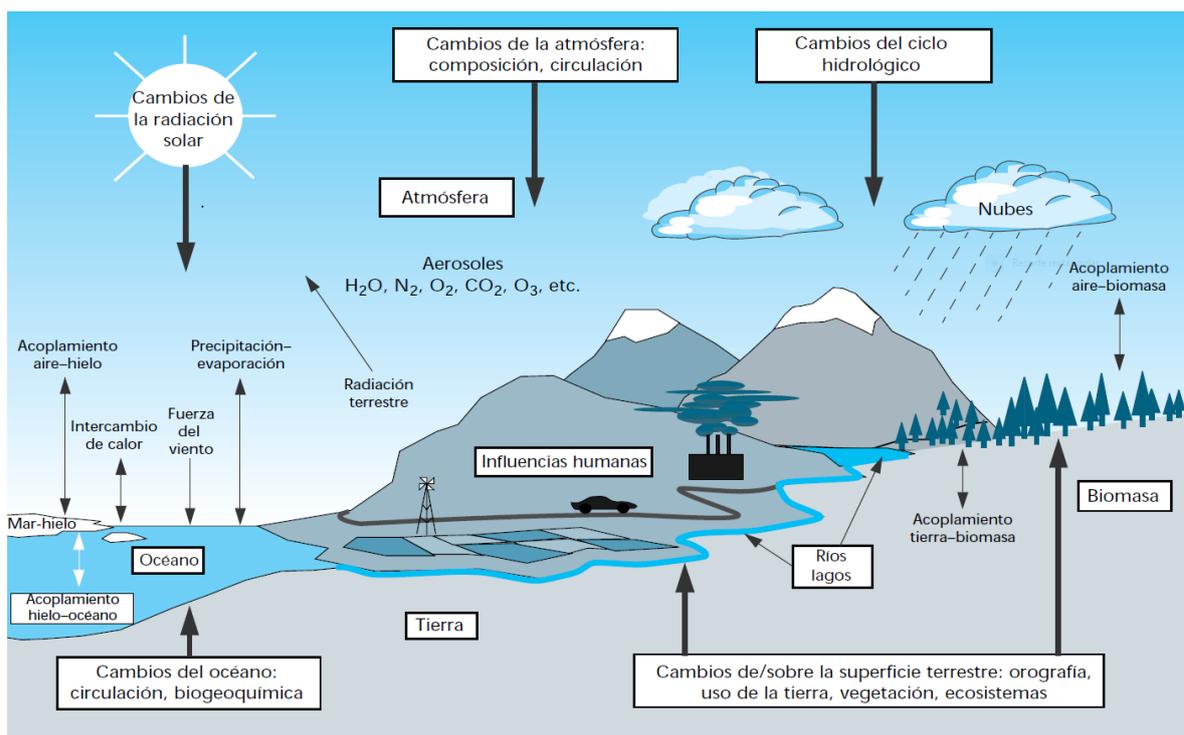
2.1.8 Sistema climático

Consta de los componentes principales siguientes: atmósfera, océanos, biosferas terrestres y marina, criosfera (hielo marino, cubierta de nieve estacional, glaciares de montaña y capas de hielo a escala continental), y la superficie terrestre. Estos componentes actúan entre sí y, como resultado de esa interacción colectiva, determinan el clima de la superficie de la Tierra. Las interacciones se producen a través de flujos de energía de diversas formas, de intercambios de agua, de flujos de otros gases en trazas radiativamente importantes, entre los que figuran el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4), y del ciclo de nutrientes. Lo que mueve el sistema climático es la entrada de energía solar,

equilibrada por la emisión de energía infrarroja “calor” hacia el espacio. La energía solar es la fuerza conductora más importante de los movimientos de la atmósfera y el océano, de los flujos de calor, agua y de la actividad biológica. Los componentes climáticos inciden en el clima regional y mundial de diferentes maneras: a) influyen en la composición de la atmósfera de la Tierra, por lo que modulan la absorción y transmisión de la energía solar y la emisión de energía infrarroja que se devuelve al espacio; b) alteran las propiedades de la superficie y la cantidad y naturaleza de la nubosidad, lo que repercute sobre el clima a nivel regional y mundial; y c) distribuyen el calor horizontal y verticalmente, desde una región hacia otra mediante los movimientos atmosféricos y las corrientes oceánicas (Harvey *et al.*, 1997).

En su estado natural, los diversos flujos entre los componentes del sistema climático se encuentran, por lo común, muy cerca del equilibrio exacto cuando se integran a lo largo de períodos de uno a varios decenios. Por ejemplo, antes de la revolución industrial, la absorción de dióxido de carbono por fotosíntesis alcanzó su equilibrio casi exacto mediante la liberación efectuada por los detritos de materiales vegetales y del suelo, como lo demuestran las concentraciones casi constantes de CO₂ en la atmósfera durante varios milenios hasta cerca de 1880 (Harvey *et al.*, 1997; citado por IPCC, 1995). En la Figura 7, se aprecia una representación esquemática del sistema climático y algunas interacciones clave entre los diversos componentes.

Figura 7. Esquema del sistema climático



Fuente: Harvey *et al.*, (1997).

2.1.9 El cambio climático

La emisión antrópica de gases de efecto invernadero incremento a partir de la época preindustrial debido, sobre todo, al crecimiento económico y crecimiento de la población, actualmente más alta que nunca. Ello ha generado concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) que no tienen precedentes. Sus efectos, junto con otros factores de origen humano, se han detectado en todo el sistema climático y es altamente probable que hayan sido la causa principal del calentamiento que hemos presenciado desde la mitad del siglo XX (WWF, 2016; citado por IPCC, 2014).

El cambio climático se debe a un incremento en la cantidad de CO_2 en la atmósfera que ocurre a partir de la revolución industrial, pasando hasta el 2005 de las 280 partes por millón (ppm) a más de 381 ppm. Los resultados reportados muestran que las concentraciones atmosféricas de GEI, medidas éstas en los últimos 150 años, nunca se han

alcanzado, al menos no en los 650,000 años más recientes de nuestra historia. Este incremento se debe a la actividad humana desarrollada en particular en las economías más avanzadas, por lo que las economías industrializadas han progresado apoyándose en un consumo desmedido de combustibles de origen fósil (Garduño & Geffroy, 2008).

2.1.10 Cuenca hidrográfica

Es el espacio de terreno delimitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica o a través de una carta topográfica, siguiendo la divisoria de las aguas “*divortium aquarum*”. Dentro de la cuenca hidrográfica se ubican los recursos naturales; suelo, agua, vegetación entre otros. En este espacio habita el hombre y desarrolla sus actividades. Cualquier infraestructura e intervenciones que realiza el hombre se encuentran en una cuenca hidrográfica, por lo tanto no hay ningún punto sobre la tierra que no corresponda a una cuenca. La excepción aceptada es para pequeñas áreas ubicadas en las partes bajas de las cuencas denominadas “zona de intercuenas”. Cuando las áreas planas son muy grandes y no es tan fácil distinguir las divisorias de las aguas, a estas se denominan cuenca de llanos, pampas o praderas. En el caso de cuencas que vierten sus aguas a los mares, se integra espacialmente el área de influencia sobre las zonas costeras, que muchas veces constituye un valioso ecosistema ecológico y económico. (Faustino & Jiménez, 2000).

2.1.10.1 Clasificación de la cuenca hidrográfica

Faustino & Jiménez, (2000), clasifica por el sistema de drenaje y su conducción final tal como se puede apreciar en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de cuencas hidrográficas

Clasificación	Descripción
Arreicas	Cuando no logran drenar a un río, mar o lago, sus aguas se pierden por evaporación o infiltración sin llegar a formar escurrimiento subterráneo.
Criptorreicas	Cuando sus redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos (caso de zonas kársticas).
Endorreicas	Cuando sus aguas drenan a un embalse o lago sin llegar al mar.
Exorreicas	Cuando las vertientes conducen las aguas a un sistema mayor de drenaje como un gran río o mar.

Fuente: Adaptación de Faustino & Jiménez, (2000).

Según el grado de concentración de la red de drenaje, define en:

a) Subcuenca. Es toda área que desarrolla directamente al curso principal de la cuenca.

Varias subcuencas pueden formar una cuenca.

b) Microcuenca. Es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una subcuenca. Varias microcuencas pueden conformar una subcuenca.

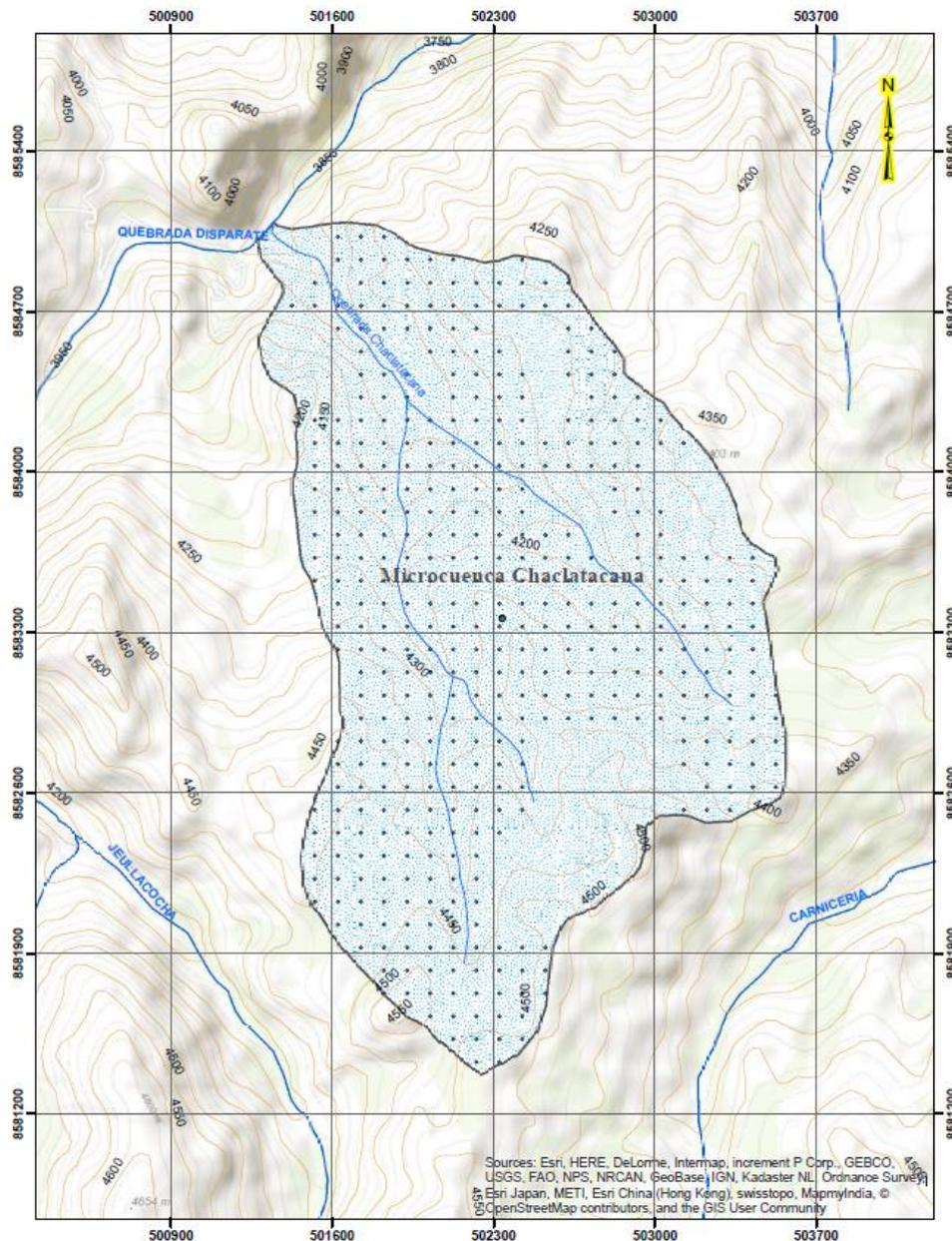
Existen otros criterios de clasificación de cuencas y están relacionados con el número de orden de drenaje y/o con el tamaño del área que encierran (ver Tabla 6) y en la Figura 8 se aprecia la forma de la cuenca.

Tabla 6. Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas

Unidad	Nº de orden	Área (km ²)
Microcuenca	1,2,3	10 – 500
Subcuenca	4,5	500 – 2000
Cuenca	6,7 o más	Más de 2000

Fuente: adaptación de Faustino & Jiménez, (2000).

Figura 8. Cuenca hidrográfica

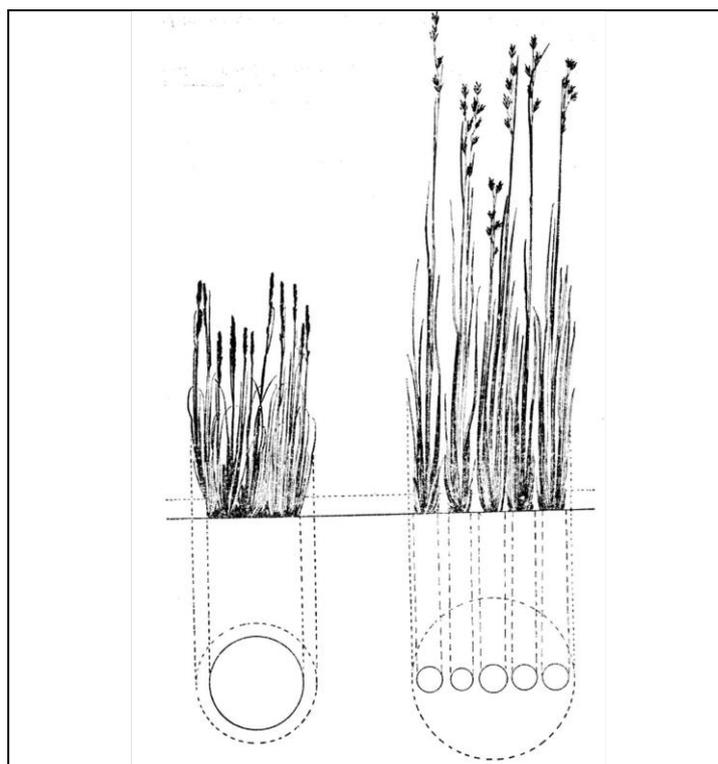


Fuente: Elaboración propia, (2018).

2.2 Definición de términos básicos

- ✓ **Área cubierta**, Se entiende como la extensión de terreno cubierta por una especie o toda la vegetación y puede ser determinado como la proyección vertical de todas las partes aéreas de una planta (Tapia, 1971). Se puede diferenciar el área basal y el área del máximo follaje (área cubierta) tal como se aprecia en la Figura 9.

Figura 9. Anillo censador de una para monitoreo de pastos



Fuente: Tapia, (1971).

Muchos métodos han tomado el área cubierta como uno de los mejores índices para la evaluación de pasturas. Se pueden usar cuadrados de observaciones de dimensiones variables, desde el pie cuadrado hasta el metro cuadrado, o la determinación de la cobertura por unidades más pequeñas, como el “anillo censador” (Tapia, 1971).

- ✓ **Biomasa**, de acuerdo a (Flores, 2017, citado por Durand, 2005), la biomasa corresponde a la cantidad total de materia viva presente en un momento dado para un sistema biológico, expresada en unidades de peso seco por unidad de superficie, pudiendo ser utilizada para determinar por medio de inventarios la cantidad de materia biológica que se encuentra disponible en un momento y ambiente definido.

- ✓ **Cobertura vegetal**, está conformado por unidades espaciales definidas y clasificadas en base a criterios geográficos, fisonómicos, condición de humedad y excepcionalmente florísticos (MINAM, 2015b).

- ✓ **Cambio climático**, se entiende un cambio de 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 (Naciones Unidas, 1992).

- ✓ **Carta nacional**, comprende el cartografiado de mapas a diferentes escalas que pueden ser visualizados en formato JPG desde la web de INGEMMET y ser descargados en formatos shp desde el portal GEOCATMIN (INGEMMET, 2017).

- ✓ **Densidad**, Es una determinación que incluye a otros factores, número de plantas individuales, área cubierta por las especies y la frecuencia con la que se presentan. La densidad se expresa en porcentaje, generalmente de áreas bien delimitadas, en las cuales previamente se determina el porcentaje del área no poblada y que indicara el suelo desnudo (Tapia, 1971).

- ✓ **Emisiones**, se entiende la liberación de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un período de tiempo especificados (Naciones Unidas, 1992).

- ✓ **Frecuencia**, es la relación entre el número de unidades del muestreo en las cuales la especie está presente y el número total de unidades muestreadas. Esta relación permitirá deducir si las especies son comunes, poco comunes o raras dentro de la

vegetación, y de esta manera seleccionar dentro de las comunes a aquellas que por sus características de crecimiento, utilización y valor nutritivo pueden escogerse como especies indicadoras (Tapia, 1971).

- ✓ **Gases de efecto invernadero**, se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja (Naciones Unidas, 1992).

- ✓ **Número de individuos**, según Tapia, 1971; citado por Brown, 1954, abundancia es el término ecológico para expresar una apreciación del número de individuos que componen una composición vegetal de una región. Sin embargo, esto abarca una serie de significados, como a) un estimado grosero, b) una idea de número aproximado de individuos, c) un simple conteo de individuos, d) un cálculo de número de individuos por área total de individuos de todas las especies (porcentaje de composición).

- ✓ **Pajonal**, tipo de cobertura vegetal conformado por hierbas ubicados aproximadamente entre 3800 y 4800 msnm en la zona sur y central, y arriba de los 3500 msnm en la zona norte del país. Se distinguen dos estratos bien definidos en su perfil vertical; el dominante conformado por matas de gramíneas de hasta 1 m de alto, cuyas hojas son de consistencia rígida enrolladas y punzantes “tipo paja”, las cuales toman el nombre colectivo de “ichu”, y el estrato inferior de tipo cespitoso (MINAM, 2012a).

- ✓ **Sumidero**, se entiende cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera (Naciones Unidas, 1992).

- ✓ **Secuestro de Carbono**, una reserva o un depósito que absorbe o capta el carbono liberado por otros componentes en el ciclo del carbono y que absorbe más cantidad de la que libera (MINAM, 2012a).

- ✓ **Zonificación económica ecología:** Instrumento del Ordenamiento Territorial consistente en un proceso participativo, concertado, dinámico y flexible, que genera información sobre diversas alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales (MINAM, 2012b).

2.3 Marco legal

2.3.1 Acuerdos internacionales

Protocolo de Montreal

Es un acuerdo internacional ambiental firmado en 1987 cuyo objetivo principal es la protección de la capa de ozono mediante la toma de medidas para controlar la producción total mundial y el consumo de sustancias que la agotan, con el objetivo final de eliminarlas, sobre la base del progreso de los conocimientos científicos e información tecnológica (Naciones Unidas, s. f.). Las sustancias químicas se encuentran estructurados de acuerdo a varios grupos de sustancias destructoras de la capa de ozono, los cuales se clasifican de acuerdo a la familia química y se enumeran en los anexos del mencionado protocolo.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

Cuyo objetivo principal de estabilizar los GEI, y evitar los efectos perniciosos sobre nuestro planeta. Fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y entró en vigencia el 21 de marzo de 1994. En el año 1995, se determinó que los lineamientos establecidos en la

referida Convención resultaban inadecuados para lograr los resultados que se estaban esperando con relación a la mitigación de los GEI. Un logro importante de la Convención, es que reconoce que el problema del cambio climático es real. La entrada en vigor del tratado representó un gran paso, dado que se disponía de menos pruebas científicas que hoy en día (y todavía hay quienes dudan de que el cambio climático sea un problema real). Es difícil conseguir que las naciones del mundo se pongan de acuerdo en algo, mucho menos en un planteamiento común ante una dificultad que es compleja, cuyas consecuencias no son totalmente claras y que producirá sus efectos más graves dentro de varios decenios e incluso siglos (Naciones Unidas, 2014).

Protocolo de Kyoto

Protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se adoptó en la tercera sesión de la Conferencia de la Partes en la CMNUCC celebrada en Kyoto (Japón) el 11 de diciembre de 1997. Se abrió a la firma entre el 16 de marzo de 1998 y el 15 de marzo de 1999 en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York. En esa fecha, el Protocolo había recibido 84 firmas. Las Partes que no han firmado todavía el Protocolo pueden adherirse a él en cualquier momento. El Protocolo entró en vigor el 16 de febrero de 2005.

El Protocolo de Kyoto es el instrumento que pone en práctica a la Convención, basándose en los principios de la Convención, compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de los GEI. Este instrumento, fue estructurado en función de los principios de la Convención donde establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente

en la atmósfera, y que son el resultado de quemar combustibles (Naciones Unidas, 2014).

En total

El Protocolo de Kyoto es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro. Los mayores logros del Protocolo de Kyoto son la estimulación de un conjunto de políticas nacionales, la creación de un mercado internacional de carbono y el establecimiento de nuevos mecanismos institucionales (IPCC, 2007).

2.3.2 Normas nacionales

Constitución Política del Perú

- ✓ En el artículo 2, inciso 22, se reconoce que la persona es el fin supremo de la sociedad y del Estado de la sociedad y del Estado y privilegia el derecho fundamental a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.
- ✓ Artículo 67 trata de la Política Ambiental, en el cual menciona que el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.
- ✓ Artículo 68 trata de la Conservación de la diversidad biológica y áreas naturales protegidas, El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas

Ley N° 28611 (Ley General del Ambiente)

En el Artículo 94 trata de los servicios ambientales:

- ✓ 94.1 Los recursos naturales y demás componentes del ambiente cumplen funciones que permiten mantener las condiciones de los ecosistemas y del ambiente, generando beneficios que se aprovechan sin que medie retribución o compensación, por lo que el Estado establece mecanismos para valorizar, retribuir y mantener la provisión de dichos servicios ambientales; procurando lograr la conservación de los ecosistemas, la diversidad biológica y los demás recursos naturales.
- ✓ 94.2 Se entiende por servicios ambientales, la protección del recurso hídrico, la protección de la biodiversidad, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y la belleza escénica, ente otros.
- ✓ 94.3 La autoridad Nacional Ambiental promueve la creación de mecanismos de financiamiento, pago y supervisión de servicios ambientales.

Política Nacional del Ambiente

Aprobado mediante el Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, en cumplimiento del mandato establecido en el artículo 67° de la Constitución Política del Perú y en concordancia con la legislación que norma las políticas públicas ambientales. Esta política es uno de los principales instrumentos de gestión para el logro del desarrollo sostenible en el país y ha sido elaborada tomando en cuenta la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, los Objetivos del Milenio formulados por la Organización de las Naciones Unidas y los demás tratados y declaraciones internacionales suscritos por el Estado Peruano en materia ambiental (MINAM, 2017).

La Política Nacional del Ambiente es de cumplimiento obligatorio en los niveles del gobierno nacional, regional y local y de carácter orientador para el sector privado y la sociedad civil. Se estructura en base a cuatro ejes temáticos esenciales de la gestión

ambiental, respecto de los cuales se establecen lineamientos de política orientados a alcanzar el desarrollo sostenible del país:

- Eje de Política 1: Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica
- Eje de Política 2: Gestión Integral de la calidad ambiental
- Eje de Política 3: Gobernanza ambiental
- Eje de Política 4: Compromisos y oportunidades ambientales internacionales.

Ley N° 30215: Ley de Mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos

En el Artículo 1, La presente ley promueve, regula y supervisa los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que se derivan de acuerdos voluntarios que establecen acciones de conservación, recuperación y uso sostenible para asegurar la permanencia de los ecosistemas (Ley N° 30215, 2014).

Ley 27308: Ley general forestal y fauna silvestre

Promueve supervisar el uso sostenible y la conservación de los recursos forestales y de fauna silvestre del país, compatibilizando su aprovechamiento con la valoración progresiva de los servicios ambientales del bosque, en armonía con el interés social (Ley N° 27308, 2000).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material cartográfico

- ✓ Mapa de zonificación económica ecológica a escala 1/100 000 del departamento del Huancavelica, con el cual se desarrolló las especificaciones de los mapas base y temáticos.
- ✓ *Shapefiles* de las cartas nacionales a escala 1/ 100 000, hojas: 26n y 27n, estos, *shapefiles* se usó como base data base para delimitación de la microcuenca.
- ✓ *Shapefiles* de la zonificación económica ecológica (ZEE) a escala 1/ 100 000 del departamento del Huancavelica, con lo cual se utilizó para la superposición y análisis y descripción del área de influencia y marco teórico.

3.2 Materiales y equipos de escritorio

Materiales de escritorio:

- ✓ Útiles y materiales de escritorio; lápices, lapiceros, plumón indeleble, libreta de campo, etc., estos materiales fueron necesarios tanto para trabajos de gabinete y campo.
- ✓ Hojas bond tamaño A4, hojas bond tamaño A3, con el cual se imprimió la tesis en sus diferentes versiones, así como los mapas.
- ✓ 01 cuaderno tamaño A4, en el cual se registró todas las actividades en el desarrollo de tesis.

Equipos de escritorio:

- ✓ Equipo de impresión A-4 y A-3 Brother MFC – J67 20 DW, con el cual se imprimió el plan de tesis, tesis y planos, asimismo para los formatos de levantamiento de información en campo.

- ✓ Computadora de escritorio, Intel (R) Core (TM) i-5-3350P @3.10 Hz, Memoria RAM 8.00 GB, con el cual se trabajará en trabajo de gabinete.
- ✓ Laptop HP, Processor Core I5, HD de 1TB, Memoria RAM 8GB, fue necesario para levantamiento de información de campo.

3.3 Materiales y equipos de campo

Materiales de campo:

- ✓ Cinta métrica de fibra de vidrio PowerWinder@ 100m/300 pulg, marca Stanley, con el cual se nos ayudó en las delimitaciones de las parcelas.
- ✓ Cinta métrica 5m/16 pulg, marca Stanley, con el cual se midió los diferentes tamaños de las muestras.
- ✓ Bolsas herméticas de polietileno de 15 x 10 pulg., material con el que se recolecto y rotuló las muestras.
- ✓ Bolsa de rafia de 25 kg, con lo cual se reunió las muestras de todas las unidades muestrales.
- ✓ Tablero tamaño A4, el cual sirvió para el apoyo de los formatos de levantamiento información en campo.
- ✓ Libreta de apuntes tamaño A4, con el cual se anotó eventualidades no previstas en campo.
- ✓ Soguilla de nylon de 10 m de longitud, color blanco, con que se delimitó la parcela de la unidad muestral superficial y una soguilla de 5 metros para delimitar la subparcela para el muestreo destructivo.
- ✓ 01 pico, herramienta con el cual se extrajo las muestras desde la raíz.
- ✓ 01 hoz, herramienta muy útil con el que se extrajo muestras de biomasa aérea.

- ✓ Tejera podadera y hoz, con el cual se cortó para separar la raíz del tallo, hojas y las flores de las muestras.
- ✓ Manta plástica 1mx1m color blanco, en el que se acumuló las muestras y homogenizó y se separó por el cuarteo.
- ✓ Pizarra acrílica con dimensiones 15x11 pulg., en el que se anotó las coordenadas de cada unidad muestral para su posterior registro fotográfico.

Equipos de campo:

- ✓ Sistema de posicionamiento global GPSMAP® 64s, se utilizó en la ubicación de las unidades de muestreo.
- ✓ Balanza analítica de precisión modelo SF-400C precisión 0.001g, con el que pesó las flores y raíces y una balanza digital de mano modelo WH-A08 precisión 0.005 g, con el que se pesó las hojas y tallos esto debido a que la balanza analítica permite un pesaje máximo de 500g.
- ✓ Cámara fotográfica digital Canon EOS REBEL T6 (W), con el cual se registró las actividades de campo.

3.4 Software

- ✓ Software ArcGIS 10.3, es un software de sistemas de información geográfica, mediante este software se delimitó la microcuenca y la sectorización de las unidades de muestreo, así como la elaboración de los diferentes mapas temáticos.
- ✓ Google Earth Pro, con el cual se realizó la verificación y superposición de la delimitación preliminar del área objetiva de estudio.
- ✓ Software Microsoft Office 2013 (Word, Excel, PPT y Visio), este paquete de que software de Microsoft facilitó en la edición de texto (MS Word), procesamientos estadísticos (MS Excel) y elaboración de diagramas (MS Visio).

- ✓ Software IBM SPSS Statistics 25.0, programa exclusivamente estadístico analítico, con el cual nos permite procesar los resultados del trabajo de gabinete.
- ✓ Software Zotero 5.0 for Windows, software muy útil con el cual se trabajó para las citas de las referencias.

3.5 Métodos

3.5.1 Tipo, diseño y nivel de investigación

✓ Tipo de investigación

De acuerdo al propósito de la investigación, la naturaleza de los problemas y los objetivos formulados, el estudio reúne las condiciones siguientes:

- **Según la intervención del investigador; No experimental** debido a que se realizó sin la manipulación deliberada de las variables y sólo se observaron los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.
- **Según la planificación de la toma de datos; Prospectivo**, debido a que los datos necesarios para el estudio fueron recogidos a propósito de la investigación.
- **Según el número de ocasiones en que mide la variable de estudio; Transversal**, debido a que se realizó solo en un intervalo de tiempo.
- **Según el número de variables de interés, Descriptivo**, porque estima los parámetros en la población del *Stipa ichu* a partir de las muestras.

✓ Diseño de la investigación

Población:

Las poblaciones de estudio son todas las especies del *Stipa ichu* presentes en el área objetiva de la microcuenca Chaclatacana – Huancavelica.

Muestra:

Muestras de *Stipa ichu*, son clasificados según tamaño; pequeño (1 - 35 cm), mediano (36 - 70 cm) y grande (71cm a más), las muestras fueron establecidas en parcelas cuadradas de dimensiones 2x2m de (4 m²). Asimismo, se delimito subparcelas de 1mx1m (1m²) para el muestro por el método destructivo, en esta parcela se extrajo muestras de biomasa aérea y radicular los cuales se separaron en diferentes componentes para su pesaje respectivo y parte de las muestras se trasladó al laboratorio para estimación de biomasa seca y determinación de carbono.

✓ **Nivel de investigación**

El nivel de investigación de acuerdo a Supo, (2015) y de acuerdo en el que se sustenta el presente estudio es de carácter **descriptivo**; debido a que se caracterizó y describió la población de estudio, así como la determinación del potencial de servicio ambiental de almacenamiento de carbono en la especie del *Stipa ichu*.

3.5.2 Procedimiento

3.5.2.1 Etapa de pre-campo

✓ **Identificación de área de estudio.**

Para la ubicación y determinación del área de estudio se utilizó las *shapefile* de la carta nacional de las hojas 26n y 27n a una escala 1/ 100 000 los cuales se descargó de la base de datos del geoservidor del MINAM. Asimismo, para la verificación de las especies en estudio se utilizó el mapa nacional de cobertura vegetal a escala 1/100 000 y la capa de cobertura vegetal de la zonificación ecológica económica de la región Huancavelica.

✓ **Delimitación del área de estudio**

Con apoyo de las cartas nacionales, haciendo uso del software ArcGIS, se delimitó la microcuenca, cortando con la divisoria (*divortium aquarum*) perpendicularmente a las curvas de nivel. Esta microcuenca delimitada fue el ámbito de influencia del estudio, posteriormente se superpuso el *shapefile* de cobertura vegetal pajonal y pajonal/césped de puna de la ZEE de la región de Huancavelica con la finalidad de corroborar la existencia de la especie en estudio. Seguidamente se exporta la microcuenca delimitada hacia el Google Earth Pro, con la finalidad de visualizar el área de estudio.

✓ **Estratificación de la microcuenca.**

Una vez delimitada la microcuenca, se estratificó altitudinalmente de acuerdo a las cotas en microcuenca parte baja (estrato 1), media (estrato 2) y parte alta (estrato 3), cada uno de las partes de la microcuenca es un estrado debido a que la distribución del *Stipa ichu* no es uniforme a nivel del ámbito del estudio. El área de los estrados se detalla en la Tabla 7. El área total de la microcuenca Chaclatacana es de 548.25 ha.

✓ **Delimitación del área objetiva estudiada.**

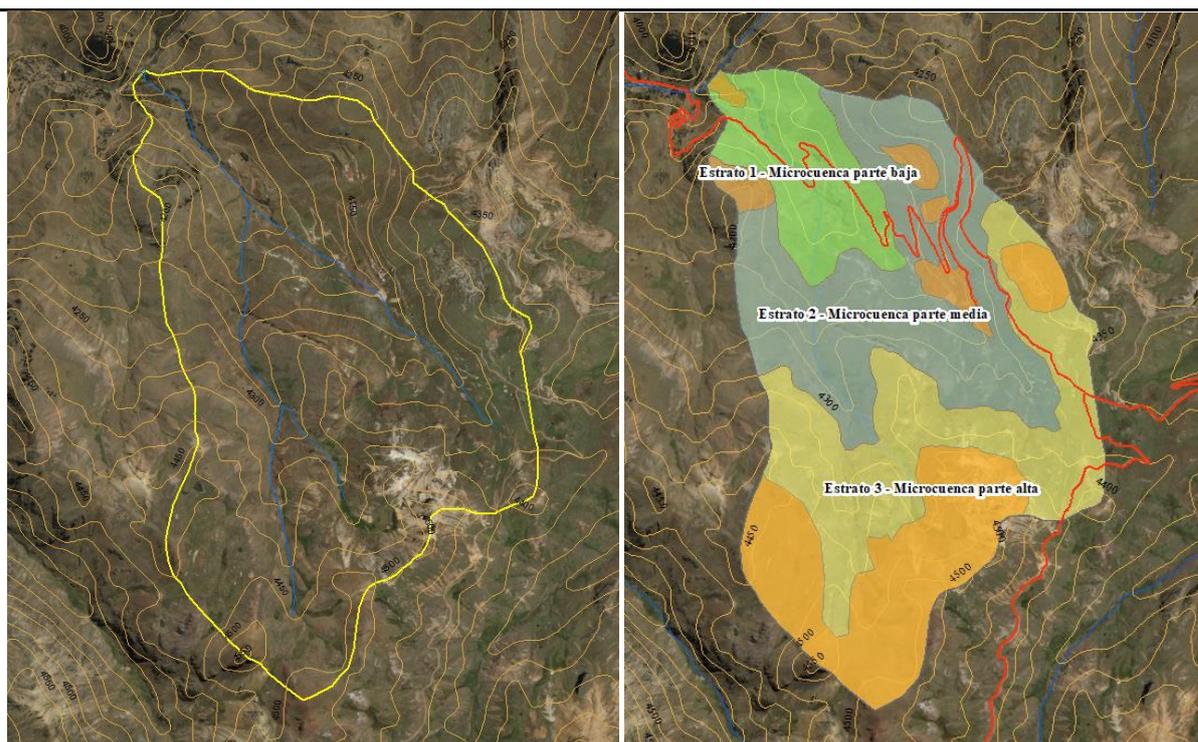
Teniendo como referencia los límites hidrográficos del área de estudio, con el apoyo del Google Earth Pro, se delimitó el área objetiva y se descartó áreas donde no se considera para el muestreo tomando en cuenta los siguientes criterios: áreas con topografía accidentada, áreas donde la accesibilidad es peligrosa, áreas donde se ubican predios privados, áreas donde existe dominio de población, áreas fuertemente erosionadas y existencia de bofedales en los que la presencia de la especie *Stipa ichu* no se encontró debido a que predomina especies de bofedales (ver Figura 10). El área objetiva de la microcuenca en estudio es 404.25 ha.

Tabla 7. Área de la microcuenca y área objetiva de estudio.

N° de estrato	Altitud (msnm)	Área por estrato (ha)	Área objetiva de estudio (ha)
 Estrato 1 - Microcuenca parte baja	3900 - 4100	74.46	72.00
 Estrato 2 - Microcuenca parte media	4100 - 4300	199.85	185.32
 Estrato 3 - Microcuenca parte alta	4300 - 4550	274.52	146.93
Total		548.83	404.25

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 10. Delimitación de la microcuenca y área objetiva de estudio



Delimitación de la microcuenca, la divisoria (línea amarilla) perpendicular a las curvas de nivel.

Estratificación del área objetiva de estudio, en el cual se delimita áreas donde no se consideró en el estudio (áreas de color naranja).

Fuente: Elaboración propia, (2018).

✓ **Tipo de muestreo**

Se levantó información cuantitativa y cualitativa en parcelas representativas de 4 m² para determinar la densidad de las matas de “ichu” y subparcelas de 1 m² para determinar biomasa. Con el objetivo de obtener los parámetros requeridos a nivel de microcuenca, se realizó el tipo de muestreo **aleatorio estratificado**, el cual está definido para una unidad de vegetación. En el presente estudio se consideró toda la vegetación de *Stipa ichu* de la microcuenca Chaclatacana – Huancavelica los cuales se zonificó en tres estratos; microcuenca parte baja que corresponde al estrato 1, parte media que corresponde al estrato 2 y la parte alta de la microcuenca que corresponde al estrato 3.

✓ **Tamaño de la unidad muestral.**

Constituye la unidad básica de análisis sobre la que se hace el registro de la especie en evaluación y las mediciones de los parámetros de las variables. La determinación del tamaño de unidad muestral se determinó básicamente en el análisis de la curva área-especie, el cual resulta de los inventarios piloto realizados con tal fin en algunos ecosistemas del país tal como lo manifiesta en la “Guía de inventario de Flora y Vegetación” del MINAM, (2015a) aprobado mediante la RM N° 059-2015-MINAM. El tamaño mínimo requerido para la unidad muestral, para el inventario de los matorrales y herbazales de acuerdo a la guía citada se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. *Tamaño mínimo de la unidad muestral para matorrales y herbazales*

Coberturas arbustivas y herbáceas	Unidad muestral	Tamaño mínimo de la unidad muestral
Matorrales en general	Parcela	100 m ²
Herbazales en general	Parcela	1 m ² – 4 m ²
	Transecto	100 registros

Fuente: Guía de inventario de la flora y vegetación (MINAM, 2015).

Para la presente investigación, el tamaño de la unidad de muestreo fue de 4 m² con dimensiones de 2m x 2m, en esta parcela se aplicó un muestro superficial en donde se midió los parámetros de área basal, área cubierta y altura de la especie *Stipa ichu*. Asimismo, se delimito una parcela cuadrada de 1m² en cada estrato de la microcuenca para el muestreo mediante el método destructivo donde se determinó los pesos de los componentes peso de la muestra (raíz, tallo, hojas y flores). Se determinó un área mínima de 1m² con la finalidad de no afectar a las especies ya que el tipo de muestreo que se aplico fue destructivo.

✓ **Determinación de forma y distribución de unidades de muestreo.**

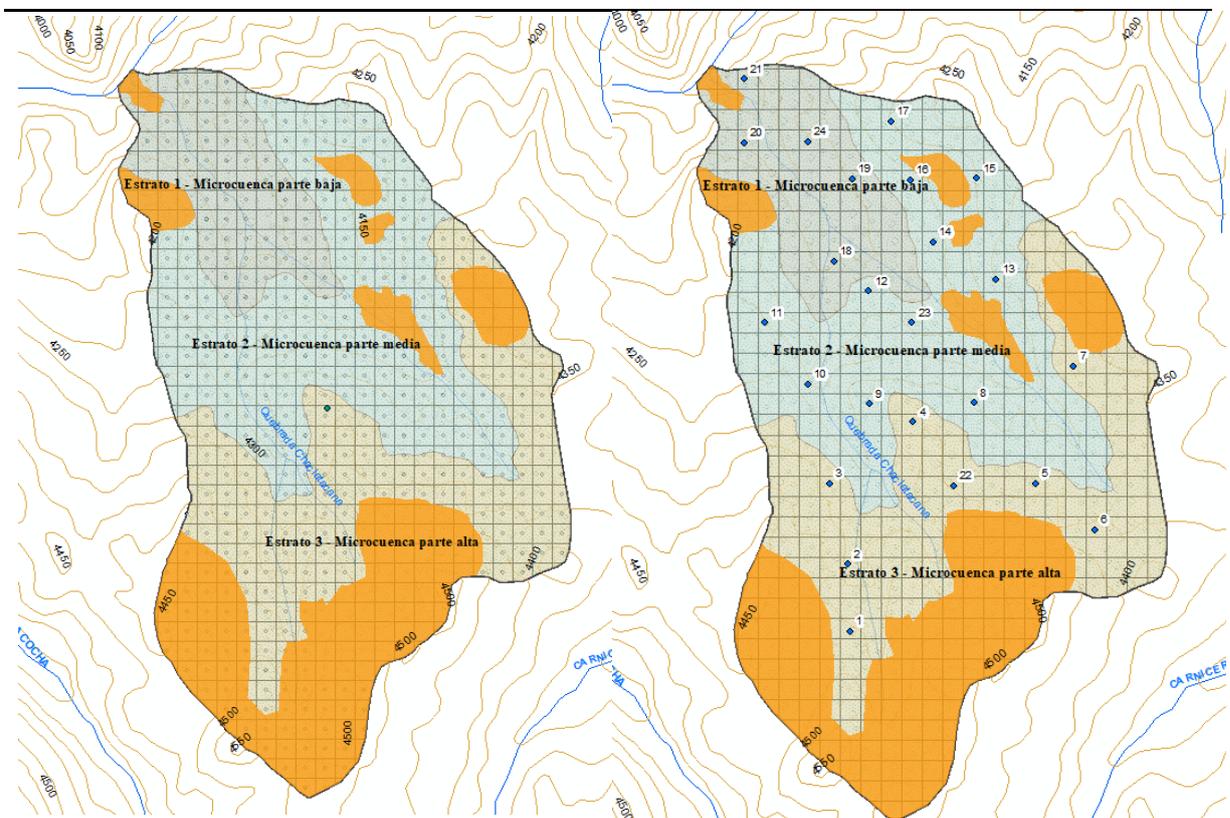
El uso de unidades de muestreo o parcelas de área fija son las más utilizadas en los inventarios de la flora y vegetación, estas estarán representadas por parcelas cuadradas los cuales son de mayor uso. Para las formaciones arbustivas o matorrales, se pueden utilizar parcelas equidistantes de por lo menos de 100m entre ellos (MINAM, 2015). Para el caso del estudio se sectorizo en parcelas de 100 m x 100m generando de grillas de 100 metros en todo en toda el área objetiva de la microcuenca.

Una vez delimitado la microcuenca y teniendo el área objetiva del estudio dentro de la microcuenca, con el apoyo del software ArcGIS 10.3, se sectorizará en parcelas cuadradas con dimensiones de 100 m x 100 m, para ello se utiliza la herramienta *create fishnet*. La herramienta *create fishnet*, nos permite generar grillas dentro de un área específica con las dimensiones que se asigne de acuerdo a la necesidad y a la vez genera los puntos céntricos de cada grilla generada, con esto obtenemos las distancias ente centro y centro de cada grilla continua y equidiste a la dimensión que se le asigne.

Para el presente estudio se le asigno dimensiones de 100 metros, los cuáles fueron grillas para una mejor distribución de las unidades muestrales, para ello se utilizó las

herramientas *Arctoolbox/ Data Management Tools/ Future class* y *Créate fishnet*, una vez teniendo los cuadrantes de 100m x 100m como una especie de grillas para luego generar las coordenadas UTM del centro de cada grilla, este procedimiento se realiza con las herramientas *Arctoolbox/ Data Management Tools/ Future* y finalmente *Add XY Coordinates*, luego de la tabla de atributos exportarlos al MS Excel, esto con la finalidad de ubicar las unidades muestrales de manera aleatoria. En la Figura 11 se detalla lo descrito.

Figura 11. Generación de las grillas y unidades de muestreo



Generación de las grillas de 100mx100m, en todo el área objetiva del estudio.

Generación de las unidades muestrales. Área naranja no se considera en el estudio.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

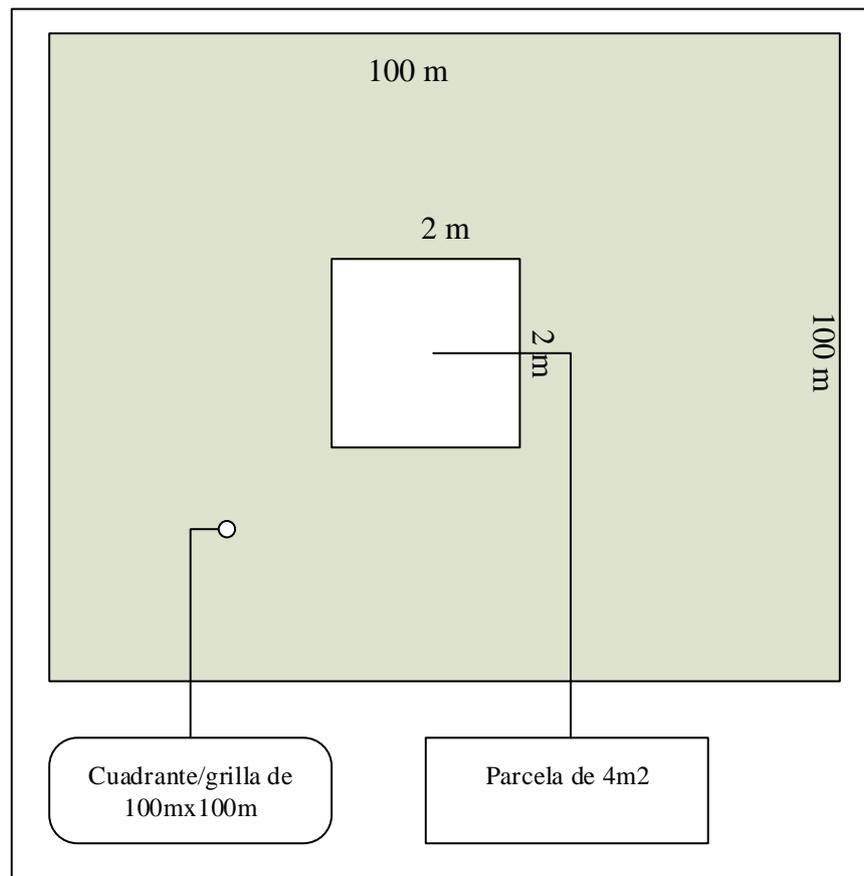
En el MS Excel mediante la función Aleatorio, generamos una cantidad de números aleatoriamente y se seleccionó la mejor distribución que me represente a nivel del área

objetiva de estudio, este número será equivalente al número de unidades de muestreo (N), los cuales son ubicados en el mapa con sus respectivas coordenadas UTM. En el MS Excel se tendrá la cantidad de coordenadas UTM equivalente a cada grillas (cuadrantes) generadas en todo el área objetiva, con la función Aleatorio se elige la cantidad de puntos equivalente al número de unidades de muestreo (N) (Rueda, 2014), vale decir que del total de cuadrantes de forma de grillas del área objetiva de estudio se seleccionó aleatoriamente con el MS Excel la cantidad unidades muestrales (N), los cuales fueron distribuidos en el mapa de ubicación de unidades de muestreo.

Las coordenadas UTM de los cuadrantes equivalente a las unidades muestrales (N), se transfirió al GPS MAP® 64s, los cuales fueron gravados para su posterior ubicación en el trabajo de campo.

En el trabajo de campo, dentro de las grillas o cuadrante de 100mx100m (1 ha), se ubicó las coordenadas UTM con el GPS, el cual representa el centroide del cuadrante, ubicado el lugar más próximo se delimitó las unidades muestrales conformada de parcelas cuadradas de 2mx2m (4m²) para el muestreo superficial. Asimismo, se delimitó la sub parcelas de 1m² en cada estrato para aplicar el método “destructivo”, en la Figura 12 se ilustra los cuadrantes y las parcelas.

Figura 12. Forma y tamaño de la parcela y sub parcela



Fuente: Elaboración propia, (2018).

✓ **Estimación del número de unidades de muestreo (N).**

Para estimar el número de las unidades de muestreo, lo primero que se realizó fue determinar la posible área de estudio, para ello se realizó una visita piloto de reconocimiento al área de estudio (microcuenca Chaclatacana – Huancavelica) y verificar la especie a ser investigado, durante la visita se realizó una muestra piloto según el método del área mínima para determinar el coeficiente de variabilidad del *Stipa ichu*. Asimismo, de acuerdo a las medidas levantadas se clasificó según al tamaño (altura) de las muestras en; pequeño (1 – 35 cm), mediano (36 – 70 cm) y grande (71 cm a más), esto con la finalidad de analizar las variables en diferentes tamaños y obtener resultados representativos de las muestras (Flores, 2017). Posteriormente, se procede a calcular el número de unidades de muestreo (N), para ello nos basamos en la “Guía de inventario de la

flora y vegetación”, del Ministerio del Ambiente aprobado mediante RM N° 059-2015-MINAM.

$$N = (CV\%)^2 \times \frac{t^2}{E\%^2} \quad (4) \text{ Estimación del número de unidades muestrales}$$

Donde:

N : Número de unidades muestrales

CV% : Coeficiente de variabilidad relacionado a las matas de *Stipa ichu*

E% : Error de muestreo igual a 15%

t : 2 (al 95% de probabilidad)

$$CV = \frac{\sigma}{X} \times 100 \quad (5) \text{ Coeficiente de variabilidad}$$

Donde:

σ : Desviación estándar

X : Promedio

Para el caso de nuestro estudio, La Tabla 9, muestra el inventario de la muestra piloto que se desarrolló para determinar el coeficiente de variabilidad del *Stipa ichu*.

Tabla 9. Inventario de muestras piloto

N° parcela	Este	Norte	Estrato	N° de especies
1	502025	8582308	Estrato 3	15
2	502018	8582632	Estrato 3	17
3	502105	8583375	Estrato 2	31
4	502115	8583983	Estrato 2	35
5	501988	8584110	Estrato 1	22
6	502061	8584524	Estrato 1	21

Fuente: Trabajo de campo piloto - Elaboración propia, (2018).

A de la tabla tenemos:

Promedio (\bar{x})	: 23.67
Desviación estándar (S)	: 7.89
Coefficiente de variabilidad (CV%)	: 34%

Reemplazando en la ecuación de (N)

$$N = (34)^2 \times \frac{2^2}{15^2} = 20.551 \approx 21$$

De acuerdo a la aplicación de las ecuaciones, para el presente estudio se obtuvo 21 unidades muestrales (N), los cuales fueron distribuidos aleatoriamente. Estas 21 unidades muestrales (N) se estimaron para el inventario superficial a nivel de toda el área de estudio de la microcuenca. La distribución del número de unidades muestrales en cada estrato fue proporcional al área objetiva de cada estrato, tal como se aprecia en la Tabla 10.

Para la extracción de las muestras por el método “destrutivo” en sus diferentes tamaños fue en subparcelas de 1m² (1m x 1m), estas subparcelas fueron ubicadas aleatoriamente en cada estrato, teniendo en total 3 subparcelas de 1m².

Tabla 10. Ubicación de las unidades de muestro

N° de estrato	Altitud (msnm)	Área (ha)	Área objetiva (ha)	%	N° parcelas	N° sub parcelas
Estrato 1	3900 - 4100	74.46	72.00	18%	4	1
Estrato 2	4100 - 4300	199.85	185.32	46%	10	1
Estrato 3	4300 - 4550	274.52	146.93	36%	7	1
Total		548.83	404.25	100%	21	3

Fuente: Elaboración propia, (2018).

3.5.2.2 Etapa campo

A. Actividades desarrolladas en el área de estudio:

✓ Ubicación de las unidades muestrales

Teniendo la ubicación de las unidades muestrales y las coordenadas UTM grabadas en el GPS MAP® 64s con el apoyo del mapa base se ubicó la aproximación del punto de las coordenadas UTM, iniciando por el estrato 3 que es la parte alta de la microcuenca por el estrato 2 que es la parte media y finalizando en el estrato 1 que es la parte baja de la microcuenca.

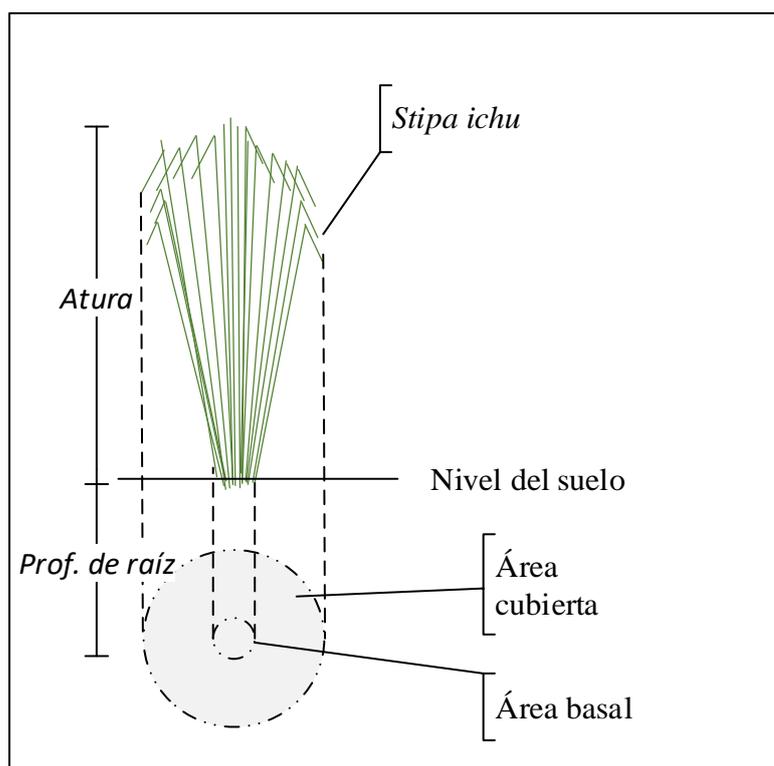
✓ Delimitación de las unidades muestrales

Una vez ubicado el lugar próximo de coordenada UTM que representa el punto de la unidad muestral, se delimitó la parcela de forma cuadrada de dimensiones 2m x 2m con las estacas de madera y la soguilla. Asimismo, en cada estrato se delimitó sub parcelas de 1m² para el muestreo destructivo (estimación de biomasa), esto con la finalidad de obtener los pesajes de los componentes de las muestras del *Stipa ichu*; flor, tallo, hojas y raíz.

✓ Cuento, medición y extracción de la especie en la unidad de muestreo

Dentro de la parcela de 4m² delimitada, se hace el conteo de las matas de *Stipa ichu* clasificándolos según tamaño; grande (76 cm a más), mediano (36 – 75 cm) y pequeño (1 – 35 cm). Posteriormente se procedió a medir el área basal, área cubierta, altura de cada mata de las muestras. En la Figura 13 se muestra la forma de medición del área basal de cada mata de ichu.

Figura 13. Proyección del área basal y área cubierta.



Fuente: Elaboración propia, (2018), adaptación de Tapia, (1971).

Dentro de la subparcelas de 1m^2 , se aplicó el método “destrutivo” donde se procedió al corte de la biomasa aérea y extracción de la biomasa radicular de cada mata de muestra de “ichu”, reuniendo sobre una manta de plástico para la separación en sus componentes (flor, tallo y hojas) para su pesaje respectivo. Asimismo, con el apoyo del pico se extrajo cuidadosamente la raíz de cada mata, esto con la finalidad de estimar la biomasa verde en cada uno de sus componentes y en sus diferentes tamaños (Flores, 2017; citado por Paladines, 1972).

✓ Pesaje y rotulado de las muestras

Una vez separada los componentes de una mata de muestra; raíz, tallo, hojas y flor se colocó en una bolsa de polietileno. Las raíces, tallos y flores se pesaron con la balanza analítica de precisión mientras que las hojas con la balanza digital de mano, el pesaje con

la finalidad de determinación de la biomasa aérea y radicular verde de cada mata de “ichu”. Este procedimiento se realizó en la sub parcela de 1m², por cada estrado.

De todas las muestras extraídas en cada sub parcela se juntó todas las muestras de cada componente y tamaño para obtener un peso de 500 g de muestra por estrato. De los tres estratos se obtuvo en total 1,500 g de cada componente, estas muestras se reunieron y se homogenizo cada muestra sobre la manta de pastico. Una vez homogenizado, se separó la mitad (750 g) de cada componente para luego sellarlo en la bolsa hermética de polietileno y rotularlo adecuadamente para llevarlo al laboratorio.

B. Actividades desarrolladas en el laboratorio:

Las muestras debidamente rotuladas y embolsadas se llevaron al Laboratorio de Suelos y Plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, esto con la finalidad de determinar el contenido de carbono mediante el método de “Walkley y Black”.

Asimismo, parte de las muestras (250 g) de cada componente se llevó al Laboratorio de Aguas de la facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal para la determinación de contenido de biomasa seca de cada componente.

✓ Determinación de la biomasa seca.

Se trabajó con muestras en condición verde; donde se pesa inicialmente (P_0), luego se deshidrata el agua libre o agua de capilaridad mediante una estufa eléctrica, para la deshidratación se dejó las muestras por un tiempo de 48 horas a una temperatura de 70°C hasta alcanzar un peso constante, luego se pesó la materia seca (P_f), de esta manera se calcula porcentaje de materia seca (MS) (Flores, 2017).

Procedimiento

Para la determinación de la materia seca (MS), se trabajó en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal, mediante el siguiente procedimiento:

- En la balanza analítica se pesó 30 g de cada componente (raíz, tallo, hojas y flores) el cual será el peso inicial de materia verte (P_0).
- Las muestras debidamente pesadas (30 g), se introdujo al sobre manila y se rotuló.
- Las muestras debidamente rotuladas, se introdujo a la estufa eléctrica programándolo por 48 horas a una temperatura de 70°C.
- Pasado las 48 horas se apagó la estufa, se sacó las muestras y se pesó cada uno (P_f).

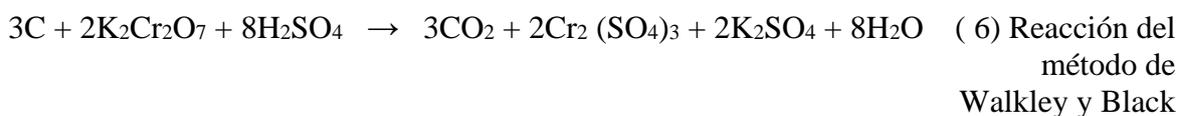
✓ **Determinación de carbono**

Para la determinación del contenido de Carbono se utilizó muestras de biomasa aérea (tallo, hojas y flores) y radicular (raíz) todas en condición de materia verde, para ello se llevó al Laboratorio de Suelos y Plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, esto con la finalidad de determinar el contenido de Carbono por el método de “Walkley y Black”.

Método de Walkley y Black:

Consiste en la estimación del contenido de carbono mediante la Fracción de Carbono el cual la materia orgánica (MO) pasa por tres fases; la primera, de determinación del porcentaje de materia seca; la segunda, de determinación de la fracción de carbono, por medio de una digestión con ácido sulfúrico, formando CO₂, que a su vez reacciona con del

dicromato reducido, y finalmente la tercera, de titulación con sulfato ferroso (Meneses, 2017). La reacción fundamental es:



Procedimiento:

La materia orgánica seca (MOS) se oxidó con una mezcla de K_2CrO_7 más H_2SO_4 . La dilución concentrada se calienta con H_2SO_4 y K_2CrO_7 es la fuente exclusiva de calor. El exceso de K_2CrO_7 es determinado por titulación con $FeSO_4$ o con $(NH_4Fe)_2(SO_4)_3$. Este método proporciona una estimación fácilmente oxidable de carbono orgánico y es usado como una medida de carbono orgánico total.

3.5.2.3 Etapa de gabinete

En esta fase de trabajo, comprende principalmente el procesamiento de la información obtenida tanto del trabajo de campo y laboratorio con la finalidad de obtener los resultados de los objetivos.

✓ Determinación de la densidad

Para la determinación de la densidad se consideró el método de registro de individuos (N) en un área determinada (A) tal como lo cita en la RM 019-2017-MINAM (inventario de flora y fauna). Para la determinación de la densidad (D) o el número de matas de “ichu” en una parcela, se calcula mediante la Ecuación 7:

$$D = \frac{N}{A}$$

(7) Estimación de la densidad

Donde:

N : Numero de matas de *Stipa ichu*

A : área de la parcela (m²)

Asimismo, para la estimación del área (A) promedio que ocupa el *Stipa ichu* en los estratos de la microcuenca, se tomó la ecuación de Tapia, (1971) donde define que la densidad es el área cubierta por las especies. Según el autor la Ecuación 10 es uno de los mejores índices para la evaluación de densidad de pasturas.

$$\text{Densidad (\%)} = \frac{\sum \text{Área basal de la especie (m}^2\text{)}}{\text{Área de la parcela (m}^2\text{)}} \times 100 \quad (8) \text{ Estimación de la densidad en \%}$$

✓ **Estimación de la biomasa total**

Biomasa verde total (BvT)

Resulta del pesado de la biomasa verde en campo el cual se dimensiona a toda el área objetiva del estudio.

Tabla 11. Estimación de la biomasa total

Componente	Peso (kg)	Tipo de biomasa verde y seca
Raíz	A	Biomasa radicular
Tallo	X	
Hoja	Y	Biomasa aérea
Flor	Z	

Biomasa verde total = A+X+Y+Z

$$BvT (t/ha) = \sum (BAg + BAm + BAp) + \sum (BRg + BRm + BRp) \quad (9) \text{ Biomasa verde total}$$

Donde:

$Bt (tn/ha)$: Biomasa total expresada en toneladas por hectáreas.

BAg y BRg : Biomasa aérea de grande y biomasa radicular de tamaño grande.

BAm y BRm : Biomasa aérea de tamaño mediano y biomasa radicular de tamaño mediano

BAp y BRp : Biomasa aérea de tamaño pequeño y biomasa radicular de tamaño pequeño

Para la estimación de la biomasa se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$H\% = \frac{P_0 MV - P_f MS}{P MV} \times 100 \quad (10) \text{ Estimación de la humedad}$$

$$MS\% = 1 - H\% \quad (11) \text{ Estimación del porcentaje de materia seca}$$

Donde:

$H \%$: Porcentaje de humedad

$MS \%$: Porcentaje de la materia seca

$P_0 MV$: Peso inicial de la materia verde

$P_f MS$: Peso final de la materia seca

PMV : Peso de la materia seca

Para la biomasa total se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$Bt (t/ha) = \sum (BAg + BAm + BAp) + \sum (BRg + BRm + BRp) \quad (12) \text{ Calculo biomasa total}$$

Donde:

B_t (tn/ha) : Biomasa total expresada en toneladas por hectáreas.

B_{Ag} y BR_g : Biomasa aérea de grande y biomasa radicular de tamaño grande.

B_{Am} y BR_m : Biomasa aérea de tamaño mediano y biomasa radicular de tamaño mediano

B_{Ap} y BR_p : Biomasa aérea de tamaño pequeño y biomasa radicular de tamaño pequeño

✓ **Estimación del carbono.**

Se siguió el procedimiento de (Palomino, 2007 citado por; Karla y Maynard, 1991) el cual se sintetiza en la ecuación

$$\%MO = \left(\frac{1.724 \times 0.4 \times N_{SFA} \times V_B - V_M}{PM_0} \right) \times M \quad (13) \text{ Estimación de } \%MO$$

Sabiendo a que:

$$V_B = \left(\frac{V(K_2Cr_2O_7) \times N_{SFA}}{10} \right) \quad (14) \text{ Volumen de la solución Ferrosa amoniacal}$$

Donde:

$\%MO$: Porcentaje de materia orgánica.

M : Molaridad de la solución de $FeSO_4$.

0.4 : Factor equivalente del peso del carbón.

V_B : Volumen de la solución Ferrosa amoniacal requerido para el blanco (mL).

N_{SFA} : Normalidad de la solución ferrosa amoniacal = $4/V_{SFABK}$ (Volumen de la solución sulfato ferrosa amoniacal del blanco).

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

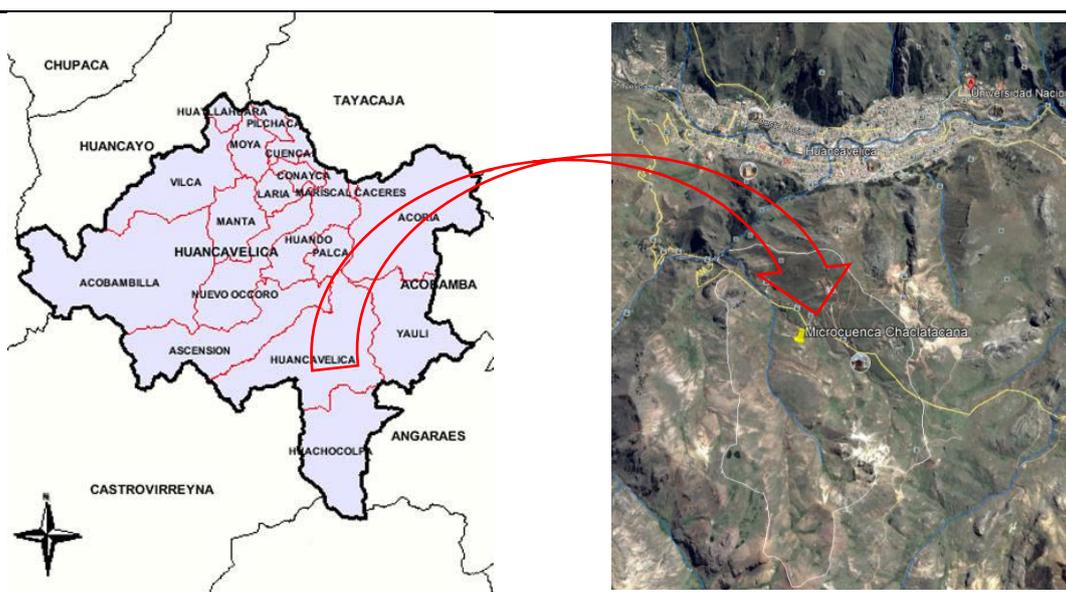
IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Descripción de la microcuenca Chaclatacana

4.1.1 Ubicación política

El ámbito donde se desarrolla la investigación es la microcuenca Chaclatacana, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica. La microcuenca se encuentra en la parte Sur y a una distancia de 1.3 km aproximadamente de la ciudad de Huancavelica.

Figura 14. Ubicación política del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, (2018).

La ubicación del proyecto se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas UTM.

Tabla 12. Ubicación geográfica de la microcuenca

Descripción	Coordenadas UTM-WGS84 -18S	
	Este	Norte
Ubicación céntrica de la microcuenca	8583360	8583360

Fuente: Elaboración propia, (2018).

4.1.2 Accesibilidad

Tiene accesibilidad directa desde la ciudad de Lima hacia la ciudad de Huancavelica, por la carretera central, de la ciudad de Huancavelica se tiene que tomar auto o camioneta hacia el centro poblado Chaclatacana o la mina Santa Bárbara ya que no hay mucha transitabilidad por esa vía. En el siguiente cuadro se detalle las distancias y tiempo:

Tabla 13. Accesibilidad hacia la microcuenca

Ruta	Distancia	Tiempo	Tipo de Vía
Lima – Huancavelica	240 km	8 horas	Asfaltado
Huancavelica – CP Chaclatacana	6.43 km	30 min	Trocha carrozable

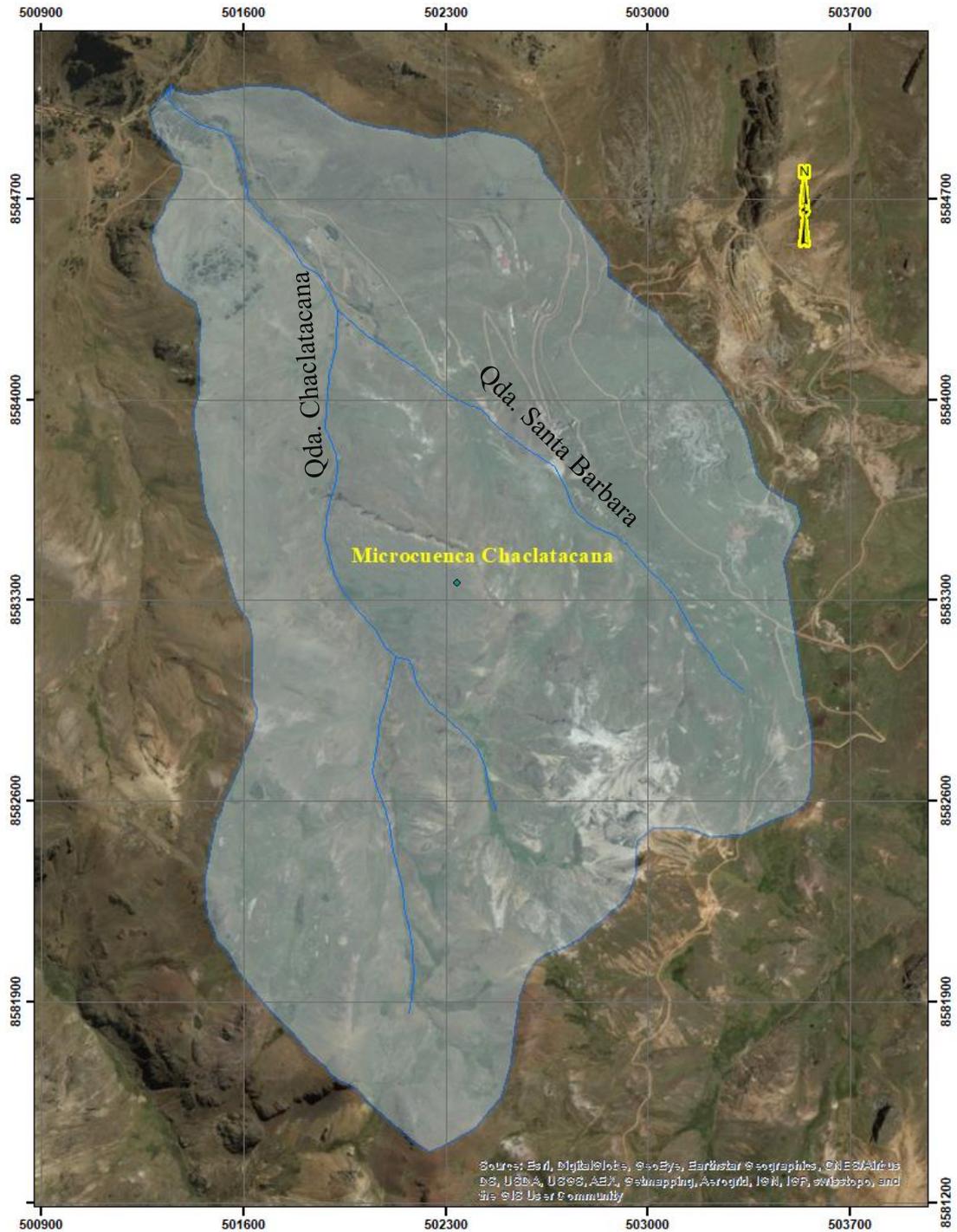
Fuente: Elaboración propia, (2018).

4.1.3 Localización hidrográfica

Hidrográficamente la microcuenca se ubica en la parte media de la Cuenca Mantaro. El flujo de agua principal es la quebrada Chaclatacana que nace en una altitud de 4556 msnm, tributa sus aguas a la quebrada Disparate en una cota de 3915 msnm y este último a la vez al Río Ichu, el cual cruza por el centro de la ciudad de Huancavelica. La quebrada

Chaclatacana tiene un recorrido de 3.1 km con una pendiente de 20.6 %, cuenta con un perímetro de 10.29 km y área de 5.48 km².

Figura 15. Microcuenca Chaclatacana – Huancavelica



Fuente: Elaboración propia, (2018).

4.1.4 Parámetros fisiográficos de la microcuenca

Los parámetros fisiográficos de la microcuenca Chaclatacana, se han calculado de acuerdo a las ecuaciones establecidas por Aldemar, Ulises, & Yesid, (2010) que en la Tabla 14 se detalla.

Tabla 14. Parámetros fisiográficos de la microcuenca

Parámetros	Unidad	Valor
Área de microcuenca	Km ²	548.83
Perímetro	Km	10.29
Cota máxima de microcuenca	m.s.n.m	4550
Cota mínima de microcuenca	m.s.n.m	3900
Cota media de la microcuenca	m.s.n.m	3725
X centroide de la microcuenca	m	502338
Y centroide de la microcuenca	m	8583360
Longitud mayor de la quebrada	m	3110.787
Pendiente de curso principal	m/m	0.21
Tiempo de concentración	horas	0.96
Densidad de drenaje	km/km ²	1.16
Lado mayor del rectángulo equivalente (<i>L</i>)	km	3.70
Lado menor del rectángulo equivalente (<i>l</i>)	km	1.48
Índice de Compacidad o de Gravelius	--	1.24

Fuente: Elaboración propia, (2018).

4.2 Componentes abióticos

4.2.1 Meteorología y clima

El clima de la microcuenca Chaclatacana al igual que la ciudad de Huancavelica es variado desde cálido, templado y frío con gran sequedad de la atmósfera. A medida que la

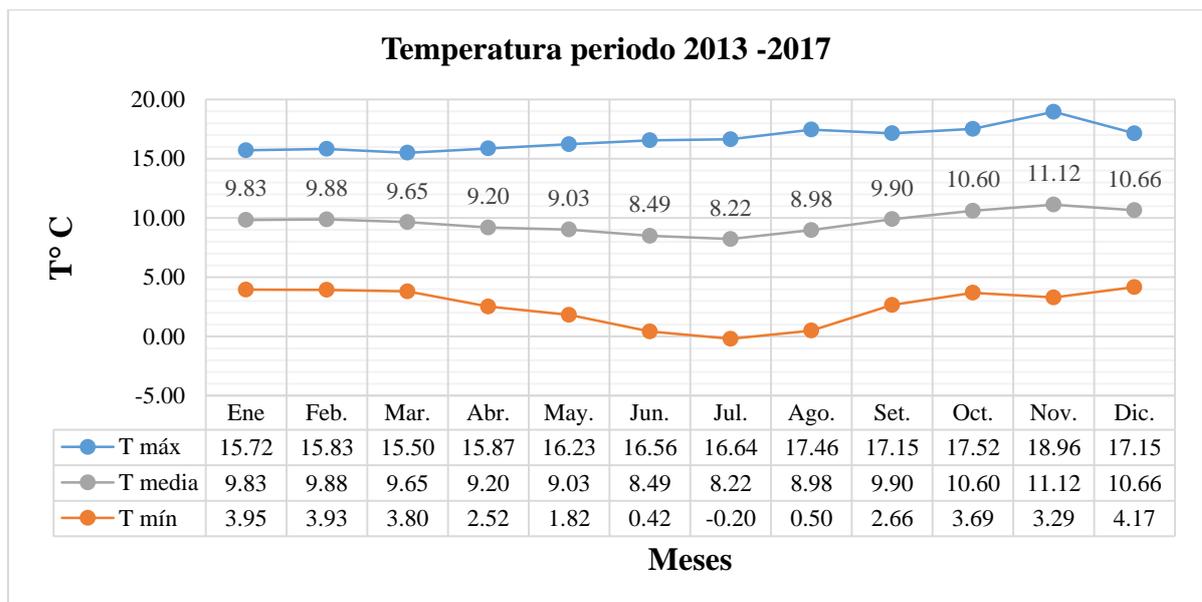
altitud incrementa, el clima es frígido, muy seco, con fuertes variaciones de temperatura entre el día y la noche, frecuencia de heladas, presencia de hielo y granizo. La temporada de lluvias se inicia en noviembre y concluye en abril, mientras que la estación seca dura entre mayo y octubre.

Para la caracterización climática del área de estudio del proyecto se ha procesado información de la estación meteorológica “Huancavelica”, el cual se encuentra disponible en la página web de SENAMHI, (2018).

4.2.1.1 Temperatura

De acuerdo al procesamiento de la data de la estación meteorológica Huancavelica, la temperatura está sujeta a diferentes factores tales como: altitud, latitud, topografía, entre otros; es así que la zona del proyecto presenta fluctuaciones de temperatura media anual que varía entre 8.22 °C y 11.12 °C. La temperatura máxima anual de 16.71 °C, y la temperatura mínima anual de 2.54 °C.

Figura 16. Temperatura periodo 2013-2017



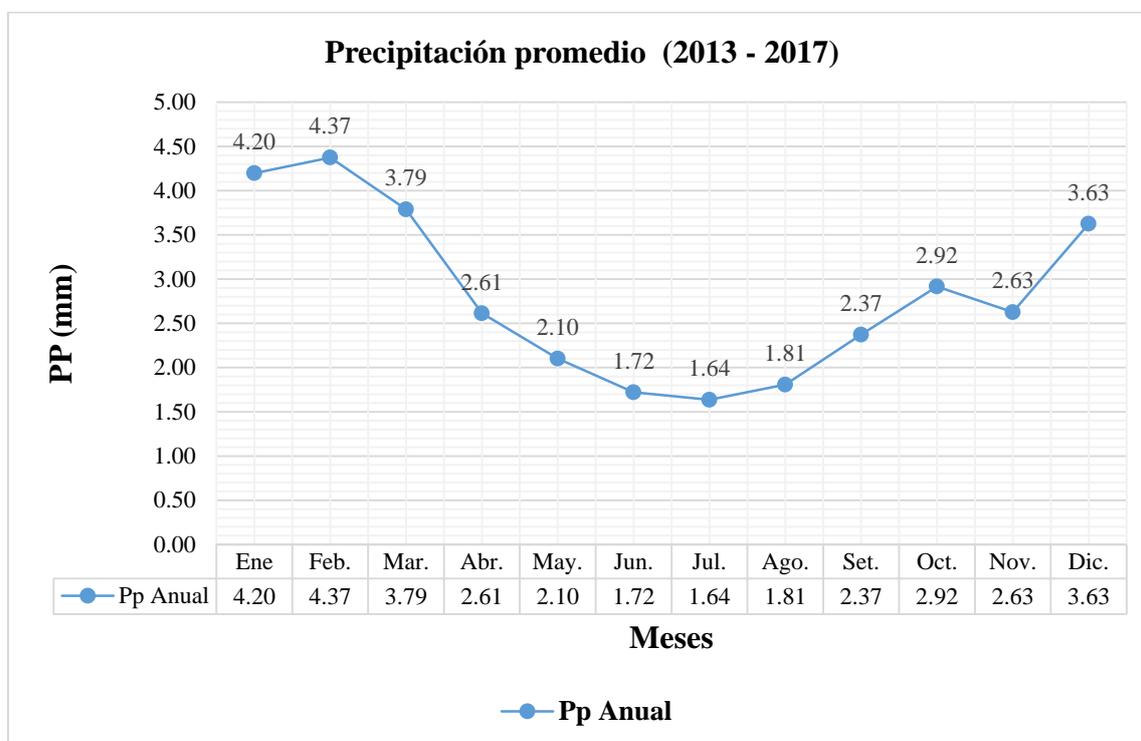
Fuente: Elaboración propia, (2018) – SENAMHI, (2017).

4.2.1.2 Precipitación

Las lluvias en el área de intervención de la investigación, son importantes ya que representan una fuente de agua para los cultivos típicos de esta zona y también para el desarrollo de los pastizales y todo el ecosistema.

La precipitación promedio anual reportada por la estación Huancavelica, es de 2.81mm; la precipitación baja es de es de 1.64 mm esto en los meses de mayo a agosto, mientras que las precipitaciones altas alcanzan a 4.34 mm, siendo las precipitaciones altas en los meses de diciembre a marzo.

Figura 17. Precipitación promedio periodo 2013-2017



Fuente: Elaboración propia, (2018) – SENAMHI, (2017).

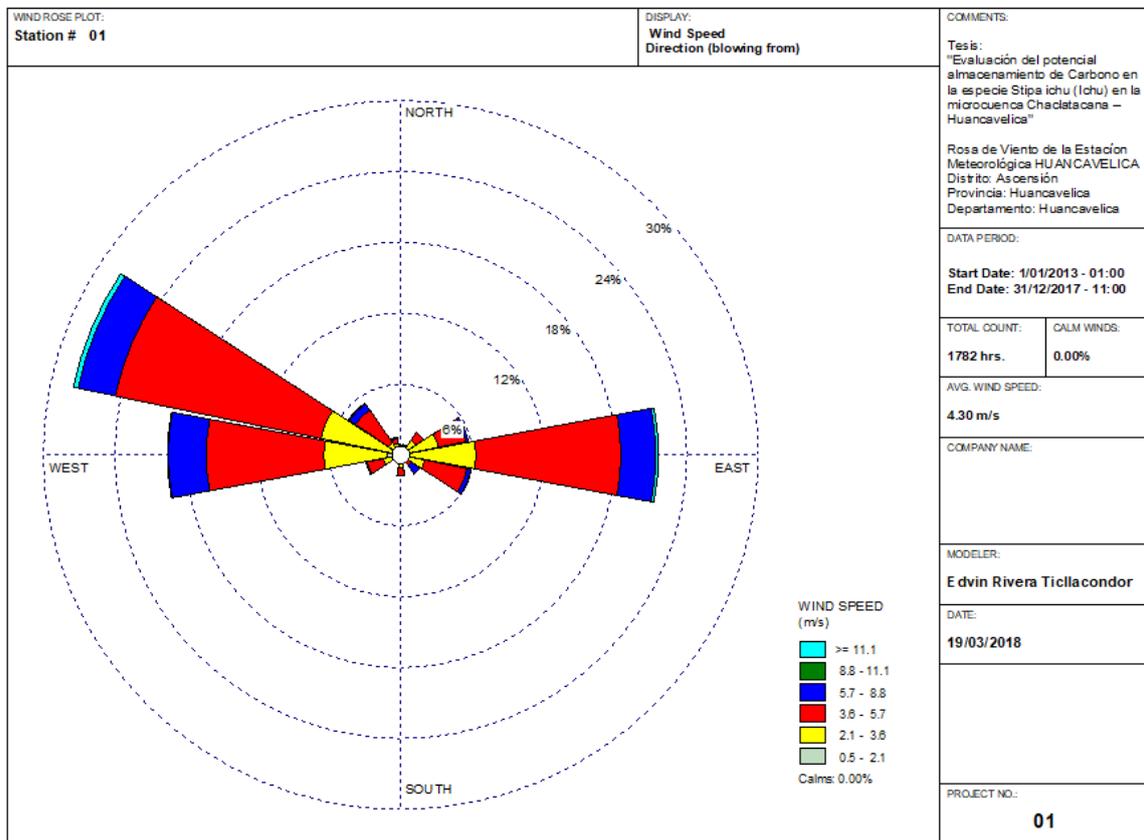
4.2.1.3 Dirección y velocidad del viento

De acuerdo a la información de la estación meteorológica de Huancavelica, la velocidad y dirección del viento corresponden a la data del período 2013 al 2017 de entre los meses de enero a diciembre.

Se ha elaborado la Rosa de Vientos (Indicando la Dirección Predominantes de los Vientos), por cada año, considerando 08 Rumbos Colaterales (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), los cuales están determinados por las siguientes direcciones.

Para elaborar la Rosa de Vientos se ha usado como herramienta el Software WRPLOT View que es un programa de viento completamente operativo para representar gráficamente una rosa de vientos tomando como base datos meteorológicos, proporcionando así análisis de frecuencia y parcelas de direcciones del viento.

Figura 18. Rosa de vientos periodo 2013-2017



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Figura 18 se muestra la rosa de los vientos del periodo 2013-2017, en el cual se muestra como el viento posee en una trayectoria dominante hacia norte – oeste el cual alcanza a una velocidad mayor de 11.1 m/s, así también se infiere que en otros tiempos la

dirección va en sentido este y a oeste alcanzando velocidades entre 5.7 a 8.8 m/s respectivamente.

4.2.2 Geología

La microcuenca, está comprendida en su gran parte cubierta por rocas Cenozoico volcánico, en menor proporción rocas del sedimentario. Las características geológicas que presenta en el área del estudio, se encuentran relacionadas a su origen, a su tectónica y a su cronología. En la siguiente Tabla 15 se detalla las unidades geográficas que lo compone el área de estudio.

Tabla 15. Unidades geológicas de la microcuenca

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE ROCA	% ÁREA
 Ki-cha	Fm. Chayllacatana	Sedimentarios	3%
 Nm-sb-i	Fm. Santa Bárbara Miembro Inferior	Volcánicos	3%
 Qpl-gf	Depósito Glaciofluvial	Inconsolidados	44%
 Ki-ch-p	Fm. Chulec-Pariatambo	Sedimentarios	27%
 Ki-go	Fm. Goyllarisquisga	Sedimentarios	14%
 KsPp-c	Fm. Casapalca	Sedimentarios	9%

Fuente: Elaboración propia, (2018) - ZEE – Huancavelica, (2016).

A continuación, se describe cada unidad geológica que conforma la microcuenca Chaclatacana:

✓ Cretácico inferior: Formación Chayllacatana: (Ki-cha)

En esta unidad se puede diferenciar derrames de lavas ofíticas hasta porfiríticas con estructuras amigdaloides (vesiculares) de colores violáceos, (Paytan, 2017; citado por Yates, *et al.*, 1951 y Fernandez. *et al.*, 1952). Se les encuentra ampliamente distribuido y

plegado en el lado Occidental del cuadrángulo con su mejor desarrollo en la zona minera de Santa Bárbara al Sur de Huancavelica.

Consiste de una secuencia volcánica sedimentaria de derrames basálticos de olivino de coloración predominante gris verdoso a verde olivo y gris violáceo interestratificadas con areniscas amarillentas rojizas. Son descompuestas fácilmente debido a la susceptibilidad al intemperismo y a ser erosionadas, resultando en formas negativas en comparación con las areniscas Goyllarisquizga y las calizas Chulee respectivamente (Paytan, 2017).

✓ **Neógeno mioceno: Formación Santa Barbará miembro inferior (Nm-sb-i)**

Es el complejo de centros volcánicos al Sur de la ciudad de Huancavelica. Se ha podido diferenciar principalmente un ciclo inicial eruptivo el cual ha depositado una secuencia tobácea piroclástica brechoide, seguida por un ciclo efusivo con la producción de grandes volúmenes de derrames de brechas y lavas, distinguiendo así dos miembros. Está constituido por una secuencia de tobas lapillíticas masivas (ignimbritas) de color rosado amarillento a blanquecino, que constituyen una gruesa sucesión de flujos piroclásticos litológicamente monótonos, cementados y de composición riodacítica, que alcanzan más de 80 m de espesor (Paytan, 2017).

✓ **Pleistoceno Depósitos Glaciofluviales (Qpl-gf)**

Son depósitos constituidos por materiales acarreados por los hielos en movimiento en parte fluviales, los que han sido acumulados como morrenas laterales o frontales. Se ubican en los fondos de las quebradas y flancos de los valles. Presentan una litología de constitución polimíctica y mal seleccionados con clastos y guijarros angulosos, subredondeados en una matriz arcillosa. Las morrenas en el fondo de las quebradas forman superficies planas y facilitan el desarrollo de los pastos naturales. Estos depósitos se

encuentran en altitudes de entre 4,000 y 4,400 msnm, por encima de ellos se levantan los afloramientos de las rocas, agrietadas por la acción del hielo y las que constituyen las cumbres de la Cordillera Occidental (Paytan, 2017).

✓ **Cretácico inferior: Formaciones Chulec-Pariatambo (Ki-ch-p)**

Dentro de este grupo se ha considerado a las formaciones Chulec Pariatambo y Jumasha, que ocurren casi siempre juntas en delgadas exposiciones. Las primeras, reconocidas como "calizas Machay" (citado por Laughlin, 1925), los cuales están compuestas por 2 miembros, uno inferior (Chulec), de calizas grises con intercalaciones de margas y lutitas arenosas, y otro superior (Pariatambo), igualmente de calizas bituminosas así como bancos de arcilla y yeso (Paytan, 2017).

✓ **Cretáceo inferior: Grupo Goyllarisquizga (Ki-go)**

En la zona de estudio, este grupo aparece distribuido en áreas alargadas de poca extensión, tal como sucede en Orcobamba, Acobambilla, Acoria, Yauli, Huancavelica, Huachocolpa e Izcuchaca. Está constituido básicamente de areniscas cuarzosas blanquecinas a amarillentas, alternadas en menor proporción con lutitas gris verdosas, calizas, mantos carbonosos y ocasionalmente "sillis" de diabasa y derrames volcánicos (Paytan, 2017).

✓ **Cretácico superior Paleógeno paleoceno: Formación Casapalca (KsPp-ca)**

La formación Casapalca o "Capas Rojas", como también se le conoce, constituye sedimentos continentales de amplio desarrollo en la Cordillera Andina Central y en el área aflora principalmente en la hoja de Conaica. Consiste de una intercalación de brechas y conglomerados de clastos calcáreos y cuarcíticos, cementados por materiales areno-

arcillosos de tonos rojizos en la base, y de areniscas, conglomerados y lutitas con paquetes de calizas y chert, igualmente de tonos rojizos gradando levemente a blanquecino-verdosos, en la parte superior (Paytan, 2017).

4.2.3 Fisiografía

Las unidades fisiográficas que presenta el área de estudio son dos unidades fisiográficas bien definidas; gran parte conformada por laderas montañosas empinadas y la parte alta conformada por llanura de altiplano semiondulada. A continuación, describimos:

✓ Llanura de Altiplano semiondulada (COc - PI - LIAs)

Presenta áreas extensas con relieves ligeramente ondulados con pendientes hasta moderadamente empinado con una característica de presencia de cuerpos de agua por eso el origen del mismo siendo estos de formación lacustre, glacial o fluvial. Presenta un mínimo porcentaje de área (9%) del área total de la microcuenca.

✓ Laderas de Montaña Muy empinado (COc - MFEsEr - Lm7)

En esta unidad se observa relieves fuertemente disectados con pendientes que varían de 50 a 75% y los suelos son superficiales a muy superficiales. Cubren una superficie aproximada de 91 % del área de la microcuenca.

4.2.4 Capacidad de uso mayor de tierras (CUM)

Las diferentes unidades clasificadas en forma no Asociada y Asociada, se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Capacidad de uso mayor de tierras (CUM)

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	% ÁREA
 Xes	Tierras de protección con limitación por erosión y suelo	99 %

	Tierras aptas para producción forestal de calidad	
	F2se-X agrológica media con limitación por suelo y erosión, asociadas a tierras de protección	1 %

Fuente: Elaboración propia, (2018), en base a la ZEE – Huancavelica, (2012).

A continuación, se describe las características y cualidades más significativas de cada uno de las unidades de capacidad de uso de tierras del área de estudio:

✓ **Sub clase Xes**

Esta sub clase de capacidad de uso de tierras (CUM) son tierras de protección con limitación por erosión y suelos. En el área estudio tiene una extensión de 99 % del área total, se encuentran diferentes elementos de paisaje, los más representativos tenemos a las laderas altas montañosos colinado empinado, laderas de montaña empinado, laderas de montaña extremadamente empinado, laderas de montaña muy empinada, talud – escarpe extremadamente empinado.

✓ **Grupo F2se-X**

Este grupo, agrupa a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, permanentes, ni pastos, pero, sí para la producción de especies forestales maderables. Estas tierras son aptas para producción forestal de calidad agrológica media con limitación por suelo y erosión, asociado a tierras de protección. Esta área abarca una mínima parte del área de estudio (1%)

4.2.5 Uso actual de suelos

A nivel de la región de Huancavelica de acuerdo a la ZEE, presenta cuatro niveles de categorización del uso actual de tierras, entre ellas tenemos el Nivel I conformada por 5

unidades cartográficas de Uso de las Tierras, dentro de estas se encuentra el Nivel II con 9 unidades cartográficas, dentro de este se encuentra el nivel III con 18 unidades cartografiarles, en algunas Unidades de Uso fue necesario llegar hasta la el nivel IV.

Tabla 17. Unidades de uso actual de suelos de la microcuenca

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	% ÁREA
 Emh	Áreas con predominancia de afloramiento rocoso con escasa vegetación (hierbas y arbustos)	33%
 Ha-Arc	Áreas erosionadas con escasa vegetación (ichu y otras hierbas)	21%
 Ha-Td	Pajonales que fueron utilizados para pastoreo y quema, (ichu)	38%
 Hd	Áreas con predominancia de afloramiento rocoso con escasa vegetación (hierbas y arbustos)	33%

Fuente: Elaboración propia, (2018), en base a la ZEE – Huancavelica, (2015).

4.3 Componente biótico

Los componentes bióticos del área de estudio básicamente corresponden a la composición de flora y fauna, de manera adicional consideraremos zonas de vida.

4.3.1 Zonas de vida

La clasificación de zonas de vida propuesta en la zonificación ecológica económica de la región Huancavelica se elaboró tomando como base la determinación de formaciones vegetales partiendo de los datos climáticos propuesto por Holdridge, (1947). Para la descripción de las zonas de vida del área de estudio se toma en cuenta la ZEE de Huancavelica, en la cual se aprecia la mayor composición bosque húmedo - Montano

subtropical (3 %) y Paramo muy húmedo -subalpino subtropical (97%) tal como se observa en la Tabla 18.

Tabla 18. Zonas de vida de la microcuenca

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	% ÁREA
 bh-MS	bosque húmedo - Montano Subtropical	3%
 pmh-Sa	Paramo muy húmedo -Subalpino Subtropical	97%

Fuente: Elaboración propia, (2018), en base a la ZEE – Huancavelica, (2017).

✓ **Bosque húmedo - montano Subtropical (bh-MS)**

Es la zona de vida que corresponde a un ecosistema de clima húmedo y semifrío, con un promedio de precipitación total anual variable entre 600 mm y 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 (0 °C), además que se intensifica las granizadas y nevadas.

✓ **Paramo muy húmedo -Subalpino subtropical (pmh-Sa)**

Es la zona de vida que corresponde a un ecosistema transicional de clima húmedo y frío, con un promedio de precipitación total anual que varía entre 500 mm y 600 mm, y una biotemperatura media anual que oscila entre 6°C y 3°C, previéndose la ocurrencia diaria de temperaturas de congelación. Altitudinalmente, se encuentra ubicado entre 3,900 y 4,200 msnm., ocupando el flanco oriental de la cordillera occidental.

4.3.2 Flora

Por las características del ámbito de influencia del estudio, la zona no tiene mucha diversidad de especies vegetales más que especies que conforman el sistema de pastos altoandinos, los cuales está conformado principalmente por familias POACEAE,

FABACEAE y en la parte baja conformada por familias de SCROPHULARIACEAE y MYRTACEAE. En la Tabla 19 se presenta detalladamente las especies que componen la flora representativa del área de estudio:

Tabla 19. Flora del ámbito de influencia

Familia	Especie	Nombre común	Característica
POACEAE	<i>Stipa ichu</i>	Ichu	Especie nativa
FABACEAE	<i>Adssmia spinosisima</i>	Caqui caqui	Especie nativa
ONAGRACEAE	<i>Oenothera multicaulis</i>	Chupa sangre	Especie nativa
URTICACEAE	<i>Urtica sp</i>	Ortiga	Especie nativa
ROSACEAE	<i>Polylepis incana</i>	Quiñual	Especie nativa
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus Globulus</i>	Eucalipto	Especie introducida

Fuente: Elaboración propia, (2018).

4.3.3 Fauna

En lo que concierne a la fauna silvestre, durante el trabajo de campo realizado se visualizó principalmente especies domésticas y avifauna. Entre las especies domesticas representativas del área de estudio se encuentra ganado auquénido y ovino en menor proporción, asimismo se evidencio ganado ovino, vacuno y porcino en proporción mínima. En el siguiente cuadro se presenta la relación de especies domesticas:

Tabla 20. Relación de especies de fauna domestica

Familia	Especie	Nombre Común
CAMELIDAE	<i>Lama glama</i>	Llama
CAMELIDAE	<i>Vicugna pacos</i>	Alpaca
BOVIDAE	<i>Ovis aries</i>	Oveja
BOVIDAE	<i>Bos taurus</i>	Vaca
SUIDAE	<i>Sus scrofa domestica</i>	Chancho
EQUIDAE	<i>Equus caballus</i>	Caballo

EQUIDAE	<i>Equus asinus</i>	Asno
PHASIANIDAE	<i>Gallus gallus domesticus</i>	Gallina
ANATIDAE	<i>Anas cyanoptera</i>	Pato

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Debido a que en la inspección no se evidenciaron especies de fauna silvestre salvo avifauna, se procedió a levantar información por medio de entrevistas (método indirecto), con los pobladores *in-situ*. En la Tabla 21 se presenta la relación de especies de fauna silvestre.

Tabla 21. Relación de especies de fauna silvestre

Familia	Especie	Nombre Común
TINAMIDAE	<i>Nothoprocta pentlandii</i>	Perdiz
EMBERIZIDAE	<i>Emberiza cia</i>	Pichiusa
FALCONIDAE	<i>Falco berigora</i>	Quillincho/ Halcón serrano
FRINGILLIDAE	<i>Carduelis carduelis</i>	Jilguero
COLUMBIDAE	<i>Columbina picui</i>	Cuculi
DIDELPHIDAE	<i>Didelphimorphia</i>	Ccarachupa
MUSTELIDAE	<i>Mustela nivalis</i>	Unchuchuco
CHINCHILLIDAE	<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha

Fuente: Elaboración propia, (2018).

4.4 Componente social

Dentro del ámbito de influencia se encuentran tres comunidades campesinas, en la parte baja de microcuena se ubica la comunidad de Chaclatacana, parte media la comunidad Santa Bárbara y en la parte alta la comunidad Puquiopata. Estas comunidades se dedican principalmente a la crianza de ganado auquénido y ovino.

Por otra parte, en el ámbito de la investigación, los pobladores de las comunidades mencionadas tienen una agricultura temporal (principalmente papa), sus productos son comercializados en la ciudad de Huancavelica, los cuales son transportados mediante vehículos menores.

Asimismo, en la parte alta de la microcuenca se encuentran las instalaciones mineras (bocamina, molienda, transportadora y campamento) de la histórica mina “Santa Bárbara” el cual se encuentra catalogado como patrimonio cultural de la región Huancavelica.

Figura 19. Comunidades campesinas del ámbito de influencia



Comunidad Puquiopata



Comunidad Chaclatacana



Comunidad Santa Barbara

Fuente: Elaboración propia, (2018) - trabajo de campo.

4.4.1 Características demográficas

De acuerdo al documento *Las comunidades campesinas en la región Huancavelica* elaborado por Gobierno Regional, menciona que existe una fuerte migración de varones y mujeres jóvenes hacia la Selva Central donde se desempeñan como jornaleros en el cultivo de café, cacao, frutales y otros productos; muchos de ellos, se desplazan hacia las ciudades

de Lima y Huancayo donde laboran como comerciantes de productos andinos (morón, harina de arveja, trigo pelado, carne, queso, etc.), cobradores de microbuses, lustrabotas. Así también en menor proporción los jóvenes después de terminar la secundaria migran hacia a las ciudades; Huancayo, Lima, Ica y Ayacucho a con la finalidad de seguir con sus estudios superiores.

Para el presente estudio se determina como la población de referencia a todos los pobladores del distrito de Huancavelica, debido a que no se cuenta con estadística de las comunidades dentro de la microcuenca. La población al 1993 en distrito de Huancavelica fue 36,826 habitantes, en el censo del 2007 la población fue de 37,255 y la población para el 2016 es de 43,589 habitantes.

Tabla 22. Población del distrito de Huancavelica

CATEGORÍAS	Población a 1993	Población al 2007	Población al 2016
Hombres	17,835	17,909	20,954
Mujeres	18,991	19,346	22,635
Total	36,826	37,255	43,589

Fuente: Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda Tasa de crecimiento del distrito de Huancavelica 1.76%.

4.4.2 Viviendas

En cuanto a las viviendas a nivel del distrito de Huancavelica, se ha mostrado un crecimiento significativo a comparación de los años anteriores, donde las viviendas ha sido construidas en un 37.91 % de material noble y el 51.74% de adobe o tapial, el 8.25% de barro y piedra.

En las comunidades campesinas del ámbito de estudio, las viviendas están construidas con tapiales y techo de calamina y en menor proporción a base de piedra con barro con

techo a base de “ichu”. Estas viviendas se encuentran en precarias condiciones infraestructurales debido a que fueron construidos por los propios pobladores sin ninguna asistencia técnica.

Tabla 23. Viviendas a nivel del distrito de Huancavelica

Categorías	Casos al 2007	%
Ladrillo o Bloque de cemento	3264	37.91%
Adobe o tapia	4455	51.74%
Madera	32	0.37%
Quincha	11	0.13%
Estera	5	0.06%
Piedra con barro	710	8.25%
Piedra o Sillar con cal o cemento	76	0.88%
Otro	57	0.66%
Total	8610	100.00%

Fuente: Censos nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda. – INEI.

4.4.3 Servicios de agua y saneamiento

En el departamento de Huancavelica, los servicios básicos de las viviendas se encuentran en precarias condiciones, de acuerdo al Censo Poblacional y de Vivienda (2007), el abastecimiento de agua de la red pública es de 29.7 %, u uso de piletas colectivas el 4.1 %, abastecimiento de agua de pozo el 5.4 %, abastecimiento con camión cisterna es de 0.1 % (cercanos a la Costa), el 55.7% de río, acequias o manantial y el 5.1% de otras fuentes. Asimismo, las viviendas que tienen servicio higiénico en el interior de la vivienda asciende al 11.01%, el 3.16% utilizan el pozo séptico, el 1.69% emplea acequia ó canal y el 58.74 % no disponen de servicios higiénicos.

Las comunidades campesinas carecen de sistema de agua potable y saneamiento de calidad, ya que consumen agua de piletas públicas que no es agua potable y en la mayoría de los casos consumo de agua es directo de la quebrada Chaclatacaca. En cuanto a sistema de saneamiento, cuentan con letricas de hoyo seco construidos sin ninguna asistencia técnica.

4.4.4 Características socioeconómicas

En la región Huancavelica las comunidades campesinas siguen siendo la organización social más importante en el sector rural. En la actualidad, 609 comunidades campesinas ocupan el 69% de la superficie. Estas unidades son propietarias de grandes extensiones de pastos naturales; son dueñas de casi la totalidad de ganados, alpacas, llamas, ovinos y manadas de vicuñas. En sus territorios están las grandes y medianas lagunas de Huancavelica, así como los principales yacimientos mineros (Gobierno Regional de Huancavelica, *s. f.*). La población comunera se dedica principalmente a la agricultura y ganadería, complementando con actividades relacionadas con el comercio de productos excedentes en las ferias locales.

4.4.4.1 Actividad agrícola.

A nivel del ámbito de influencia, constituye la segunda fuente de ingresos para las familias de estas comunidades, aunque en menor escala, constituyéndose en una actividad secundaria.

La actividad agrícola, cuya producción y productividad no alcanza los promedios nacionales, debido al bajo nivel tecnológico que se aplica y a la estacionalidad de sus cultivos que no permite alcanzar buenos precios. Esta actividad constituye para la mayoría de las familias de las comunidades la segunda fuente de ingresos, destacando entre los principales el cultivo de la papa en sus diferentes variedades.

4.4.4.2 Actividad pecuaria.

Constituye la primera fuente de ingresos para las familias de las comunidades campesinas del ámbito del estudio. En la actualidad esta actividad se encuentra descuidada y no se le da la debida importancia, toda vez que en el ámbito distrital se puede observar animales criollos y con problemas sanitarios; asimismo, los sistemas de crianza son extensivos y sin las tecnologías adecuadas.

Según información proporcionada por el Ministerio de Agricultura, las especies ganaderas que predominan en la zona, en orden de importancia son: auquénido, ovino y en menor proporción ganado vacuno y porcino. Asimismo, es importante resaltar la producción de animales menores como las aves de corral y el cuy; ambas especies dirigidas casi exclusivamente al autoconsumo.

4.4.4.3 Actividad minera

En el ámbito de influencia de la investigación se encuentra varias concesiones mineras. Actualmente dentro de la microcuenca ninguna está en operación, sin embargo, se encuentran pasivos mineros (mina Santa Bárbara), dentro de los pasivos se encuentra el campamento minero y la planta de procesos, el depósito de relaves se encuentra remediado. Asimismo, la compañía minera El Brocal está en fase de exploración para la posible explotación minera.

En la parte alta de la microcuenca (límite de la microcuenca) se encuentran pasivos ambientales mineros como; relaves sin remediar, tajo abierto y vías de acceso sin cierre.

En las Tabla 24 se observa las concesiones mineras que forman parte de la microcuenca.

Tabla 24. Concesiones mineras en la microcuenca.

CONCESION	TITULAR	% DE ÁREA
La Fundadora Uno	Sociedad Minera El Brocal S.A.A.	7.7%
Beta	Compañía de minas Buenaventura S.A.A.	16.3%
Antacancha 19	Compañía de minas Buenaventura S.A.A.	0.7%
Barita	Compañía de minas Buenaventura S.A.A.	0.2%
Antacancha 22	Compañía de minas Buenaventura S.A.A.	2.7%
Precaución Uno	Compañía de minas Buenaventura S.A.A.	15.0%
Acumulación la fundadora	Sociedad Minera El Brocal S.A.	51.2%
Calvario	Compañía de minas Buenaventura S.A.A.	6.2%

Fuente: Elaboración propia, (2018), en base a GEOCATMIN.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

V. RESULTADOS

De acuerdo al trabajo de campo, se obtuvo la tabla 25, donde se sintetiza la ficha de control, en las filas se evidencian los datos de cada unidad muestral tomadas en campo en total 24 unidades muestral, mientras que en las columnas se detallan los datos de número de unidad muestral, coordenadas UTM, cotas, área de parcela, número de individuos registrados y el método aplicada a cada unidad muestra.

Tabla 25. Sistematización de los resultados de trabajo de campo

N°	Estrato	Coordenadas UTM - WGS 84 -18S		Altitud (msnm)	Área parcela	N° de indiv.	Método aplicado
		Este	Norte				
1	Estrato 3	502025	8582308	4438	4m ²	14	Conteo superficial
2	Estrato 3	502016	8582637	4387	4m ²	17	Conteo superficial
3	Estrato 3	501927	8583034	4363	4m ²	21	Conteo superficial
4	Estrato 3	502288	8583400	4344	4m ²	23	Conteo superficial
5	Estrato 3	502960	8583079	4354	4m ²	27	Conteo superficial
6	Estrato 3	503221	8582807	4387	4m ²	21	Conteo superficial
7	Estrato 3	503116	8583590	4233	4m ²	25	Conteo superficial
8	Estrato 2	502629	8583461	4273	4m ²	28	Conteo superficial
9	Estrato 2	502107	8583378	4293	4m ²	31	Conteo superficial
10	Estrato 2	501782	8583471	4253	4m ²	38	Conteo superficial
11	Estrato 2	501563	8583862	4232	4m ²	29	Conteo superficial
12	Estrato 2	502118	8583981	4136	4m ²	37	Conteo superficial
13	Estrato 2	502740	8584040	4254	4m ²	31	Conteo superficial
14	Estrato 2	502427	8584242	4160	4m ²	42	Conteo superficial
15	Estrato 2	502636	8584570	4222	4m ²	31	Conteo superficial
16	Estrato 2	502279	8584546	4157	4m ²	32	Conteo superficial
17	Estrato 2	502248	8584774	4207	4m ²	31	Conteo superficial
18	Estrato 1	501989	8584110	4084	4m ²	22	Conteo superficial
19	Estrato 1	502062	8584526	4083	4m ²	21	Conteo superficial

N°	Estrato	Coordenadas UTM - WGS 84 -18S		Altitud (msnm)	Área parcela	N° de indiv.	Método aplicado
20	Estrato 1	501518	8584691	4027	4m ²	22	Conteo superficial
21	Estrato 1	501510	8585025	3955	4m ²	21	Conteo superficial
22	Estrato 3	502593	8583004	4370	1m ²	8	Destructivo
23	Estrato 2	502305	8583785	4166	1m ²	9	Destructivo
24	Estrato 1	501829	8584572	4056	1m ²	8	Destructivo

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.1 Densidad del *Stipa ichu*

Para determinar la densidad de la especie *Stipa ichu*, se realizó un conteo de cada mata de la especie en un cuadrante de 4 m², las especies fueron clasificadas según tamaño, en total se inventariaron 21 parcelas los cuales fueron distribuidas proporcionalmente en cada estrato según su tamaño tal como se aprecia en la Tabla 10. A partir del inventario en cada parcela y en los tres estratos se sintetiza en la Tabla 26 de acuerdo a como define la RM 019-2017-MINAM, donde se hace la proyección la cantidad de matas de “ichu” que se encuentran en una hectárea (und/ha).

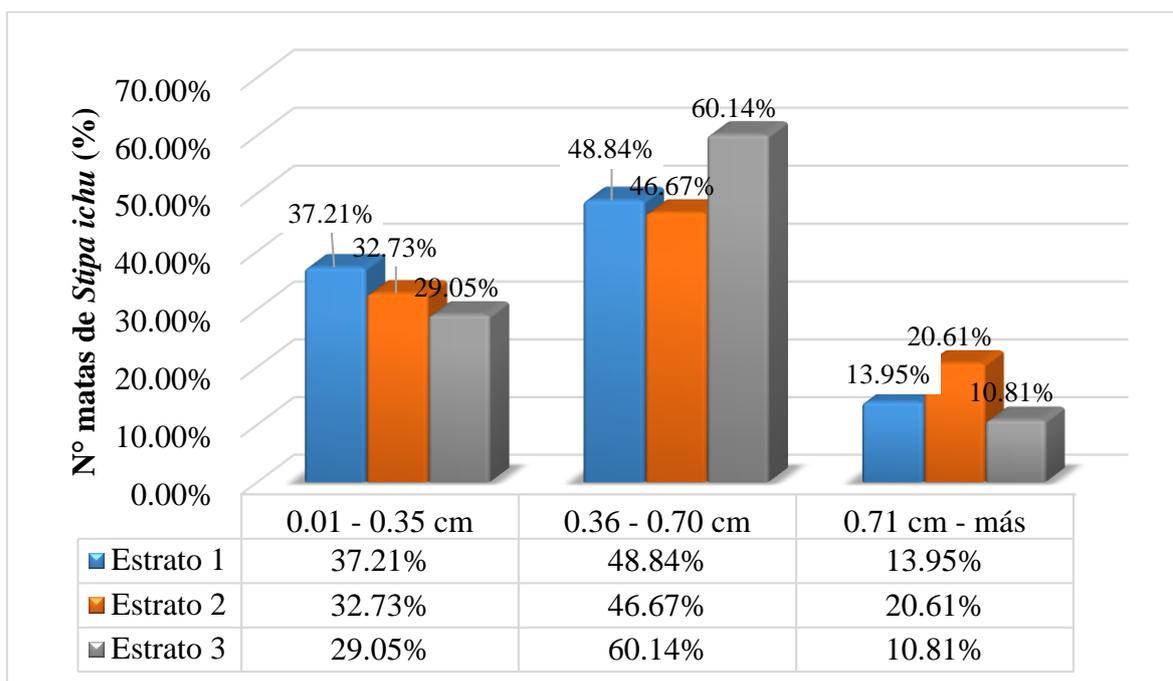
Tabla 26. Densidad de la especie *Stipa ichu* en la microcuencia

Tamaño	Altura del <i>Stipa</i>	Estrato 1			Estrato 2			Estrato 3		
	Ichu	N° de matas			N° de matas			N° de matas		
	(m)	4 m2	1 ha	%	4 m2	1 ha	%	4 m2	1 ha	%
Pequeño	0.01 - 0.35 cm	8	20 000	37.21%	10.8	27 000	32.73%	6.14	15 357	29.05%
Mediano	0.36 - 0.70 cm	10.5	26 250	48.84%	15.4	38 500	46.67%	12.71	31 786	60.14%
Grande	0.71 cm - más	3	7 500	13.95%	6.8	1 7000	20.61%	2.29	5 714	10.81%
Total		21.5	53 750	100%	33	82 500	100.00%	21.14	52 857	100.00%
Promedio total		63 036 matas de <i>Stipa ichu</i> por hectárea a nivel de la microcuencia								

Fuente: Elaboración propia, (2018).

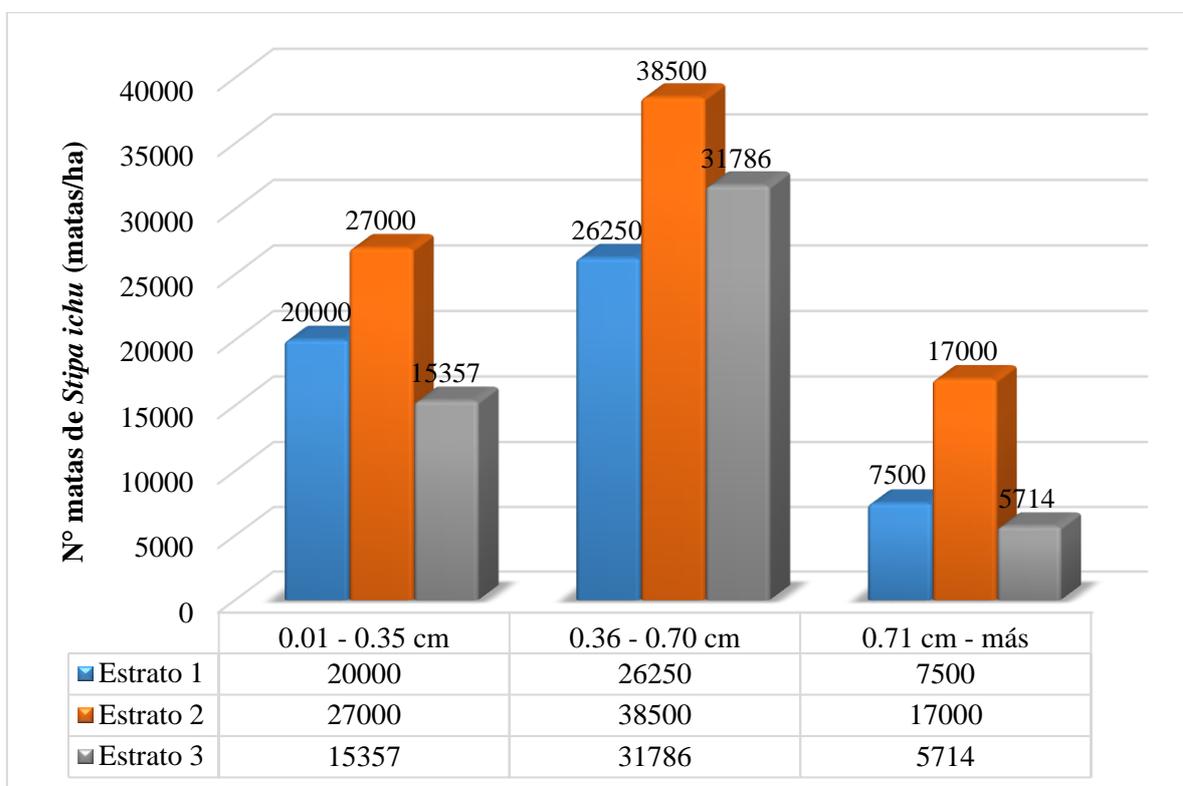
La densidad de la especie *Stipa ichu* según se aprecia en la Tabla 26 y Figura 20, en el estrato 1, el cual corresponde a la parte baja de la microcuencia Chaclatacana se encontró una densidad de 53 750 matas en una hectárea los cuales el 37.21 % del total corresponden al tamaño pequeño, 48.84% de tamaño mediano y 13.95% de tamaño grande, mientras que en el estrato 2 se encontraron 82 500 matas/ha de *Stipa ichu*, de los cuales el 32.73% corresponde al “ichu” de tamaño pequeño, 46.67% tamaño mediano y 20.61% de tamaño grande y en el estrato 3 el cual corresponde a la parte de la microcuencia parte alta, se encontraron 52 857 matas/ha, de los cuales el 29.05% corresponden a matas de “ichu” de tamaño pequeño, el 60.14% matas de “ichu” de tamaño mediano y el 10.81% de matas de “ichu” de tamaño grande.

Figura 20. Representación porcentual (%) de la densidad del *Stipa ichu* por estrato



Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 21. Densidad del *Stipa ichu* (matas/ha).



Fuente: Elaboración propia, (2018).

La densidad de matas de *Stipa ichu* en el estrato 2, es mayor que el estrato 1 y este a la vez es menor que la del estrato 3. Se infiere que dentro de la microcuenca la distribución de las matas de “ichu” no es uniforme y que varía de acuerdo a la altitud de la microcuenca. En la parte media (estrato 2), presenta matas de “ichu” más densa que la parte baja y alta, presentando en su mayoría “ichu” de tamaño mediano (0.36m - 0.70m), seguido del tamaño pequeño (0.01m - 0.35m) y en menor proporción del tamaño grande (0.71m - más). Asimismo, de la Tabla 26 y de la Figura 20 y 21, se infiere que, en la temporada de estudio, la especie alcanzó su máximo vigor, donde el “ichu” de tamaño mediano es el predominante, seguido del tamaño pequeño y en menor proporción matas de “ichu” de tamaño grande, esta predominancia se aprecia en los tres estratos del área del estudio.

La variación en la densidad de matas de “ichu” a nivel de la microcuenca puede ser atribuido al tipo de suelo, pendiente, altitud y topografía. Tal como se apreció en el trabajo de campo la parte baja de la microcuenca (estrato 1) es una zona de transición de cobertura vegetal de tipo matorral y arbórea a cobertura vegetal tipo herbácea donde predomina la especie en estudio, mientras que en la parte media la especie *Stipa ichu* se encuentra en todo su predominancia y distribuidos uniformemente, mientras que en la parte alta (estrato 3), la abundancia del “ichu” disminuye significativamente encontrándose en grupos y muy dispersos, esto debido a que predomina el sistema de bofedales y pajonales, así como en los picos altos se encuentra erosionada.

Asimismo de acuerdo Tapia, (1971), para determinar la densidad, aparte de del número de plantas individuales, otros factores como como el área cubierta por las especies y la frecuencia con la que se presentan influyen en la densidad, por ello se determinó el área cubierta por la especie midiendo el área basal y el área cubierta, los cuales en el

procesamiento de datos se expresan en porcentajes (%). En la Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29 se aprecian a mayor detalle la densidad expresado en porcentaje de cada estrato.

Tabla 27. Densidad del área cubierta en el % estrato 1.

Parámetros	Estrato 1				
	18	19	20	21	Prom
Parcela N°					
Tamaño de parcela	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2
Área basal (m2)	0.138	0.240	0.184	0.244	0.248
Área cubierta (m2)	2.291	2.535	1.648	0.665	1.735
Volumen (m3)	0.973	0.685	0.472	0.250	0.582
Área basal (%)	3%	6%	5%	6%	6%
Área cubierta (%)	57%	63%	41%	17%	45%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Tabla 28. Densidad del área cubierta en el % estrato 2.

Parámetros	Estrato 2										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Prom
Parcela N°											
Tamaño de parcela	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2
Área basal (m2)	0.34	0.40	0.32	0.26	0.39	0.21	0.21	0.63	0.28	0.32	0.329
Área cubierta (m2)	3.96	2.90	2.67	2.31	2.44	2.42	2.37	2.11	1.20	1.73	2.08
Volumen (m3)	1.46	0.79	0.70	0.57	1.23	0.67	0.73	1.20	0.42	0.51	0.762
Área basal (%)	9%	10%	8%	7%	10%	5%	5%	16%	7%	8%	8%
Área cubierta (%)	99%	72%	67%	58%	61%	60%	59%	53%	30%	43%	60%

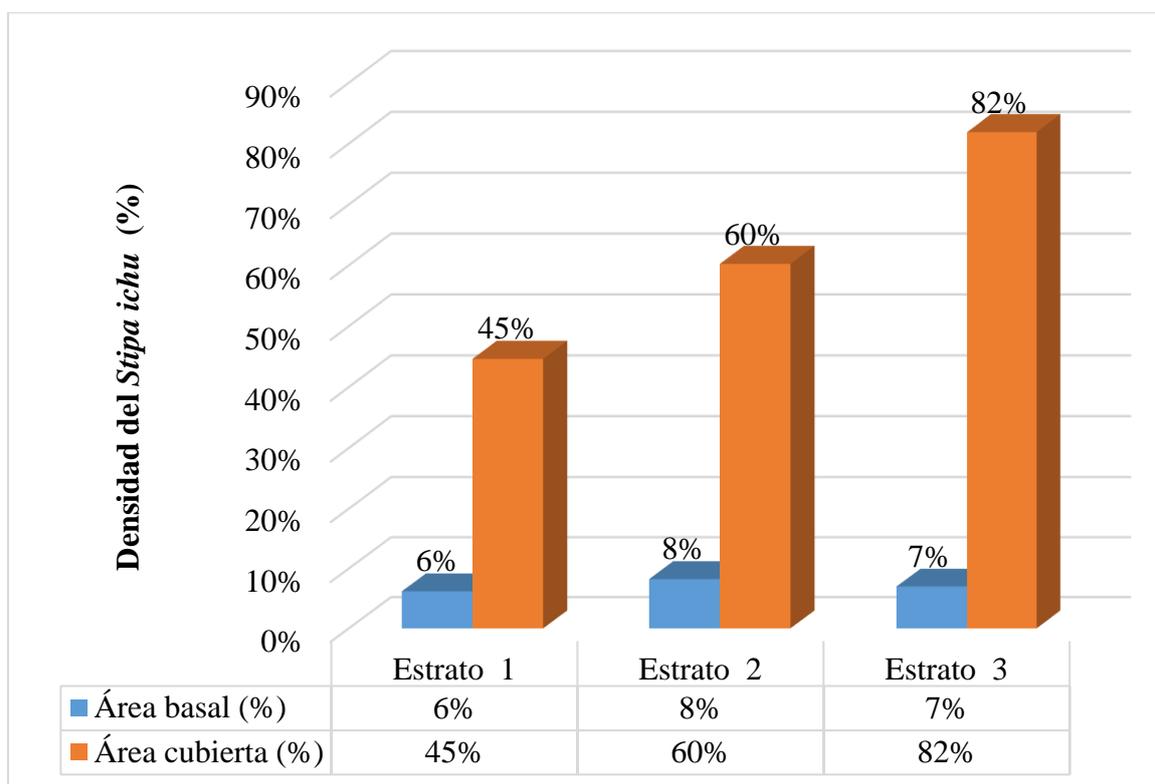
Fuente: Elaboración propia, (2018).

Tabla 29. Densidad del área cubierta en el % estrato 3.

Parámetros	Estrato 3							
	1	2	3	4	5	6	7	Prom
Parcela N°								
Tamaño de parcela	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2	4 m2
Área basal (m2)	0.254	0.323	0.475	0.226	0.164	0.289	0.223	0.279
Área cubierta (m2)	1.993	3.399	4.980	4.255	2.766	3.255	2.276	3.275
Volumen (m3)	0.559	1.017	1.614	1.434	0.787	0.934	1.032	1.054
Área basal (%)	6%	8%	12%	6%	4%	7%	6%	7%
Área cubierta (%)	50%	85%	125%	106%	69%	81%	57%	82%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 22. Densidad de *Stipa ichu* en porcentaje (%)



Fuente: Elaboración propia, (2018).

El área basal se considera el área de la base del *Stipa ichu*, que se mide a partir del ras del suelo, mientras que el área cubierta es la extensión de terreno por el “ichu” el cual se

determina como la proyección vertical de las partes aéreas de la especie (Tapia, 1971), a partir de estas definiciones, de la Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29 se sintetiza Figura 22, en el cual se representan las densidades del área basal y área cubierta en porcentajes.

De la Figura 22, se deduce que en el estrato 1 el *Stipa ichu* tiene un área basal promedio 6% alcanzando un área cubierta de 45% con lo que se le atribuye la calidad del pastizal de “regular”, mientras que en el estrato 2 la especie en estudio tiene un área basal de 8% alcanzando una área cubierta de 60% con lo que se le atribuye la calidad de pastizal de “buena”, finalmente en el estrato 2, el *Stipa ichu* presenta un área basal de 7% alcanzando una calidad de pastizal de “Muy buena”.

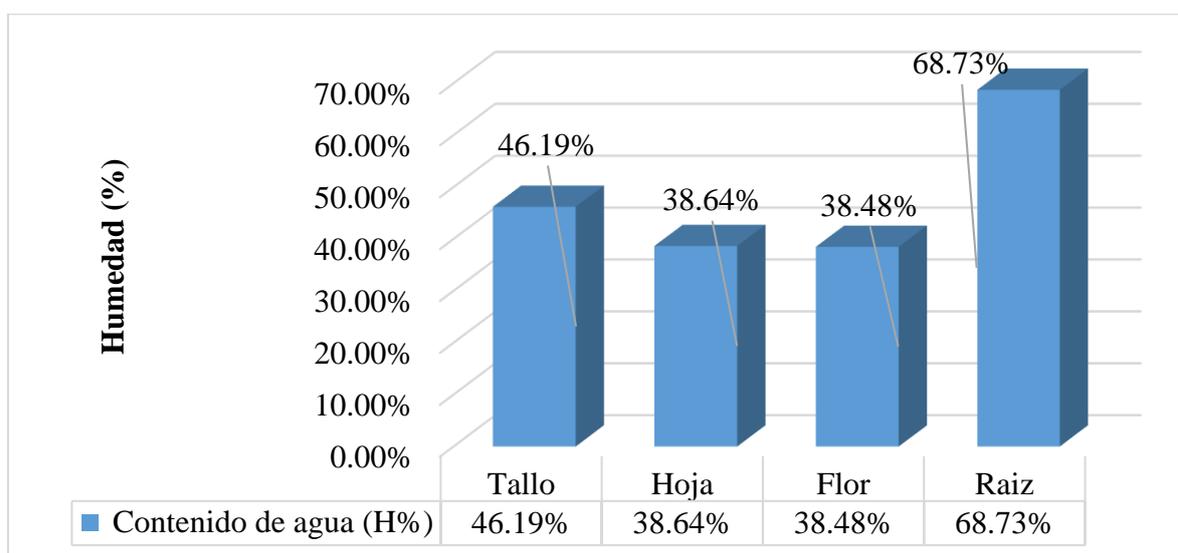
En el estrato 3 se aprecia que la relación del porcentaje área basal y el área cubierta difieren con referencia a los otros dos estratos (a mayor área basal mayor área cubierta). Se le puede atribuir que en el estrato 3 se encuentra libre del alcance de las actividades antrópicas como; nula producción agrícola, mínimo alcance de la ganadería, con lo que la especie tiene la libertad de crecimiento hasta alcanzar su máxima altura y vigor. Sin embargo, no significa que a mayor porcentaje de área basal tenga mayor densidad de especies (número de matas/área), sino que indica la calidad del pastizal. Asimismo, se infiere que cuanto alcanza mayor tamaño la especie, esta tiene la libertad de extender sus componentes aéreos voluminosamente debido a que tiene más espacio libre ya que la densidad poblacional es baja. Precisar que en el trabajo de campo se observó que en el estrato 3, presenta cobertura vegetal por cúmulos y en lugares poco accesibles de la ganadería ya que en esta parte predomina la cobertura vegetal de bofedales y pajonales.

5.2 Producción de biomasa de la especie *Stipa ichu*

Para la estimación de la cantidad de biomasa verde tanto aérea y radicular (biomasa total), se aplicó el método destructivo en parcelas de 1m², en total se trabajó en 3 parcelas, uno para da estrato, para este proceso se cortó, se separó y peso en campo los componentes aéreos, y lo mismo se hizo con la raíz.

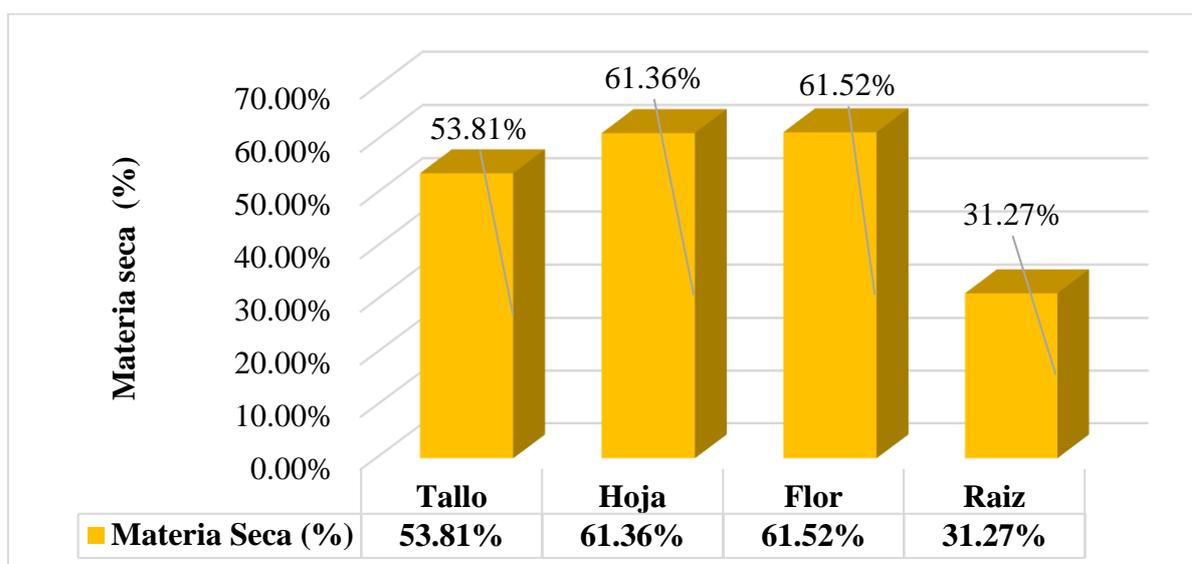
Para la estimación de la biomasa seca se aplicó el método “gravimétrico”, donde las muestras de los componentes del *Stipa ichu*, fueron deshidratados en la estufa a temperatura de 70 °C por un tiempo de 48 horas hasta alcanzar un peso constante, como resultado de este procedimiento se obtiene la Figura 23, el cual representa el porcentaje del contenido de agua en cada componente. Asimismo, la otra diferencia del H% corresponde a la materia seca, el cual es el porcentaje de biomasa seca que se representa en la Figura 24. Con estos resultados de materia seca se estima la cantidad de biomasa seca por componentes, estas se proyectan a tn/ha por cada estrato.

Figura 23. Contenido de humedad (%) en los componentes del *Stipa ichu*.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 24. Contenido de materia seca (MS%) en los componentes del *Stipa ichu*.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

De la Figura 24, se aprecia que el componente de *Stipa ichu* que mayor biomasa seca produce son las hojas con 61.36 %, seguido de la flor con 61.52%, tallo con 53.81% y por último la raíz con 31.27 %.

Tabla 30. Producción de biomasa verde y seca en %

Componentes	Estrato 1				Estrato 2				Estrato 3			
	Producción de biomasa				Producción de biomasa				Producción de biomasa			
	Verde		Seco		Verde		Seco		Verde		Seco	
	tn/ha	%	tn/ha	%	tn/ha	%	tn/ha	%	tn/ha	%	tn/ha	%
Hoja	20.10	76%	12.33	80%	22.37	73%	13.73	78%	16.02	70%	9.83	74%
Tallo	4.24	16%	2.28	15%	4.17	14%	2.24	13%	3.46	15%	1.86	14%
Flor	0.75	3%	0.46	3%	1.24	4%	0.76	4%	1.67	7%	1.03	8%
Raíz	1.19	5%	0.37	2%	2.68	9%	0.84	5%	1.79	8%	0.56	4%
Total	26.28	100%	15.45	100%	30.46	100%	17.57	100%	22.94	100%	13.28	100%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Tabla 31. Producción de biomasa verde y seca por componentes del *Stipa ichu*

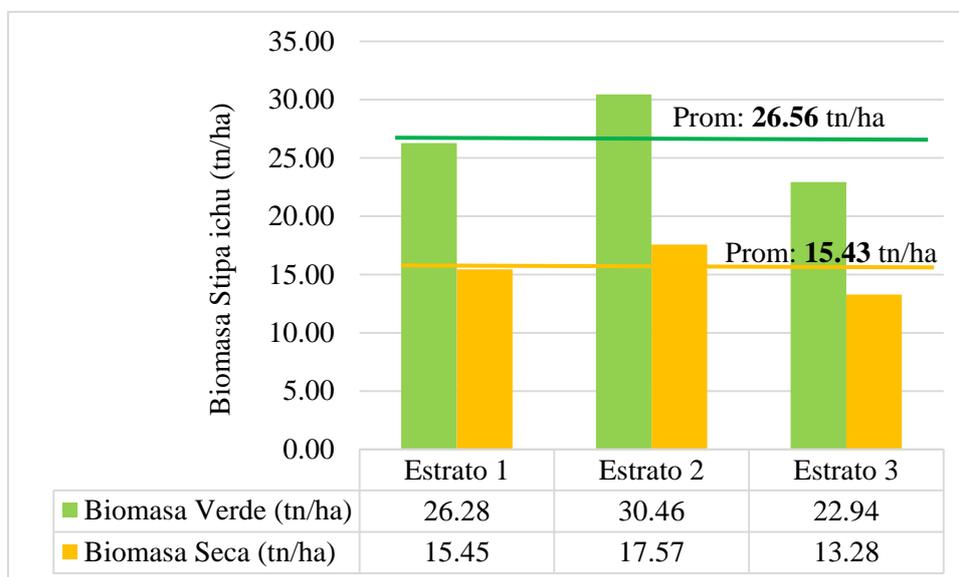
Estrato	Hojas (tn/ha)		Tallo (tn/ha)		Raíz (tn/ha)		Flor (tn/ha)		Total Bv	Total
	Biomasa		Biomasa		Biomasa		Biomasa		Bv	Bs
	V	S	V	S	V	S	V	S	(tn/ha)	(tn/ha)
E1	20.10	12.33	4.24	2.28	1.19	0.37	0.75	0.46	26.28	15.45
E2	22.37	13.73	4.17	2.24	2.68	0.84	1.24	0.76	30.46	17.57
E3	16.02	9.83	3.46	1.86	1.79	0.56	1.67	1.03	22.94	13.28
Prom	19.50	11.96	3.96	2.13	1.89	0.59	1.22	0.75	26.56	15.43

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Dónde: V: Verde, S: Seca, Bv: Biomasa verde y Bs: Biomasa seca

Figura 25. Se aprecia la producción de biomasa total el cual resulta de la sumatoria de todos los componentes (flor, tallo, hojas y raíz).

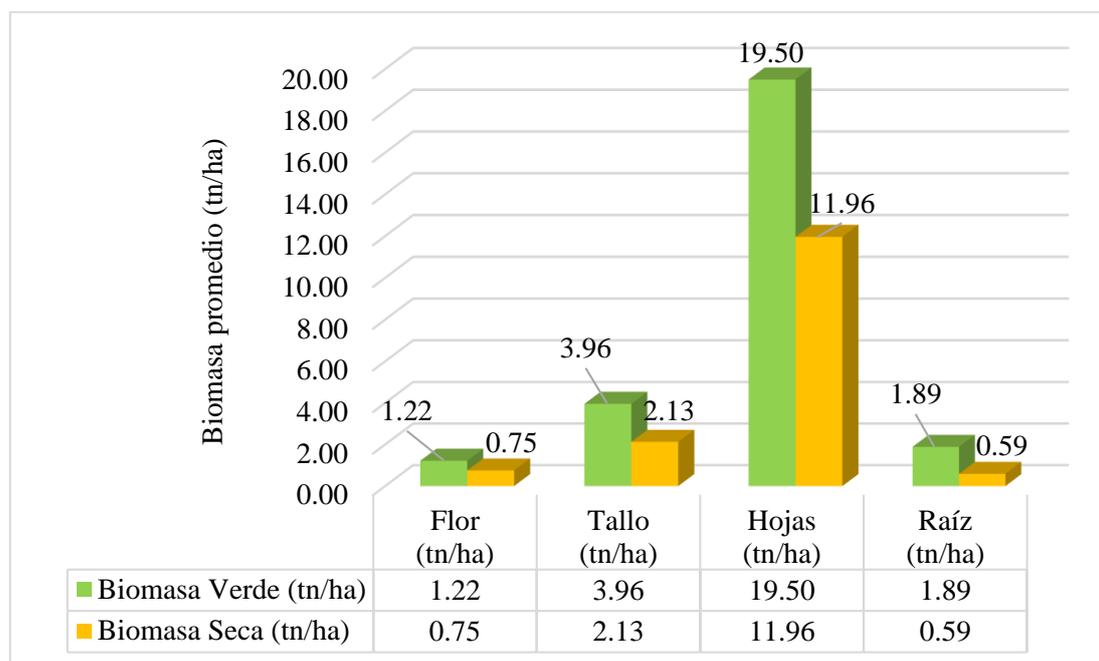
Figura 25. Producción de biomasa total por estrato



Fuente: Elaboración propia, (2018)

En la figura 26, se aprecia la producción de biomasa promedio por componente a nivel de toda el área de estudio.

Figura 26. Biomasa promedio por componente

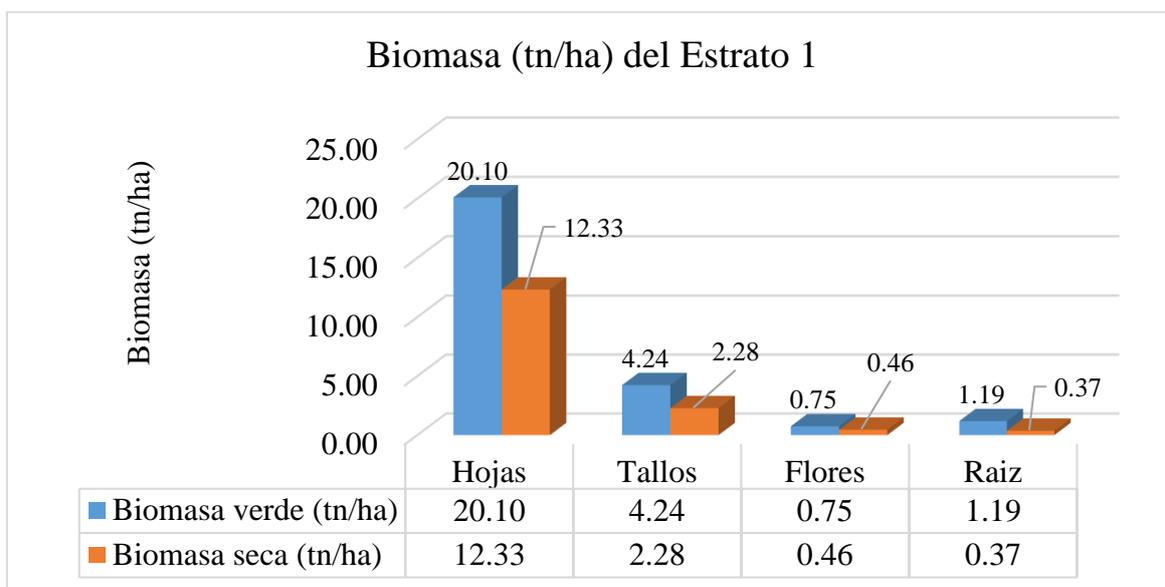


Fuente: Elaboración propia, (2018).

A partir de la producción de %MS, se procesa y construye la Tabla 30 y Tabla 31, donde se sintetiza la producción de biomasa de cada componente del *Stipa ichu* y así como por todo el estrato.

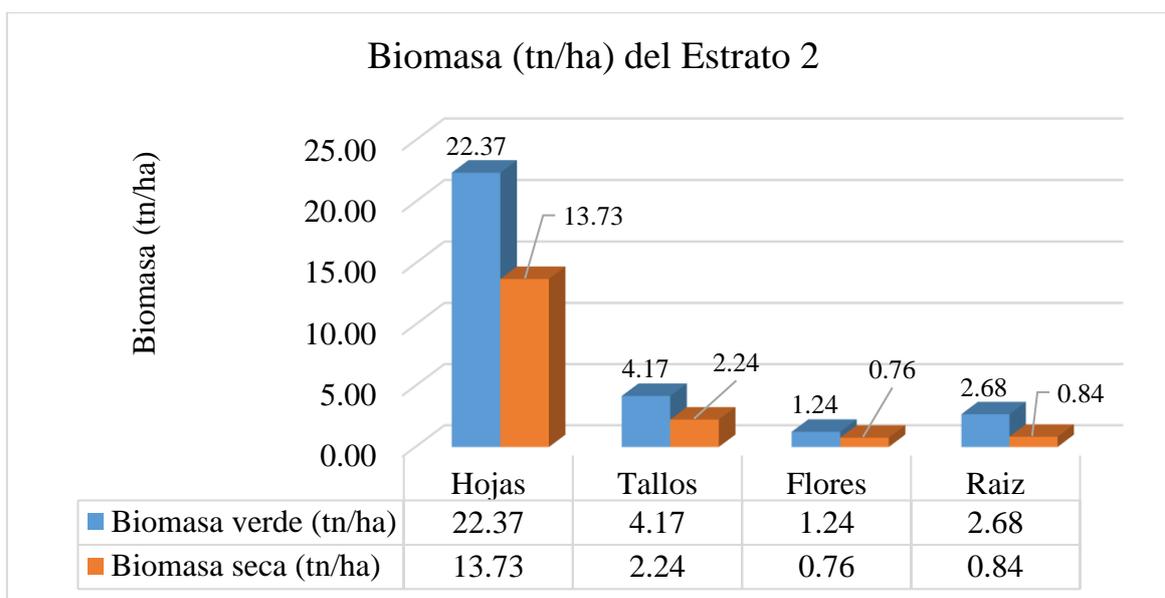
En las Figuras 27, 28 y 29 se ilustran la producción de biomasa verde y seca por componente del *Stipa ichu* y por cada estrato, de los cuales se deduce que el componente que mayor biomasa produce son las hojas.

Figura 27. Producción de biomasa seca y verde en el estrato 1



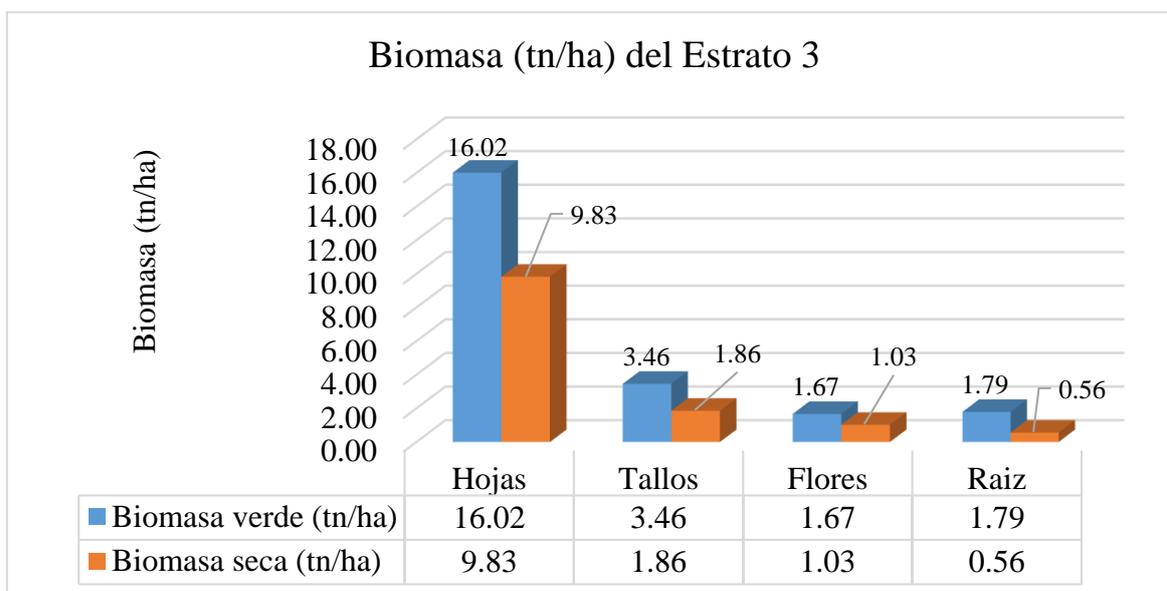
Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 28. Producción de biomasa seca y verde en el estrato 2.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 29. Producción de biomasa seca y verde en el estrato 3.

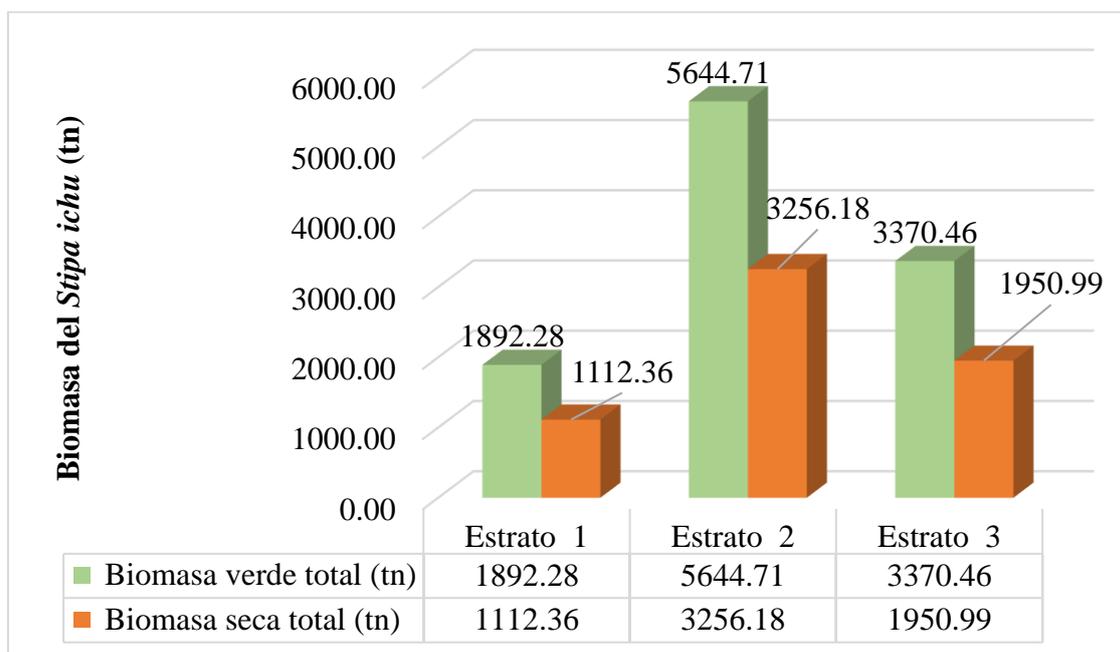


Fuente: Elaboración propia, (2018).

El estrato de mayor aporte de producción de biomasa es el estrato 2 con un aporte de 30.460 tn/ha de biomasa verde total y 17.571 tn/ha de biomasa seca total. Asimismo, en la biomasa aérea en el mismo estrato, el componente de mayor aporte en la producción de biomasa está dado por las hojas con 22.37 tn/ha de biomasa verde y 13.73 de biomasa seca seguido de los tallos con 4.17 tn/ha de biomasa verde y 2.24 tn/ha de biomasa seca, las flores con 1.24 tn/ha de biomasa verde y 0.76 tn/ha de biomasa seca. La producción de biomasa radicular es de 2.68 tn/ha de biomasa verde y 0.84 tn/ha de biomasa seca.

A partir de la proyección de la biomasa en tn/ha en cada estrato, para estimar la producción de biomasa verde y biomasa seca por estrato, se le multiplica por el área objetiva del estudio y para la estimación de la biomasa total se le suma la producción de la biomasa total de los estratos. En la Figura 30 y Tabla 32 se sintetiza lo descrito.

Figura 30. Biomasa total (tn) por estratos



Fuente: Elaboración propia, (2018).

La producción de biomasa verde en el estrato 1 es 1 892.28 tn y biomasa seca de 1 112.36 tn, en el estrato 2 es 5 644.71 tn de biomasa verde y 3 256.18 de biomasa seca, y finalmente en el estrato 3 la producción de biomasa verde es 3 370.46 tn y 1 950.99 tn de biomasa seca (ver Tabla 32). La producción de biomasa promedio total del *Stipa ichu* a nivel de la microcuenca Chaclatacana es de 3 635.82 tn de biomasa verde y 2 106.51 tn biomasa seca.

Tabla 32. Producción de biomasa total

Estrato N°	Área objetiva por estrato	Biomasa verde	Biomasa seca
	(ha)	total (tn)	total (tn)
Estrato 1	72.00	1 892.28	1 112.36
Estrato 2	185.32	5 644.71	3 256.18
Estrato 3	146.93	3 370.46	1 950.99
Biomasa total de la microcuenca Chaclatacana		10 907.46	6 319.53

Fuente: Elaboración propia, (2018).

A nivel de la microcuenca Chaclatacana la producción de biomasa verde total es de 10907.46 tn y la biomasa seca es de 6319.53 tn, y que, para ambos casos, el estrato 2 tiene mayor producción de biomasa, seguido por el estrato 3 y finalmente el estrato que menor biomasa produce es el estrato 1. La cantidad de producción de biomasa es directamente proporcional al tamaño de la especie y área en estudio.

5.3 Ecuación alométrica para el contenido de carbono en la especie *Stipa ichu*

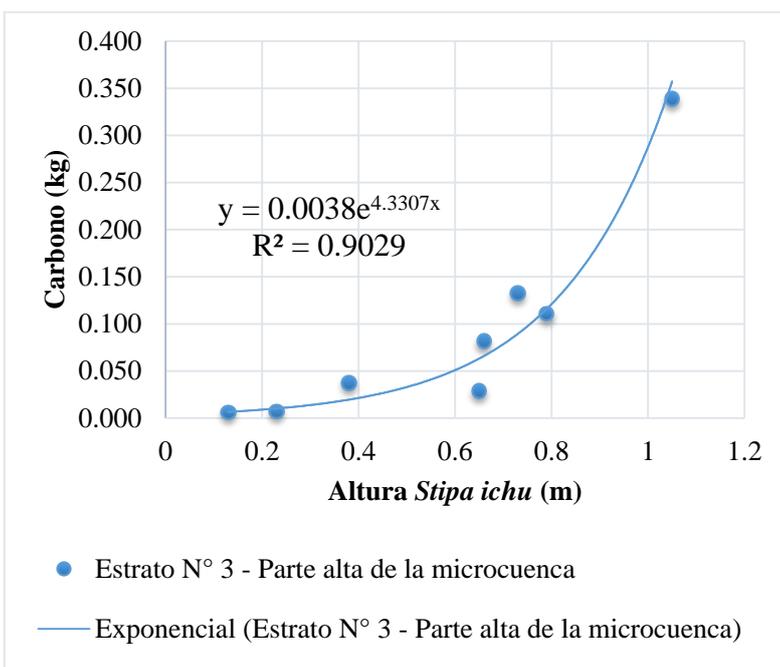
El método para la elaboración de la ecuación alométrica fue de la regresión estadística y para las variables se recopiló información de campo mediante el método “destrutivo” en total 8 especies de *Stipa ichu* del estrato 3 (parcela 22), 9 del estrato 2 (parcela 23) y 8 del estrato de 1(parcela 24). Para la generación de la ecuación alométrica, se utilizaron datos de las parcelas mencionadas los cuales representan a los tres estratos.

Para el tratamiento de los datos se aplicó el análisis estadístico que pueda explicar el comportamiento del contenido de carbono según la estatura de la especie *Stipa ichu* para ello se utilizó el software MS Excel 2013, se eligió la ecuación que mayor de mayor ajuste, es decir que el coeficiente de determinación sea más próximo a 1.

A continuación, se desarrolla la regresión estadística entre la altura del “ichu” con relación al contenido de carbono almacenado.

Tabla 33. Ecuación para determinar carbono del *Stipa ichu* en el estrato 3

N	Altura (m)	Biomasa seca (kg)	Carbono (kg)
1	0.73	0.237	0.132
2	0.66	0.146	0.082
3	0.79	0.197	0.111
4	0.65	0.052	0.029
5	0.23	0.013	0.007
6	0.13	0.011	0.006
7	1.05	0.605	0.339
8	0.38	0.067	0.038

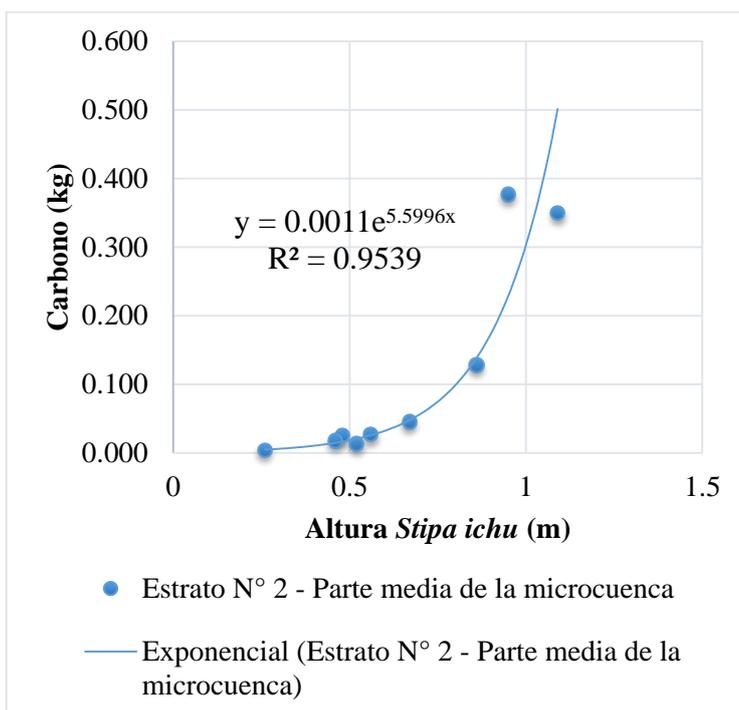


Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla 33, se grafica la regresión estadística aplicado para las muestras del estrato 3 para lo cual se aplicó a las variables altura de la especie *Stipa ichu* y el contenido de carbono, siendo la primera la variable independiente y la segunda la dependiente, del cual se obtuvo la ecuación de tipo exponencial: $Carbono\ total\ (kg) = 0.0038e^{4.3307xAltura\ (m)}$ resultando un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9029 lo cual indica que la correlación entre las variables es buena, alcanzando un valor de 90%, lo cual indica que el 90% de la variable dependiente (contenido de carbono), es explicada por la ecuación de tipo exponencial basada en la variable altura del *Stipa ichu*.

Tabla 34. Ecuación para determinar carbono del *Stipa ichu* en el estrato 2

N	Altura (m)	Biomasa seca (kg)	Carbono (kg)
1	0.52	0.023	0.013
2	0.48	0.045	0.025
3	0.67	0.081	0.045
4	0.26	0.007	0.004
5	1.09	0.624	0.350
6	0.95	0.670	0.377
7	0.56	0.048	0.027
8	0.86	0.228	0.128
9	0.46	0.031	0.017

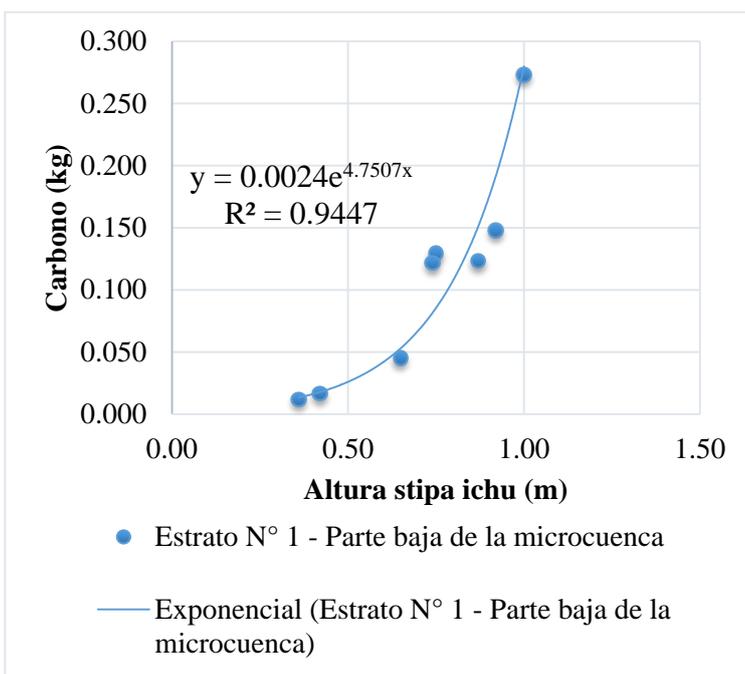


Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla 34 se grafica la regresión estadística aplicado para las muestras del estrato 2, de similar forma se aplicó a las variables altura de la especie *Stipa ichu* y el contenido de carbono, siendo la primera la variable independiente y la segunda la dependiente, como resultado se obtuvo la ecuación de tipo exponencial: $Carbono (kg) = 0.0011e^{5.5996xAltura (m)}$ resultando un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9539 indica que la correlación entre las variables es buena, alcanzando un valor de 95.39%, lo que el 95.39% de la variable dependiente (contenido de carbono), es explicada por la ecuación de tipo exponencial basada en la variable altura del *Stipa ichu* correspondientes al estrato 2.

Tabla 35. Ecuación para determinar carbono del *Stipa ichu* en el estrato 1

N	Altura (m)	Biomasa seca (kg)	Carbono (kg)
1	0.92	0.263	0.148
2	0.42	0.030	0.017
3	0.87	0.219	0.123
4	0.65	0.080	0.045
5	1.00	0.485	0.273
6	0.36	0.022	0.012
7	0.75	0.230	0.129
8	0.74	0.216	0.122



Fuente: Elaboración propia, (2018).

Por ultimo en la Tabla 35 se aprecia la regresión estadística desarrollada para las muestras del estrato 1, se aplicó a las variables del contenido de carbono en función de la altura de la especie *Stipa ichu*, siendo la primera la variable independiente y la segunda la dependiente, lo cual resultado de similar forma se obtuvo la ecuación de tipo exponencial: $Carbono (kg) = 0.0024e^{4.7507xAltura(m)}$ resultando un coeficiente de determinación (R^2) 0.9447 lo cual indica una buena correlación es buena, alcanzando un valor de 94.47%, lo cual indica que el 94.47% de la variable dependiente (contenido de carbono), es explicada por la ecuación de tipo exponencial basada en la variable altura del *Stipa ichu* correspondientes del estrato 1.

Como se aprecia los modelos matemáticos para estimar la cantidad de carbono en función del tamaño del *Stipa ichu* desarrolladas para los tres estratos de la microcuenca Chaclatacana, para cada estrato se evaluaron diferentes modelos matemáticos y se eligió el que presenta mejor ajuste en la ecuación (R^2 cercanos a 1). Al resultado de R^2 que varía

entre $0 \leq R^2 \leq 1$, y que cuando el R^2 cercano a 1 es el modelo matemático “bueno” y tiene mejor ajuste que explica las variables de la ecuación (Martínez, 2005). En resumen, en la Tabla 36 se aprecia las ecuaciones con mejor ajuste de correlación que explican la relación que existe entre las variables, con lo que se puede inferir que el modelo matemático es de tipo exponencial lo cual describe la relación que existe entre las variables de contenido de carbono (variable dependiente) y la altura de la especie *Stipa ichu* (variable independiente).

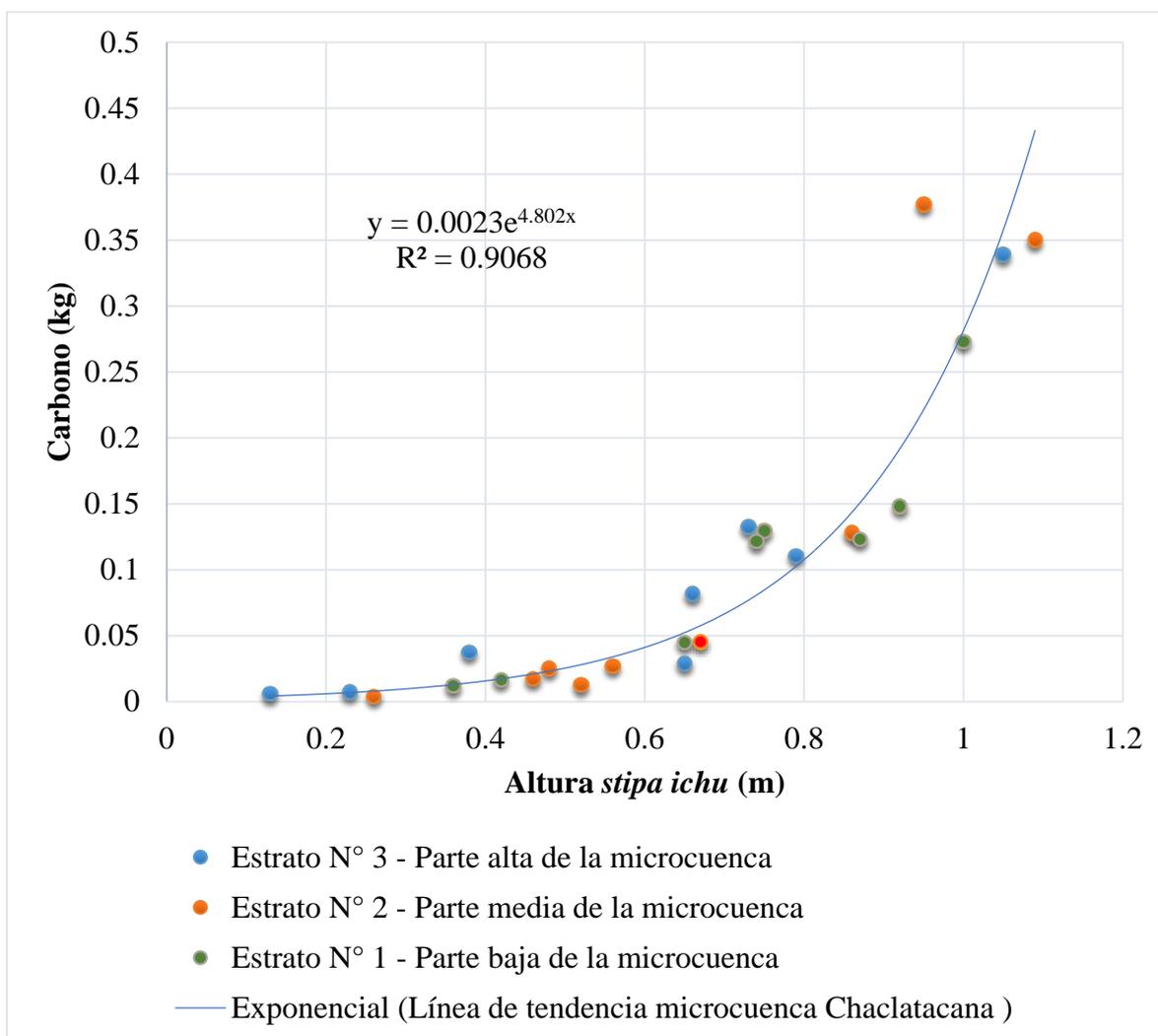
Tabla 36. Ecuaciones para la estimación de carbono en *Stipa ichu*

N° de estrato	Parte de la microcuenca	Ecuación tipo: $Carbono(kg) = Ae^{BX}$	R ²
Estrato 3	Parte alta	$Carbono(kg) = 0.0038e^{4.3307*Altura(m)}$	R ² = 0.9029
Estrato 2	Parte media	$Carbono(kg) = 0.0011e^{5.5996*Altura(m)}$	R ² = 0.9539
Estrato 1	Parte baja	$Carbono(kg) = 0.0024e^{0.9447*Altura(m)}$	R ² = 0.9447

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Generalizando los modelos alométricos de los estratos 1, 2 y 3 los cuales resultan ecuaciones de tipo exponencial, generamos un modelo matemático a nivel de la microcuenca Chaclatacana para estimar el contenido de carbono en función de la altura de la especie *Stipa ichu* para lo cual se genera la Figura 31 con todos los datos de la microcuenca.

Figura 31. Modelo matemático para la estimación de carbono en el *Stipa ichu*



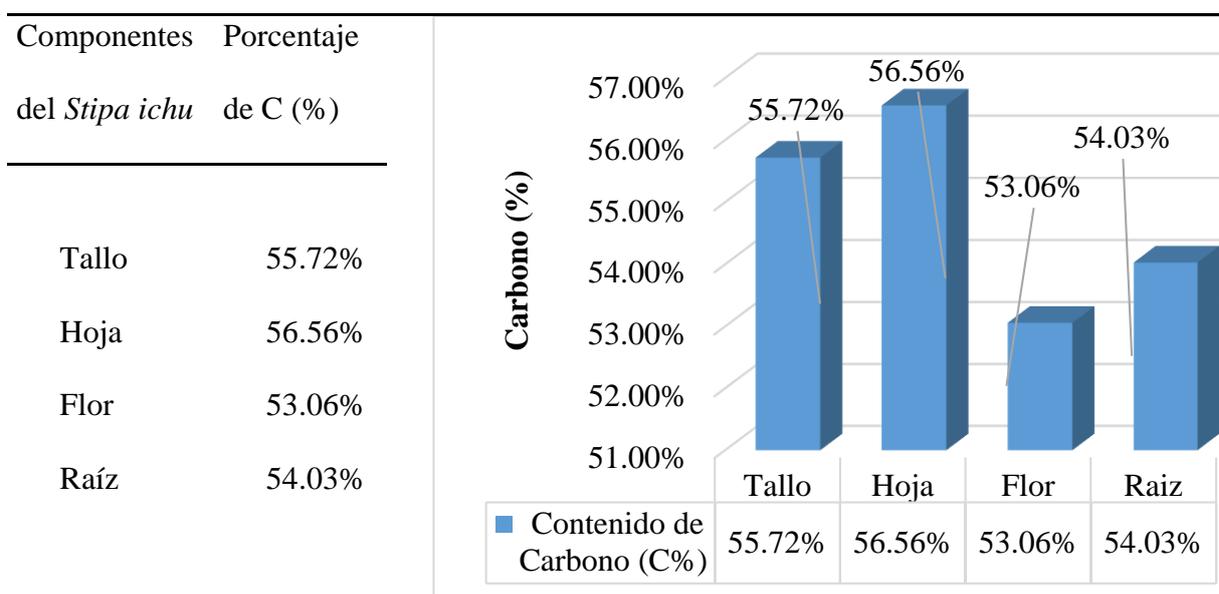
Fuente: Elaboración propia, (2018).

El modelo matemático que mejor ajuste tiene a nivel de la microcuenca Chaclatacana para la estimación de carbono en función de la altura, es la ecuación de tipo exponencial de la forma $Y = 0.0023e^{4.802X}$; donde Y = Contenido de carbono (kg) y X = Altura del *Stipa ichu* (m), el cual tiene un mejor ajuste que presenta un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9068 lo cual indica que la correlación entre las variables es buena, lo que indica que el 90.68% de la variable dependiente (contenido de carbono), es explicada por la ecuación de tipo exponencial en función de la variable altura (m) de la especie *Stipa ichu*.

5.4 Carbono almacenado en la biomasa en la especie *Stipa ichu*

Para la estimación de carbono almacenado en los componentes de la especie *Stipa ichu* fueron determinados mediante el método de “Walkley y Black” en el laboratorio de Suelos y Plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En la Tabla 37 se detallan los resultados obtenidos.

Tabla 37. Contenido porcentual de carbono en componentes del *Stipa ichu*



Fuente: Laboratorio de suelos y plantas –UNALM.

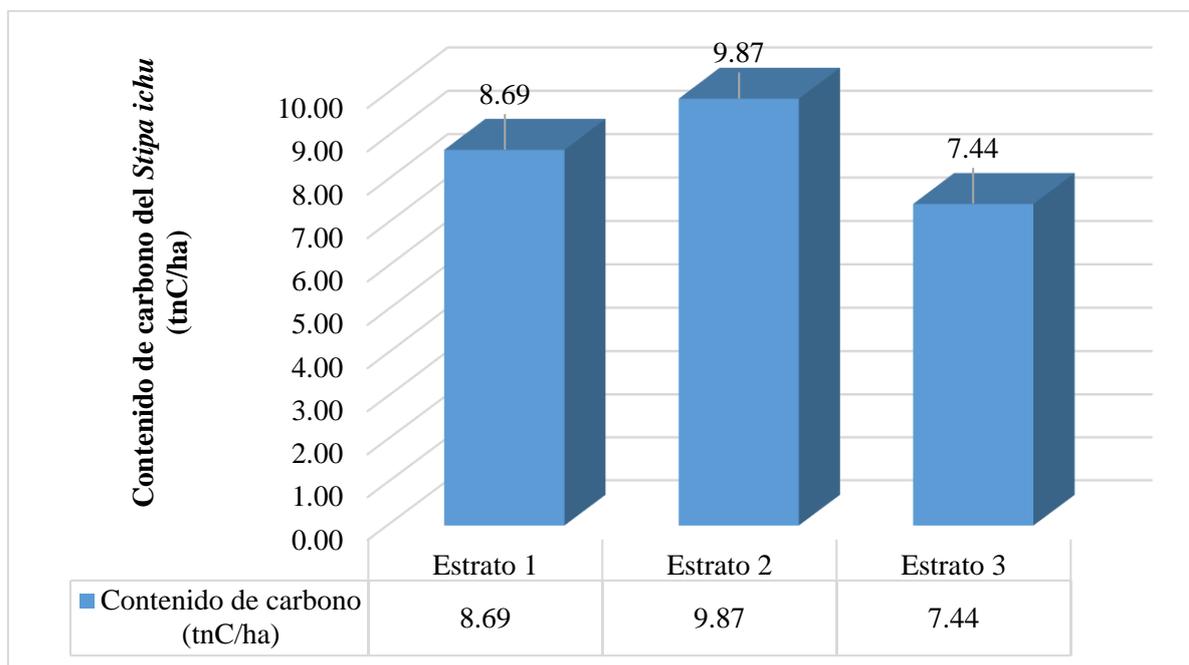
De acuerdo al análisis de la Tabla 37 y su respectiva gráfica se aprecia que el mayor contenido de carbono almacenado está dado por las hojas, con un 56.56 %, seguida del tallo con un 55.72%, la raíz con un 54.03% y el que menos carbono almacena es la flor con un 53.06%. Se puede inferir que el almacenamiento de carbono en los componentes del *Stipa ichu* no varían significativamente ya que el promedio es de 54.84%.

Tabla 38. Contenido de carbono de *Stipa ichu* en los 3 estratos en tnC/ha.

Componente	% de C	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3	
		Biomasa seca (tn/ha)	Contenido de carbono (tnC/ha)	Biomasa seca (tn/ha)	Contenido de carbono (tnC/ha)	Biomasa seca (tn/ha)	Contenido de carbono (tnC/ha)
Tallo	55.72%	2.282	1.271	2.244	1.250	1.862	1.037
Hoja	56.56%	12.333	6.976	13.726	7.764	9.830	5.560
Flor	53.06%	0.461	0.245	0.763	0.405	1.027	0.545
Raíz	54.03%	0.372	0.201	0.838	0.453	0.560	0.302
Total de carbono tnC/ha			8.693	17.571	9.871	13.279	7.445

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 32. Contenido de carbono en tnC/ha por estrato



Fuente: Elaboración propia, (2018).

El contenido de carbono almacenado varía a nivel de la microcuenca, tal como se aprecia en la Figura 32, donde el mayor almacenamiento de carbono está dado por las especies del estrato 2 con 9.87 tnC/ha, seguida por el estrato 1 con 8.69 tnC/ha y el que

menos carbono almacena es el estrato 3, que presenta 7.44 tnC/ha. Se puede inferir que a nivel de la microcuenca Chaclatacana el almacenamiento de carbono promedio es de 8.67 tnC/ha.

5.4.1 Contenido de carbono total.

Para la determinación del contenido del carbono total se suman los contenidos de carbono en los diferentes componentes de la especie *Stipa ichu* (raiz, tallo, hojas, flores), lo cual se dimensiona a tnC, multiplicando el área objetiva de cada estrato, con el que se obtiene el contenido de carbono almacenado en la especie en estudio a nivel de la microcuenca Chaclatacana – Huancavelica.

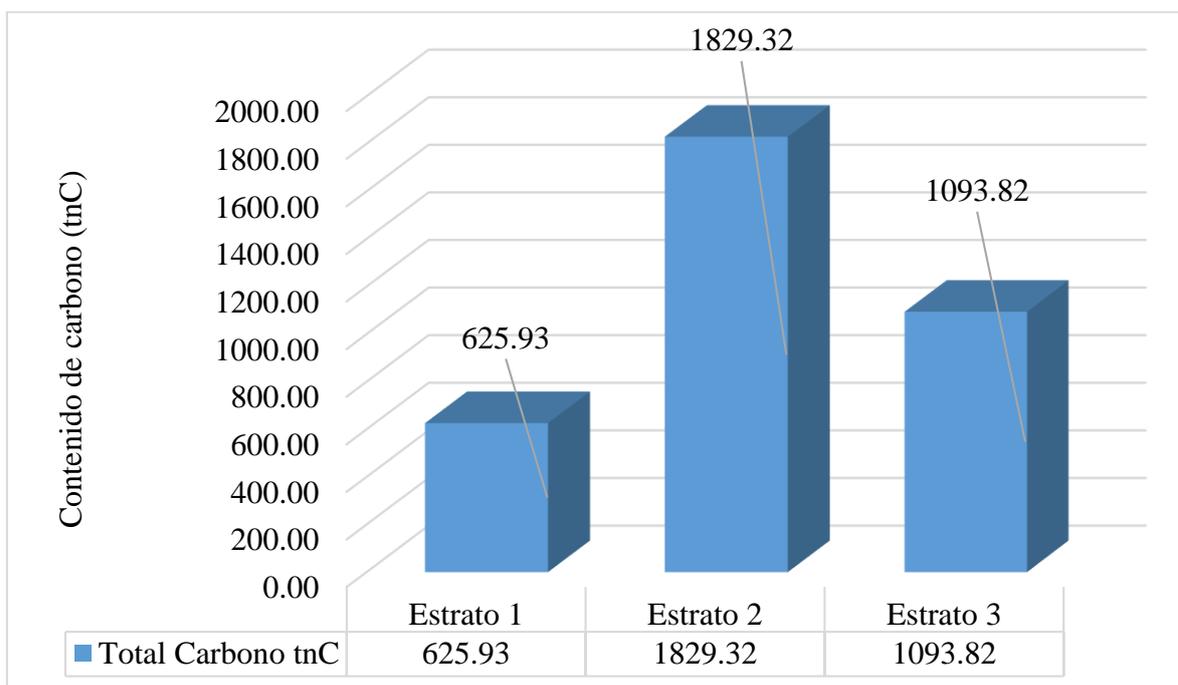
Tabla 39. Carbono total en la microcuenca Chaclatacana - Huancavelica

Estrato N°	Área objetiva por estrato (ha)	Contenido de carbono (tnC/ha)	Carbono total (tnC)
Estrato 1	72.00	8.693	625.93 tnC
Estrato 2	185.32	9.871	1 829.32 tnC
Estrato 3	146.93	7.445	1 093.82 tnC
Carbono total en la microcuenca Chaclatacana			3 549.07 tnC

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla 39 y Figura 33, se detallan los contenidos de carbono total por estrato y a nivel de la microcuenca Chaclatacana, del cual se concluye que en el estrato 2 que abarca 185.32 ha, acumula mayor cantidad de carbono con 1 829.32 tnC, seguido por el estrato 3 que tiene un área de 146.93 ha con un 1 093.82 tnC y por último el estrato 1 que tiene un área de 72.00 ha acumula 625.93 tnC. A nivel de la microcuenca Chaclatacana alcanza un área objetiva de 404.25 ha, con lo que se calcula que almacena un total de 3 549.07 tnC.

Figura 33. Contenido de carbono total (tnC) por estrato



Fuente: Elaboración propia, (2018).

Asimismo, se infiere que el contenido de carbono en la especie *Stipa ichu* está directamente relacionada a la densidad, al tamaño del área, y al crecimiento continuo de la especie, vale decir que a mayor tamaño mayor producción de biomasa, en efecto un mayor contenido de carbono en los diferentes componentes del “ichu”. Por otro lado, se indica que el rápido crecimiento de la especie y la rápida germinación y/o brotación contribuyen en la rápida producción de biomasa.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Existen pocas investigaciones referentes a temas de almacenamiento de carbono en pastos altoandinos a comparación de ecosistema de bosques, en la cual existe una diversidad de estudios referentes al almacenamiento de carbono en especies que conforman bosques. Sin embargo, existe muy vaga información sobre el *Stipa ichu* y nula información científica sobre producción de biomasa, almacenamiento de carbono o captura de CO₂, por tal razón, la presente investigación realiza un aporte importante para el conocimiento de la especie frente a la mitigación del cambio climático ya que sus efectos cada vez cobran mayor importancia.

Al no existir información relacionada con la especie estudiada en la literatura, se desarrolló este capítulo con referencias a estudios similares a la especie estudiada.

6.1 Densidad del *Stipa ichu*

Analizando la Tabla 26 (resumen de densidades), el estrato 2 presenta mayor densidad que el estrato 1 y este mayor que el estrato 3, vale decir que el estrato 2 presenta mayor densidad con 7000 matas/ha mayor que el estrato 1, y este supera en 4643 matas/ha al estrato 3. A nivel del área objetiva de la microcuenca Chaclatacana, la densidad promedio es de 63 036 matas de *Stipa ichu* por hectárea. Asimismo, analizando el tamaño, para la temporada inventariada que es la época de su máximo vigor, el tamaño predominante en los tres estratos son las matas de “ichu” medianas (0.36 m -0.70 m).

La variación en la densidad y la predominancia de matas de “ichu” en el estrato 2, el cual pertenece a la parte media de la microcuenca Chaclatacana, se le puede atribuir al suelo fértil, pendiente moderada, altitud entre 4100 – 4300 msnm, estas características son factores físicos favorables para que el *Stipa ichu* pueda crecer y distribuirse de manera uniforme. Mientras que en el estrato 1 que es la parte baja de la microcuenca, es una zona

de transición de cobertura vegetal de tipo matorral y arbórea a cobertura vegetal tipo herbácea donde predomina la especie en estudio, pero en menor proporción que la del estrato 2 pero mayor que el estrato 3. Por último en el estrato 3 que es la parte alta de la microcuenca presenta en promedio la menor cantidad de matas que los otros estratos, se debe a que en esta parte predomina el sistema de bofedales y pajonales, así como en los picos altos de la microcuenca se encuentra erosionada, por estas características es que la especie crece en grupos per dispersos.

En un estudio similar Flores, (2017) desarrollada en el distrito de Paucarcolla – Puno, determina la densidad de la *Festuca dolichophylla* (chillihua) en los sitios denominados Chijji Mocco y Quello Circa Pampa obteniendo como resultado 11 100 matas/ha y 10 200 matas/ha respectivamente, resultando una densidad promedio de 10 650 matas/ha de “chillihua”. Este resultado es mucho menor a lo obtenido en el presente estudio, este resultado se le puede atribuir principalmente a que esta especie crece de manera dispersa ya que necesita espacio para que sus componentes aéreos puedan desarrollarse, asimismo esta especie tiene un crecimiento dificultoso ya que sufre presión antrópica principalmente por la actividad ganadera debido a que esta especie es muy palatable y más cuando recién germinan. Por su parte Choque, (2015), indica que las praderas de “chillihua” se encuentran distribuidas en forma discontinua en el altiplano, ocupan principalmente zonas de relieve plana, planicie angosta ondulada, se desarrollan en suelos profundos, de textura franco-arcilloso estacionalmente húmedos, de permeabilidad moderadamente lenta y ligeramente ácido a neutro. Mientras que el *Stipa ichu* es una especie perenne que resistente a cambios de temperaturas bruscas, que crece en zonas secas, en zonas accidentadas y al borde de campos de cultivo y caminos (Tapia, 1971 citado por; Ruiz & Pavón, 1788), se ha adaptado a altitudes entre 3200-4200 msnm en promedio (Tovar,

1993) y no sufre mucho de fuente de presión como la ganadería debido ya que no es muy palatable, salvo cuando sus brotes son tiernos que principalmente son apetecibles para el ganado bovino y equino (Tapia, 1971), lo cual implica que pueda crecer la mayoría de las especies germinadas.

6.2 Producción de biomasa del *Stipa ichu*

La producción de biomasa promedio total del *Stipa ichu* a nivel de la microcuenca Chaclatacana es de 3 635.82 tn de biomasa verde y 2 106.51 tn biomasa seca. Mientras que la producción de biomasa verde promedio es 26.560 tn/ha y 15.433 tn/ha de biomasa seca.

Al respecto Flores, (2017) en el distrito de Paucarcolla – Puno, obtiene como resultado que la producción de biomasa de la *Festuca dolichophylla* (chillihua) en el sitio Chiji Mocco Pampa fue 4.98 tn/ha biomasa verde y 4.41 tn/ha biomasa seca, y que en el sitio Quello Circa Pampa la producción de biomasa verde fue 7.56 tn/ha y de biomasa seca fue 6.61 tn/ha, con lo que se obtiene 6.27 tn/ha de biomasa verde promedio y 5.51 tn/ha de biomasa seca promedio.

Tabla 40. Comparación de producción de biomasa ichu vs chillihua

Especie	B.Verde (tn/ha)	B.Seca (tn/ha)	% verde	% seco	Autor
<i>Stipa ichu</i> (ichu)	26.56	15.43	100%	100%	Fuete propia, (2018)
<i>Festuca dolichophylla</i> (Chillihua)	6.27	5.51	24%	36%	Flores, (2017)

Fuente. Elaboración propia, (2018).

Estos resultados son menores que lo obtenido en el presente estudio; 24 % menor en la producción de biomasa verde promedio y 36% menor que la producción de biomasa seca promedio en toneladas por hectárea, esto se debe a la densidad, ya que este parámetro es directamente proporcional al igual que al tamaño de la especie estudiada, esto se aprecia en

que la densidad de la “Chillihua” es mucho menor que la del *Stipa ichu* en el presente estudio. También se puede mencionar que la mayor contenido de biomasa en la “chillihua” es en el tallo esto es debido a que la “chillihua” está compuesta mayormente por tallos floríferos sobresalientes (Flores, 2017 citado por; Fernández, *et al.* 1992), mientras que en la presente investigación se encuentra en las hojas, ya que su mayor composición está conformado por hojas uniformes o todas iguales (Tapia, 1971 citado por; Caro, 1966).

6.3 Ecuación alométrica

La ecuación para la estimación de carbono en función de la altura, es la ecuación de tipo exponencial de la forma $Carbono (kg) = 0.0023e^{4.802*Altura\ del\ Stipa\ ichu\ (m)}$, esta ecuación es la que mejor ajuste que presenta con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9068 lo cual indica que la correlación entre las variables es buena.

En la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales”, elaborada por (Rügnitz, Chacón, & Porro, 2009), se citan varias ecuaciones alométricas para estimar la biomasa sobre el suelo (kg de materia seca por árbol) para especies comerciales que conforman bosques, como por ejemplo:

Tabla 41. Ecuaciones alométricas para árboles

Ecuación alométrica	Especies	Diámetros(cm)
$Y = 0.153 * DAP^{2.382}$	<i>Tectona grandis.</i>	10-59
$Y = 0.0908 * DAP^{2.575}$	<i>Tectona grandis.</i>	17-45
$Y = 0.0103 * DAP^{2.993}$	<i>Bombacopsis quinata.</i>	14-46
$Y = 1.22 * DAP^2 * HT (m)$	<i>Eucalyptus sp.</i>	1-31

Fuente: (Rügnitz, Chacón, & Porro, (2009); citado por LULUCF, (2003).

En la Tabla 41, se observan ecuaciones alométricas para la estimación de biomasa en arboles comerciales, estas ecuaciones generalmente son de tipo potencial de la forma $Y = A * X^B$.

La ecuación alométrica generada en el presente estudio es un aporte al conocimiento para la estimación indirecta de carbono en especies de *Stipa ichu* y especies similares, lo cual contribuirá a las futuras investigaciones, ya que facilitará en la estimación de almacenamiento de carbono de manera indirecta a partir de la altura de la especie. Para cuantificar en un área específica se requerirá la densidad de la especie estudiada y el área en que se distribuye con lo cual de manera rápida y económica se podrá realizar futuras investigaciones.

6.4 Contenido de carbono del *Stipa ichu*

El contenido de carbono en el estrato 1 es de 8.693 tnC/ha, en el estrato 2 es de 9.871 tnC/ha y el estrato 3 es de 7.445 tnC/ha, a nivel de la microcuenca Chaclatacana tiene un contenido de carbono promedio de 8.670 tnC /ha. Se aprecia que el estrato 2 que es la parte media de la microcuenca tiene mayor contenido de carbono que los otros estratos, y el estrato que almacena carbono en menor proporción es el estrato 1. Esta diferencia de almacenamiento de carbono en tn/ha se le atribuye a la distribución del *Stipa ichi*, ya que la densidad en el estrato 2 es mayor que los otros dos y que la menor densidad que se reporto es el estrato 1. Asimismo, el contenido de carbono está directamente relacionado a la producción de biomasa y este a la vez a densidad.

Por otra parte Flores, (2017) en el distrito de Paucarcolla – Puno concluye que el contenido de carbono total promedio en la especie *Festuca dolichophylla* (chillihua) es de 2.52 tn/ha. Este resultado es mucho menor que de la presente investigación debido a que la

densidad de la “chillihua” encontrados en los sitios de estudio (Chijji Mocco y Quello Circa Pampa) son menores que la densidad del *Stipa ichu* de la microcuenca Chaclatacana.

Asimismo, Flores, (2017) menciona que el mayor contenido de carbono en la especie *Festuca dolichophylla* (chillihua) se encuentra en el tallo, seguido de la hoja y por último en la raíz, mientras que en la investigación realizada (*Stipa ichu*) el mayor contenido de carbono es en las hojas, seguido del tallo, la raíz y por último en la hoja. En el orden de la proporción de contenido de carbono en los componentes de la “Chilluhua” y del “ichu” difieren por la composición y la naturaleza de las especies ya que la “Chilluhua” en su composición tiene más tallos mientras que el “ichu” en mayor proporción tiene más hojas. Así también se le puede atribuir a la diferencia en la determinación de carbono a nivel de laboratorio ya que para la “chillihua” el autor utilizó el método del “poder calorífico” mientras que para el presente estudio (*Stipa ichu*) se aplicó el método de “Walkley y Black”.

Asimismo, otros autores determinaron el almacenamiento de carbono en diferentes especies que en la Tabla 42 se sintetiza, lo cual se hace la comparación con respecto al resultado obtenido.

Tabla 42. Carbono almacenado en diferentes especies

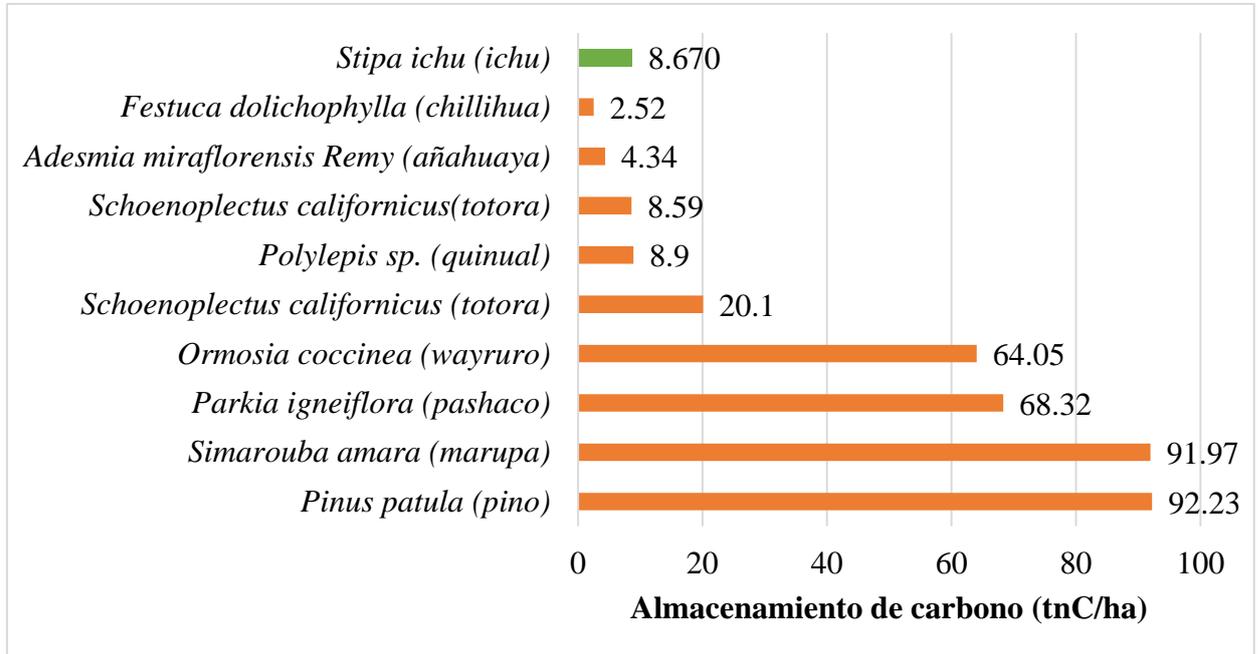
Especie	(tnC/ha)	Método aplicado	Lugar de observación	Región	Autor
<i>Stipa ichu</i> (ichu)	8.670**	Walkley y Black	Microcuenca Chachatacana	Huancavelica	Autor, (2018)
<i>Festuca dolichophylla</i> (chillihua)	2.52**	Poder calórico	Chiji Mocco Pampa y Quello Circa Pampa	Paucarcolla – Puno	Flores, (2017)
<i>Pinus patula</i> (pino)	92.23*	Factor de conversión (0.5) del IPPC,2003	Molinopampa	Chapapoyas – Amazonas	Oliva, Culqui, et al., (2017)
<i>Polylepis sp.</i> (quinual)	8.9*	Walkley y Black	Parque Nacional Huascarán	Ancash	Meneses (2017)
<i>Ormosia coccinea</i> (wayruro)	64.05*	Factor de conversión (0.5) del IPPC,2003	Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) Puerto Almendra	Iquitos-Loreto	Ruiz, (2014)
<i>Parkia igneiflora</i> (pashaco)	68.32*				
<i>Simarouba amara</i> (marupa)	91.97*				
<i>Schoenoplectus californicus</i> (totora)	8.59*	Walkley y Black	Reserva Nacional del Titicaca	Puno	Gutiérrez, (2014)
<i>Adesmia miraflorensis</i> Remy (añahuaya)	4.34*	Poder calórico	CIP ILLPA – Puno	Puno	Ticona, (2012)
<i>Schoenoplectus californicus</i> (totora)	20.1**	Walkley y Black	Puerto Viejo	Cañete - Lima	Palomino, (2007)

Fuente. Elaboración propia, (2018).

Donde; * considerado solo parte aérea **considerado parte aérea y radicular

A partir de la Tabla 42, para su mejor comprensión se sintetiza en la Figura 34.

Figura 34. Carbono almacenado en diferentes especies



Fuente. Elaboración propia, (2018).

A partir de la Tabla 42 y Figura 34, donde se sintetiza y compara el almacenamiento de carbono en diferentes especies y diferentes lugares, se deduce que el almacenamiento de carbono en el *Stipa ichu* es mayor y significativa que las otras especies (*Adesmia miraflorensis* Remy “añahuaya” y *Festuca dolichophylla* “chillhua”) que también conforman el sistema de pastos alto andinos y casi igual que la *Schoenoplectus californicus* (totora). Asimismo, se deduce que las especies que conforman bosques como el “pino, “wayruro” y otros, superan significativamente a los resultados obtenidos en el presente estudio. Estas diferencias se le atribuyen a la densidad, tamaño y producción de biomasa de cada especie, así como menciona Flores, (2017) citado por Alegre *et al.*, (2002) que los sistemas de plantación según el tiempo de crecimiento van incrementando en tamaño, vigor y producción de biomasa, en efecto, la fijación y almacenamiento de carbono será mayor tanto

en los componentes aéreos y radiculares ya que este proceso es directamente proporcional a la producción de biomasa. Asimismo, podemos agregar que las condiciones geográficas, tipo de suelo, condiciones climáticas, fuentes de presión antrópica influyen directamente en el crecimiento de la especie y este en el almacenamiento de carbono.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

VII. CONCLUSIONES

- ✓ La distribución de la especie *Stipa ichu* a nivel de la microcuenca Chaclatacana varía, esto se refleja en la densidad, que en la parte baja de la microcuenca Chaclatacana (estrato 1) se encontró una densidad de 53 750 matas/ha de los cuales el 37.21 % del total corresponden al tamaño pequeño, 48.84% de tamaño mediano y 13.95% de tamaño grande, mientras que en la parte media de la microcuenca (estrato 2) se encontró 82 500 matas/ha de *Stipa ichu*, de los cuales el 32.73% son de tamaño pequeño, 46.67% de tamaño mediano y 20.61% de tamaño grande y en la parte alta (estrato 3), se encontraron 52 857 matas/ha, de los cuales el 29.05% son de tamaño pequeño, el 60.14% de tamaño mediano y el 10.81% de matas de tamaño grande.

- ✓ En la parte baja de la microcuenca Chaclatacana (estrato 1) la producción de biomasa verde es de 1 892.28 tn y 1 112.36 tn de biomasa seca, en la parte media (estrato 2) es de 5644.71 tn de biomasa verde y 3 256.18 tn de biomasa seca y en la parte alta de la microcuenca (estrato 3) la producción de biomasa verde es 3 370.46 tn y 1 950.99 tn de biomasa verde. La mayor producción de biomasa es en el estrato 2, seguido del estrato 3, y el estrato 1, conformando en total que a nivel del área objetiva de la microcuenca Chaclatacana la producción de biomasa verde total es de 10 907.46 tn y la biomasa total seca es de 6 319.53 tn. El mayor aporte de biomasa se da por las matas grandes, seguido por los pequeños y respecto a sus componentes el mayor aporte está dada por las hojas, seguido del tallo, raíz y por último en las flores.

- ✓ El modelo matemático que mejor ajuste tiene a nivel de la microcuenca Chaclatacana para la estimación de carbono, es la ecuación de tipo exponencial de la forma $Y = 0.0023e^{4.802X}$; donde Y = Contenido de carbono (kg) y X = Altura del *Stipa ichu* (cm), el cual tiene un mejor ajuste que presenta un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9068 lo cual indica que la correlación entre las variables es buena, es decir que el 90.68% de la variable dependiente (contenido de carbono), es explicada por la ecuación de tipo exponencial en función de la variable altura (m) de la especie *Stipa ichu* (variable independiente). Esta ecuación será muy útil para futuras investigaciones relacionadas al *Stipa ichu* o especies similares que conociendo la densidad y el área de estudio se podrá estimar el almacenamiento de carbono.

- ✓ A nivel de la microcuenca Chaclatacana, el estrato que más carbono almacena es el estrato 2 con 9.871 tn/ha, seguida por el estrato 1 con 8.693 tn/ha y el que menos carbono almacena es el estrato 3, que presenta 7.445 tnC/ha, del cual se concluye que en el estrato 2 que abarca una área objetiva de 185.32 ha, acumula mayor cantidad de carbono con 1 829.32 tnC, seguido por el estrato 3 que tiene un área de 146.93 ha con un 1 093.82 tnC y por último el estrato 1 que tiene un área de 72.00 ha acumula 625.93 tnC. A nivel de la microcuenca Chaclatacana alcanza un área objetiva de 404.25 ha acumula un total de 3 549.07 tnC. Asimismo, los componentes del *Stipa ichu* de mayor almacenamiento de carbono están en las hojas con un 56.56 %, seguida por el tallo con un 55.72%, la raíz con un 54.03% y por último la flor con un 53.06%.

- ✓ El servicio ambiental de almacenamiento de carbono en la especie de *Stipa ichu* en tn/ha es mayor y significativa que las especies de *Adesmia miraflorensis* Remy (añahuaya) y *Festuca dolichophylla* (chillhua) que también al igual que el “ichu”, conforman el sistema de pastos altoandinos e incluso casi igual que la “tatora”, pero es muy inferior que las especies que conforman bosques como es el caso del *Pinus patula*, por lo que concluye que el almacenamiento de carbono dependerá de las especies que según el tiempo de crecimiento van incrementando en tamaño, vigor y producción de biomasa, por lo que, la fijación y almacenamiento de carbono será mayor tanto en los componentes aéreos y radiculares.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

VIII. RECOMENDACIONES

A la comunidad investigadora:

- ✓ Realizar mayores investigaciones con temas relacionados sobre almacenamiento de carbono, secuestro de CO₂ y valoración económica ambiental en especies *Stipa ichu*, para promover la conservación de especies que conforman sistema de pastos altoandinos tomando como base la presente investigación.
- ✓ Difundir la importancia de las especies que conforman sistema de pastos altoandinos, como reservorios de carbono, como es el caso del *Stipa ichu*, que por las grandes extensiones y por la constante regeneración en periodos cortos (anuales) pueden ser tan o igual de importantes como las especies que conforman sistema de bosques, además de ser valorados no solo por el valor que se deriva de su aprovechamiento directo, sino por los servicios ambientales que brindan.

A la comunidad estudiantil:

- ✓ Que la presente investigación les sirva como una base para elaborar proyectos e investigaciones que conlleven a una gestión sustentable de especies como el *Stipa ichu* y especies similares.
- ✓ Que, en futuras investigaciones en temas de estimaciones de carbono, captura de CO₂ en la especie *Stipa ichu*, puedan utilizar la ecuación desarrollada en la presente investigación como un estimador del contenido de carbono almacenado en praderas de “ichu”.
- ✓ Ampliar la información mediante investigaciones sobre los diversos servicios ambientales que el *Stipa ichu* brinda como; capturador de CO₂, almacenamiento de agua, control de erosión, restauración de suelos, etc., así como su valoración económica ambiental, asimismo se recomienda incrementar el número de

parcelas de muestreo si se desea alcanzar un mejor nivel de precisión en los resultados.

A las autoridades locales del departamento de Huancavelica, ONGs y otros gobiernos regionales y locales:

- ✓ Desarrollar proyectos de manejo de microcuencas donde abunda la especie *Stipa ichu* y otras especies similares tomando como referencia la presente investigación, para conservarlas y preservarlas con la finalidad de ofertar al mercado de bonos de carbono y generar ingresos económicos para las comunidades campesinas involucradas ya que se ha demostrado que esta especie es un potencial sumidero de carbono.
- ✓ Formular proyectos de inversión con fines de recuperación de suelos, conservación de cuencas y control de erosión de suelos en zonas atoandinas, utilizando la especie *Stipa ichu*.

A las comunidades campesinas

- ✓ Informar que la conservación, recuperación y buen manejo de estas especies podría ser retribuido de forma económica o mediante la transferencia de tecnología, producto de la venta de bonos de carbono generados por la captura o reducción de emisiones de GEI y de esta manera contribuir a mitigar el cambio climático y sus efectos que en tiempos actuales ha cobrado gran importancia a nivel global.

CAPÍTULO IX

REFERENCIAS

IX. REFERENCIAS

- Aldemar, R. T., Ulises, B., Fabián, & Yesid, C. E. (2010). *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. Programa Editorial UNIVALLE.
- Barrantes, C. A., & Flores, E. R. (2013). Estimando la disposición a pagar por la conservación de los pastizales alto andinos. *Ecología Aplicada*, 12(2), 91-97.
- Benjamín, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de Carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=61770102>
- Bishop, J., & Landell, N. (2006). Los servicios ambientales de los bosques. En S. Pagiola, J. Bishop, & N. Landell, *La venta de servicios ambientales forestales* (Earthscan Publications Ltd, Vol. 2, pp. 62-63). México. Recuperado de https://books.google.com/books/about/La_venta_de_servicios_ambientales_forest.html?hl=es&id=ocauHaUs9kMC
- Cano, R. M. Y., & Villanueva, M. C. (2013). Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, 4(4), 313-319.
- Carvajal, M. (s. f.). Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos, 41.
- Choque, J. (2015). *Manual de inventario y evaluación de pastizales naturales y pasturas*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2008). *Catálogo de contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo del noreste de México*. (p. 44). Jalisco, México.: Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología. Recuperado de <http://www.ccmss.org.mx/documentacion/285-catalogo-de-contenido-de-carbono-en-especies-forestales-de-tipo-arboreo-del-noreste-de-mexico/>

- Crispin, M. (2015). *Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca Huancavelica Perú* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1584>
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachhs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., ... Valladares, F. (2006). *Cambio Global. Impacto de la Actividad Humana sobre el Sistema Tierra*. CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas. Recuperado de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8520>
- Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). *Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Turrialba, Costa Rica: Bib. Orton IICA / CATIE.
- Flores, M. (2017). *Captura de dióxido de carbono (CO₂) en la "Chillihua" (Festuca dolichophylla presl) de los pastizales del CIP Illpa-Puno* (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3900>
- Florez, A. (2005). *Manual de pastos y forrajes altoandinos*. Lima, Perú.
- Fonseca, W., Ruiz, L., Rojas, M., & Alice Guier, F. (2013). Modelos alométricos para la estimación de biomasa y carbono en *Alnus acuminata*. *Ciencias Ambientales*, 37-50. <https://doi.org/10.15359/rca.46-2.4>
- García, J., González, B., & Inés, M. (2005). Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de carbono orgánico en suelos. *Revista Colombiana de Química*, 34(2), 201-209.
- Garduño, R., & Geffroy, E. (2008). Calentamiento global. *Materiales Avanzados*, 10, 50.
- Gobierno regional de Huancavelica. (2013). *Estudio de cobertura vegetal* (p. 55). Huancavelica, Lima: SIAR Huancavelica - Sistema Regional de Información

- Ambiental. Recuperado de <http://siar.regionhuancavelica.gob.pe/documentos/estudio-cobertura-vegetal>
- Gobierno Regional de Huancavelica. (s. f.). Las comunidades campesinas en la región Huancavelica. Recuperado de <https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Comunidades%20campesinas%20en%20la%20region%20HUANCAVELICA.pdf>
- Gorbitz, G. (2011). *Determinación de las reservas de Carbono en la biomasa aérea en plantaciones de 8 años de Calycophyllum spruceanum b. en el Valle del Aguaytía.* (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.
- Gutierrez. (2014). *Captura y almacenamiento de carbono como servicio ambiental de los totorales en la Reserva Nacional del Titicaca - sector Puno* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Harvey, D., Gregory, J., Hoffert, M., Jain, A., Lal, M., Leemans, R., ... Wolde, J. (1997). Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC.
- Homero, D., & Gasca, J. (2004). Los gases regulados por la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. En A. F. Bremauntz, *Cambio climático: una visión desde México* (pp. 90-91). Instituto Nacional de Ecología.
- Honorio, E. ., & Baker., T. R. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del Carbono en bosques Amazónicos* (Manual) (p. 54). Lima, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Recuperado de <http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/esp/ Documents/Honorio%20%26%20Baker%202010%20Manual%20carbono.pdf>
- INGEMMET. (2017). Carta Geológica Nacional - Ingemmet. Recuperado 20 de febrero de 2018, de <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>

- IPCC. (2007). Acuerdos internacionales (acuerdos sobre el cambio climático y otros tratados) - CIE WGIII Resumen Técnico. Recuperado 26 de marzo de 2018, de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/es/tssts-13-4.html
- Jaramillo, V. J. (2004). El ciclo del carbono. En J. Martínez & A. F. Bremauntz, *Cambio climático: una visión desde México* (pp. 77-85). D.F, México: Instituto Nacional de Ecología.
- Kanninen, M. (2001). Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global. Recuperado 21 de marzo de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s09.htm#bm9>
- Ley N° 27308. (2000). *Ley general forestal y fauna silvestre* (Artículo 1). Lima, Perú: Congreso de la república.
- Ley N° 30215. (2014). *Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos* (Artículo 1). Lima, Perú: Congreso de la república.
- Manzur, Y., & Alva, M. (2013). *Bonos de carbono: una oportunidad de desarrollo para el Perú* (tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Martín, J. (2010). Ciclo del carbono y clima: la perspectiva geológica. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, 18(1), 33-46. <http://eprints.ucm.es/33310/1/200083-267667-1-PB.pdf>
- Martínez, E. (2005). Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario jurídico y económico escurialense*, ISSN 1133-3677, N°. 38, 2005, pags. 315-331.
- Meneses, R. (2017). *Valoración económica del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en la cobertura forestal – Parque Nacional Huascarán* (Tesis de grado). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

- MINAGRI. (2017). Pastos Naturales. Recuperado 23 de marzo de 2018, de <http://www.minagri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-producci/306-pastos-naturales?start=2>
- MINAM. (2012a). *Glosario de términos para la Formulación de proyectos ambientales* (p. 118). Lima, Perú: Dirección General de Educación, Ciudadanía y Cultura Ambiental.
- MINAM. (2012b). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana* (p. 396). Lima, Perú: Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental.
- MINAM. (2015a). *Guía de inventario de la flora y vegetación* (p. 50). Lima, Perú: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- MINAM. (2015b). *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva* *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* (p. 108). Lima, Perú: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- MINAM. (2017). Política Nacional del Ambiente. Recuperado 27 de marzo de 2018, de <http://www.minam.gob.pe/politica/politica-nacional-del-ambiente/>
- Naciones Unidas. (1992). Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático.
- Naciones Unidas. (2014). La convención del cambio climático. Recuperado 26 de marzo de 2018, de http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php

- Naciones Unidas. (s. f.). Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono, 16 de septiembre. Recuperado 26 de marzo de 2018, de <http://www.un.org/es/events/ozoneday/background.shtml>
- Oliva, M., Culquí, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H. V., ... Luis, J. (2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 149-157. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.07>
- Oliva, M., Pérez, R., Salas, R., Gamarra, O., Leiva, S., Collazos, R., ... Luis, J. (2017). Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 233-241. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.06>
- Ordóñez, J. (1999). *Captura de Carbono en un Bosque Templado: El Caso de San Juan Nuevo, Michoacán*. México: Unidad de Participación Social, Enlace y Comunicación (UPSEC)-INE.
- Ortiz. (1993). *Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques* (p. 71). Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Palomino, D. (2007). *Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú.
- Paytan, M. M. (2017). *Memoria descriptiva del mapa geológico de Huancavelica* (p. 65). Huancavelica, Perú: Gerencia regional de planeamiento presupuesto y acondicionamiento territorial.
- Rocha, H. R., Freitas, H. C., Rosolem, R., Tannus, R. N., Negrón-Juárez, R., Ligo, M. V., ... Bitencourt, M. D. (s. f.). Ciclo do Carbono. En *As relações entre a vegetação e*

- o meio físico no cerrado pé-de-gigante*. Brasil. Recuperado de <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1024705/1/2005CL003.pdf>
- Rueda, C. (2014). *Estimación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de una plantación de inga edulis en campo verde, Ucayali*. (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Rügnitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales* (Manual técnico No. 1) (p. 79). Lima, Perú: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA).
- Ruiz, H., Pavon, A., & Kunth. (1829). Révision des Graminées. Recuperado de <http://tropicos.org/Name/25512983>
- Ruíz, S. L. C. (2014). *Valoración económica del secuestro de CO2 en plantaciones de 27 años en especies de Ormosia coccinea, Parkia igneiflora, y Simarouba amara, en el CIEFOR - PTO. Almendra, Perú* (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana - UNAP, Iquitos, Perú.
- Salinas, Z., & Hernández, P. (2008). *Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía*. Turrialba, Costa Rica: Bib. Orton IICA / CATIE.
- SENAMHI. (2018). Datos históricos. Recuperado 2 de abril de 2018, de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8), 614-621. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)
- Supo, J. (2015). *Cómo empezar una tesis – Tu proyecto de investigación en un solo día* (BIOESTADISTICO EIRL). Arequipa, Perú: BIOESTADISTICO EIRL.

- Tapia, M. (1971). *Pastos naturales del Altiplano de Perú y Bolivia* (Casilla B-67, Vol. 85). Quito, Ecuador: Bib. Orton IICA / CATIE. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=I3QOAQAIAAJ&pg=PA133&dq=utilizacion+de+pastizales+naturales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiYpbfxozZAhVOzIMKHanyB1kQ6AEINTAD#v=onepage&q=utilizacion%20de%20pastizales%20naturales&f=false>
- Tovar, O. (1993). *Las gramíneas (Poaceae) del Perú* (Vol. 13). Madrid, España: Editorial CSIC - CSIC Press.
- WWF. (2016). *Informe Planeta Vivo 2016. Riesgo y resiliencia en el Antropoceno* (p. 76). Gland, Suiza: WWF International.
- Yanqui, R. M., Minaya, L. C., & Balbín, M. V. (2012). Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 2(2). <https://doi.org/10.18259/acs.2012013>
- Zavaleta, S. (2016). Evolución del concepto de cambio climático y su impacto en la salud pública del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 33(1), 128-138. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.331.2014>
- Zermeño, A., Villatoro, S., Cortés, J. J., Cadena, M., Catalán, E. A., García, M. Á., & Munguía, J. P. (2012). Estimación del intercambio neto de CO₂ en un cultivo de caña de azúcar durante el ciclo de plantilla. *Agrociencia*, 46(6), 579-591.